

Ciencia e **CI** Investigación

ASOCIACIÓN ARGENTINA PARA EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS

Primera revista argentina de información científica / Fundada en enero de 1945



Escrito en el cuerpo

Las pinturas cotidianas y ceremoniales de los pueblos Selk'nam y Yámana de Tierra del Fuego

■ DÁNAE FIORE

Huellas digitales ambientales: isótopos del oxígeno

■ CLAUDIO A. PARICA

Recarga natural de yacimientos petrolíferos

■ CARLOS ALBERTO RINALDI,
RODOLFO AUGUSTO DEL VALLE Y
JOSÉ CARLOS ARSENIO MARTÍNEZ
MACCHIAVELLO

Alimentos irradiados

■ PATRICIA NARVAIZ



UNSAM

UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN

E S C U E L A D E P O S G R A D O

DOCTORADOS, MAESTRÍAS Y ESPECIALIZACIONES en temas de:

- Química
- Medioambiente y Desarrollo Sustentable
- Microbiología
- Toxicología
- Educación
- Derechos Humanos
- Familia
- Cooperación Internacional
- Derecho
- Medicina Legal

**CURSOS DE FORMACIÓN CONTINUA, PRESENCIALES Y A DISTANCIA.
SÓLIDA EXPERIENCIA EN INVESTIGACIÓN, TECNOLOGÍA Y TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO.**

MÁS INFORMACIÓN:

ESCUELA DE POSGRADO

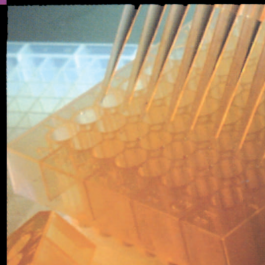
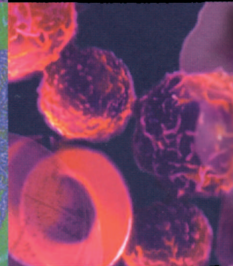
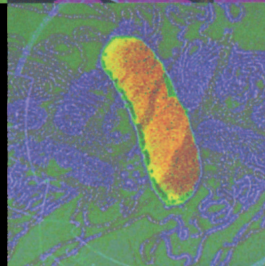
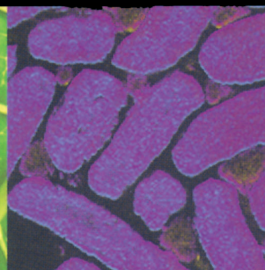
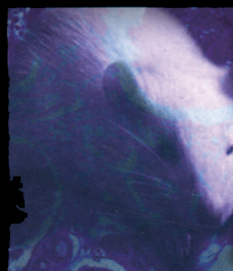
Teléfonos: 4372-3990 / 4580-7264 / 7300

E-mail: posgrado@unsam.edu.ar

www.posgrado.unsam.edu.ar

KITS PARA PURIFICACIÓN de Ácidos Nucleicos

AxyPrep™
Plasmid
Multisource Genomic DNA
Blood Genomic DNA
Body Fluid Viral DNA/RNA
Bacterial Genomic DNA
Multisource RNA
Blood RNA
Cultured Cell RNA
PCR Clean-up
DNA Gel Extraction



CIENCIA Y EXCELENCIA



ETC Internacional S.A.
Tel (54 11) 4639 3488 (rotativas)
etcventa@etcint.com.ar
etcinfo@etcint.com.ar
www.etcint.com.ar

AXYGEN®

B I O S C I E N C E S



FUNDACIÓN DE HISTORIA NATURAL
FÉLIX DE AZARA

En todo el país

Por el estudio y la conservación
del patrimonio de todos los argentinos.

CIENCIA | CONSERVACIÓN | EDUCACIÓN | DIVULGACIÓN



Proyectos de investigación y conservación - Servicio de Información - Reservas - Relevamiento de campos - Estudios de impacto ambiental - Estudios de impacto sobre bienes arqueológicos - Publicaciones
Arqueología de rescate - Asesoramiento en temas ambientales - Trabajos de campo - Lucha contra el tráfico ilegal de flora y fauna silvestres - Viveros - Congresos y jornadas - Cursos y conferencias - Biblioteca
Exposiciones temporarias e itinerantes - Producciones televisivas y radiales - Talleres educativos - Visitas guiadas - Charlas en escuelas - Colecciones - Archivo de imágenes - Prensa y difusión

www.fundacionazara.org.ar

Acompañamos a la Fundación en su compromiso con el país, con sus recursos y con su gente.



Fundación de Historia Natural Félix de Azara
Departamento de Ciencias Naturales y Antropología
CEBBAD - Instituto Superior de Investigaciones

 Universidad Maimónides

TOMO 59 N° 1
2009

EDITOR RESPONSABLE

Asociación Argentina para el
Progreso de las Ciencias
(AAPC)

COMITÉ EDITORIAL

Director

Dr. Marcelo A. Dankert

Editores Asociados

Dr. Guillermo J. Juvenal

Dr. Basilio A. Kotsias

Dr. Claudio A. Parica

Dra. Alicia L. Sarce

Dra. María X. Senatore

Dr. Ángel M. Stoka

Dr. Juan R. de Xammar Oro

CIENCIA E

INVESTIGACIÓN

Primera Revista Argentina
de información científica.

Fundada en enero de 1945.

Es el órgano oficial de difusión de
la Asociación Argentina para el
Progreso de las Ciencias.

Av. Alvear 1711, 4° piso,
(C1014AAE) Ciudad Autónoma
de Buenos Aires, Argentina.
Teléfono: (+54) (11) 4811-2998
Registro Nacional de la
Propiedad Intelectual
N° 82.657. ISSN-0009-6733.

Lo expresado por los autores o
anunciantes, en los artículos o en los
avisos publicados, es de exclusiva res-
ponsabilidad de los mismos. Ciencia e
Investigación no se hace responsable
por su contenido.

SUMARIO

EDITORIAL

Una nueva esperanza

Marcelo Dankert 3

ARTÍCULOS / ENTREVISTAS

Escrito en el cuerpo

Dánae Fiore..... 5

Huellas digitales ambientales: isótopos del oxígeno

Claudio A. Parica..... 17

Recarga natural de yacimientos petrolíferos

Carlos Alberto Rinaldi, Rodolfo Augusto del Valle
y José Carlos Arsenio Martínez Macchiavello..... 25

Alimentos irradiados

Patricia Narvaiz 38

50 años de la creación del CONICET

Guillermo Juan Juvenal 45

Ciencia, Tecnología y Sociedad III

Alberto Baldi..... 47

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES..... 48



Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias

COLEGIADO DIRECTIVO

PRESIDENTE

Dr. Alberto C. Taquini (hijo)

VICEPRESIDENTE

Dr. Jorge Zenón Comín

SECRETARIO

Dr. Carlos Alberto Rinaldi

TESORERO

Dr. Horacio H. Camacho

PROTESORERO

Dra. Nidia Basso

PRESIDENTE ANTERIOR

Dr. Alberto Baldi

MIEMBROS TITULARES

Ing. Juan Carlos Almagro

Dr. Máximo Barón

Dr. Eduardo H. Charreau

Dr. Marcelo A. Dankert

Dr. Álvaro González Villalobos

Dr. Sadi Ubaldo Rife

Dr. Héctor Torres

Dra. Susana Elena Trione

Dr. Marcelo Vernengo

Dr. Juan R. de Xammar Oro

SOCIEDADES CIENTÍFICAS QUE PARTICIPAN DEL COLEGIADO

Sociedad Argentina de Biología

Sociedad Argentina de Farmacología Experimental

Sociedad Argentina de Investigación Bioquímica

Sociedad Argentina de Investigación Clínica

Unión Matemática Argentina

MIEMBROS FUNDADORES

Dr. Bernardo A. Houssay – Dr. Juan Bacigalupo – Ing. Enrique Butty

Dr. Horacio Damianovich – Dr. Venancio Deulofeu – Dr. Pedro I. Elizalde

Ing. Lorenzo R. Parodi – Dr. Carlos A. Silva – Dr. Alfredo Sordelli – Dr. Juan C. Vignaux

Dr. Adolfo T. Williams – Dr. Enrique V. Zappi

AAPC

Avenida Alvear 1711 – 4° Piso

(C1014AAE) Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina

www.aapciencias.org

Una nueva esperanza

Marcelo A. Dankert ■

Desde sus orígenes coloniales el interés por el conocimiento científico se manifestó en nuestro país por el esfuerzo individual aislado de distintos amantes de la Naturaleza.

Pero es recién, con la fundación de la Sociedad Científica Argentina, en 1872, en que estos esfuerzos se coordinan a través de una entidad específica. La Sociedad, creada por iniciativa privada de sus fundadores, apoyó la realización de innumerables tareas: conferencias, publicaciones, exploraciones, etc., estableciendo también vinculaciones con entidades similares del extranjero.

Es de destacar que ya en 1915 se propone la creación de una «Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias». Lamentablemente, y con toda probabilidad debido a la llamada «Guerra del 14», la primera conflagración mundial, existente en ese momento, luego de varias sesiones dedicadas a su creación, en 1917 el proyecto es abandonado. (1)

Hay que esperar hasta 1933 para que, por iniciativa del periodista e historiador Carlos Alberto Silva, de la revista «El Hogar», se concrete la fundación de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC),

bajo la conducción del Dr Bernardo Houssay, quien, con su tremendo empuje y perseverancia, al apoyo privado consigue agregar el estatal. El entonces Presidente de la República, Agustín P. Justo, le otorga a la Asociación la suma de 1.000.000 de pesos moneda nacional en títulos de renta nacional. Sólo su producido podía emplearse. Esta Ley, la 12.338, es aprobada finalmente por el Congreso a fines de 1937.

La Asociación agrupa así a los mejores científicos del momento y su obra es realmente destacadísima, apoyando, con becas y subsidios, una amplísima gama de actividades. (2)

Pasan los años y después de difíciles avatares se crea, en 1958, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, con lo que la ciencia argentina, otra vez impulsada por el Dr Bernardo Houssay, recibe un apoyo nunca visto antes, surgiendo una verdadera comunidad nueva, la de los científicos, aunque ya los había, si bien no en forma tan organizada y apoyada. Esta creación fue la obra más espectacular de los fundadores de la AAPC.

Los años siguen pasando y se crea la Secretaría de Ciencia y Técnica, con

más atribuciones y más responsabilidades.

Y, finalmente, en estos últimos meses hemos presenciado su transformación en Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, todo un sueño hecho realidad y a la altura de las exigencias del desarrollo mundial vigente, explosivo por su magnitud, que va desde el desciframiento del código genético hasta los viajes espaciales.

La Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias saluda calorosamente a su primer responsable, el Dr Lino Barañao, un hombre formado en las ciencias básicas del mejor nivel, pero con experiencia empresarial, pues fue el último titular de la Secretaría de Ciencia y Técnica, y le desea el mayor de los éxitos, pues tiene la enorme responsabilidad de los precursores.

Es toda una esperanza..

1) Horacio H. Camacho, 2004, Ciencia e Investigación, 56, N°2, 41-42.

2) Diego H. de Mendoza, 2004, Ciencia e Investigación, 34-40.

... La revista aspira a ser un vínculo de unión entre los trabajadores científicos que cultivan disciplinas diversas y órgano de expresión de todos aquellos que sientan la inquietud del progreso científico y de su aplicación para el bien.

Bernardo A. Houssay

PREMIO

Dr. Eduardo Braun Menéndez - 2008

La AAPC considera que los aportes de la investigación en nanotecnología representan, posiblemente, una de las bases más importantes de la transformación científico-tecnológica de este siglo y que su impacto sobre la sociedad puede ser equivalente al de la biología molecular en el último cuarto del siglo pasado. Con el objeto de contribuir a la divulgación de esta área de la ciencia, el Premio Prof. Dr. Eduardo Braun Menéndez 2008 ha sido convocado para el tema: NANOTECNOLOGÍA. Se otorgará al mejor trabajo de divulgación científica sobre nanotecnología, expuesto de manera clara, didáctica y en términos comprensibles para el público en general. El premio consistirá en la suma de \$3.000, un diploma y la publicación en la revista Ciencia e Investigación.

Comisión Premio Prof. Dr. Eduardo Braun Menéndez

Presidente: Dr. Horacio Camacho

Ing. Juan Carlos Almagro

Dr. Máximo Barón

Dr. Juan R. de Xammar Oro

DISPOSICIONES GENERALES

Los trabajos deberán ser inéditos y los originales, en triplicado y una versión en CD, serán individualizados con un seudónimo. En un sobre aparte, cerrado y lacrado, se consignarán: el nombre y documento de identidad del autor (o autores), dirección, teléfono, e-mail; y en la parte exterior, el seudónimo, como así también una dirección a la que se podrá remitir el acuse de recepción del trabajo, y el nombre del premio.

El texto, incluyendo el titulado, la parte ilustrativa y la bibliografía, no podrá exceder las 20 páginas A4, letra tamaño 12 y espacio simple. El texto incluirá un sumario en castellano y otro en inglés, que no deberán excederse de los 800 caracteres incluidos los espacios. En todos los casos, la copia impresa deberá estar acompañada por una copia digitalizada en formato word (CD) y serán individualizadas con el seudónimo. Las ilustraciones en color se publicarán en la versión electrónica, y en la versión impresa, sólo si contribuyen a la mejor comprensión del texto.

Los trabajos deberán ser remitidos antes del 31 de mayo de 2009 a la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC), Av. Alvear 1711 4º piso (C1014AAE) Buenos Aires, Tel: 4811-2998 secretaria@aargentinapciencias.org

Escrito en el cuerpo

Las pinturas cotidianas y ceremoniales de los pueblos Selk'nam y Yámana de Tierra del Fuego

Palabras claves: pintura corporal, Tierra del Fuego, cazadores-recolectores
Key words: body painting, Tierra del Fuego, hunter-gatherers

Cuando en 1520 Magallanes descubrió el estrecho que hoy lleva su nombre, abrió no solamente un camino de comunicación entre océanos sino también una vía de contacto entre personas. Desde ese momento se inició un complejo proceso de interacción entre sociedades europeas y sudamericanas a partir del cual se produjo un conjunto de registros escritos y visuales sobre la apariencia y los hábitos de los pueblos originarios de Tierra del Fuego: los Selk'nam y los Yámana. Estos registros fueron realizados por viajeros, misioneros religiosos y etnógrafos, entre los siglos XVI y XX. La lectura de esos textos y la observación de dibujos y fotografías permiten reconstruir algunos aspectos de los modos de vida de estas sociedades hoy extintas. A partir de ellos pueden comenzar a abrirse múltiples ventanas hacia el sorprendente mundo de las pinturas corporales de los nativos fueguinos.

En este trabajo se presenta una síntesis sobre los usos de las pinturas corporales por los pueblos Selk'nam y Yámana de Tierra del Fuego. Esta forma de arte es sumamente efímera, de manera tal que prácticamente no deja evidencias arqueológicas, y puede ser conocida solamente a partir de dichas fuentes. Pero así como la baja visibilidad arqueológica sesga nuestro conocimiento de estas formas artísticas, también las fuentes históricas tienen sus sesgos, que deben ser minuciosamente examinados para evaluar la

confiabilidad de la información que ofrecen. Por ello, en este trabajo se presentan los métodos básicos empleados en nuestra investigación y las distintas tendencias halladas en las fuentes a lo largo del tiempo (que indican las distintas perspectivas asumidas por los observadores, autores de textos y fotógrafos), para luego explorar algunos de los usos más importantes que tuvieron las pinturas corporales para cada una de las sociedades fueguinas. Su estudio devela que, lejos de ser solamente ornamentos decorativos, estas imáge-

nes pintadas en la piel contribuían activamente en la formación de roles sociales y funcionaban como profundas fuentes de poder.

■ NÓMADES DE LA TIERRA, NÓMADES DEL MAR: LOS CAZADORES SELK'NAM Y LOS CANOEROS YÁMANA

La Isla Grande de Tierra del Fuego tiene una increíble historia de más de 11 milenios. Los restos arqueológicos

■ Dánae Fiore

Dánae Fiore
CONICET-AIA (Asociación de
Investigaciones Antropológicas) -UBA
danae_fiore@yahoo.es &
danae_fiore@Argentina.com

más antiguos se han hallado en el norte, en el sitio Tres Arroyos 1, donde los instrumentos más antiguos tienen 11800 años de antigüedad (Massone 1987). Desde ese momento, la Isla Grande y el archipiélago fueguino fueron el escenario donde varios pueblos originarios americanos desplegaron sus vidas cotidianas. Todos ellos se caracterizaron por poseer formas de subsistencia que combinaban de distintas maneras la caza, la recolección y la pesca. Se sabe que por lo menos desde el momento de contacto con los europeos, en el siglo XVI, cuatro sociedades nativas habitaban el archipiélago fueguino: los Selk'nam, que ocupaban el norte y centro de la Isla Grande, los Haush, que habitaban el extremo sudeste de la isla, los Yámana, que ocupaban el sur de Isla Grande y múltiples islas del archipiélago fueguino hasta el cabo de Hornos y los Alacaluf, que

habitaban las islas del oeste del archipiélago (ver mapa). Las cuatro sociedades producían pinturas corporales, pero los textos y fotografías que las documentan (ver "*Aguzando la mirada*") son mucho más ricos en los casos de los Selk'nam y los Yámana.

Los Selk'nam (nombrados peyorativamente como "Onas" por sus vecinos Yámana), habitaban un paisaje formado por estepas con pasturas y bosques. Se caracterizaban por su altura y su aspecto corpulento, así como por sus capas confeccionadas con piel de guanaco. En cuanto a su vestimenta, los hombres llevaban además una bincha triangular, también de piel, que tapaba parcialmente su frente. Las mujeres usaban una especie de falda debajo de la cual llevaban un taparrabos. Una de las presas principales de los Selk'nam era el guanaco, que los hombres cazaban con arco y flecha.

También se alimentaban de aves, roedores, moluscos, huevos, hongos y algunas hojas comestibles. La recolección estaba principalmente a cargo de las mujeres. Ellas eran también las responsables de cargar con las chozas plegadas, cuando los grupos se trasladaban de un punto a otro de la región (foto n°1).

Los Yámana eran físicamente mucho más bajos y delgados que sus vecinos Selk'nam. Habitaban una región cubierta principalmente por montañas y bosques, a excepción de las costas marítimas. Estos grupos se trasladaban principalmente por el agua, mediante canoas remadas por las mujeres. Ellas llegaron a sorprender a los navegantes europeos, quienes las admiraron por su habilidad técnica en el manejo de las embarcaciones. Dentro de la canoa se acostumbraba a llevar un fuego encendido, que proveía de calor a los hombres, mujeres y niños a bordo (foto n° 2). Desde la canoa, los hombres podía capturar lobos marinos usando arpones confeccionados con punta de hueso y mango de madera. Los Yámana se alimentaban también de peces, aves, moluscos, guanacos y, muy ocasionalmente, de ballenas varadas en la costa. La vestimenta típica era escasa: consistía en una capa de piel de lobo marino y en el caso de las mujeres, un taparrabos, que llevaban en ocasiones. El gusto por los ornamentos era notable, ya que tanto varones como mujeres llevaban collares y tobilleras de cuentas de hueso o caracoles -más tarde reemplazadas por piezas de vidrio occidental. La lengua Yámana era sumamente rica, tal como lo indica el diccionario compilado por el misionero Anglicano T. Bridges, en el cual figuran más de 30.000 palabras. Además, existían cinco "dialectos" diferentes, lo cual indica que los Yámana no constituían una sociedad totalmente homogénea y que existían diferencias regionales.

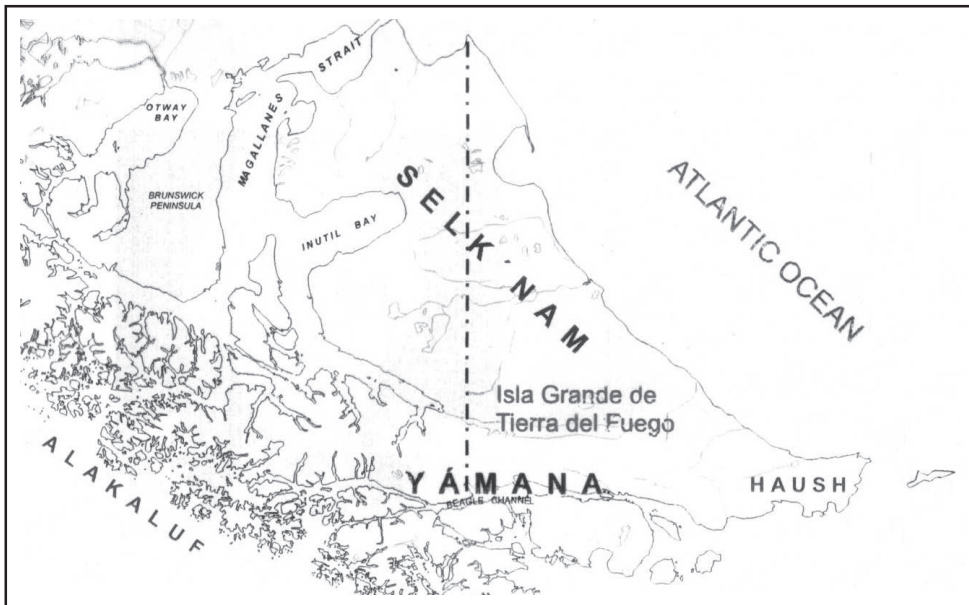
Los nativos de Tierra del Fuego no eran salvajes nómades errantes sin sentido de pertenencia a la tierra. No tenían propiedad privada, pero sí claros derechos de residencia y tránsito en sus distintos territorios. Sus traslados, a pie o en canoa, transcurrían por paisajes bien conocidos: los europeos se sorprendían al notar cómo los fueguinos podían orientarse en un vasto bosque, reconociendo a un determinado árbol entre varios de su misma especie y



Foto n° 1. Familia Selk'nam. Fotografía tomada por De Agostini, publicada en 1924.



Foto n° 2. Grupo de mujeres y niño Yámana en canoa. Fotografía publicada como postal (sin datos sobre fotógrafo ni fecha).



Mapa. Territorios del archipiélago fueguino habitados por pueblos Selk'nam, Haush, Yámana y Alacaluf. (Mapa confeccionado por Myrian Alvarez).

cómo podían observar una nave lejana en el mar, sin usar ningún medio más allá que sus propios ojos (tal es el caso del diario de viaje de Darwin (1845), quien visitó la región junto a FitzRoy entre 1831 y 1832).

Tanto los Selk'nam como los Yámana habían desarrollado sus modos de vida en consonancia con las características del paisaje y los recursos fueguinos. No se trataba de una vida bucólica y sin conflictos, pero sin dudas sus sistemas socio-económicos les permitieron vivir durante siglos en equilibrio con su ambiente. Además, ambas sociedades fueron creadoras de gran cantidad de mitos, relatados oralmente de una generación a la siguiente, que le daban sentido a los eventos del mundo y a la vida cotidiana. Junto con este mundo mítico se desplegó un complejo mundo visual, tanto ceremonial como cotidiano, centrado en la creación de diseños pintados en el cuerpo.

■ **AGUZANDO LA MIRADA: EL TRABAJO SISTEMÁTICO CON FUENTES ESCRITAS Y VISUALES**

Cuatro siglos de viajes de expedicionarios, misioneros y etnógrafos produjeron un enorme cúmulo de libros, informes, diarios y cartas que documentan con distinto grado de detalle las his-

torias de contactos entre grupos occidentales (europeos, norteamericanos, criollos) y nativos. Muchos de estos textos han sido analizados por varios autores, como Braun Menéndez (1971), Orquera y Piana (1999a) y Alvarez (2000), quienes ofrecen diversos panoramas sobre la historia de Tierra del Fuego que resultan de sumo interés para contextualizar los distintos documentos históricos.

Dentro de estos documentos existen por lo menos 75 textos escritos por más de 50 autores que observaron de manera directa el uso de pinturas corporales por grupos Selk'nam, Yámana o ambos (Fiore 2004). Estos textos incluyen desde breves frases que casi al pasar mencionan la observación de personas pintadas, hasta detalladas descripciones de los diseños, algunos de sus significados, el sexo y edad de los usuarios, las partes del cuerpo pintadas y las circunstancias en las que las pinturas eran usadas (Fiore 2002, 2005a).

Como es de imaginar, el contenido de cualquier texto está profundamente influido por las circunstancias en las cuales fue escrito. De esta manera, se hace necesario analizar detalladamente estas circunstancias para evaluar los posibles sesgos de la información. Esto incluye considerar las fechas del viaje y de las observaciones realizadas por

cada autor, su nacionalidad, las lenguas que manejaba, la cantidad de tiempo en contacto con los fueguinos, sus propósitos (militares, religiosos, comerciales, exploratorios, etc.) y el pago de retribuciones para obtener información, todos factores que afectan directamente a la calidad del contacto con los nativos y de la información generada. Además, los puntos de vista de los autores -ideológicos, teóricos, religiosos- orientaban claramente la narración de las observaciones. Así, los hábitos de los fueguinos eran valorados negativa o positivamente, mencionados con indiferencia, o, menos frecuentemente, referidos con una neutralidad que intentaba evitar manifestaciones etnocéntricas pero inevitablemente implicaba puntos de vista y por lo tanto sesgos conceptuales (ver *“Los valores occidentales y las prácticas nativas”*). Junto con los puntos de vista, los cambios de versiones entre distintas ediciones de un mismo texto y las variaciones en los datos u opiniones entre distintas publicaciones de un mismo autor y de distintos autores, ayudan a evaluar la confiabilidad, relevancia y nivel de detalle de cada una de las fuentes escritas.

Paralelamente a la escritura de los textos, sus autores (u otras personas especialmente encargadas) produjeron registros visuales de los fueguinos, tan-

to dibujos (desde el siglo XVII) como fotografías (en los siglos XIX y XX). Estos registros proveen información sumamente útil, en tanto que documentan detalles que muchas veces no fueron registrados en los textos, e incluso los complementan o contradicen, abriendo aún más el panorama de datos sobre los cuales se puede trabajar.

Sin embargo, está claro que ni dibujos ni fotografías son registros objetivos de la realidad. Los dibujos dependen no solamente de la capacidad técnica del dibujante, sino también de su capacidad de observación, interés por destacar determinados detalles en detrimento de otros, e incluso su memoria, cuando los dibujos no eran realizados "en vivo". Por su parte, la fotografía está también sujeta a sesgos. La toma está orientada por los intereses del fotógrafo, las posibilidades técnicas del equipo, la negociación de poses con los sujetos fotografiados, etc. Además, el revelado, copia y publicación de las imágenes pueden alterar la toma original mediante recortes y ediciones, eliminando o agregando porciones a la imagen. No obstante, como en el caso de los textos, la presencia de sesgos no implica descartar la información registrada, sino la necesidad de someterla a un análisis crítico para comprender sus alcances y limitaciones (Fiore 2005b y 2005c).

La búsqueda y recopilación sistemática de documentos visuales (dibujos y fotografías) en distintos archivos de museos e instituciones de Argentina, Chile e Inglaterra ha permitido registrar más de 200 fotografías y unos 10 dibujos que retratan a personas Selk'nam o Yámana pintadas. En algunos casos también se pueden observar materiales usados para realizar las pinturas, como bolsas para contener pigmentos o espátulas para aplicar pintura. Los dibujos y fotografías revelan información sobre el sexo y edad de las personas pintadas, los diseños que llevaban y las partes del cuerpo en que éstos eran pintados. Esta información es muy valiosa porque conforma en sí una base de datos visual sobre la cual pueden realizarse observaciones cualitativas y cuantitativas que permiten identificar patrones en el uso de las pinturas corporales. Por ejemplo, se puede detectar que determinados motivos eran empleados por grupos ciertos grupos de edad, o que determinados colores

eran usados preferentemente en situaciones específicas. La fotografía permite así realizar una "arqueología visual" de comportamientos efímeros, que de otra manera habrían permanecido despercebidos.

■ LOS VALORES OCCIDENTALES Y LAS PRÁCTICAS NATIVAS: VIAJEROS, MISIONEROS Y ETNÓGRAFOS EN TIERRA DEL FUEGO

Las menciones sobre Fueguinos usando pinturas corporales varían notablemente de acuerdo a los momentos en los que los textos fueron escritos. Esto ocurre porque los propósitos de las personas que viajaron a Tierra del Fuego cambiaron con el correr del tiempo, variando así sus perspectivas conceptuales y sus intereses. Desde las fuentes más antiguas, escritas en los siglos XVI al XVIII, se asoció la mención de las pinturas al hecho de que los nativos andaban desnudos y a la descripción de su color de piel. En varias de estos textos, escritos por viajeros enviados por las coronas europeas para explorar y tomar posesión de tierras, ni las pinturas ni el hábito de pintarse el cuerpo son consideradas peyorativamente, sino que son más bien mencionadas de manera indiferente, como una característica más de los "exóticos" nativos. Un ejemplo de esta tendencia es el de Pedro Sarmiento de Gamboa, quien realizó dos viajes a la región (en 1579 y 1584) con el objeto de reafirmar el control español sobre el estrecho de Magallanes. Los encuentros entre la tripulación de Sarmiento de Gamboa y los aborígenes fueron muchas veces violentos, incluyendo varios intentos de los europeos de tomar personas fueguinas como intérpretes a la fuerza y enfrentamientos que resultaron con la muerte de nativos. Sin embargo, el lenguaje usado en sus relatos de viaje para referirse a las pinturas de los nativos carece de adjetivaciones valorativas (tanto negativas como positivas).

Una nueva tendencia se generó hacia fines del siglo XVIII y continuó durante el XIX. Los autores de los textos eran principalmente "científicos de a bordo" a cargo de la recolección de muestras de minerales, vegetales y animales, así como del registro de obser-

vaciones sobre los habitantes que encontraban a su paso por las tierras visitadas, u otros observadores, miembros de expediciones político-militares, comerciales o científicas. Estos se caracterizaron por combinar menciones sumamente etnocéntricas de los fueguinos y sus pinturas corporales, junto con intentos por comprender este "exótico" hábito dentro del contexto cultural de los nativos. Por ejemplo, James Weddell, comerciante británico de pieles de lobo marino, se refirió en 1825 a un grupo de hombres y mujeres Yámanas pintados sosteniendo que su apariencia era "grotesca" aunque aceptando que dicha apariencia sería considerada por los propios nativos como la "perfecta moda" (Weddell 1825). Esta visión ambivalente también se encuentra en los textos del capitán británico Robert FitzRoy, quien viajó a la región en 1826 y en 1831. Al relatar un encuentro con aborígenes en bahía Buen Suceso (ubicada en el extremo este de Tierra del Fuego), FitzRoy manifestó que César también había encontrado a los Britanos "pintados y vestidos con pieles [de animales] como estos Fueguinos", lo cual "aumenta el interés excitado por su infantil ignorancia de asuntos familiares al hombre civilizado" (FitzRoy 1839). De esta manera, se comparó implícitamente con César y mantuvo una visión peyorativa de los Fueguinos como "salvajes no civilizados" con "mentes infantiles". Pero también reconoció que ellos eran similares a los Britanos -los propios ancestros de FitzRoy.

Una visión aún más etnocéntrica y por lo tanto menos ambivalente fue proporcionada por Charles Darwin, quien siendo aún muy joven viajó con FitzRoy en su segunda travesía. Darwin consideró a un grupo de aborígenes Yámana pintados estaban "estancados en su crecimiento, sus asquerosas caras pintadas con pintura blanca, sus pieles sucias y grasosas, sus cabellos enredados ... Viendo tales hombres, uno casi no puede creer que sean criaturas-compañeras [de la misma especie], y habitantes del mismo mundo" (Darwin 1845: 216). Sin embargo, oficiando como el científico de a bordo, Darwin también intentó recabar información de manera sistemática, tomando muestras de pigmentos (que hoy se encuentran en las colecciones del Museo Británico) e incluyendo en la

publicación de su diario de viaje datos sobre los componentes químicos de las pinturas. Más aún, pese a sus valoraciones profundamente negativas sobre la apariencia y hábitos de los Yámana, Darwin admitió, refiriéndose a uno de ellos, que probablemente sería más feliz en su tierra que en la “civilizada” Inglaterra. El espacio para la aceptación de la diferencia cultural era entonces mínimo, pero existía.

Los textos del siglo XIX muestran no solamente valoraciones negativas de las pinturas corporales sino, en algunos casos, claros intentos de interrumpir este hábito. Algunas de estas influencias provinieron de expedicionarios, mientras que otras fueron gestadas

a partir de la presencia de misioneros en la región. Esto último resulta muy coherente con el hecho de que los misioneros, tanto Anglicanos como Salesianos, tenían como objetivo transformar las condiciones de vida de los fueguinos, en lo socio-cultural, económico y religioso, generando un profundo proceso de transculturación. Uno de estos casos es el del misionero Anglicano George Despard, quien en un texto de 1859 relató que le hizo notar a un nativo Yámana que llevaba su rostro pintado de blanco, que estaba “sucio” y le insistió en que se lavara. Sin embargo, el nativo apuntó a la barba del misionero, considerándola “sucias” también (Despard 1857-1861).

Este relato resulta interesante no solamente porque muestra la intención misionera de imponer cambios culturales en los Fueguinos, sino porque devela que los fueguinos no siempre aceptaban dichas imposiciones (Fiore 2004).

Hacia finales del siglo XIX y durante las primeras décadas del siglo XX, se desarrolló un ávido interés etnográfico por registrar de manera detallada los hábitos de las culturas Fueguinas, incluyendo sus pinturas corporales. Lo que antes se había considerado como “exótico”, “salvaje” e “inapropiado”, ahora se volvía una característica fascinante de sociedades nativas que era necesario documentar, tanto por escrito como mediante fotografías. Autores como Paul Hyades (1883) de Francia, Martin Gusinde (1882 [1931], 1886 [1937], 1889 [1939]) de Austria y el misionero Salesiano Alberto De Agostini (1929) de Italia, produjeron copiosos textos y colecciones de fotografías, muchos de los cuales incluyen la información más amplia y detallada sobre las pinturas. Sin embargo, algunos autores debieron convencer a los aborígenes para que se pintaran, ya que en muchos casos estaban abandonando esta costumbre (debido a los procesos de transculturación que estaban sufriendo), o no querían mostrarla frente a observadores extranjeros. Esto incluyó por ejemplo el pago a los Yámana, quienes en algunos casos no se dejaban fotografiar, relatado por el naturalista Roberto Dabbene:

“Con la promesa de una bolsa de galletas se decidieron a dejarse retratar. Penetraron en sus chozas para cambiar su actual indumentaria por la indígena y armados de sus arpones, con el rostro y el pecho pintados, con rayas negras, blancas ó rojas, se presentaron ante el objetivo” (Dabbene 1904: 33).

Además, algunas fotografías fueron editadas retocando o cortando porciones de acuerdo a los objetivos de cada autor. De esta manera, por ejemplo, Gusinde eliminó de la imagen a un hombre Selk'nam que llevaba una gorra occidental, posiblemente para evitar la idea de que esta sociedad estaba siendo transculturada y no era ya tan “pura” y “tradicional” como él la retrataba en sus textos (foto n° 3 a y b). En otros casos, el fotógrafo influía directamente sobre los sujetos a retratar, intentando que mantuvieran apariencias



Foto 3a. Hombres Selk'nam haciendo gestos atemorizadores hacia las mujeres (posiblemente durante el *hain*). Foto tomada por L. Bridges; versión editada publicada por Gusinde en 1931



Foto 3b. Versión completa publicada por Bridges en 1947

“típicas”, esto es, no-occidentales. Esto se nota por ejemplo en una fotografía tomada por De Agostini, quien fotografió a dos mujeres Yámana usando ropas “típicas”, pero típicas de los Selk’nam. Posiblemente prefirió fotografiarlas de esta manera a retratarlas con ropas occidentales, comúnmente usadas por los Yámana en las primeras décadas del siglo XX.

De esta manera, los textos y fotografías demuestran que existieron distintas tendencias valorativas en la descripción, apreciación e interpretación del hábito de los Fueguinos de pintarse el cuerpo. Estas incluyeron su descripción como salvajes sucios, criaturas exóticas, personas lamentables que debían ser aculturadas, o casos etnográficos que debían ser registrados antes de su extinción, incluso si ello implicaba la necesidad de reavivar hábitos “tradicionales” solamente para poder registrarlos. Identificar estos sesgos no implica la posibilidad de deshacerse de la subjetividad inherente a los registros escritos y visuales, pero permite reconocer la perspectiva desde la cual la información fue registrada y las interpretaciones fueron construidas. Así, los límites de los textos y fotos nos hablan también de sus alcances.

■ IMÁGENES DE TODOS LOS DÍAS: LAS PINTURAS COTIDIANAS

Los Selk’nam y los Yámana se pintaban el cuerpo con tres colores: rojo, blanco y negro, para los cuales usaban básicamente los mismos elementos. El rojo se obtenía a partir de ocre, arcilla u otros sedimentos, y, en algunos casos especiales, sangre. Para obtener el color blanco usaban arcilla, limo o cenizas. El negro era elaborado mediante el uso de carbón vegetal. La mayoría de las sustancias eran molidas hasta formar un polvo. Algunos de estos materiales, en especial ciertas arcillas de color gris, eran sometidas a la acción del fuego para lograr una coloración rojiza. Luego los pigmentos podían ser aplicados directamente, o mezclados con agua, saliva, grasa o aceite de animales.

En ocasiones, las sustancias colorantes rojas y blancas eran almacenadas en bolsitas de cuero, para ser usadas posteriormente. Algunos textos in-

dicen que los pigmentos negros no eran almacenados, ya que el carbón estaba siempre disponible debido al continuo encendido de fogones.

La aplicación de la pintura se realizaba con técnicas sencillas: se frotaba la pintura con la mano sobre la piel, se la escupía sobre la piel y luego se la frotaba, se la aplicaba con un dedo, un palillo, espátula o instrumento similar a un “peine” (que permitía realizar líneas de puntos muy parejos), o se aplicaba la pintura sobre la piel y luego se removía parte de ésta con los dedos o uñas, dejando espacios de piel sin cubrir. Además de estas técnicas, compartidas por ambas sociedades, los Selk’nam también cubrían la palma de la mano con pintura, retiraban franjas de pintura raspando con las uñas y aplicaban las líneas de pintura resultantes sobre la piel.

La pintura corporal era empleada por individuos Selk’nam y Yámana de ambos sexos y de todas las edades en diversas ocasiones. Los diseños, incluyendo los motivos, colores y posiciones de éstos en el cuerpo, así como qué personas los llevaban, variaban de acuerdo a las distintas situaciones en las cuales se usaban las pinturas. Estas situaciones incluían eventos frecuentes, como las salidas de cacería, hasta momentos únicos o especiales en la vida de las personas, como la primera menstruación o el rol de los shamanes.

En ocasiones, los Selk’nam se pintaban el cuerpo para camuflarlo de acuerdo a los colores predominantes del paisaje en cada estación: usaban un color amarillento para asemejarse al pasto seco y el blanco para disimularse en la nieve invernal. Este hábito, registrado por Lucas Bridges a principios del siglo XX, era puesto en práctica por los hombres cuando salían de caza, para evitar ser avistados por sus potenciales presas.

Varias fuentes escritas mencionan además el uso de pintura por individuos tanto Selk’nam como Yámana con el objeto de embellecerse, aunque brindan pocos detalles en cuanto a qué tipos de diseños se empleaban. Por ejemplo, Fitz-Roy (1839) notó que los Yámana usaban el color rojo para propósitos ornamentales, mientras que Hyades (1883) sostuvo que la coque-tería era principalmente expresada por las mujeres jóvenes Yámana, quienes pintaban líneas de puntos blancos so-

bre sus caras con tal propósito. Por su parte, Gusinde (1982) escribió que las mujeres Selk’nam se aplicaban polvo rojo sobre su pecho y brazos, mientras que los hombres lo hacían sobre el cuerpo entero. Sin embargo, no se han encontrado fotografías que muestren estos usos de pintura en la vida cotidiana de los fueguinos.

Otros usos de pintura están mejor documentados por éstos y otros autores. Por ejemplo, cuando una jovencita Yámana experimentaba su primera menstruación era protagonista de un ritual específico que marcaba su ingreso al mundo femenino adulto. La joven debía ayunar y beber muy escasamente y era advertida por otras mujeres mayores de que sufriría graves consecuencias si transgredía esta norma. Además, le recomendaban ser diligente, trabajadora y amable en sus futuros roles de esposa y madre. Ella se pintaba la cara con líneas rojas dispuestas radialmente bajo los párpados y sobre las mejillas. Como culminación del ritual la joven ofrecía un banquete para muchos invitados, mediante el cual marcaba públicamente su cambio de rol social (Gusinde 1986).

Un ritual similar era desplegado durante la primera menstruación de las jóvenes Selk’nam. La joven en cuestión era confinada en la choza materna, donde debía permanecer en silencio y ayunar. Allí recibía la visita de mujeres adultas, quienes le recomendaban (como en el caso Yámana), ser trabajadora y disciplinada. Además, una de estas mujeres pintaba cada mañana la cara de la joven con un diseño de forma similar al Yámana (líneas rectas dispuestas radialmente bajo los párpados y sobre las mejillas), pero de color blanco en vez de rojo (Gusinde 1982). Las jovencitas Yámana y Selk’nam pasaban así rituales similares que marcaban social y visualmente su transición al rol de mujeres adultas.

En la sociedad Yámana, los shamanes, denominados *yekamush*, usaban pintura corporal tanto para cumplir sus funciones (por ejemplo para curar a un enfermo) como durante su propia iniciación a la función de shaman. Algunos etnógrafos indican que los shamanes y los aprendices que se iniciaban a este rol se desnudaban y pintaban el cuerpo entero con limo o arcilla de color generalmente blanquecino. El sedimento era masticado (mez-

clándose con la saliva) y luego esparcido con la palma de las manos. Una vez que la pintura se secaba, se pasaban las uñas verticalmente sobre el cuerpo, produciendo un contraste entre las líneas de pintura y las líneas de piel despintada. El cabello era también frotado con pigmento en polvo o pintura preparada. El diseño, exclusivo de los *yekamush*, se completaba con una línea roja pintada a través de las mejillas, desde la comisura de los labios hasta las orejas. Los *yekamush* usaban además una vincha de plumas llamada *apawejma*, adorno que era también exclusivo para los individuos que desempeñaban este rol (Gusinde 1986).

Otro uso interesante de la pintura durante la iniciación de estos shamanes era la preparación de una mezcla de colorante blanco con trocitos de madera, que era frotada sobre el cuerpo del candidato, exfoliando y renovando su piel. Esta era una señal de que el individuo estaba listo para convertirse en *yekamush*. En este caso, el efecto de la pintura no parece haber sido únicamente visual, sino especialmente táctil, en tanto que la generación de nueva piel era considerada como un símbolo

del nuevo rol adquirido. Los textos indican que no solamente existían hombres *yekamush*, sino que también las mujeres podían desempeñar este rol. Sin embargo, en las fotografías no aparecen registros de mujeres, sino solamente de hombres identificados como *yekamush*. Las fotografías además demuestran que a principios del siglo XX los *yekamush* no se desnudaban completamente para su iniciación, sino que usaban ropas para taparse los genitales. Esto implica que para ese momento los Yámana habían sufrido un profundo proceso de transculturación, a partir del cual habían incorporado hábitos de vestimenta occidentales, incluyendo el rechazo a la desnudez en público, que no se observa en la sociedad Selk'nam (ver "El secreto masculino...").

Los shamanes Selk'nam, llamados *xon*, también empleaban pintura corporal. Ya en 1886 Polidoro Segers, miembro de la expedición de Ramón Lista a Tierra del Fuego, describió que los *xon* llevaban un diseño facial especial: se trata de tres puntos blancos - dos en las sienes y el tercero sobre la nariz. Este mismo diseño ha sido iden-

tificado en individuos Selk'nam que desempeñaban la función de *xon*, fotografiados entre 1918 y 1923 por M. Gusinde y por A. De Agostini (foto n°4). De esta manera, fuentes independientes escritas y visuales proporcionan información que coincide en corroborar la existencia de estos diseños y que demuestra la continuidad de estas prácticas por más de 30 años (Fiore 2005b).

Estos son algunos ejemplos de las pinturas usadas por los fueguinos tanto de manera cotidiana como en momentos especiales, por personas que cumplían roles específicos (la muchacha transformada en mujer, el hombre convertido en shamán). Sin embargo, la creación de pinturas se desplegaba con más riqueza y complejidad en situaciones muy especiales de su vida social: las ceremonias de iniciación a la adultez.

■ EL MUNDO DE LOS SECRETOS VISIBLES: LAS PINTURAS CEREMONIALES.

Tanto los Selk'nam como los Yámana celebraban ceremonias de iniciación a partir de cuyo pasaje los jóvenes eran considerados como adultos. Los Yámana celebraban dos ceremonias: el *chiéjaus*, en la cual se iniciaban tanto varones como mujeres y el *kina*, ceremonia en la que se iniciaban principalmente los hombres, luego de haber pasado dos veces por el *chiéjaus*. Por su parte, los Selk'nam celebraban el *hain*, en el cual se iniciaban exclusivamente jóvenes varones.

Estas ceremonias diferían entre sí, pero tenían varios elementos en común. Se celebraban en grandes chozas especialmente edificadas para la ocasión, separadas del campamento doméstico donde transcurría la vida cotidiana del grupo. Las ceremonias podían durar desde algunos días hasta varias semanas e incluso meses. Eran celebradas periódicamente, aunque no necesariamente todos los años. Los participantes eran adultos ya iniciados, jóvenes a iniciarse, e incluso personas adultas y jóvenes no iniciadas, que funcionaban en algunos casos como "público" durante determinados momentos cruciales de las ceremonias.

El desarrollo de estas ceremonias implicaba la enseñanza de reglas morales, tareas prácticas y conocimientos míticos que eran considerados funda-



Foto 4. Tenenesk, hombre Selk'nam, con pintura facial que indica rol de *xon* (shaman). Foto tomada por Gusinde, publicada en 1939.

mentales para su desempeño social como adultos. Las reglas morales incluían la importancia de la obediencia, el trabajo arduo, la diligencia, la confiabilidad, el respeto a los mayores y el respeto a los hombres por parte de las mujeres (que marca la existencia de divisiones de género internas en cada sociedad). Las tareas prácticas desempeñadas por los jóvenes a iniciarse abarcaban aquellas necesarias para la subsistencia del grupo, desde la búsqueda de agua y leña hasta la obtención o preparación de alimentos. Pero también implicaban una fuerte disciplina en tanto que los jóvenes debían asumir y mantener posiciones físicas determinadas por varias horas (por ejemplo sentados en el suelo, con las piernas cruzadas y la espalda erguida). Esto, sumado a que se les permitía comer, beber y dormir poco, generaba una forma práctica de disciplinamiento que fomentaba la aceptación de las nuevas reglas y deberes a asumir.

Dentro de este proceso de educación y disciplinamiento era fundamental la presentación de una serie de espíritus, representados por hombres totalmente pintados y enmascarados (especialmente en las ceremonias *kina* de los Yámana y *hain* de los Selk'nam). Estos espíritus salían de la choza ceremonial para ser observados por las mujeres y demás personas no iniciadas desde el campamento doméstico, a quienes en ocasiones visitaban y atemorizaban. Hacia el comienzo de cada ceremonia, los jóvenes varones que se iniciaban debían enfrentarse a estos espíritus dentro de la choza ceremonial, combatiendo con ellos hasta desenmascararlos. Los varones accedían entonces al secreto de que los espíritus que se presentaban en cada ceremonia no eran realmente espíritus (en quienes tanto los Selk'nam como los Yámana creían), sino seres humanos. Puede inferirse entonces que durante esas ceremonias los jóvenes varones aprendían a manipular pinturas y máscaras para crear la imagen de espíritus míticos, que ellos mismos comenzarían a personificar, haciéndose "cómplices" de los hombres adultos en el "engaño" a las mujeres y niños, a quienes, hasta cierto punto, podían controlar de esta manera (Fiore 2006).

■ APTO PARA AMBOS SEXOS: LAS PINTURAS YÁMANA PARA EL CHIÉJAUS.

En esta ceremonia se iniciaban jóvenes de ambos sexos. Cada joven tenía dos "padrinos": un hombre y una mujer ya iniciados, que lo/la guiaban a lo largo del proceso. Esto resulta de por sí significativo, en tanto que marca un trato similar de la sociedad Yámana a ambos géneros. Los rostros de los jóvenes eran pintados por su padrino o madrina, lo cual sugiere que los adultos a cargo tenían autoridad sobre los jóvenes para marcar visualmente su rol de "candidatos". Por el contrario, los adultos se pintaban a sí mismos. Aunque se esperaba que nadie permaneciera en la gran choza ceremonial sin estar pintado, por lo menos a principios del siglo XX las reglas se habían relajado, ya que los adultos preferían pintarse solamente para el atardecer, momento en el que se realizaban algunas danzas. Sin embargo, exigían que los jóvenes estuvieran pintados todo el día, lo cual indica nuevamente su poder sobre los jóvenes para hacerlos cumplir con las reglas.

Cuando se iniciaba el *chiéjaus*, los jóvenes varones debían luchar con un espíritu malévolo llamado *Yetaita*, personificado por un hombre que llevaba su cuerpo pintado con un fondo blan-

co y líneas rojas cortas, su cara con un fondo rojo y líneas blancas en varias direcciones y su cabello cubierto de polvo blanco. Luego de esta lucha los jóvenes revelaban la identidad real del individuo, pero les era advertido que si no se comportaban como era esperado, el verdadero *Yetaita* los atacaría en el bosque. El hecho de que este rito debiera ser cumplido solamente por los candidatos varones marca una llamativa ambivalencia: la ceremonia era básicamente para ambos sexos, pero implicaba diferencias de género. Así, los varones sufrían un ataque que no era soportado por las mujeres, pero también se iniciaban en el manejo de información sobre la personificación de espíritus, información a la que estas últimas tenían el acceso restringido.

Observando las fotografías que registran momentos del *chiéjaus*, resulta notable que las personas se pintaban distintas porciones del cuerpo de acuerdo a su edad: mientras que los adultos aparecen con sus caras, brazos, troncos y piernas pintados, los jóvenes tienen solamente pintados sus caras y brazos. Además, se nota también que los adultos usaban más variedad de diseños que los jóvenes (foto n° 5). Aunque se desconocen las razones de estas diferencias, esto sugiere que aparentemente los adultos tenían más libertad para pintarse y mostrar sus



Foto n° 5. Participantes jóvenes y adultos en el *chiéjaus*. Foto tomada por Martin Gusinde entre 1921 y 1922, publicada en 1937. (El individuo sentado en la última hilera en segundo lugar contando desde la izquierda es Gusinde, quien participó del *chiéjaus*).

cuerpos que los jóvenes, lo que sugiere que también tendrían más poder de control social.

Los hombres y mujeres Yámana no se pintaban las mismas partes del cuerpo para esta ceremonia, ya que ambos aparecen fotografiados con sus caras y brazos pintados, pero solamente los hombres tienen sus piernas pintadas. Esta diferencia puede haber respondido en parte a que en el momento de la toma de fotografías los Yámana usaban ropas occidentales: al usar pantalones, los hombres podían arremangárselos para pintarse y exhibir sus pantorrillas, mientras que las mujeres usaban polleras, con lo cual la pintura y exhibición de sus piernas era menos sencilla. Todos los datos apuntan, sin embargo, a que dentro de esta ceremonia mixta existían igualmente ciertas diferencias sutiles de género, sumadas a las de edad, centrales a la iniciación de los jóvenes a la adultez.



Foto n° 6. Hombres Yámana pintando máscara para el kina; nótese el hombre sentado a la izquierda, colocándose una máscara. Foto tomada por Gusinde en 1922, publicada por Brüggemann en 1989.



Foto n° 7. Hombres Yámana representando espíritus durante el kina. Están parados junto a Gertie, invitada a participar en la ceremonia. Foto tomada por Martín Gusinde en 1922 y publicada en 1937.

■ EL SECRETO COMPARTIDO: LAS PINTURAS DE LOS YÁMANA PARA EL KINA

Los hombres Yámana se iniciaban a la adultez en la ceremonia del *kina*. Su celebración se centraba en la representación de una larga serie de espíritus por hombres pintados y enmascarados. La iniciación de los jóvenes varones al “secreto” ocurría luego de que estos lograban desenmascarar a los espíritus y averiguar su real identidad humana.

Uno de los objetivos de estas representaciones era el atemorizar a las mujeres y mantenerlas dóciles. Los hombres justificaban la necesidad de controlar a las mujeres mediante el relato de un mito que afirmaba que en tiempos de los ancestros las mujeres habían celebrado una ceremonia similar, por medio de la cual engañaban y controlaban a los hombres representando a espíritus. Luego de descubrirlas, los hombres iniciaron el *kina* con el objeto de mantenerlas bajo su dominio. Mediante una ingeniosa elaboración ideológica, este mito de origen del *kina* responsabilizaba así a las mujeres por las acciones de los hombres.

Para evitar ser vistos por las mujeres, los hombres se pintaban y enmascaraban dentro de la gran choza ceremonial, fuera de la vista de las mujeres y

niños. Sin embargo, esto no fue obstáculo para que los Yámana se dejaran fotografiar por M. Gusinde mientras se preparaban para las representaciones, decorando y colocándose máscaras (foto n° 6). Aunque este podría parecer un detalle sin mayor importancia, el dato indica sin embargo que, por lo menos a principios del siglo XX, los Yámana no mantenían el “secreto” sobre los espíritus con extremo celo, como sí lo hacían sus vecinos Selk’nam (ver “*El secreto masculino...*”).

Aunque el *kina* era una ceremonia primordialmente masculina, unas pocas mujeres también podían ser iniciadas al “secreto” (foto n° 7). Según los hombres entrevistados por Gusinde, la condición que debía cumplir la mujer elegida era ser “digna de confianza”, de tal manera que no revelara lo acontecido en la choza ceremonial. Estos informantes comentaron además que la mujer era amenazada con comentarios tales como que los pantanos olían mal porque allí había ido a parar en el pasado una mujer indiscreta. Esto no implica que las demás mujeres no supieran la verdad sobre las representaciones; de hecho, entre ellas circulaban historias acerca de cómo en el pasado las mujeres habían descubierto el engaño de los hombres, aunque sin por ello interrumpir sus ceremonias.

Así, algunas de las mujeres Yámana participaban del *kina* no como “públi-

co” de las representaciones de los espíritus, sino como parte de la “puesta en escena” del ritual. Un interesante ejemplo de esta participación es su simulación de los ataques sufridos por los espíritus: estos se iniciaban con la producción de sonidos tales como golpes y gritos desde dentro de la choza, posteriormente a los cuales salían corriendo fingiendo estar aterrorizadas y con las narices sangrantes. Para ello, previamente a la salida las mujeres se pinchaban con un palillo adentro de la nariz hasta hacerla sangrar, para así representar las heridas sufridas por los ataques de los espíritus. En este punto, los hombres y algunas mujeres se acercan en tanto que ambos manejaban la información “secreta” sobre la ceremonia, junto con algunas de sus prácticas. Pero solo algunas: en ningún momento las mujeres representaban a los espíritus, sino que esta era una tarea exclusivamente masculina (lo cual parece lógico, si se tiene en cuenta que uno de los objetivos era generar cierto control sobre el género femenino). Esto implica que los hombres jugaban el rol principal dentro de la ceremonia y que a consecuencia de esto, ellos pintaban enteramente sus cuerpos, mientras que las mujeres no lo hacían. Además, para realizar estas representaciones los hombres Yámana se cubrían parcialmente con una tela a modo de “taparrabos” o se dejaban los pantalones

enrollados hasta las rodillas, lo cual sugiere que ya habían sufrido una considerable transculturación, puesto que evitaban la desnudez total, que tradicionalmente había formado parte del proceso de pintura corporal para representar a los espíritus del *kina*.

■ EL SECRETO MASCULINO: LAS PINTURAS DE LOS SELK'NAM PARA EL HAIN

La celebración del *hain* en la sociedad Selk'nam también se centraba en la representación de espíritus, pero a diferencia del *kina* Yámana, se trataba de una ceremonia exclusivamente masculina. En ella, los varones eran iniciados al "secreto" mediante la lucha con los espíritus y su desenmascaramiento. Por el contrario, las mujeres, niños y jóvenes no iniciados, debían mantenerse alejados de la choza ceremonial y nunca acercarse a ésta, incluso cuando la celebración había concluido. Aunque los hombres averiguaban el secreto y las mujeres sospechaban del "engaño", ambos creían fervientemente en la existencia de los espíritus reales y desempeñaban sus roles (como espíritus y como "público") con gran convicción durante la ceremonia.

Tal como en el caso Yámana, los Selk'nam justificaban la necesidad de controlar a las mujeres explicitando en un mito que en tiempos de los antepasados, eran ellas quienes habían celebrado una ceremonia en la cual personificaban a espíritus para controlar a los hombres. Las mujeres fueron descubiertas por los hombres mientras practicaba los movimientos de los espíritus y se lavaban la pintura de sus cuerpos. Luego de una violenta represalia, los hombres generaron una versión revertida de la ceremonia, a partir la cual ellos podían mantener sumisas a las mujeres. De esta manera, los Selk'nam revertían en el mito oral la práctica real de la ceremonia, caracterizando a las mujeres como inherentemente poco confiables y por lo tanto imperiosamente controlables.

Uno de los espíritus más importantes del *hain* era So'orte (foto n° 8). Este rol era siempre desempeñado por hombres fornidos, bien formados, adjetivados como "*hawitpin*" en lengua Selk'nam. Cada So'orte llevaba

pintado en su cuerpo un diseño que indicaba su proveniencia regional (del norte, del oeste, del noroeste, etc.) y su pertenencia a determinados clanes. En ocasiones, las mujeres podían invocar con cánticos la aparición de un So'orte oriundo de la misma región que ellas. Este se paseaba frente a la choza ceremonial mientras era observado por las mujeres desde el campamento doméstico, lo cual les generaba regocijo. Pero en otras ocasiones So'orte también se desplazaba hasta el campamento, donde sacudía violentamente las chozas en las que permanecían las mujeres, atemorizándolas. Esto constituía tanto una advertencia para hacer a las mujeres sumisas, como un castigo para aquellas que habían sido "insubordinadas", castigo que era instigado por sus esposos u otros parientes varones. Mediante largas conversaciones con distintos descendientes de los Selk'nam durante la década de 1960, la etnóloga Anne Chapman registró que mientras que aquellos So'orte que paseaban frente a la choza eran considerados hermosos por las mujeres, los que las molestaban en el campamento no lo eran. Esta ambivalencia resulta interesante, en tan-

to que So'orte funcionaba dentro de la sociedad Selk'nam simultáneamente como un agente de control de las mujeres, pero también de seducción, mediante su bella apariencia física.

Además de las representaciones de espíritus, los hombres, tanto adultos como recién iniciados, también fingían ser atacados por los espíritus. Dentro de la choza ceremonial producían golpes y gritos para sugerir que estaban siendo ferozmente agredidos, o directamente realizaban comentarios sobre estos supuestos ataques en voz alta, para que fueran escuchados por las mujeres. Fuera de la choza, los hombres exhibían heridas simuladas con sangre de guanaco o de sus narices, que hacían brotar pinchándose previamente con palillos. Incluso, en algunos momentos culminantes de la ceremonia, posaban como muertos. Todos estos procedimientos generaban la compasión de las mujeres por los hombres. De esta manera, los hombres evitaban los posibles "reclamos" que ellas pudieran hacerles por su proceder durante la ceremonia, puesto que se alejaban de sus roles de "espíritus" para acercarse al de "víctimas de los espíritus".



Foto n° 8. Hombre Selk'nam personificando el espíritu So'orte durante el *hain*. Foto tomada por Martin Gusinde en 1923 y publicada en 1939.

En todas las fotografías tomadas a los hombres Selk'nam representando espíritus del *hain* se nota que se pintaban el cuerpo entero, totalmente desnudo. Esto marca una tendencia hacia una actitud de cierta conservación de pautas tradicionales, que se mantenían pese a la transculturación generalizada que dicha sociedad estaba sufriendo a principios del siglo XX. Es así que en estas situaciones ceremoniales los hombres Selk'nam se despojaban por completo de las ropas occidentales y no se preocupaban por evitar la desnudez, tal como sí lo hacían sus vecinos Yámana en la misma década y frente al mismo fotógrafo (Fiore 2005).

Una de las razones por las que las mujeres eran estrictamente excluidas de la choza ceremonial es que allí los hombres se pintaban y enmascaraban, preparando las representaciones de los espíritus. De hecho, para los Selk'nam era tan importante mantener estas preparaciones en secreto, que algunos hombres atacaron a Gusinde cuando trató de fotografiarlos mientras se pintaban, argumentando que si las fotos llegaban a manos de las mujeres esto les revelaría el "secreto". El contraste entre esta reacción de los Selk'nam y la anteriormente relatada de los Yámana resulta particularmente interesante, en tanto que un mismo etnógrafo registró reacciones totalmente opuestas frente a la fotografía de las preparaciones de las ceremonias de iniciación en uno y otro caso. Estas reacciones parecen coincidir con la importancia dada por cada sociedad al mantenimiento del "secreto" a principios del siglo XX y por lo tanto con la ingerencia dada al género femenino en cada ceremonia: los Yámana, quienes incorporaban a algunas mujeres en el *kina*, tenían menos reparos en el mantenimiento del "secreto" que los Selk'nam, quienes mantenían una fuerte división sexual de roles dentro y fuera de la ceremonia del *hain* y por lo tanto eran considerablemente más estrictos con el manejo de la información secreta.

■ EL FIN COMO PRINCIPIO

Lejos del supuesto hábito sucio y desprolijo, la pintura fue un medio de creación que permitió a los fueguinos marcar visualmente roles y situaciones. Los Selk'nam y Yámana comunicaron

con sus pinturas momentos trascendentes de la vida social, como que una niña se había hecho mujer, que un joven se estaba iniciando o que un hombre era shamán. Y también fueron usadas para atemorizar a mujeres y ejercer efectivamente el poder, generando divisiones sociales no de clase, sino de género y edad. Esto indica que incluso en sociedades que no acumulaban excedente ni tenían propiedad privada existían otras formas de división interna, creadas por ejemplo mediante la manipulación de imágenes producidas usando pinturas corporales.

El hábito de la pintura se debilitó a partir de la transculturación y desaparición con las enfermedades, la persecución y el exterminio de sus creadores. Sin embargo, es posible aprender de los fueguinos, de sus pinturas y de su brusco final. El fin de las pinturas corporales es paralelo al fin de las sociedades fueguinas. La extinción de estos pueblos originarios implica no solamente su desaparición física, sino la pérdida definitiva de una porción de la riqueza cultural de América. Conocer estas formas culturales mediante su estudio y su divulgación permite aprender sobre hechos aún poco conocidos y a la vez desarmar prejuicios sostenidos precisamente sobre el desconocimiento y la desvalorización de los "otros", los indios, a quienes se supone *a priori* como inferiores por ser diferentes.

Los Selk'nam y los Yámana escribieron sus cuerpos con los colores de su tierra, creando maravillosos mundos visuales mediante un arte efímero. Fragmentos de esos mundos permanecen ahora escritos en textos e impresos en fotos: en esas memorias de papel habita un legado único sobre una excepcional forma de arte nativo.

■ REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, A. 2000. Crónica de la Patagonia y tierras australes. Desde el descubrimiento hasta la colonización. Zagier & Urruty. Ushuaia.
- Borrero, L.A. 1991. Los Selk'nam: su evolución cultural. Búsqueda-Yuchan. Buenos Aires.
- Braun Menéndez, A. 1971. Pequeña historia fueguina. Francisco de Aguirre. Santiago de Chile.
- Bridges, L. 1951. Uttermost part of the Earth. Hodder and Stronghton. Londres.

- Brüggemann, A. 1989. Der Travernde Blick. Martin Gusindes Fotos der letzten Feuerland-Indianer. Museum für Volkerkunde. Frankfurt.
- Chapman, A. 1982. Drama and power in a hunting society: the Selk'nam of Tierra del Fuego. Cambridge University Press. Cambridge.
- Dabbene, R. 1904. Viaje a la Tierra del Fuego y a la Isla de los Estados. Boletín del Instituto Geográfico Argentino. XXI. 3-78.
- Darwin, C. 1845. Journal of researches in Natural History and Geology of the countries visited during the voyage of HMS Beagle round the World under the command of capt. Fitz-Roy (R.N.). Segunda edición. Henry Colburn. Londres.
- De Agostini, A. 1929. Mis viajes a Tierra del Fuego. Societa Salesiana. Milán.
- Despard, G. P. 1857 to 1861. Letters and fragments of his journal published in The Voice of Pitty for South America. IV – VIII. Londres.
- Fitz-Roy, R. 1839. Proceedings of the second expedition (1831-1836) under the command of captain Robert Fitz-Roy (R.N.). in Henry Colburn (ed.) Narrative of the surveying voyages of His Majesty's ships Adventure and Beagle between the years 1826-1836... Vol II. Londres.
- Fiore, D. 2002. Body painting in Tierra del Fuego. The power of images in the uttermost part of the world. PhD Thesis. University of London. University Collage London. Institute of Archaeology. Londres.
- Fiore, D. 2004. Piel roja en el confín del mundo. La valoración de las pinturas corporales en los registros histórico-etnográficos sobre aborígenes de Tierra del Fuego. Magallania. 31. Instituto de la Patagonia. Punta Arenas. 229-255.
- Fiore, D. 2005a. Pinturas corporales en el fin del mundo. Una introducción al arte visual Selk'nam y Yamana. Chungara. Revista de Antropología Chilena. 37(2). Universidad de Tarapacá. Arica. 109-127.
- Fiore, D. 2005b. Fotografía y pintura corporal en Tierra del Fuego: un encuentro de subjetividades. Revista Chilena de Antropología Visual. Nº 6. Universidad Academia de Humanismo Cristiano. Santiago de Chile. 55-73.

- Fiore, D. 2005c. Social images through visual images: the use of drawings and photographs in the Western representation of the aborigines of Tierra del Fuego (southern South America). B. Sillar y C. Fforde (eds.) Public Archaeology. 4. Londres. 169-182.
- Fiore, D. 2006. La manipulación de pinturas corporales como factor de división social en las sociedades Selk'nam y Yámana (Tierra del Fuego). Estudios Atacameños. 31. A Nielsen (editor invitado). Universidad Católica de Chile. San Pedro de Atacama. 129-142.
- Gusinde, M. 1982 [1931]. Los indios de Tierra del Fuego. Los Selk'nam. 1. (1 & 2). Centro Argentino de Etnología Americana. Buenos Aires.
- Gusinde, M. 1986 [1937]. Los indios de Tierra del Fuego. Los Yámana. 2. (1, 2 & 3). Centro Argentino de Etnología Americana. Buenos Aires.
- Gusinde, M. 1989 [1939]. Los Indios de Tierra del Fuego. Antropología Biológica. Centro Argentino de Etnología Americana. Buenos Aires.
- Hyades, P.D. 1883. Observations sur les Fuégiens. Bulletins de la Société d'Anthropologie de Paris (3rd. Series). VI. 617-621.
- Hyades, P. y J. Deniker 1891. Mission scientifique du Cap Horn. (1882-1883). Vol 7. Anthropology and Ethnography. Paris.
- Lothrop, S.K. 1928. The Indians of Tierra del Fuego. New York: Museum of American Indian. Contributions 10. Heye Foundation. Edición facsimilar por Zaguier y Urruti. Ushuaia.
- Massone, M. 1987. Los cazadores paleoindios de Tres Arroyos (Tierra del Fuego). Anales del Instituto de la Patagonia. Serie Ciencias Sociales. 17. Punta Arenas. 47-60.
- Orquera, L.A. y E.L. Piana 1999a. La vida material y social de los Yámana. EUDEBA. Buenos Aires.
- Orquera, L.A. y E.L. Piana 1999b. El extremo austral del continente. Nueva Historia de la Nación Argentina. I. Planeta. Buenos Aires. 233-257.
- Weddell, J. 1825 A voyage towards the South Pole performed in the years 1822-1824 containing ... and a visit to Tierra del Fuego with a particular account of the inhabitants. Londres.

■ MUSEOS CON EXHIBICIONES RELATIVAS AL TEMA

- Museo Etnográfico "J.B. Ambrosetti" (UBA), Buenos Aires.
- Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano, Buenos Aires.
- Museo de Ciencias Naturales, La Plata.
- Museo del Fin del Mundo, Ushuaia.

■ SITIOS EN INTERNET

- Museo del Fin del Mundo - www.tierradelfuego.org.ar/museo
- Museo Chileno de Arte Precolombino - www.precolombino.cl
- Museo Borgatello www.interpatagonia.com/paseos/maggiolino
- Museo Británico www.thebritishmuseum.ac.uk/sitemap/sitemap.html



CON TU AYUDA PODEMOS RESOLVERLO

Colaborá desde tu lugar con la Fundación Instituto Leloir para que investiguemos el cáncer, el Alzheimer, el dengue y el infarto, entre otras enfermedades. Sumate ahora con tu donación mensual de \$12 o más con tu tarjeta de crédito, para que juntos lleguemos a resolver problemas que nos afectan a todos. Ayudanos a que la ciencia argentina siga avanzando.

**DONÁ
DESDE
\$12
X MES**

www.leloir.org.ar
o al (011) 5238-7505



INSTITUTO LOLOIR
FUNDACIÓN

Huellas digitales ambientales: isótopos del oxígeno

Palabras clave: indicadores ambientales-isótopos del oxígeno-agua.
Keywords: environmental indicators-oxygen isotopes-water.

A partir de la tecnología desarrollada durante la segunda guerra mundial, y el interés de los científicos por la obtención de nuevas formas de «energía destructiva», tuvo lugar el desarrollo de equipamiento capaz de analizar a los átomos por sus masas. A partir de aquel entonces, dichos equipos –espectrómetros de masas- han tenido importantes mejoras en la electrónica, su sensibilidad y precisión, sin haber variado sustancialmente en los aspectos físicos. A través de los isótopos es mucha la información que se puede obtener, desde edades radiométricas con isótopos radiactivos (Uranio, Thorio, Plomo, Rubidio, Potasio, etc.) presentes en diferentes materiales naturales, como así también alcanzar el conocimiento de variables ambientales con el uso de isótopos estables (Oxígeno –tema del presente artículo-, Carbono, Nitrógeno, Deuterio, etc.). El análisis por oxígeno de diferentes materiales permite reconocer el origen de una lluvia, el área de aporte de un acuífero, con lo cual es posible tener una idea de cual es la recarga del mismo, y de esta forma sus posibilidades de explotación, condiciones paleoambientales sobre rocas sedimentarias, como así también saber si un vino se encuentra «bautizado».

■ Claudio A. Parica

Profesor Geología Ambiental.
Universidad Nacional de General San Martín. CONICET
cparica@unsam.edu.ar

Ante todo es necesario introducirse en el concepto de isótopo, el cual lo definiremos de la siguiente manera:

«Un isótopo es una forma de un elemento químico cuyo núcleo atómico contiene un número específico de neutrones, además del número de protones que son los que definen el elemento. Los núcleos de la mayoría de los átomos contienen a los neutrones así como los protones. (Una excepción es la forma común de hidrógeno cuyo núcleo consiste en un solo protón.) Cada elemento químico tiene más de un isótopo. Para cualquier elemento, uno de los isótopos es más abundante en la naturaleza que cualquiera de los otros.»

Los isótopos pueden dividirse en dos grupos, *estables* e *inestables* o *radiactivos*. A los fines de este artículo, solamente nos dedicaremos a los isótopos estables, en particular a los denominados ambientales, y de ellos a los isótopos del oxígeno.

Los análisis isotópicos ambientales más frecuentes en la naturaleza son los que comprenden al oxígeno y al carbono. El desarrollo de las técnicas isotópicas tuvo lugar principalmente a partir de la segunda guerra mundial, tiempos en los que se desarrollaron los

primeros espectrómetros de masas. A partir de ese momento constituyen una de las principales herramientas en la geología y la hidrología entre varias líneas de investigación.

El principio en el que se basan los estudios isotópicos se lo denomina *fraccionamiento isotópico*. Que no es ni más ni menos que la respuesta de un isótopo con una masa determinada frente a un fenómeno físico. Es tan simple de entender como que aquello que es más pesado requiere de más fuerza para ser movilizado. Los efectos cinéticos son los responsables del fraccionamiento isotópico. Por ejemplo, en una fase gaseosa las moléculas que contienen un isótopo liviano se mueven más rápidamente que aquellas con un isótopo más pesado. Las velocidades de traslación de las moléculas gaseosas son inversamente proporcionales a la raíz cuadrada del promedio de los pesos moleculares. Por ejemplo, se puede describir para el CO_2 :

$$\frac{\text{velocidad}({}^{12}\text{C}{}^{16}\text{O}{}^{16}\text{O})}{\text{velocidad}({}^{13}\text{C}{}^{16}\text{O}{}^{16}\text{O})} = \sqrt{45/4} = 1.011$$

Esto significa que la velocidad del CO_2 de masa 44 es 1.1% mayor que el CO_2 de masa 45. Tal velocidad diferencia la separación isotópica durante la difusión.

■ EL OXÍGENO

El oxígeno es el elemento más abundante en la tierra. Aparece en compuestos gaseosos, líquidos y sólidos, la mayoría de los cuales son térmicamente estables en un amplio rango de temperaturas. Estos hechos, hacen que el oxígeno sea uno de los elementos más interesantes en la geoquímica isotópica.

El oxígeno tiene tres isótopos estables con las siguientes abundancias:

$$\begin{aligned} 16\text{-O} &= 99.763\% \\ 17\text{-O} &= 0.0375\% \\ 18\text{-O} &= 0.1995\% \end{aligned}$$

A los efectos de las mediciones relativas, la relación más apropiada, tanto por las abundancias como por la diferencia de masas es la relación ${}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O}$ (Panarello y Parica, 1984).

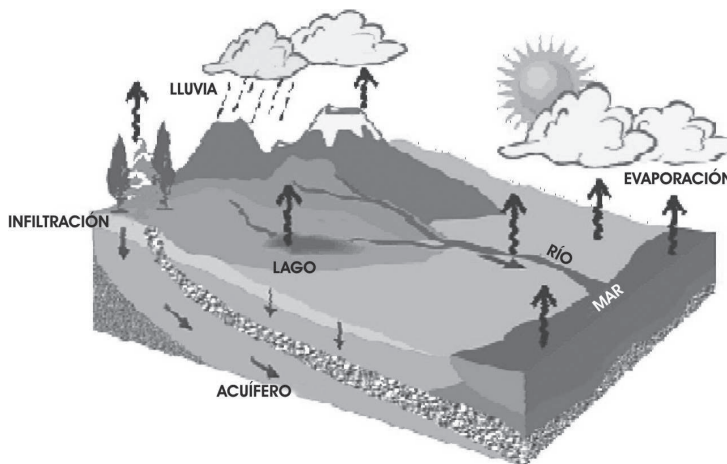


Figura 1: Esquema simplificado del ciclo hidrológico

■ EL CICLO DEL AGUA

Ya en la Biblia se esboza el concepto de lo que es el ciclo hidrológico: «*Todos los ríos van al mar y este nunca se llena...*».

Así viaja el agua en el ambiente:

- Todo comienza, en el mar. La superficie del mar queda expuesta a la acción de los rayos del sol, evaporándose en la atmósfera, siendo aquí donde las gotas de agua toman otra forma natural que es el cambio físico de líquido a vapor.
- El ascenso será constante y con apoyo del viento, el vapor alcanza algunos kilómetros más arriba, donde sufre la pérdida de calor que lo detiene hasta formar otra vez gotas de agua o pequeños cristales de hielo, aquí el vapor ayudado con la baja temperatura se convierte nuevamente en agua.
- Millones de gotas o cristales darán origen, poco a poco, a las nubes suspendidas en el aire hasta que nuevos descensos de la temperatura multipliquen la unión de las gotas o cristales de hielo y provoquen así su caída en forma de lluvia.
- El agua en forma de nieve puede caer en las zonas elevadas de las montañas, y en forma de lluvia en las zonas más bajas, en la ciudad, en los ríos y en el mar, pero es hasta que llegue a su lugar de origen donde completa el ciclo hidrológico para iniciarlo nuevamente.

¿Qué pasa si las gotas de agua en forma de nieve caen en alguna montaña?

Es solo un capítulo de su historia, porque pasará a formar parte de las aguas dulces o continentales. El propio peso de la nieve hará que esta descienda resbalando las laderas, o quizá después lo haga en época de deshielo, hasta desembocar en un río y a través de éste llegar al mar.

¿Qué pasa si las gotas de agua en forma lluvia caen en el mar?

El viaje de las gotas de agua por el ambiente es más corto, porque el agua cae directamente en el lugar donde termina y comienza otra vez el Ciclo Hidrológico.

¿Existen otros caminos para las gotas de agua?

Por ejemplo en la tierra, su filtración en un terreno y su integración en los caudales de agua subterránea, donde permanecerá por muchos años y será aprovechada por las plantas y animales. En el caso de que las gotas de agua vayan a parar en las raíces de una planta puede ser aprovechada y con la ayuda de la energía solar se obtiene el oxígeno y el bióxido de carbono y dentro de su proceso de transformación se libera el agua en forma de vapor, tanto por la respiración de la planta como por la fotosíntesis.

¿El ciclo del agua puede ser modificado por el hombre?

Los grupos humanos intentan adaptar o modificar en lo posible algunas de las etapas del ciclo hidrológico para

hacerlo más útil a sus necesidades. Los inventos para acelerar las lluvias, la desalinización del agua de mar para hacerla potable o la construcción de presas y embalses para controlar el flujo de los ríos son otros ejemplos de la injerencia humana en el ciclo natural del agua.

Otra importante alteración al ciclo del agua es aquella que se produce por la deforestación de grandes extensiones de bosques y zonas selváticas. Ya el agua que originalmente era consumida por las plantas en su ciclo de vida, pasa a circular libremente por la superficie en algunos casos, se producen sustanciales erosiones del terreno, en otros se elevan las cotas de los niveles freáticos e inundaciones, o bien el fenómeno opuesto, como es la sequía, sobre todo en ambientes con suelos muy impermeables, donde la humedad que las plantas aportaban a la atmósfera al extraer agua del nivel freático dejan de hacerlo. La deforestación asimismo contribuye en alguna medida al conocido efecto invernadero, aunque debe tenerse en cuenta que son los océanos, a través de la actividad del plancton los principales reguladores a escala global del contenido de CO₂ en la atmósfera.

El desarrollo de la industria y la urbanización tienen un mayor consumo de agua. La urbanización crea una situación que interrumpe la infiltración normal del agua en el terreno, provoca el deslizamiento de la misma, agiliza los procesos normales de erosión, y la aceleración del ciclo hidrológico. Todo

esto ocasiona que se reduzcan las posibilidades de que el agua continúe su ciclo y que en forma de vapor se integre a las nubes.

El agua de lluvia va directamente a los drenajes y desemboca en los ríos en grandes cantidades. Este tipo de agua, al no tener oportunidad de ser tratada, se contamina.

El oxígeno en el ciclo hidrológico funciona como un «trazador natural», por lo tanto resulta además de «infinito», barato y no contaminante.

Las moléculas de agua están constituidas por hidrógeno¹ y oxígeno, con sus diferentes masas, originando moléculas de diferentes masas también, que son presentadas en la tabla I.

El fenómeno de fraccionamiento isotópico se produce tanto a través de la evaporación como de la condensación. La composición isotópica del agua es producto de estos fenómenos y se encuentra directamente relacionada con la temperatura.

A los efectos de definir la composición isotópica del agua se pueden establecer los siguientes fenómenos:

1. de evaporación:

El agua es evaporada de la superficie del mar con un empobrecimiento promedio del 9‰ en 18-O para conformar una nube.

- **Efecto latitud.**

De acuerdo a la latitud en la que se produce la evaporación, la composición isotópica del vapor será diferente. A latitudes menores (próximas

al Ecuador), el vapor de agua será más pesada que una región polar.

- **Efecto estacional.**

De acuerdo a la estación del año en la que se produce la evaporación, la composición isotópica del vapor será diferente. A mayor temperatura (verano), el vapor que forma una nube será más pesado isotópicamente que una nube formada en épocas invernales.

2. de condensación:

- **Efecto continental.**

A medida que una nube avanza en el continente y descarga sucesivas lluvias, en las primeras la tendencia siempre es a que descargue las moléculas más pesadas, por eso a medida que las lluvias se producen hacia «tierra adentro», serán más livianas isotópicamente.

- **Efecto altitud.**

De forma similar al caso anterior, en las lluvias que se producen en las zonas más bajas de regiones montañosas, serán más ricas en oxígeno 18 que en aquellas que se producen en zonas más altas.

Cada ambiente, de acuerdo a las lluvias, tendrá una composición isotópica característica, que de acuerdo a su dinámica, dejará su impronta en el ambiente y en el agua subterránea. Así se podrán analizar cuales son las fuentes de recarga de un acuífero, y sus potenciales volúmenes de extracción de acuerdo a la recarga. Asimismo se debe tener en cuenta que los organismos que habitan y los sedimentos en un determinado ambiente también guardan esa composición isotópica en «su composición». De allí, que el análisis de la relación 18-O/16-O, constituye un excelente paleotermómetro.

Los organismos de una determinada zona, como así también las rocas sedimentarias que allí tengan su origen guardarán la información isotópica como una huella digital imborrable y característica.

Anecdóticamente es posible saber gracias a los isótopos del Oxígeno si

O→ H-H↓	16	17	18
1-1	18	19	20
2-2	20	21	22
3-3	22	23	24
2-1	19	20	21
3-1	20	21	22
3-2	21	22	23

Tabla I. Composiciones isotópicas del agua y sus respectivas masas.

¹ El hidrógeno posee tres isótopos, el Propio, de masa 1, el Deuterio, masa 2, y el Tritio, masa 3. En la tabla se expresa el hidrógeno con H, pero en la columna respectiva se detallan las masas correspondientes.

un vino ha sido «bautizado» fuera de su lugar de origen. Un vino producido en San Juan, Mendoza, Catamarca, Río Negro, La Rioja o Salta, tiene su huella isotópica particular, que será muy distinta a la del «vino» que se pueda producir en Buenos Aires o más bien al agua que se le pueda agregar. De hecho, el Instituto Nacional de Vitivinicultura ha reconocido, a través de la Resolución C. 24/2003 al método de análisis de los isótopos del oxígeno como un instrumento válido para establecer si el vino tiene algún tipo de adulteración con agua.

Un ejemplo con una muestra de vino en el que se verifica la adulteración con agua (se define el δ18-O, más adelante, en Hablando el mismo idioma):

Vino sin adulteración: δ18-O= 6,6245 ‰.
 Agua de adulteración: δ18-O= -8,22 ‰.
 Vino + 20 % de agua: δ18-O= 3,59 ‰
 Vino + 5 % de agua: δ18-O= 6,02 ‰
 Vino + 10 % de agua: δ18-O= 5,19 ‰

Otros productos, también pueden ser analizados a través de análisis isotópicos aunque en estos casos por cuestiones analíticas se utilizan isótopos estables del Carbono (que será tema de otra entrega) es factible determinar si una miel ha sido adulterada con melaza. Las mieles legítimas, producto de la actividad de las abejas registran valores de δ13-C entre -24 y -28 ‰, en tanto que las adulteradas con melaza tienen valores de -23 hasta -11 ‰.

■ LOS ISÓTOPOS DEL OXÍGENO Y LA CONTAMINACIÓN

En muchas oportunidades, con el fin de conocer el origen de una contaminación, se introducían trazadores radiactivos, o bien colorantes en un sistema natural, con el fin de «rastrear la contaminación». Actualmente, si bien estas técnicas se siguen utilizando, son de por sí también contaminantes, además de costosas.

Actualmente, las técnicas de análisis isotópico permiten el reconocimiento de fugas en diques, puesto que el espejo de agua de un dique en un sistema, sujeto a evaporación, con la consecuente variación en la relación 18-O/16-O. El agua de un dique, por evaporación aparecerá enriquecida en 18-Oxígeno respecto de la del entorno, y más aún del agua subterránea.

Un dique en sí resulta en un «caldo de cultivo» de bacterias y microorganismos, esto sin contar desechos que muchas veces son arrojados a estos espejos de agua. Al presentar pérdidas, contaminan el sistema hidrogeológico. De allí que al encontrar acuíferos contaminados, a través de los isótopos del oxígeno, puede efectuarse un seguimiento de la contaminación por las diferencias en las composiciones isotópicas.

■ HABLANDO EL MISMO IDIOMA LOS PATRONES DE MEDICIÓN

Quando se analizan isótopos estables, jamás se expresan sus concentraciones en valores absolutos, sino que se expresan en relaciones isotópicas, si bien no es que no se pueda hacer, de hecho se podría, pero resulta que de los análisis efectuados en un espectrómetro de masas se obtienen relaciones de un isótopo respecto de otro, las que a su vez son expresadas respecto de un lenguaje común, y esto es un patrón internacional. En el caso del Oxígeno, este se expresa en su gran mayoría respecto del agua de mar, patrón conocido como V-SMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water). El agua de mar resulta un patrón prácticamente infinito, y es la Agencia Internacional de Energía Atómica con sede en Viena

la encargada de la distribución del patrón a nivel mundial. A su vez, cada laboratorio cuenta con patrones propios económicos y de fácil recolección, que son contrastados periódicamente versus el V-SMOW.

$$\delta O^{18} = \frac{(O^{18}/O^{16})_{muestra} - (O^{18}/O^{16})_{patrón}}{(O^{18}/O^{16})_{patrón}} \times 1000$$

Los análisis de Oxígeno en carbonatos por lo general son expresados versus otro patrón conocido con el nombre de PDB, (Pee Dee Belemnite), que es la comparación de un belemnite de edad cretácica de la Formación Pee Dee en el estado de Colorado, Estados Unidos. Este patrón está agotado, pero su conversión desde el V-SMOW es simple:

$$\delta O^{18} PDB = \frac{\delta O^{18} SMOW - 30,4}{1,03}$$

Igualmente, en tanto y en cuanto se exprese el resultado de un análisis, no hay inconvenientes respecto de tal o cual patrón internacional se encuentren los resultados.

En figura 2 se presentan los rangos de los δO18 SMOW en diferentes materiales en la naturaleza tomado de Hoefs, 1986.

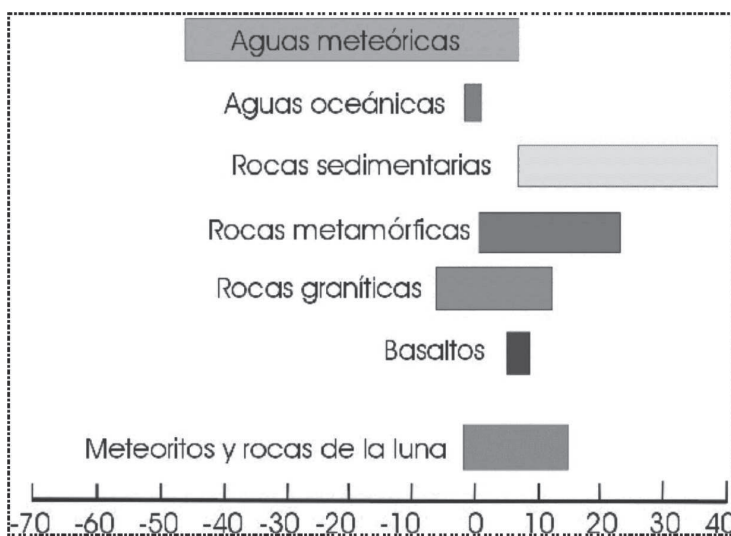


Figura 2: valores de δ 18 O expresados ‰ en distintos materiales naturales².

² Aguas meteóricas comprenden aquellas provenientes de las precipitaciones bajo forma líquida o nívea.

■ LOS ISÓTOPOS ESTABLES Y EL TIEMPO GEOLÓGICO

Tal lo expresado anteriormente, tanto las rocas como los organismos guardan la memoria isotópica, lo mismo ocurre con los glaciares, donde los niveles de hielo guardan el registro isotópico del agua que los conforma. Así, se puede reconstruir la estratigrafía isotópica, que además, de brindarnos la información ambiental, en algunos casos, al igual que los anillos de crecimiento de los árboles, o los varves³ de los fondos de los lagos, permiten ser utilizados para la medición del tiempo.

Un ejemplo del registro de las variaciones isotópicas en relación a las variaciones climáticas ha sido obtenido de los testigos del Domo Taylor, ubicado

sobre los Montes Transantárticos. Los últimos 150.000 años están registrados en esta gran acumulación de hielo, con temperaturas que oscilan entre los -40° C y los -52° C.

Otros ejemplos de las variaciones climáticas en la historia de nuestra Tierra.

La Antártida, tal como la conocemos actualmente dista mucho de ser la misma que fue para tiempos mesozoicos. Un caso estudiado sobre el paleoambiente fue realizado en la península Byers, en la isla Livingston (islas Shetland del Sur) por Cabaleri *et al.* (1996). Allí, existen registros de sedimentos jurásico-cretácicos (130-65 millones de años), portadores de amonites mal

conservados. Hacia el cretácico medio (110-90 millones de años) se implanta un régimen netamente continental, cuyos representantes son sedimentos portadores de plantas y una intensa actividad volcánica. Las rocas sedimentarias son representantes de un ambiente con ríos y lagos o lagunas con un régimen climático estacional. De las rocas sedimentarias, aquellas que contienen material carbonático han permitido establecer el régimen de temperaturas imperantes para ese ambiente en tiempos cretácico terciarios (65 millones de años), basado en el análisis de $\delta^{18}O$. Los resultados obtenidos permitieron interpretar un rango de temperaturas que oscilaba entre los 16° y los 24° C, datos coherentes asimismo

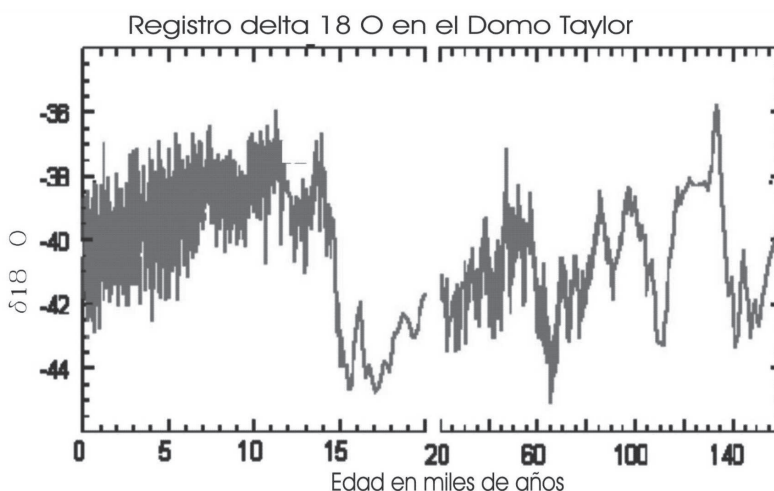


Figura 3: variación del Oxígeno 18 en perfiles de hielo en el Domo Taylor, Antártida (Steig *et al.*, 1999)

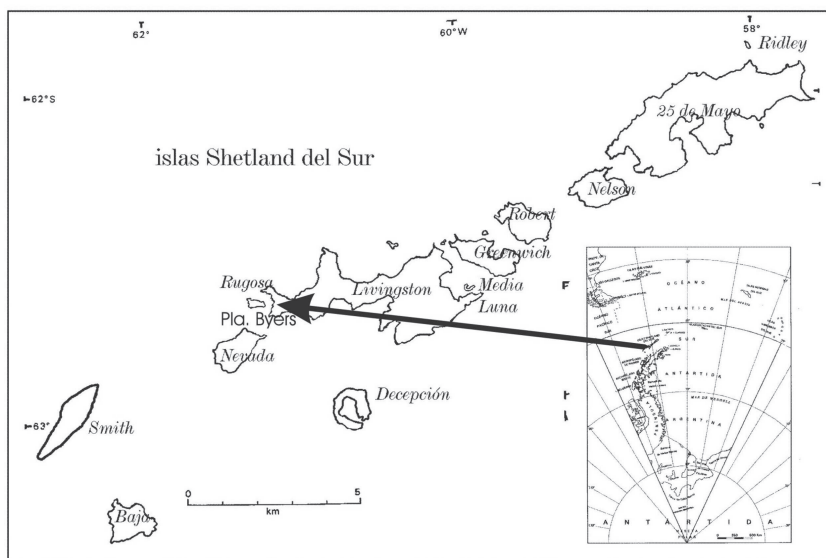


Figura 4.: Mapa de ubicación de la península Byers, islas Shetland del Sur, Antártida

³ Se definen los varves como las delgadas capas de sedimentación en los fondos de los lagos, que por lo general pueden encontrarse en pares por año, reflejando períodos estacionales del ambiente.

con la presencia de una importante flora y con un régimen climático caracterizado por lluvias estacionales.

¿Qué ocurre en los glaciares y el mar con los cambios climáticos?

Como se expresó anteriormente, los océanos son el principio y el fin del ciclo hidrológico. También, en promedio la composición promedio de las nubes evaporadas del agua de mar, se encuentran empobrecidas en 18-O en un 9 %. Ahora bien, en épocas frías, como por ejemplo en las glaciaciones, el agua de precipitación se encuentra empobrecida en 18-O, quedando este isótopo pesado en los océanos, y la evaporación se encontrará enriquecida en el 16-O, por lo tanto, los mares tendrán una relación 18/16 más elevada que para tiempos más cálidos.

Hablado en zonas más templadas

Panarello y Parica (1984) presentan los primeros estudios isotópicos para nuestro país, donde se muestra la correlación lineal existente entre la composición isotópica del agua de lluvia de Buenos Aires (en dos estaciones, San Andrés y Ciudad Universitaria) respecto de promedios de temperaturas anuales. Los promedios de temperaturas mensuales corresponden al período 1978-1981.

Las variaciones de que se observan para los distintos δO^{18} en las precipitaciones representan los valores de las temperaturas de evaporación del agua. De allí la dispersión respecto de la temperatura durante la precipitación.

Como se miden los isótopos

El equipamiento con el que se miden tanto los isótopos del Oxígeno

como así también los de cualquier otro elemento son los espectrómetros de masas.

Acompañando el desarrollo nuclear de los años 30 y 40 comienza el perfeccionamiento de estosequipos. Los que, más allá de las mejoras electrónicas, el principio básico se ha mantenido desde aquel entonces.

El principio básico de la espectrometría de masas es la de generar un haz de iones⁴ dentro de un tubo en condiciones de ultra alto vacío (10^{-8} atmósferas o menor aún). Este haz de iones es acelerado en una fuente iónica, que al pasar por un campo electromagnético, es desviado más o menos de acuerdo a la masa. En el extremo opuesto del tubo, se encuentra un colector que registra cuanto se ha desviado un haz y con que intensidad este llega. De acuerdo a cuanto se desvía el haz se establece la masa y de acuerdo

	δO^{18}	T° media
Enero	-3.1	24.1
Febrero	-2.9	23.0
Marzo	-6.1	21.3
Abril	-6.2	16.4
Mayo	-5.2	13.6
Junio	-6.9	10.3
Julio	-3.5	10.7
Agosto	-3.5	11.8
Septiembre	-2.1	13.8
Octubre	-1.7	16.3
Noviembre	-1.3	19.9
Diciembre	-2.7	22.2

Tabla 1: valores de temperaturas medias anuales y delta 18-O.

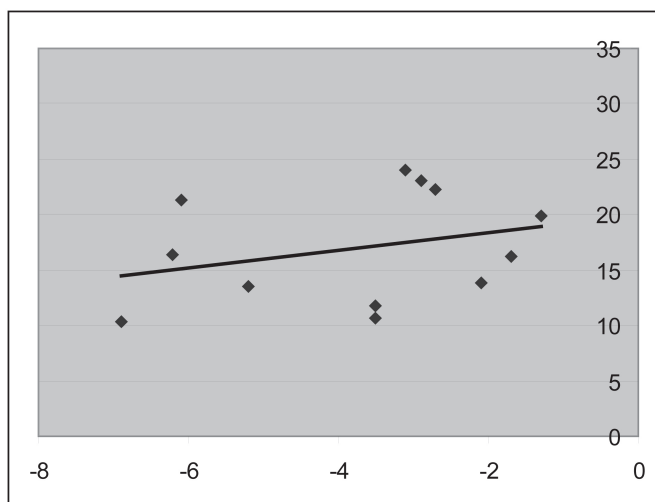


Figura. 5: gráfico de correlación entre temperaturas y delta 18 O

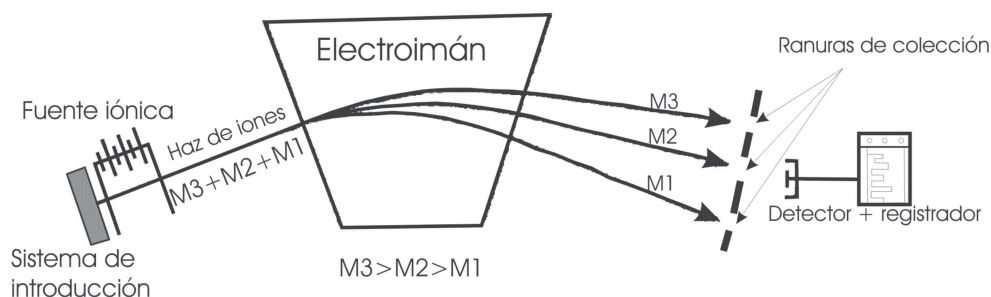


Figura 6: Esquema simplificado de un espectrómetro de masas

⁴ Un átomo que tiene una carga eléctrica se llama un ión. Puede haber obtenido esta carga por perder electrones—en cuyo caso la carga es positiva—o por capturar algunos electrones extra, haciendo la carga negativa. El proceso de convertir un átomo en un ión se llama ionización, de aquí el término «energía de ionización».

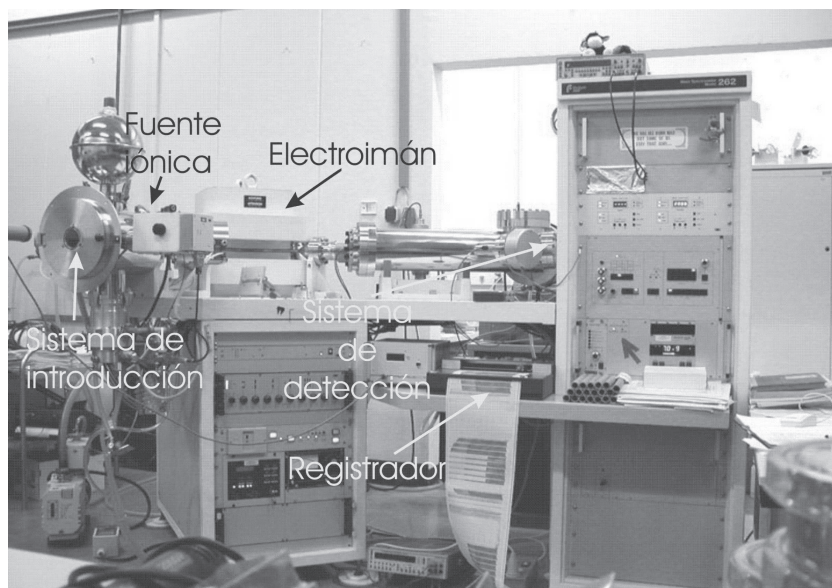


Figura 7: espectrómetro Finnigan Mat 262 y resumen de sus componentes.

a la intensidad se establece cuanto hay de esa masa.

Los equipos más viejos contaban con electrónica valvular, y el proceso de análisis estadístico se llevaba a cabo midiendo con regla las intensidades de los diferentes picos correspondientes a cada masa sobre el papel del registrador. Con el tiempo, y el avance tecnológico, existieron equipos híbridos (valvular+transistorizado) hasta los más recientes que se encuentran totalmente automatizados y controlados por una simple computadora de uso común.

CONCLUSIONES

Las aplicaciones isotópicas han tenido comienzo con el desarrollo nuclear, en particular durante la Segunda Guerra Mundial, es en esos tiempos que tiene lugar el diseño y fabricación de equipos de medición, que desde

aquel entonces si bien ha variado notablemente la precisión y la velocidad en las mediciones gracias a los avances en la electrónica, los principios de la espectrometría de masas siguen siendo los mismos.

Actualmente es prácticamente impensable la ejecución de estudios hidrogeológicos y paleoclimáticos sin las aplicaciones isotópicas, en particular de estos dos isótopos naturales.

La interpretación de los fenómenos en el pasado no hacen más que permitir predicciones más precisas tanto para el futuro próximo como en aquellas que se pueden hacer a largo plazo.

Es bueno tener en cuenta que cualquier análisis isotópico puede ser realizado en nuestro país, tanto a través del INGEIS (Instituto de Geocronología y Geología Isotópica), dependiente del CONICET, como así también en la Comisión Nacional de Energía Atómica, y

recientemente la Facultad de Farmacia y Bioquímica-UBA cuenta con equipamiento de alta resolución.

BIBLIOGRAFÍA

- Cabaleri N., C. Parica, M. Remesal, F. Salani and S. Valencio, 1996 The lava-sedimentary mesozoic association of lacustrine environment of Byers Peninsula, South Shetland Islands. *Antarctic Geology and Geophysical: The Antarctic Region: Geological Evolution and Processes*, C.A. Ricci Ed., 361-366. Terra Antarctica Publication, Italy. ISBN 88-900221-0-8
- Faure, G., & J. Powell., 1984. *Isotope Geology*.
- Hoefs, J. 1996. *Stable Isotope Geochemistry*, 4th Edition. Springer Verlag, Berlin, 241 pp.
- Panarello, H.O. y C.A. Parica, 1984. Determinación de la composición del oxígeno en aguas. Primeros valores en aguas de lluvia de Buenos Aires. *A.G.A. Rev.* XXXIX (1-2), 3-11.
- Steig EJ, Morse DL, Waddington ED, Stuiver M, Grootes PM, Mayewski PM, Whitlow SI, Twickler MS. 1999 Wisconsin and Holocene climate history from an ice core at Taylor Dome, western Ross Embayment, Antarctica. *Geografiska Annaler* 82A: 213-235.

BIBLIOGRAFÍA DE LECTURA GENERAL

- Faure, G., 1998. *Principles and applications of Geochemistry*. 2nd Ed. Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. 600 pp.
- Fritz, P. & J. Ch. Fontes (Eds.), 1986. *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, vol. 2 Elsevier, Amsterdam, 557 pp.



ILSI Argentina

ILSI Argentina
 Av. Santa Fe 1145 - Piso 4º - C1059ABF - Ciudad de Buenos Aires
 Tel/Fax: + 54 11 4816-4384/4816-3259
 info@ilsi.org.ar / www.ilsi.org.ar

ILSI Argentina (International Life Sciences Institute) (Instituto Internacional de Ciencias de la Vida) es una Asociación Civil de carácter científico y sin fines de lucro. Fue fundada en 1990 y está organizada en comités que abarcan los siguientes temas: Nutrición, Obesidad y Actividad Física, Biotecnología de Alimentos, Alimentos Funcionales, Salud y Medio Ambiente, Bioseguridad y Análisis de Riesgo, Agua, Comunicación Científica. Trabaja con instituciones universitarias, la industria y los gobiernos para resolver problemas relacionados con la salud pública. Integra una red de instituciones que abarca los cinco continentes, publicando temas de palpitante actualidad que constituyen en algunos casos bibliografía de referencia. Estimado lector, si Ud. necesita más información, visite nuestra página web: www.ilsi.org.ar

Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias

Colabore a la difusión científica publicando en CIENCIA e INVESTIGACIÓN

La revista Ciencia e Investigación es el órgano oficial de difusión de la ASOCIACION ARGENTINA PARA EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS. Fue fundada en el año 1945 y tiene por objetivo la publicación de temas básicos del conocimiento científico y tecnológico, a través de artículos accesibles a estudiantes y al público en general.

Sus páginas están abiertas a todos los interesados en colaborar, y el Comité Editorial tiene a su cargo la selección de los artículos que serán publicados.

Las instrucciones para los autores pueden solicitarse en la sede oficial de la ASOCIACION ARGENTINA PARA EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS, también están detalladas en la última página de esta revista o bien pueden consultarse en

www.aargentinapciencias.org

ESPERAMOS SU COLABORACIÓN

AAPC

Avenida Alvear 1711 – 4º Piso - Tel: 4811-2998

(C1014AAE) Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina

www.aargentinapciencias.org / email: director@aargentinapciencias.org

Recarga natural de yacimientos petrolíferos

Palabras clave: petróleo, isótopos estables.

Keywords: oil, stable isotopes.

El petróleo está formado por compuestos del Carbono sometidos a presión y temperatura durante largos períodos en el tiempo geológico. Se analizan las incidencias entre los compuestos de origen orgánico, inorgánico y alteraciones en el mismo reservorio petrolífero a través del análisis isotópico del Carbono.

■ Carlos Alberto **Rinaldi**,
Rodolfo Augusto **del Valle** y José
Carlos Arsenio **Martínez**
Macchiavello

Escuela de Posgrado, Universidad Nacional de General San Martín, Belgrano 3563, 1650 San Martín, Prov. de Buenos Aires. crinaldi@uolsinectis.com.ar

Este trabajo se basa mayormente en lo expresado por Mahfoud (2000), en lo referente a la contribución de carbono e hidrógeno provenientes de orígenes orgánicos e inorgánicos junto a la alteración natural de los hidrocarburos, como factores principales que causan las diferencias observadas por los expertos en la composición química e isotópica de los hidrocarburos en el golfo de México, coincidiendo con lo informado por Browne (1995).

Para explicar la génesis del petróleo hay dos teorías básicas, una es la denominada "biogénica" y la otra "abiótica". Según el conocimiento clásico o teoría "biogénica", el ambiente geológico adecuado para la generación de petróleo debe tener la capacidad de recibir y acumular grandes cantidades de sedimentos ricos en materia orgánica, consistentes en restos de plantas y animales terrestres y/o marinos, principalmente restos de plankton marino que proliferó hace millones de años durante períodos de calentamiento global.

Estos sedimentos constituyen la denominada "roca madre" de los hidrocarburos, y deben permanecer sepultados durante el tiempo necesario para que la presión y el ascenso de la temperatura, debido al flujo de calor geotérmico (calor interno natural de la Tierra), produzcan la adecuada maduración de la materia orgánica, y se formen hidrocarburos estables. El enterramiento produce altos niveles de presión y temperatura, los cuales causan la transformación de los restos, primero en un material seroso denominado "kerógeno", y después en hidrocarburos líquidos y gaseosos a través de un proceso natural denominado "catagénesis" (Fig. 2).

La profundidad a la que ocurre la secuencia de temperatura y tiempo en la que se alcanza la máxima generación de petróleo se denomina "ventana del petróleo" ("oil window"), la cual se ubica generalmente a profundidades entre 750 m y 4.800 m, y a temperaturas entre 65°C y 150°C. El gas natural se forma por arriba de la ventana del petróleo, y su "ventana" se ubica a

profundidades menores en áreas donde el calentamiento geotérmico es mayor que lo normal, involucrando también a sedimentos más jóvenes. Una vez formado, el petróleo migra desde el sitio de generación y puede ser retenido por trampas estructurales y/o estratigráficas para originar un reservorio petrolífero. De este modo se forman depósitos petrolíferos, desde los cuales pueden extraerse los hidrocarburos a través de perforación y bombeo. El entrapamiento del petróleo evita su escape hacia la superficie, como ha ocurrido con la mayor parte de los hidrocarburos producidos durante la historia de la Tierra. Finalmente, la generación y conservación de los hidrocarburos que forman petróleo a partir de materia orgánica en mares poco profundos y con aguas muy oxigenadas no sería posible sin la capa impermeable arcillosa que cubre y "sella" los sedimentos ricos en materia orgánica, protegiéndolos de la oxidación.

Por otra parte, la denominada "teoría abiótica" propone el origen inorgánico del petróleo y la existencia de gran-

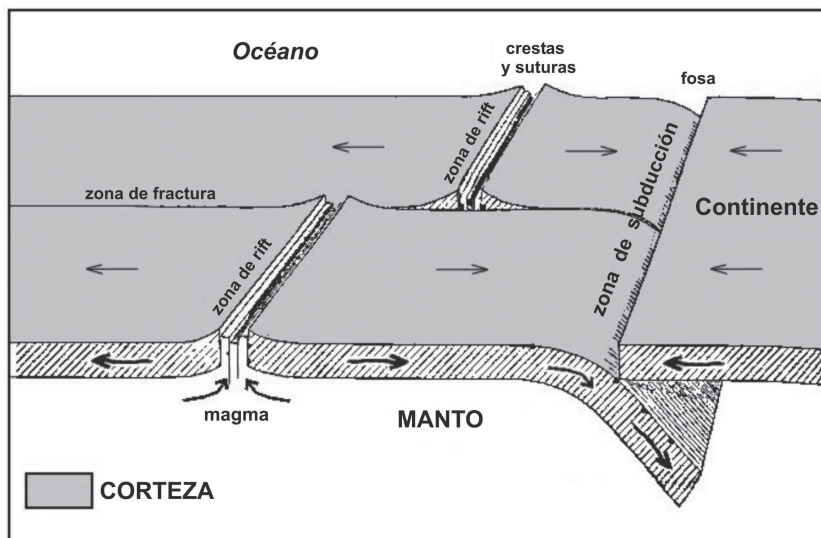


Fig. 1: Block diagrama esquemático de las placas de corteza terrestre y sus relaciones mutuas simplificadas, mostrando zonas de subducción y separación (rift). La subducción implica convergencia y colisión entre placas con hundimiento de una de ellas por debajo de la otra. En la zona de subducción, las placas que chocan son sometidas tremendas presiones y la parte de las mismas que se hunde es expuesta al calor proveniente del manto. El material que allí se consume, es repuesto en las zonas de rift (separación), donde los movimientos de las placas son divergentes y materiales del manto emergen en estado de fusión, separando los bordes de placas contiguas. (Tomado de Dercourt 1978).

des cantidades de carbono en forma de hidrocarburos en el interior de nuestro planeta, desde donde pueden migrar hacia arriba a través de fracturas profundas. Cálculos termodinámicos y estudios experimentales confirman que los alcanos (hidrocarburos acíclicos o de cadena abierta como etano, propano, butano) no derivan espontáneamente de metano (CH₄) a las presiones que se hallan típicamente en las cuencas sedimentarias, sugiriendo que estos hidrocarburos pueden generarse a profundidades mayores que 200 km. La evidencia geológica sugiere que esto puede ocurrir especialmente para los petróleos que contienen metano, helio (He) y nitrógeno (N) junto a metales pesados.

En ciertos petróleos existen sustancias naturales denominadas en inglés "diamondoids" cuya naturaleza y estructura interna se relaciona probablemente con diamantes provenientes de fuentes profundas dentro del manto terrestre. Asimismo, la síntesis natural del metano a partir de materiales inorgánicos es bien conocida, igual que su existencia en cuerpos planetarios donde nunca hubo vida. Estas evidencias también apoyan la teoría abiótica de generación de petróleo.

La teoría tradicional (biogénica) puede predecir la existencia de petróleo en ciertas rocas y profundidades, pero la teoría abiótica permite explicar la existencia de hidrocarburos en Arabia Saudita, Iran, Kazajistán, la costa de Vietnam, y virtualmente todo el petróleo de Rusia, donde los mismos se hallan a profundidades y asociados a rocas madre que son incompatibles con la teoría tradicional.

Según Mahfoud (2000), la contribución de carbono e hidrógeno provenientes de orígenes orgánicos e inorgánicos junto a la alteración natural de los hidrocarburos, serían los factores principales que causan las diferencias observadas por los expertos en la composición química e isotópica de los hidrocarburos en el golfo de México (por ejemplo: Browne 1995). Los estudios isotópicos sugieren que una parte del carbono de estos petróleos puede ser de origen orgánico, mientras que la otra proviene de fuentes inorgánicas. Esto confirma la importante contribución de la materia orgánica, por un lado, y propone que parte del carbono proviene de calizas

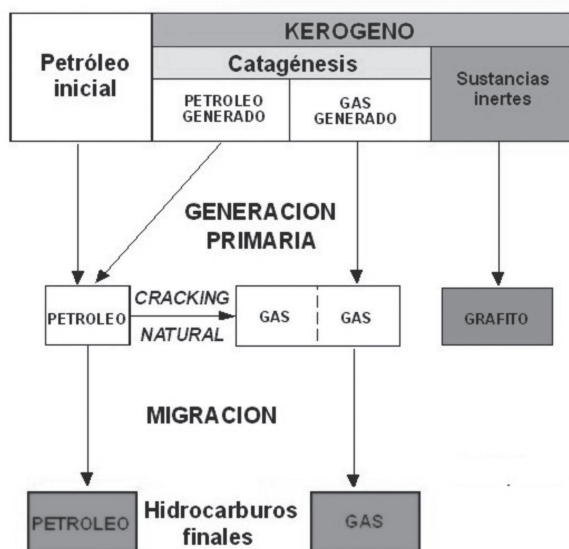


Fig. 2: Diagrama que muestra la generación directa de petróleo y gas a partir del cracking de kerógeno, y la generación de gas a partir del cracking de petróleo. El kerógeno, es la materia prima orgánica que forma petróleo y gas en ciertas condiciones de presión y temperatura denominadas "oil window" (ventana del petróleo). Este proceso natural se denomina catagénesis, y sus productos son petróleo y gas primarios. El residuo carbonoso inerte se denomina genéricamente "grafito". Si bien la mayoría de los modelos predicen la formación de hidrocarburos a partir del cracking o síntesis natural de petróleo, también se producen cantidades significativas de gas a partir de ciertos kerógenos. (Tomado de Pepper and Corvi 1995a y 1995b)

involucradas en procesos de subducción. Estos procesos implican colisión entre placas, donde una placa es empujada por debajo de otra (Fig. 1). En la subducción, ambas placas son sometidas a grandes presiones en la zona de choque, y la parte que se hunde recibe el calor proveniente del manto a medida que se desliza por debajo de la otra.

La génesis abiótica del petróleo en relación a procesos de subducción permite explicar el origen de ciertos metales pesados (Ni, Co, V, U, Fe, Mg) hallados en los hidrocarburos naturales. Todos estos elementos están presentes en las rocas basálticas y también en peridotitas litosféricas subcorticales, ambas generalmente involucradas en los procesos de subducción. Sólo muy

pocos compuestos orgánicos pueden haber aportado cantidades mínimas de algunos de estos elementos, por ejemplo el Mg puede haber sido aportado por diatomeas y otras algas microscópicas, el Fe por la hemoglobina de la sangre animal, el Co por la vitamina B12 (Mahfoud 2000).

En el proceso de síntesis abiótica de hidrocarburos, el carbono y el hidrógeno pueden provenir de rocas ubicadas directamente en las zonas de subducción (Fig. 1), donde la presión se origina en el choque (colisión) de las placas y el calor proviene del manto.

La combinación natural de carbono e hidrógeno a 300-500°C de temperatura para formar hidrocarburos a través de procesos sintéticos desarrollados en las zonas de subducción, pue-

de ser una explicación de la recarga de yacimientos petroleros que han estado permanentemente en producción sin que declinen significativamente sus reservas. El hierro ferroso (Fe⁺²) puede actuar como catalizador en las reacciones de reducción (Tabla 1). Este proceso de síntesis natural puede explicar la recarga de hidrocarburos de algunos yacimientos en explotación, por lo menos mientras la región permanezca tectónicamente inestable y continúe la subducción.

Los hidrocarburos pueden formarse (Tabla 1) a través de procesos tectónicos naturales que se producen durante la subducción de placas corticales (Fig. 1 y Fig. 3). Los hidrocarburos se habrían sintetizado en estos ambientes tectónicos profundos y calientes de la litósfera, para luego diferenciarse en petróleo y gas, y migrar bajo presión, ascendiendo a través de fracturas y fallas hasta sus emplazamientos actuales. Este proceso puede renovar las reservas petroleras en ciertos tipos de yacimientos mientras continúa la actividad tectónica.

Según algunos autores (Kudryavtsev 1951, 1959, Porfir'ev 1974a, 1974b, 2005, Gold 1992, Mahfoud 2000, Charlou *et al.* 2005, Mello y Moldowan 2005, Brown 2005, Glasby 2006) el carbono e hidrógeno necesarios para la formación natural de hidrocarburos pueden provenir tanto de fuentes orgánicas como inorgánicas, pero el proceso de síntesis inorgánica puede contribuir a la recarga continua de algunos reservorios en el golfo de México y el Caribe, como en Eugene Island Block 330 (Fig. 4), y en partes del norte de Colombia, Venezuela, y Trinidad, donde la ubicación de yacimientos petrolíferos cerca o directamente dentro de zonas de subducción y expansión (rift), sugiere su relación con la actividad geodinámica, y procesos geoquímicos vinculados a la misma (Mahfoud 2000). La temperatura necesaria para la síntesis inorgánica natural de estos hidrocarburos sería suministrada por el calor del manto, donde se hunden las porciones de corteza durante el proceso de choque de placas y la consecuente subducción. La presión provendría de las colisiones entre placas ocurridas por la rotación dextrógira de Sudamérica (Fig. 4). Fallas y fracturas en la corteza pueden proveer rutas para la migración de los hidrocarburos así

Reactivos	Productos
1) 2FeO + CO =>	FeO ₃ + C
2) 3FeO + CO =>	Fe ₃ O ₄ + C
3) 3FeO + CO ₂ =>	Fe ₃ O ₄ + CO
4) 2Fe ₃ O ₄ + CO =>	3Fe ₂ O ₃ + C
5) 2FeO + H ₂ O =>	Fe ₂ O ₃ + H ₂
6) 3FeO + H ₂ O =>	Fe ₃ O ₄ + H ₂
7) 2Fe ₃ O ₄ + H ₂ O =>	3Fe ₂ O ₃ + H ₂
8) Fe ₂ O ₃ + H ₂ O =>	Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O (goethita)
9) 6FeO + CO ₂ =>	2 Fe ₃ O ₄ + C
10) n(C + 2H ₂) =>	C _n H _{2n} + 2 (series parafínicas o nafténicas)
11) n(C + H ₂) =>	C _n H _{2n} (naftenos)

Tabla 1: Reacciones químicas entre carbono (C) e hidrógeno (H), con hierro (Fe) como catalizador, y la formación de hidrocarburos. Tomado de Mahfoud (2000)

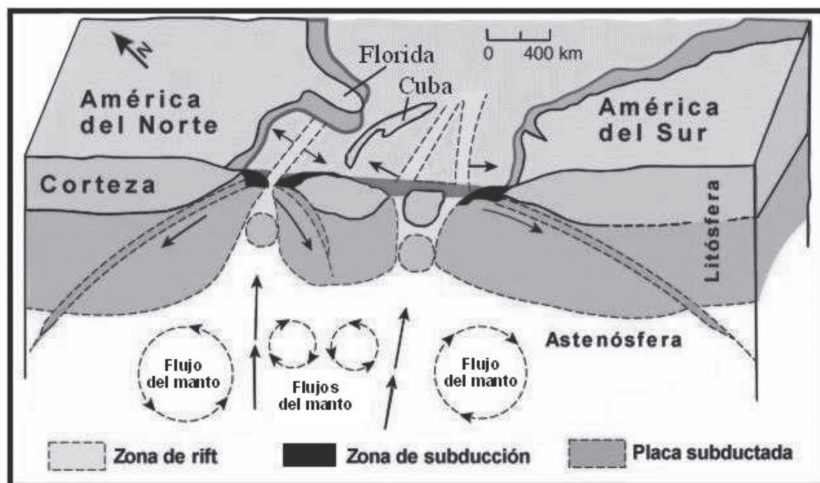


Fig. 3: Block diagrama esquemático de la región comprendida entre América del Norte y Sudamérica, mostrando la subducción y tres zonas de rift, de Oeste a Este: 1) del golfo de México, 2) fosa Caimán (Cayman Trough) y 3) del mar Caribe. (Tomado de Mahfoud 2000).



Fig. 4: Ubicación geográfica del yacimiento petrolífero del “Eugene Island Block 330” (EI 330) dentro del esquema geotectónico del área del golfo de México y Sudamérica. (Tomado de Mahfoud 2000).

formados, hasta las trampas donde se acumulan.

La existencia de similitudes entre los procesos inorgánicos que pueden formar hidrocarburos en las regiones del golfo de México y el Caribe (Fig. 4) y los del golfo Pérsico/Árabe (Fig. 5), es propuesta por Mahfoud (2000), quien propone que estos procesos están directamente relacionados con la actividad tectónica, principalmente las altas temperaturas y presiones generadas en las zonas de subducción de la corteza (Fig. 3). Según esta hipótesis, es posible que algunos yacimientos de hidrocarburos de escala mundial estén siendo recargados naturalmente a través de procesos de síntesis inorgánica natural del petróleo. Este proceso repondría los hidrocarburos en forma prácticamente indefinida, por lo menos mientras dure la inestabilidad tectónica.

Desde hace mucho tiempo, la industria del petróleo viene aplicando exitosamente la teoría biogénica para hallar yacimientos de hidrocarburos. En este ámbito, la teoría abiótica es bastante resistida, principalmente porque la existencia de depósitos profundos que podrían recargar ciertos tipos de yacimientos petrolíferos significa una pequeña contribución a la solución de temas comerciales muy sensibles, como el agotamiento de algunos campos petrolíferos. Esto hace que se le asigne poca o ninguna utilidad práctica para mitigar el aparente agotamiento del petróleo y la inminente caída global de la producción.

La posible recarga natural de yacimientos petrolíferos es un tema bastante antiguo que resurge periódicamente fogueado por la creciente demanda global de petróleo y la declinación de los grandes descubrimientos

desde la década de 1960. En un artículo publicado por el *New York Times* el día martes 26 de Septiembre de 1995, el periodista Malcom W. Browne informó la opinión de expertos: Dra. J. K. Whelan de Woods Hole Oceanographic Institution, Massachusetts (Whelan 2000, Wang *et al.* 2001, Sassen *et al.* 2001, Whelan *et al.* 2001, Losh *et al.* 2002) y Dr. K. K. Bissada de Texaco Inc., Houston (Bissada *et al.* 1990), sobre la posible recarga natural de yacimientos de hidrocarburos que estaban en explotación en el golfo de México, al sur de New Orleans (Estados Unidos de América) (Fig. 4). Según los expertos, las variaciones en la composición del petróleo registradas a través del tiempo sugerían que los hidrocarburos ascendieron desde profundidades de unos 10.000 m hasta su reservorio actual, próximo a la superficie, en el yacimiento costa afuera denominado “Eugene Island Block 330” (Fig. 4), donde los hidrocarburos se hallan dentro de los poros de sedimentos ubicados a unos 1.000 m por debajo del fondo del golfo de México, el cual tiene aproximadamente 200 m de profundidad en ese sitio.

Según el artículo periodístico (Browne 1995), el yacimiento fue descubierto en 1972, produjo más de un billón (10⁹) de barriles de petróleo hasta 1995, cuando sus reservas declinaban mucho más lentamente de lo previsto en relación al ritmo de producción. La evidencia isotópica y geoquímica obtenida por los expertos les permitió inferir que el petróleo extraído inicialmente de este reservorio se formó en el Pleistoceno, hace unos 2 millones de años (2 Ma), pero los sucesivos análisis indicaron que los hidrocarburos extraídos posteriormente se formaron en épocas cada vez más antiguas, hasta los extraídos recientemente que datan del Jurásico, hace unos 150 Ma. Este progresivo “envejecimiento” de los hidrocarburos bombeados a la superficie, sugirió a los expertos que el reservorio estaba siendo recargado con petróleo “antiguo”, por ejemplo Jurásico, probablemente proveniente de fuentes profundas, desde unos 10.000 m dentro de la corteza terrestre.

Avanzando sobre este tema, los especialistas Mahfoud y Beck (1995) y Mahfoud (2000) opinan que los dos ingredientes principales, carbono e hidrógeno, necesarios para la formación

de hidrocarburos están presentes en ciertas áreas del golfo de México y Medio Oriente, donde el petróleo puede haberse originado a partir de fuentes orgánicas y también inorgánicas. Según estos investigadores, los hidrocarburos se estarían generando en forma continua en ciertas regiones de nuestro planeta, por ejemplo en el área del golfo Pérsico o Arábico (Fig. 5), donde la persistente generación de petróleo a través de la síntesis natural inorgánica de hidrocarburos puede justificar el progresivo incremento de las reservas petroleras conocidas. Estas crecieron espectacularmente hasta 1993 (última fecha de los datos disponibles) (Fig. 6), a pesar del creciente volumen de las extracciones registradas hasta esa fecha.

Mahfoud y Beck (1995) y Mahfoud (2000) asignan las modestas reservas petroleras de Siria, Omán y Turquía a la insuficiente disponibilidad de agua, la cual sería la principal fuente de hidrógeno durante el proceso de síntesis inorgánica de los hidrocarburos. La ausencia de petróleo al este de Omán es atribuida a su ubicación fuera de la zona de subducción (Fig. 1). La posi-

ción de yacimientos petrolíferos y gasíferos cerca o directamente dentro de zonas de subducción (Fig. 5) en el Medio Oriente permitió relacionar la formación de hidrocarburos con la actividad geodinámica en el área, específicamente la rotación levógira (en sentido anti-horario) de la placa Arábica desde la apertura del mar Rojo en el Mioceno, y los procesos geoquímicos que probablemente combinaron carbono e hidrógeno de rocas del basamento cortical a unos 300-500°C de temperatura, dentro de zonas de subducción. La presión necesaria para generar hidrocarburos sería suministrada por el lento movimiento compresivo de la placa Arábica y los eventos relacionados con la subducción (Fig. 1), la cual afecta a la región (Mahfoud y Beck 1995).

Algunos autores (Whelan 2000, Mahfoud 2000, Whelan *et al.* 2001, Wang *et al.* 2001) relacionaron ciertos procesos geodinámicos y geoquímicos naturales con la generación y recarga abiótica (inorgánica) de yacimientos petroleros y gasíferos en el área del golfo de México y el Caribe, donde la mayoría de los mismos están ubicados en

formaciones arenosas deltaicas de edad Terciaria. Estos yacimientos se hallan en anticlinales y fallas vinculados a domos de sal diapíricos. Las formaciones carbonáticas productivas de hidrocarburos en esta región son de edad Jurásico Superior-Cretácico. Las formaciones productivas de edad Mesozoico Superior-Terciario Inferior, se ubican sobre la costa noroeste del golfo, mientras que las rocas más jóvenes, de edad Terciario Superior a Cuaternario, se extienden costa afuera. Curiosamente, en esta región hay producción de petróleo y gas desde rocas que no son sedimentarias, como serpentinitas en Cuba, y rocas del basamento ígneo en Colombia y al oeste del lago Maracaibo en Venezuela. Esto sugiere que la generación de petróleo puede ocurrir por combinación (síntesis) natural de carbono (C) e hidrógeno (H₂) a 300°-500°C de temperatura y alta presión en las zonas de subducción activas en la región. A través de este proceso se pueden formar compuestos parafínicos y nafténicos, como los que existen en otros crudos (petróleos), por ejemplo los del Medio Oriente. El carbono puede provenir del dióxido de carbono

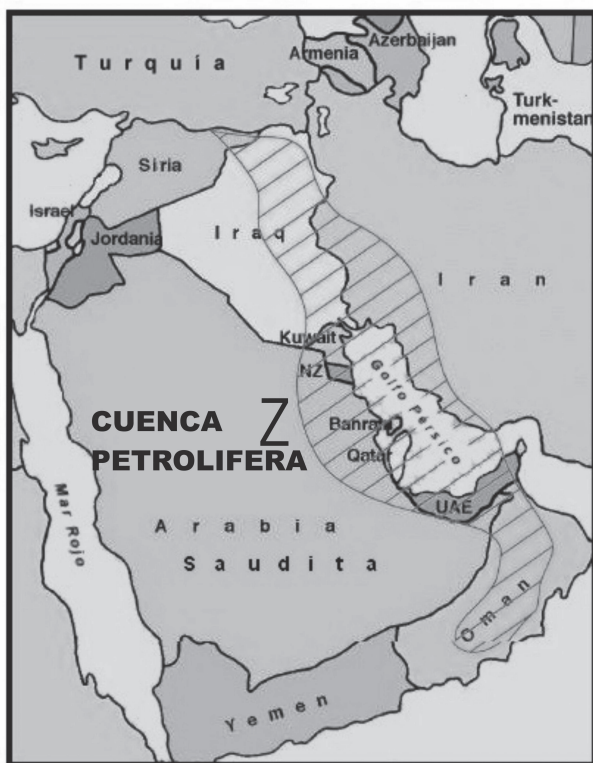


Fig. 5: Zona de yacimientos petrolíferos del Medio Oriente. (Tomado de Mahfoud y Beck 1995).

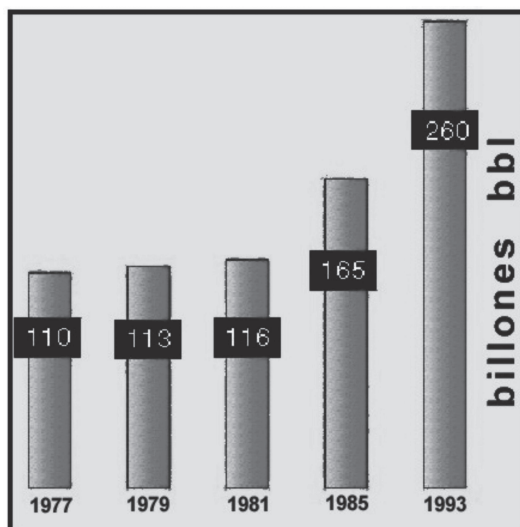


Fig. 6: Crecimiento de las reservas petrolíferas de Medio Oriente hasta 1993. (Tomado de Mahfoud y Beck 1995). (bbl: barriles)

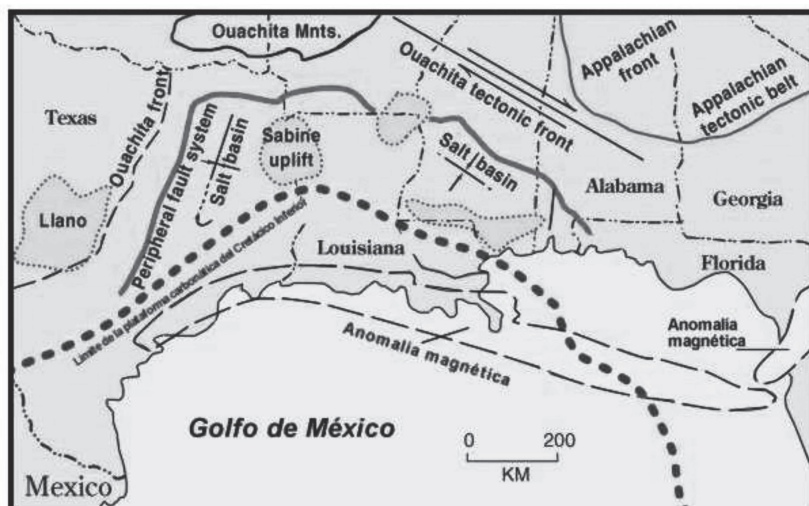


Fig. 7: Esquema tectónico del norte de la cuenca del golfo de México, mostrando el paralelismo de los elementos donde la subducción fue más intensa. (Tomado de Mahfoud 2000).

(CO₂) liberado durante la fracturación y degradación de minerales máficos contenidos en los basaltos y porciones de litósfera que forman las losas subductadas, y también de la disociación del carbonato de calcio (CO₃Ca) contenido en las calizas que son subductadas. Asimismo, el hidrógeno puede ser aportado por el agua de mar que embebe las rocas (Mahfoud, 2000).

Según Mahfoud (2000), la distribución del petróleo en el sur de los EEUU parece estar relacionada con las grandes estructuras geológicas de Norteamérica denominadas "Río Grande Rise" y "Sabine Uplift" (Fig. 7). Estos rasgos estructurales coinciden mayormente con la distribución del petróleo desde el río Grande hasta la región centro-oeste del estado de Mississippi. Los ascensos tectónicos del Mesozoico Superior-Cenozoico y los sucesivos movimientos diapíricos de los domos y capas de sal dieron lugar a sistemas anulares de fallas inversas y tractivas en los domos, sumadas a la formación de anticlinales en las capas arenosas que los cubren. Estas estructuras forman trampas naturales del petróleo en la región. Los depósitos salinos del Jurásico alimentaron con cloruro de sodio ("sal": ClNa) a los domos de sal, la cual precipitó desde mares epéiricos (mares mediterráneos poco profundos) antes de que se produjera la expansión (rifting) de la corteza en el área del golfo, la cual acompañó a la rotación en sentido horario (dextrógira) de

Sudamérica durante el Terciario Superior.

Enfatizando la relación que existe entre la ubicación de ciertos yacimientos petrolíferos y las regiones con intensa actividad tectónica, particularmente las afectadas por subducción, se pueden mencionar los rasgos topográficos que exhibe la región norteamericana adyacente al golfo de México. Esta región está comprendida entre el noroeste del estado de Florida hasta Alabama al oeste del río Grande, y desde la costa del golfo de México hasta las montañas Ouachita (Fig. 7). Allí, los rasgos fisiográficos pueden haber sido modelados por los tremendos esfuerzos generados durante la subducción del fondo del golfo de México por debajo de la costa septentrional del mismo, y generaron los límites estructurales que enmarcan los yacimientos petrolíferos dentro del denominado "Sistema de Fallas Periféricas" ("Peripheral Fault System": PFS) (Fig. 7). La arquitectura de este escenario geológico acentúa las posibles relaciones entre la síntesis natural de hidrocarburos y la subducción en el área.

Un rasgo adicional son las anomalías magnéticas de dirección NE que existen en el sur de la costa Atlántica de los EEUU. Estas anomalías se curvan y cambian de dirección al oeste de la península de Florida y parte de la costa del golfo de México, donde tienen dirección E-O, describiendo una amplia curva convexa hacia el norte entre los

estados de Louisiana y Texas (Fig. 7). Esta curvatura es llamativamente simétrica al sistema de fallas periféricas (PFS), y puede deberse al empuje y la deformación producida por los esfuerzos compresivos generados durante la subducción, los cuales habrían afectado también parte de los montes Apalaches (Fig. 7).

La zona de expansión (rift) del golfo de México tiene rumbo NNE a lo largo de su mitad occidental, pero cambia a rumbo E-O en su mitad oriental (Figs. 3 y 4). Esto sugiere que la subducción y la expansión del fondo del golfo pueden haber ocurrido en dirección ONO a lo largo de la mitad septentrional del istmo Mexicano y la costa de Texas, y hacia el ESE a lo largo del golfo de Campeche, al oeste de la península de Yucatán. La extensión y subducción en la mitad oriental del rift fueron hacia el norte, a lo largo de los estados de Louisiana y Mississippi, la mitad occidental de Alabama y parte de Florida, mientras que fue hacia el sur en la parte oriental de la región de la península de Yucatán hasta el golfo de Campeche (Figs. 3 y 4).

La subducción hacia el SE pudo haber comenzado con la apertura de una zona SO-NE de expansión (rift), en el norte del mar Caribe durante el Terciario Superior, la cual aún continúa activa. Las evidencias geológicas sugieren una estrecha relación entre esta expansión (rifting) del fondo oceánico y la rotación dextrógira (en sentido horario) de Sudamérica (Fig. 4). Por su parte, la expansión del mar Caribe se hacia el SE, lo cual produce subducción de corteza por debajo del norte de Colombia, Venezuela, y Trinidad. Este proceso fracturó la masa continental y probablemente reorientó los Andes septentrionales, mientras que el movimiento de rotación dextrógira de Sudamérica produjo compresión sobre América Central y México. Por su parte, Costa Rica, Panamá, y las Antillas Mayores y Menores no habrían sido afectadas por el proceso.

La existencia de petróleo en Barbados puede ser atribuida a que soportó subducción junto a Trinidad, mientras que la pérdida de hidrocarburos livianos es importante en el norte de Colombia, Venezuela y Trinidad. Por otra parte, Barbados y las Antillas Menores sufrieron corrimientos y se curvaron hacia el oeste. Durante esta curvatura

rotacional hacia el oeste puede haber ocurrido subducción, formándose hidrocarburos, los cuales se habrían quemado más tarde por la actividad volcánica de la región o se perdieron en la atmósfera. La causa de la rotación posterior a la formación de la cordillera de los Andes en Sudamérica puede haber sido el empuje sobre la parte norte del continente, desde Venezuela hasta el extremo oriental de Brasil, ejercido por la extrusión de materiales a través del rift del centro del Atlántico (Figs. 2 y 4). Esto puede haber contribuido al arqueamiento y desplazamiento de los arcos de islas de las Antillas Mayores y Menores.

Según Mahfoud (2000) los yacimientos petrolíferos del golfo de México se hallan en estructuras favorables dentro de capas porosas y permeables, ubicadas en áreas estrechamente relacionadas con zonas de subducción y rift. La teoría abiótica sugiere que muchos de estos hidrocarburos pueden haber sido producidos por rocas ricas en carbonatos y completamente desprovistas de materia orgánica. Las rocas consideradas como productivas están ubicadas en zonas de subducción, donde las rocas son expuestas al calor del manto y son altamente permeables debido a su intensa fracturación.

La densidad del petróleo varía mucho en tales zonas porque la actividad geodinámica ha fracturado y fallado las rocas ubicadas sobre los reservorios, lo cual probablemente permitió el escape a la superficie de distintas proporciones de los hidrocarburos más livianos.

Después de intensa explotación, los reservorios de petróleo parecen estar agotados en Texas, Louisiana, y Mississippi posiblemente porque allí la actividad geotectónica se detuvo. Sin embargo, el yacimiento Eugene Island Block 330 en el golfo de México (Fig. 4) continuó produciendo hidrocarburos con leve merma. Aparentemente su recarga es desde abajo, posiblemente por petróleo generado a gran profundidad (unos 10.000 m). Las impurezas elementales halladas en este petróleo, tales como níquel (Ni), cobalto (Co), vanadio (V), hierro (Fe), magnesio (Mg), uranio (U), azufre (S), pueden provenir de basaltos y minerales máficos de peridotitas de la astenósfera litosférica.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Bissada, K. K., Katz, B.J., Barnicle, S.C. y Schunk, J.D. 1990. On the origin of hydrocarbons in the Gulf of Mexico Basin—a reappraisal. In D. Schumacher and B. F. Perkins, eds., *Gulf Coast oils and gases, their characteristics, origin, distribution, and exploration and production significance: Gulf Coast Section*. SEPM Foundation Ninth Annual Research Conference, 163-171.
- Brown, D. 2005. Vietnam finds oil in the basement. *American Association of Petroleum Geologists Explorer* 26 (2), 8-11.
- Browne, M.W. 1995. Geochemist says oil fields may be refilled naturally. *New York Times*, Tuesday, September 26, 1995, págs C1 y C6.
- Charlou, J.L. Donval, J.P., Jean-Baptiste, P., Levaché, D., Fouquet, Y., Foucher, J.P. y Cochonat, P. 2005. Abiogenic Petroleum Generated by Serpentinization of Oceanic Mantellic Rocks. *American Association of Petroleum Geologists Research Conference*, Calgary, Canada.
- Dercourt, J. 1978. *Geología*. Barcelona: Reverté, 423 págs.
- Glasby, G.P. 2006. Abiogenic origin of hydrocarbons: An historical overview. *Resource Geology* 56, 83-96.
- Kudryavtsev, N.A. 1951. Against the organic hypothesis of oil origin. *Oil Economy Journal* [Neftyanoe khoziaystvo], N° 9, 17-29
- Kudryavtsev, N.A. 1959. Oil, gas, and solid bitumens in the igneous and metamorphic rocks. *VNIGRI Proceedings*, N° 142. Leningrado, GosTopTechIzdat Publication, 278 págs.
- Losh, S., Walter, L., Meulbroek, P., Martini, A., Cathles, L. y Whelan, J.K. 2002. Reservoir fluids and their migration into the South Eugene Island block 330 reservoirs, offshore, Louisiana. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 86, 1463-1488.
- Mahfoud, R.F. y Beck, J.N. 1995. Why Middle East fields may produce oil forever. *Offshore*, April 1995.
- Mahfoud, R.F. 2000. Theory links lithospheric rotation to possible abiogenic oil re-charge. *Offshore*, May 2000.
- Mello, M.R. and Moldowan, J.M. 2005. Petroleum: To Be Or Not To Be Abiogenic. *American Association of Petroleum Geologists Research Conference*, Calgary, Canada.
- Pepper, A. S., and P. J. Corvi, 1995a, Simple kinetic models of petroleum formation. Part I: oil and gas generation from kerogen : Marine and Petroleum Geology, v. 12, pp.291-319.
- Pepper, A. S., and P. J. Corvi, 1995b, Simple kinetic models of petroleum formation. Part III: Modeling an open system : Marine and Petroleum Geology, v. 12, n. 4 pp.417-452.
- Porfir'ev, V.B. 1974. Inorganic origin of petroleum. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, vol. 58, N° 1, 3-33.
- Porfir'ev, V.B. 1974. Geology and genesis of salt formations (a review on monograph by Sozansky V.I.). *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, vol. 58, N° 12, 2543-2544.
- Porfir'ev, V.B. 2005. *Petroleum in the basement of sedimentary basins*. In Krayushkin V.A., Ed. Kiev: EKMO Publications House, 256 págs.
- Sassen, R., Losh, S., Cathles, L., Roberts, H., Whelan, J.K., Milkov, A.V., Sweet, S.T. y de Freitas, D.A. 2001. Massive vein-filling gas hydrate: Relation to ongoing gas migration from the deep subsurface in the Gulf of Mexico. *Marine and Petroleum Geology*, **18**, 551-560.
- Gold, T. 1992. The deep, hot biosphere. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 89, USA, 6045-6049.
- Wang, Xu-chen, Chen, R.F., Whelan, J.K. y Eglinton, L. 2001. Contribution of "old" carbon from natural marine hydrocarbon seeps to sedimentary and dissolved organic carbon pools in the Gulf of Mexico, *Geophysical Research Letters*, **28**, 3313-3316.
- Whelan, J.K. 2000. Buried treasure: Recharging of oil and gas reservoirs in the Gulf of Mexico. *Geotimes*, **45**, 14-18.
- Whelan, J.K., Kennicutt, M.C., Qian, Y. y Eglinton, L.B. 2001. Short time-scale (years) variations of petroleum fluids from the U.S. Gulf Coast. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **65**, 3529-3555.

GLOSARIO

Abiótico/a: Sin participación de elementos orgánicos.

Actividad geodinámica: conjunto de fenómenos fundamentalmente físicos que alteran la corteza terrestre.

Aguas marinas oxigenadas: aguas marinas con mucho oxígeno disuelto.

Anomalía magnética: irregularidad que se admite en un fenómeno magnético.

Anticlinal: pliegue convexo hacia arriba en la corteza terrestre.

Astenósfera litosférica: Zona hipotética de la corteza terrestre infrayacente a la litósfera rígida, en la cual la plasticidad alcanza su valor máximo.

Basalto: La roca volcánica más común, oscura y pesada, formada mayormente por cristales pequeños, vidrio, y cavidades (amígdalas). Contiene poca sílice (SiO₂).

Basamento cortical: Sustrato de la corteza.

Billón: Se usa aquí en el sentido estadounidense, 1 billón = 1.000 millones = 10⁹

Biogénico/a: originado por elementos vivos.

Barril: Se usa aquí en el sentido de los Estados Unidos de América, 1 barril = 42 galones US = 159 litros

Calor geotérmico: Perteneciente o relativo al calor interno de la Tierra.

Caliza: Roca compuesta mayormente por carbonato de calcio.

Carbonático: Material mayormente compuesto por carbonatos.

Catagénesis: Proceso de transformación del kerógeno en hidrocarburos estables.

Catalizador: Sustancia que interviene en una reacción química, favoreciéndola, pero que al final del proceso se recupera intacta.

Cenozoico: Era de la historia de la Tierra que comprende los últimos 65 millones de años hasta nuestros días.

Cretácico: Período de la Era Mesozoica comprendido entre hace 66,4 y 144 millones de años.

Corteza basáltica: Corteza terrestre compuesta por rocas de composición similar al basalto.

Cuaternario: Período de la Era Cenozoica que comprende los últimos 1,6 millones de años.

Deltaico: Adjetivo que implica procesos sedimentarios en la desembocadura de cauces fluviales.

Densidad API del petróleo: Parámetro internacional del Instituto Americano del Petróleo, que diferencia las calidades del crudo a través de su densidad.

Dextrógiro: Que tiende a rotar en el sentido de las manecillas del reloj.

Diamondoids: Compuestos de carbono e hidrógeno descubiertos en petróleos checoslovacos en 1933. La sustancia se denomina "diamondoid" o "adamantina" por la estructura de su celda cristalina similar al diamante.

Disociación: Separación de los componentes (por ejemplo: de una molécula).

Domo de sal diapírico: Estructura convexa hacia arriba, de contorno subcircular, formada por ascenso de una masa plástica de sal que deforma y pliega las capas sedimentarias suprayacentes y las rompe.

Domos y capas de sal: Estructuras convexas hacia arriba, de contornos circulares, formadas por ascensos de masas plásticas de sal que deforman y pliegan las capas sedimentarias suprayacentes.

Epéirico: Mar interior, mediterráneo y poco profundo.

Esfuerzo compresivo: Compresión

Expansión del fondo (oceánico): Ensanchamiento, crecimiento lateral simétrico del fondo oceánico por efusión de lava basáltica a través de zonas volcánicas submarinas.

Extruidos (materiales -): Materiales fundidos (lavas) expuestos a través de erupciones volcánicas.

Falla: Ruptura en las rocas, con desplazamiento relativo de bloques.

Falla inversa: Falla con desplazamiento relativo de bloques que implica compresión y acortamiento del terreno. También denominada: falla de empuje.

Falla tractiva: Falla con desplazamiento relativo de bloques que implica distensión y alargamiento del terreno. También denominada: falla normal o gravitacional.

Fuentes orgánicas: fuentes relacionadas a procesos biológicos.

Fuentes inorgánicas: fuentes no relacionadas a procesos biológicos.

Generación de hidrocarburos: formación de hidrocarburos.

Geodinámica: Conjunto de procesos que alteran la disposición de la corteza terrestre.

Geoquímicos (procesos -): procesos químicos naturales propios de las rocas.

Goethita: óxido hidratado de hierro, cristaliza en el sistema rómbico, tiene dureza entre 5 y 5,5 en la escala de Mohs, y densidad de 4,37 g/cm³. La goethita es uno de los minerales más frecuentes y se forma en condiciones de oxidación (meteorización) de minerales que contienen hierro.

Hidrocarburo: sustancia compuesta por carbono e hidrógeno (por ejemplo: petróleo, gas natural, etc.). Igneo (-a): Se dice de las rocas o fenómenos producidos con intervención de altas temperaturas que permitieron la fusión de minerales.

Jurásico: Período de la Era Mesozoica comprendido entre hace 144 y 208 millones de años.

Kerógeno: Sustancia serosa que proviene de la descomposición de materia orgánica por acción de presión y temperatura apropiadas, y origina hidrocarburos estables a través de la denominada "catagénesis".

Litósfera: Capa rígida exterior de la Tierra, incluyendo la corteza y el manto superior.

Losa subductada: Porción de litósfera que se hunde en el manto a lo largo de fosas o zonas de convergencia o colisión.

Mesozoico: Era de la historia de la Tierra comprendida entre hace 66,4 y 245 millones de años.

Minerales máficos: minerales con bajos contenidos en sílice (SiO₂) y altos contenidos en hierro y magnesio (Fe y Mg).

Movimientos diapíricos: ascensos de masas plásticas (por ejemplo sal) de alta viscosidad que rompen y fracturan la cubierta sedimentaria de estructuras dómicas.

Nafténicos (compuestos -): El petróleo (“crudo”) más típico es el crudo nafténico. La característica química del mismo es la presencia un anillo de carbonos en su estructura molecular. Son fáciles de destilar y refinar, y producen buen rendimiento de gasolina por litro de petróleo. La mayoría de los lubricantes refinados actualmente es de origen nafténico.

Oxidación bacterial: Aunque no está completamente probado, se cree que las bacterias son los más activos agentes de la oxidación.

Parafínicos (compuestos -): El petróleo (“crudo”) parafínico produce los mejores lubricantes basados en petróleo aunque la parafina no es lo que hace que el aceite sea mejor, incluso la parafina es extraída durante el refinado. El aceite refinado proveniente del crudo parafínico posee una estructura molecular de cadenas largas difíciles de “romper”. Esto mejora la calidad del aceite lubricante, en el cual las cadenas largas proveen además lugares adicionales para agregar aditivos.

Peridotita: Roca plutónica ultramáfica de gran densidad (8 gr/cm³).

Peridotitas litosféricas subcorticales: Peridotitas formadas inmediatamente por debajo de la corteza.

Placa (de corteza): Gran porción de la corteza terrestre que se genera y destruye de manera continuada a lo largo del tiempo geológico. Es básicamente rígida excepto en sus bordes que pueden deformarse.

Plankton: Diminutas plantas, animals y/o bacterias que viven en aguas marinas abiertas. Su nombre deriva del griego y significa “vagabundo”. Estos organismos varían de tamaño entre bacterias y algas microscópicas hasta organismos más grandes, como medusas, caracterizadas por su reducida o nula capacidad natatoria y son arrastradas por corrientes y mareas. Forman la base de la cadena alimenticia marina.

Pleistoceno: Nombre que en 1839 dio Lyell a la serie de la formaciones que constituyen en la actualidad el tercio inferior o el medio del Cuaternario.

Producción (de petróleo): extracción (de petróleo).

Rasgos fisiográficos: rasgos de la Geografía física que describen la topografía del terreno.

Reducción: Proceso electro-químico en el cual una entidad química (por ejemplo ión, átomo, molécula) adquiere electrones.

Rift: Expansión. La zona de rift es una zona de expansión o separación de las placas.

Serpentinita: Roca formada por alteración hidrotermal (acción de fluidos acuosos calientes) de peridotitas. Su peso específico es de 2,5 a 2,7.

Síntesis inorgánica de hidrocarburos: formación de hidrocarburos a partir de sus componentes, carbono e hidrógeno.

Subducción: A causa de un choque o colisión de una placa oceánica

(peso específico mayor) y una placa continental (peso específico menor) la placa oceánica se hunde por debajo de la placa continental. Este proceso pone lentamente en contacto materiales de la corteza con el manto que está a muy altas temperaturas, llegando a fundir parte de esos materiales, los cuales pueden ser reinyectados en la corteza, formando volcanes.

Tectónicamente inestable: Disposición o arquitectura lábil de la corteza terrestre como consecuencia de movimientos internos de la Tierra.

Trampas estructurales y estratigráficas (de petróleo): El gas natural y el petróleo se encuentran acumulados en el subsuelo en estructuras geológicas denominadas “trampas”. Dentro de éstas, los hidrocarburos están contenidos en una roca porosa (o con espacios intergranulares) que se llama roca “yacimiento” o “reservorio”. La trampa de hidrocarburos es una condición geológica de las rocas del subsuelo que permite la acumulación del petróleo o del gas natural. Las trampas pueden ser de origen estructural (pliegues y fallas) o estratigráfico (lentes, acuñamientos de rocas porosas contra rocas no porosas denominadas rocas “sellos”).

Terciario: época Terciaria o Cenozoica que comenzó hace unos 65 millones de años.



INSTITUTO LEOIR
FUNDACIÓN



60 años produciendo conocimiento de excelencia

- 22 laboratorios en los que trabajan 170 investigadores, becarios y estudiantes.
- Repatriación de científicos argentinos.
- Evaluación trienal externa del desempeño de los investigadores.
- Biblioteca Nacional de Referencia en Bioquímica.
- Primera Agencia de Noticias Científicas y Tecnológicas Argentina.
- Convenios de vinculación tecnológica.

Av. Patricias Argentinas 435, Buenos Aires. (54-11) 5238-7500, www.leloir.org.ar

Alimentos irradiados

Palabras clave: alimentos irradiados, tecnologías, inocuidad
deywords: irradiated foods, technologies, safety

Lic. Patricia Narvaiz

Comisión Nacional de Energía Atómica
Sector Alimentos- Unidad de Actividad
Aplicaciones Tecnológicas y Agropecuarias
Presbítero González y Aragón No. 15- (B1802AYA)
Centro Atómico Ezeiza
Pcia. de Buenos Aires- Argentina.
T.E.: 011 6779-8556/ 8236; FAX: 011 6779-8322;
Correo electrónico: narvaiz@cae.cnea.gov.ar

Se emplean radiaciones ionizantes para mejorar la calidad sanitaria y/o prolongar la vida útil de los alimentos. Este es un proceso físico, semejante al empleo del calor para pasteurizar o esterilizar, sólo que al no producir aumento de temperatura en los productos, causa menores pérdidas nutricionales y sensoriales. Se describen aquí algunos mecanismos de acción de estas radiaciones sobre los componentes de los alimentos, así como las principales aplicaciones de esta tecnología, su inocuidad, la situación legal y comercial, la actitud de los consumidores, y los trabajos sobre el tema realizados por la Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de alimentos con radiaciones ionizantes para controlar microorganismos patógenos y prolongar la vida útil se conoce desde hace alrededor de 100 años; sin embargo, su implementación industrial es aún incipiente, posiblemente debido a falta de difusión del tema y a temores infundados. Como cualquier otro método de conservación, tiene ventajas y limitaciones; entre las primeras figuran especialmente poder tratar al producto en su envase final, cerrado, evitando riesgos de recontaminación debido a la gran penetración de estas radiaciones; y mantener mejor la calidad nutricional y sensorial, así como el estado de «crudo» o «fresco» ya que no causa aumento de temperatura. Entre las limitaciones se pueden mencionar la falta de armonización de las legislaciones nacionales, lo cual obstaculizaría el comercio internacional; el temor a la actitud del consumidor con respecto a los alimentos irradia-

dos; el costo relativamente alto de la construcción de las instalaciones; la necesidad de transportar los alimentos hacia la instalación de irradiación, en especial si ésta es del tipo «gamma»; y el insuficiente número de instalaciones de irradiación al presente.

La inocuidad de los alimentos irradiados ha sido garantizada, entre otros, por la *Organización Mundial de la Salud* (OMS), la *Organización para la Agricultura y la Alimentación* (FAO), la *Agencia Internacional de Energía Atómica* (IAEA), el *Codex Alimentarius*, la *Asociación Médica Americana* (AMA), la *Asociación de Dietistas Americanos* (ADA), nuestra *Academia Nacional de Medicina*. Actualmente la legislación de 60 países aprueba este tratamiento, y su comercialización se realiza en alrededor de unos 40, incluyendo Argentina. Por requisitos legales, todo alimento irradiado debe ser rotulado con una frase que así lo indique en su envase. Algunos sucesos internacionales de los últimos años parecen indicar avances para su mayor aplicación.

FUNDAMENTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LA ACCIÓN DE LAS RADIACIONES IONIZANTES SOBRE LOS ALIMENTOS.

La irradiación de alimentos es un método físico de preservación, comparable a otros que utilizan el calor o el frío. Consiste en exponer el producto a la acción de radiaciones ionizantes durante un cierto tiempo, que es proporcional a la cantidad de energía que absorberá el alimento. Esta cantidad de energía por unidad de masa de producto se define como dosis; su unidad es el Gray (Gy), que es la absorción de un Joule de energía por kilo de masa irradiada.

Llamamos radiaciones ionizantes a aquéllas capaces de separar cargas eléctricas que estaban originalmente unidas, compensadas, otorgando estabilidad a la materia. Ejemplos de radiaciones ionizantes son los rayos gamma y los rayos X, que forman parte del espectro electromagnético natural, al igual que otras radiaciones más

familiares al hombre, como la luz visible, los rayos ultravioletas e infrarrojos, las ondas de radio, etc. Los rayos gamma y los X se caracterizan por tener alta energía.

Cuando los rayos gamma o los X son absorbidos por la materia, su energía se emplea en expulsar o excitar electrones. Los electrones expulsados también pierden energía al producir nuevas ionizaciones y excitaciones en las moléculas del absorbente. Finalmente se llega a energías cercanas a cero por repetición de estos procesos.

La irradiación por electrones acelerados a alta velocidad opera de manera similar, produciendo ionizaciones y excitaciones a lo largo de una «senda» de avance a través del absorbente.

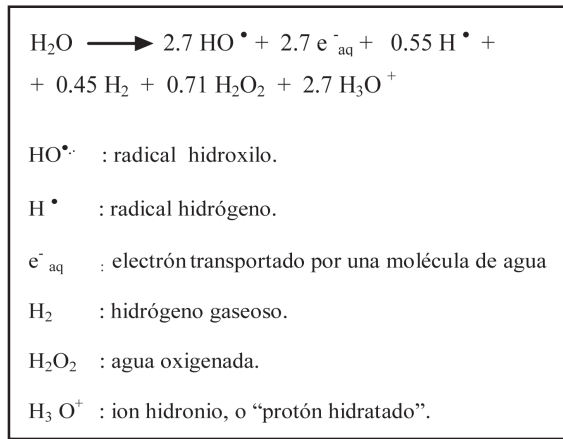
Cuando las radiaciones ionizantes actúan sobre la materia producen dos efectos básicos. El efecto primario, también llamado «directo», causa la formación de iones, moléculas excitadas o rupturas moleculares. Estas últimas pueden generar radicales libres, simbolizados con una letra mayúscula y un punto: X[•], lo cual significa que hay un electrón desapareado que impulsa a dichos radicales libres a reaccionar rápidamente para salir de ese estado de inestabilidad.

El efecto secundario, también llamado «indirecto», consiste en reacciones químicas de los productos del proceso primario, y puede conducir a la formación de compuestos diferentes de los presentes en forma inicial.

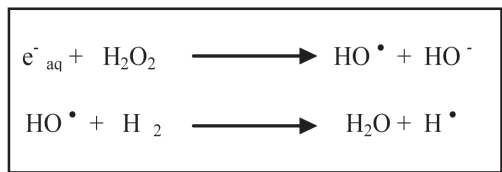
El efecto primario es independiente de la temperatura, pero el secundario depende de ella y de otras variables (por ejemplo: pH; tipo de sustancias presentes; y para gases, presión). Para que la interacción suceda, los productos del efecto primario tienen que entrar en contacto, lo cual requiere movilidad, tiempo y ausencia de impedimentos (Spinks et al, 1990).

El agua es el componente mayoritario de los alimentos. Los principales productos finales de su descomposi-

ción por radiaciones ionizantes («radiólisis») son hidrógeno y peróxido de hidrógeno (agua oxigenada). Los mecanismos a través de los cuales estos productos se forman es complejo, pero en forma simplificada se pueden expresar así (International Atomic Energy Agency, 1982):



Los productos moleculares finales mencionados antes, H₂O₂ e H₂, son parcialmente consumidos por los radicales formados:



■ EFECTO SOBRE SUSTANCIAS ORGÁNICAS

La radiólisis de las sustancias orgánicas es mucho más compleja. Sin embargo los macronutrientes (hidratos de carbono, proteínas, lípidos) son poco afectados en cuanto a su valor nutricional al irradiar alimentos porque las dosis empleadas usualmente son bajas, suficientes para romper en alguna medida uniones físicas, débiles, pero pocas fuertes, covalentes (Organización Mundial de la Salud, 1989). En proteínas, por ejemplo, los efectos principales se observan sobre las estructuras terciaria y cuaternaria, que comprenden, respectivamente, la disposición espacial de la cadena (abierta, espiral, etc.), y la configura-

ción tridimensional cuando hay más de una cadena. Estas estructuras se mantienen gracias a uniones físicas, débiles frente a las radiaciones y otros agentes. Por esto es que las proteínas irradiadas pueden experimentar agregación, desnaturalización, alteración en su capacidad de retención de agua,

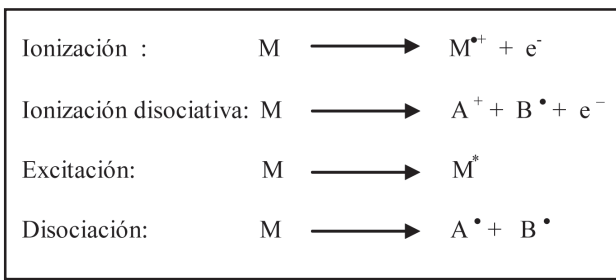
pero conservan sus estructuras primaria (composición de aminoácidos) y secundaria (secuencia de aminoácidos) inalteradas ya que los enlaces involucrados son químicos, covalentes, fuertes. El valor nutricional de las proteínas está en sus aminoácidos constitutivos, y el de los hidratos de carbono, en los monosacáridos tales como la glucosa. La irradiación de

alimentos que contienen polisacáridos como almidón, pectinas, carragenanos, etc, suele causar disminución de viscosidad y ablandamiento por alteraciones en la estructura espacial de estos polímeros, sin pérdida del valor nutricional. (Josephson et al, 1983).

Un comentario especial se merecen las enzimas, catalizadores de variadas reacciones químicas que en alimentos contribuyen a otorgar características de calidad. Las enzimas son generalmente estables a la acción de las radiaciones ionizantes, por lo cual es preferible emplear, en el caso de necesitar inactivarlas en alimentos, los métodos térmicos convencionales.

En cuanto a los lípidos, se consideran con valor nutricional principalmente los triglicéridos y fosfolípidos. Los segundos son bastante resistentes a las radiaciones ionizantes; en los primeros puede haber liberación de ácidos grasos por ruptura de la unión éster, e hidrogenación o peroxidación de ácidos grasos insaturados. Esto último debe evitarse ya que algunos de estos ácidos grasos insaturados (ej.: linoleico, linolénico, araquidónico) son esenciales, es decir, no se fabrican en el cuerpo humano sino que deben ser ingeridos mediante la alimentación.

Dentro de los micronutrientes, los minerales no sufren modificaciones al irradiar alimentos, pero algunas vitami-



nas sí: entre las hidrosolubles, la B1 (tiamina) es la más radiosensible; le siguen C (ácido ascórbico), B2 (riboflavina), B12 (cianocobalamina) y B10 (biotina). Vitamina PP (niacina), B6 (piridoxina), ácidos pantoténico y fólico son bastante resistentes; entre las liposolubles, la E es la más sensible; le siguen la A y los carotenoides, siendo la D y la K resistentes. De todos modos, las pérdidas mencionadas de vitaminas radiosensibles no suelen superar el 15%, lo cual es semejante a lo que sucede al aplicar métodos usuales de conservación, aún el almacenamiento refrigerado en el domicilio (Satin, 1997)

Existen en la literatura numerosos ejemplos de la acción de las radiaciones ionizantes sobre sustancias aisladas diluidas en solución acuosa, es decir, sistemas modelo. Los efectos descritos en tales tipos de sistemas son mucho más intensos que los observados en un sistema complejo, en donde todas las sustancias presentes compiten por la absorción de energía, y por lo tanto no deberían tomarse como indicativos de los daños a esperar cuando se irradian sistemas reales, como los alimentos. (Josephson et al, 1983)

■ MÉTODOS PARA MINIMIZAR DAÑOS POR RADIÓLISIS

Para obtener efectos benéficos sobre un alimento al irradiarlo se deben seleccionar condiciones (dosis de radiación, tipo de envase, temperaturas de irradiación y conservación, etc) con el fin de lograr el objetivo buscado, sin causar deterioro inaceptable de las calidades nutricional y sensorial. Afortunadamente las alteraciones sensoriales suelen ocurrir a dosis de radiación menores que las nutricionales, constituyendo una auto protección del proceso.

En el caso en que el alimento fuera particularmente sensible a las radiaciones ionizantes, mediante el empleo de diversos métodos se pueden reducir los efectos indeseables, por ejemplo (Urbain, 1986):

1. Irradiación a baja temperatura

En estado congelado, las velocidades de difusión de los radicales libres y la reactividad de los aceptores se ven

drásticamente reducidas. Temperaturas por debajo, pero cercanas, a 0 °C no tienen mucho efecto; una notable disminución de la radiólisis se evidencia cerca de los -20 °C, con leves beneficios al ir disminuyendo aún más la temperatura.

2. Exclusión de oxígeno

Se puede obtener por evacuación de aire, o por pasaje de nitrógeno, helio o hidrógeno. La ausencia de oxígeno limita la formación de peróxidos, lo cual será más o menos probable dependiendo de la composición del sistema a irradiar, en especial su contenido graso. Esto tiene mucha influencia en la producción de daños durante el almacenamiento.

3. Uso de aditivos

- **Como aceptores de radicales libres:** algunas sustancias, como el ácido ascórbico y los tocoferoles, actúan como sustancias protectoras frente a las radiaciones ionizantes porque reaccionan preferencialmente con los radicales libres formados, dando productos estables.

- **Como mejoradores de la calidad:** los polifosfatos, por ejemplo, actúan reteniendo agua.

Los efectos mencionados de las radiaciones ionizantes permiten emplearlas para contribuir a la preservación de los alimentos, ya sea eliminando formas de vida que los deterioran o causan enfermedades al hombre, o retardando procesos fisiológicos que reducen su vida útil. La acción sobre estas formas vivas se basa principalmente en la inhibición de la reproducción celular por ataque al ácido desoxiribonucleico (ruptura de dobles cadenas del ADN), y también en daño a las membranas celulares, nucleares y mitocondriales, cuyas funciones biológicas, entre ellas las de permeabilidad y transporte activo de sustancias, se ven afectadas.

Las moléculas de ADN consisten en cadenas de desoxiribosa ligadas por uniones fosfodiéster. Cada molécula de desoxiribosa está unida químicamente a una base nitrogenada tal como adenina, guanina, timina o citosina. El

ADN se encuentra formando una hélice doble constituida por dos de las cadenas mencionadas que van en direcciones opuestas. La estructura está estabilizada por uniones físicas entre las bases complementarias. Mediante sus efectos primario y secundario, las radiaciones ionizantes pueden alterar tanto las bases como las cadenas atacando al ADN de tal forma que los microorganismos no se pueden reproducir. Los daños en el ADN se deben principalmente a que:

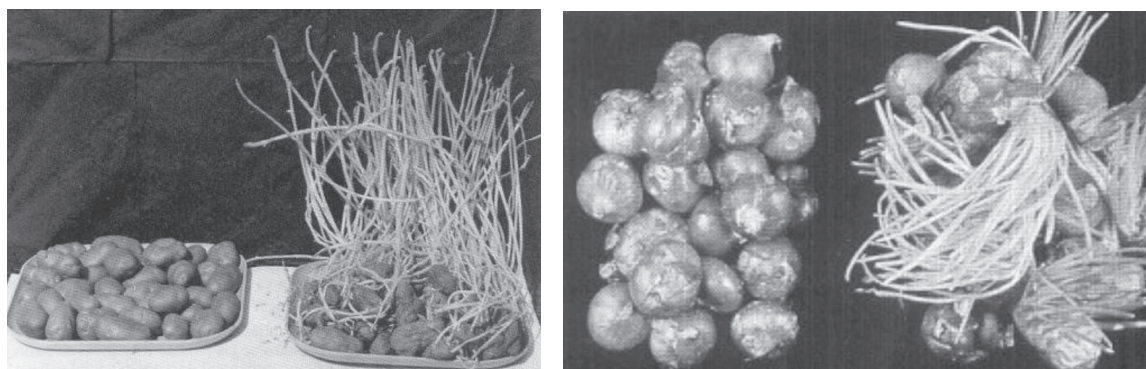
1. la molécula es enormemente grande y por lo tanto la probabilidad de impacto es mayor,
2. tiene gran cantidad de uniones físicas intercatenarias responsables de la estabilidad de la estructura de doble hélice, que requieren energías relativamente bajas para romperse.
3. la molécula es de importancia vital.

■ PRINCIPALES APLICACIONES DE LA IRRADIACIÓN DE ALIMENTOS:

De acuerdo con la cantidad de energía entregada, se pueden lograr distintos efectos (IAEA, 1982; Josephson et al, 1983). La mayor parte de ellos se debe a la acción anteriormente descrita de las radiaciones ionizantes sobre el ADN durante su proceso de replicación, ya sea en un brote vegetal (1), en células de las gonadas de un organismo (2 -3), o en células microbianas (5 a 7). En todos estos casos la división celular es activa y por lo tanto la vulnerabilidad ante las radiaciones ionizantes es mayor que en células de menor actividad reproductiva. En cambio, en la aplicación numerada aquí como 4, el efecto se debe a la acción de estas radiaciones sobre sistemas enzimáticos y hormonales. Como consecuencia, en un rango creciente de dosis, es posible:

1. Inhibir la brotación de bulbos, tubérculos y raíces, (ej: papas sin brote durante 9 meses a temperatura ambiente). Dosis de radiación necesaria: entre 0,05 y 0,15 kGy.
2. Esterilizar plagas de interés fitosanitario como *Ceratitits capitata* («mosca del Mediterráneo») para evitar su propagación a áreas libres, por ejemplo, durante el transporte de productos frutihortícolas y gra-

Fig. 1 y 2: Papas y cebollas sin irradiar (las imagenes de la derecha) e irradiadas (las imagenes de la izquierda), a los 6 meses de almacenamiento.



nos. Dosis de radiación necesaria: entre 0,15 y 0,50 kGy.

3. Esterilizar parásitos, como *Trichinella spiralis* en carne de cerdo, interrumpiendo su ciclo vital en el hombre e impidiendo la enfermedad en el hombre (triquinosis). Dosis de radiación necesaria: entre 0,3 y 1 kGy.
4. Retardar la maduración de frutas tropicales, como banana, papaya y mango (en general tanto en este caso como en los siguientes, la vida útil se duplica o triplica); demorar el envejecimiento de champiñones y espárragos. Dosis de radiación necesaria: entre 0,3 y 2 kGy.
5. Prolongar el tiempo de comercialización de alimentos frescos por reducción de la contaminación microbiana total, banal, (ej.: frutillas de 14 días, filete de merluza de 20 días, ambos conservados envasados y en refrigeración). Dosis de radiación necesaria: entre 1 y 5 kGy.
6. Eliminar microorganismos patógenos no esporulados, ej. *Salmonella*, en pollo, huevos, comidas listas para servir, en un proceso similar al de la pasteurización por calor. En este caso, al no causar aumento de temperatura en el producto, lo mantiene crudo y así conserva mejor las características nutricionales y sensoriales. Dosis de radiación necesaria: entre 1 y 5 kGy.
7. Esterilizar alimentos, es decir, aplicar un tratamiento capaz de eliminar todos los microorganismos, permitiendo así mantener el producto a temperatura ambiente durante años, lo cual se asemeja a la esterilización

térmica comercial. Dosis de radiación necesaria: entre 20 y 50 kGy.

Como ocurre con la mayoría de los métodos de preservación de alimentos, la irradiación no es adecuada para todos los productos. En particular, se producen cambios organolépticos inaceptables al irradiar alimentos líquidos: jugos, vinos, leche, etc, o altamente grasos.; en estos casos no se recomienda emplearla. El altísimo contenido acuoso en el primer caso favorece las reacciones químicas producidas por efecto indirecto de las radiaciones, lo cual conduce a cambios de sabor, aroma y color. En alimentos de alto contenido lipídico y en atmósfera con contenido normal de oxígeno dentro del envase, los ácidos grasos insaturados reaccionan preferencialmente con radicales oxhidrilo produciendo rancidez.

Es posible combinar el tratamiento de irradiación con otros, por ejemplo un leve calentamiento previo, con lo cual se consigue un efecto sinérgico entre ambos, para disminuir las dosis a aplicar de ambos procesos y proteger mejor las calidades nutricionales y sensoriales del alimento.

Las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA) representan una amenaza general para la salud humana y son fuente de pérdidas económicas debido a los gastos en salud y la falta de capacidad laboral. En Estados Unidos las ETA causadas por *Campylobacter* y *Salmonella*, entre otras bacterias patógenas, y por *Trichinae* y otros parásitos, ocasionan anualmente unas 7000 muertes y varios millones de casos de enfermedades intesti-

nales, siendo los gastos asociados de entre 5 y 15 mil millones de dólares. Otros microorganismos patógenos controlables por este método son: *Vibrio cholerae*, *Listeria*, *Escherichia coli* O157:H7, éste último ha sido causante en muchos países de síndrome urémico hemolítico, mortal en varios casos, en niños por consumo de hamburguesas.

La irradiación puede también ser alternativa al uso de sustancias químicas de toxicidad sospechada, tales como fumigantes, algunos antimicrobianos (ej. nitrito de sodio en carnes), e inhibidores de brotación (ej. hidrazida maleica). Tanto el bromuro de metilo como la fosfina se emplean para fumigar productos frutihortícolas y granos destruyendo insectos con fines fitosanitarios; el empleo de ambos está en vías de ser prohibido debido a los crecientes indicios sobre su toxicidad en el hombre, tanto el consumidor como el operador. Además, el bromuro de metilo es un depresor de la capa de ozono, y está sujeto a restricciones crecientes, según lo establecido por el Protocolo de Montreal, Naciones Unidas. La irradiación tiene además otras ventajas sobre el uso de los fumigantes: mayor penetración; tratamiento más rápido; no requiere aireación posterior, no deja residuos.

Los métodos de tratamiento de alimentos tales como el calentamiento, la congelación, el agregado de productos químicos, y la irradiación no están destinados a sustituir las buenas prácticas de manufactura e higiene. Ni la irradiación ni ningún otro método pueden invertir el

proceso de descomposición y hacer que un alimento dañado sea comestible.

■ ALGUNAS VENTAJAS DE LA UTILIZACIÓN DE ESTA TÉCNICA:

- Se aplica en el envase final.
- Libera al alimento de microorganismos patógenos no esporulados (*Listeria*, *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Vibrio cholerae*, *Staphylococcus aureus*, entre otros) sin introducir sustancias extrañas ni hacer que el producto pierda su calidad de fresco.
- Reduce o evita el empleo de fumigantes y conservadores químicos, con lo cual se ahorra dinero y se disminuye el consumo de sustancias de posible acción tóxica.
- Es una alternativa para la preservación de alimentos con componentes termosensibles (las especias, por ejemplo, que tampoco pueden descontaminarse con óxido de etileno debido a la retención de residuos tóxicos).
- Prolonga el tiempo de comercialización, posibilitando alcanzar mercados internos y externos más lejanos.
- Al mejorar la calidad higiénico-sanitaria, permite llegar a mercados con exigencias hasta ahora no alcanzadas por nuestros productos.

■ ALGUNAS LIMITACIONES DE LA UTILIZACIÓN DE ESTA TÉCNICA:

- Falta de armonización de las legislaciones nacionales, lo cual obstaculizaría el comercio internacional.
- Temor a la actitud del consumidor con respecto a los alimentos irradiados.
- Costo relativamente alto de la construcción de las instalaciones.
- Necesidad de transportar los alimentos hacia la instalación de irradiación, en especial si ésta es del tipo «gamma».
- Insuficiente número de instalaciones de irradiación al presente.

■ ENVASE

Los resultados de amplias investigaciones demostraron que casi todos los materiales de envase de alimentos que se utilizan comúnmente son adecuados para la irradiación (U.S. Food and

Drug Administration, 2001) Además, como este proceso no implica un aumento de temperatura, es posible reemplazar envases más pesados y costosos (metal, vidrio) por materiales plásticos

■ INOCUIDAD:

Probablemente ningún método de conservación de alimentos haya sido tan estudiado en cuanto a su inocuidad como éste:

En 1954, los Estados Unidos de Norteamérica emprendieron investigaciones, a través de su *Administración de Alimentos y Drogas* (FDA), el *Departamento de Agricultura*, las *Fuerzas Armadas* y sectores privados.

En 1970, 23 países organizaron el «IFIP» (*Proyecto Internacional en Irradiación de Alimentos*), con sede en el Centro de Investigaciones Nucleares de Karlsruhe, Alemania. Paralelamente, organizaciones pertenecientes a Naciones Unidas : FAO (*Organización para los Alimentos y la Agricultura*), OMS (*Organización Mundial de la Salud*) y OIEA (*Organismo Internacional de Energía Atómica*) constituyeron el «JECFI» (*Comité Conjunto de Expertos en Irradiación de Alimentos*). El fin era recopilar y evaluar la información existente sobre el tema, y en caso de ser necesario, encarar nuevas investigaciones para esclarecer los puntos que necesitaban confirmación.

Los principales interrogantes eran:

1. Si es posible inducir radioactividad en los alimentos.
2. Si se producen pérdidas inaceptables de nutrientes.
3. Si se producen sustancias nocivas para la salud.
4. Si se inducen cambios indeseables en la flora microbiana.

El «JECFI» emitió en 1980 un documento que, sintéticamente, respondía así :

1. Los alimentos, como toda materia, contienen una pequeña proporción de elementos radioactivos. La pregunta entonces debería ser: ¿aumenta la radioactividad natural del alimento el proceso de irradiación? Para que esto no suceda sólo se permite irradiar alimentos con dos elementos radiactivos: Cobalto-60 o

Cesio-137; o con máquinas que producen electrones acelerados, de energías menores o iguales a 10 MeV (Megaelectrón-Volt), o rayos X de energías menores o iguales a 5 MeV.

2. El aspecto nutricional comprende varios tópicos: contenido de vitaminas, su estabilidad y disponibilidad fisiológica; calidad proteica y grasa (aminoácidos y ácidos grasos esenciales); digestibilidad de grasas, hidratos de carbono y proteínas, y la disponibilidad de la energía biológica derivada de ellos; ausencia de antimetabolitos.

Dentro de los límites de dosis bajas (hasta 1 kGy) las pérdidas nutricionales son insignificantes. En el rango de dosis medias (1-10 kGy) puede haber pérdidas de algunas vitaminas sólo si no se excluye el oxígeno durante la irradiación y el almacenamiento. A dosis altas (10-50 kGy) las técnicas utilizadas para evitar que se modifiquen las características organolépticas (irradiación a bajas temperaturas: - 20 °C, exclusión de oxígeno) protegen también a los nutrientes, de manera que las pérdidas pueden ser aún menores que cuando se aplican dosis medias sin tomar estas precauciones.

3. Con respecto a la generación de sustancias nocivas para la salud, los alimentos irradiados se han evaluado con el mismo rigor con que se analizan los fármacos. Se han realizado estudios sobre animales de experimentación que abarcan, por ejemplo, toxicidad aguda y crónica, carcinogénesis, teratogénesis, mutagenicidad. Los resultados de estas investigaciones, llevadas a cabo durante casi 40 años, no evidenciaron la existencia de sustancias nocivas en los alimentos irradiados. Además, en laboratorios de todo el mundo, Argentina incluida, numerosas generaciones de roedores «libres de gérmenes», y «libres de patógenos específicos», se han desarrollado en base a alimentos irradiados. Los estudios sobre seres humanos (astronautas, tropas, voluntarios) han sido por supuesto menos frecuentes pero han existido, con resultados satisfactorios. En muchos países, los pacientes inmunológicamente deprimidos, por enfermedades o debido

al suministro de sustancias inmunodepresoras, consumen alimentos tratados por radiaciones ionizantes.

Paralelamente a los estudios sobre seres vivos, se consideran los productos de radiólisis como base adicional para evaluar la toxicidad de los alimentos irradiados. Estos son sustancias generadas por irradiación; en su inmensa mayoría ya estaban presentes en el alimento o podrían haber sido producidas por algún otro tratamiento de conservación. Para un dado alimento, usualmente se observa que a diferentes dosis de radiación, la composición cualitativa de los productos de radiólisis es la misma, tan sólo aumenta su cantidad al aumentar la dosis. También se ha observado que alimentos químicamente semejantes producen sustancias de radiólisis semejantes, de manera que no es necesario analizar cada uno de ellos ya que los resultados son extrapolables de unos a otros. Actualmente es posible predecir la naturaleza y rendimiento aproximado de muchos productos de radiólisis generados en la irradiación de alimentos.

Otro tema de estudio ha sido la generación de radicales libres por irradiación. Estos son átomos o moléculas con un electrón impar, lo cual los hace sumamente inestables y tendientes a reaccionar muy velozmente para formar productos estables, en particular si están en un medio acuoso como en el caso de la gran mayoría de los alimentos. Desaparecen al reaccionar entre sí en presencia de líquidos, tales como la saliva en la boca; por lo tanto su ingestión no puede producir efectos nocivos. Los radicales libres pueden formarse durante el proceso de irradiación, así como durante otros procesos de tratamiento de alimentos: tostado de pan, frito o asado de carnes, y también debido a los mecanismos de oxidación normales de los alimentos.

4. Con respecto a los cambios en la flora microbiana remanente luego de un tratamiento de irradiación en un alimento, se ha comprobado que no hay aumento en: la resistencia a las radiaciones, la virulencia de microorganismos patógenos, la resistencia a antibióticos, la capacidad de for-

mación de toxinas, ni se producen cambios en las características fisiológicas que dificulten su identificación.

La conclusión final del JECFI (OMS 1989) aseguró que la irradiación de cualquier alimento con dosis de hasta 10 kGy ofrece un producto que no presenta riesgos para la salud humana. Esta dosis no constituye un límite, se eligió porque la mayoría de las aplicaciones en irradiación de alimentos se desarrolla en este rango.

Actualmente la *Organización Mundial de la Salud* considera que los datos disponibles sobre química de radiaciones, toxicología, microbiología y propiedades nutricionales aseguran que, cualquiera sea la dosis de radiación aplicada, el consumo de alimentos irradiados no presenta riesgos para la salud humana (Organización Mundial de la Salud, 1999). Esto ha sido también aceptado por el *Codex Alimentarius*, I y II, 2003, órgano dependiente de FAO que dicta normas sobre alimentos tendientes a orientar a las legislaciones nacionales.

Tanto la *Asociación Médica Americana* (AMA) como la *Asociación de Dietistas Americana* (ADA) avalan los beneficios y la inocuidad de los alimentos irradiados, como así también la *Academia Nacional de Medicina* de Argentina.

■ INSTALACIONES DE IRRADIACIÓN:

Para irradiar alimentos se emplean comercialmente plantas de cobalto-60 (aproximadamente el 90% de las instalaciones actualmente instaladas) o máquinas que generan electrones acelerados o rayos X (el 10% restante).

El cobalto-60 emite radiaciones gamma, cuya penetración es superior a la de los electrones. Una planta de cobalto-60 consta básicamente de una cámara de irradiación, una piscina de almacenamiento, un sistema de transporte de los productos a irradiar el cual se emplaza muchas veces dentro de una construcción en forma de laberinto para frenar la salida de las radiaciones, una consola de control, y depósitos que separan el material irradiado del sin irradiar. (Figura 3)

La cámara de irradiación tiene paredes gruesas de hormigón y puertas di-

señadas especialmente para impedir la liberación de radiactividad. Los dispositivos de interbloqueo y alarma impiden que la fuente de radiación se eleve mientras las puertas no estén completamente cerradas. La piscina de almacenamiento, usualmente de 6 metros de profundidad, es el lugar donde se encuentran las fuentes radiactivas de cobalto-60 mientras no se está tratando nada. El agua actúa de blindaje contra la energía radiactiva, protegiendo a los operadores cuando tienen que entrar en la sala. El sistema de transporte sirve para desplazar automáticamente los alimentos dentro y fuera del recinto de irradiación. Los productos pasan por el campo de irradiación dentro de la cámara a una velocidad controlada con precisión para absorber la cantidad de energía que requiere el tratamiento; luego de esto, se pueden manipular inmediatamente. Desde la sala de comando, fuera de la cámara de irradiación, operadores capacitados controlan electrónicamente la fuente de irradiación desde la sala de máquinas, y el tratamiento de los productos.

En las máquinas que emplean electrones acelerados, estos se pueden generar aplicando electricidad a una fuente específica. Luego pueden ser concentrados en un rayo lineal por medio de campos magnéticos, mientras son acelerados a la velocidad de la luz. Este rayo de electrones se emplea para irradiar productos, envasados o a granel, que pasan por sus cercanías transportados por una cinta o rodillos, en espesores no mayores de 5-10 centímetros (apto para granos, pastas cárnicas, etc). Este proceso es parecido a la función del tubo catódico dentro de televisores, que proyecta un rayo de electrones sobre la pantalla creando una imagen luminosa.

Cuando se hacen incidir estos rayos de electrones sobre una placa delgada de ciertos metales, su energía se convierte en rayos X que pueden utilizarse como fuente de irradiación, de penetración intermedia entre gamma y electrones.

Los aceleradores de electrones son máquinas que pueden desconectarse cuando se desea interrumpir su uso; no emplean elementos radiactivos, por lo tanto sus requerimientos de seguridad son algo distintos a los de las plantas gamma.

Todas las instalaciones de irradiación deben estar licenciadas, y ser inspec-

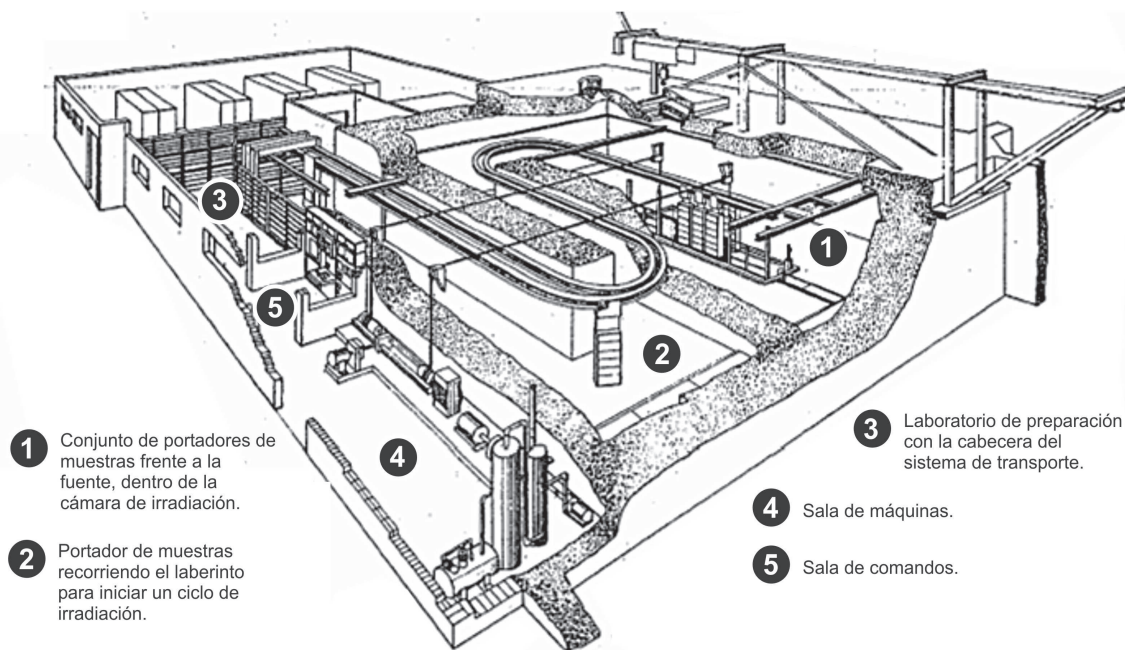


Fig. 3: Diagrama de la planta de irradiación semi industrial de cobalto 60 en el Centro Atómico Ezeiza, provincia de Buenos Aires, Argentina (Cortesía Ing. Jorge Graiño)

cionadas periódicamente por el organismo gubernamental correspondiente. La seguridad de los trabajadores depende además de procedimientos de operación estrictos y de una capacitación adecuada.

■ LEGISLACIÓN NORMATIZACIÓN:

Actualmente la legislación de 60 países autoriza el consumo de diversos alimentos irradiados. Las aprobaciones pueden ser por: productos (ej.: merluza), clases (ej.: pescado), o más evolucionadamente, el proceso en general, como lo ha hecho Brasil que, coherentemente con el documento de la Organización Mundial de la Salud, 1999, autoriza desde 2000 la irradiación de cualquier alimento a cualquier dosis compatible con la conservación de sus características sensoriales y tecnológicas. En la base de datos de la *Agencia Internacional de Energía Atómica* se puede encontrar la lista de productos o clases que autoriza cada país.

En la **figura 4** se pueden observar, en color oscuro, los países que autorizan este proceso.

Las legislaciones de todos los países requieren que los alimentos irradiados estén rotulados como tales. En nuestro país es obligatoria la leyenda «*Tratado con energía ionizante*» y el logotipo

reconocido internacionalmente, una flor verde rodeada de un círculo segmentado (**Figura 5**).

En 1999 Estados Unidos aprobó la irradiación de carnes rojas (vaca, cordero, cerdo) fresca y congelada, para eliminar el microorganismo patógeno *Escherichia coli* O157, luego de un episodio que causó la muerte de 5 niños y la enfermedad de alrededor de 700 personas debido al consumo de hamburguesas insuficientemente cocidas (U.S. Food and Drug Administration, 1999) En 2002 tanto Estados Unidos como Australia y Nueva Zelandia

aprobaron leyes que autorizan la irradiación de alimentos con fines cuarentenarios.

El *Código Alimentario Argentino* (CAA) en su artículo 174 de 1978 legisla sobre los aspectos generales; y en otros artículos autoriza la irradiación de: papa, cebolla y ajo para inhibir brote; frutilla para prolongar la vida útil; champiñón y espárrago para retardar su envejecimiento; especias, frutas y vegetales deshidratados, para reducir la contaminación microbiana. En 1996 la *Comisión Nacional de Energía Atómica* (CNEA) solicitó a la *Comisión*

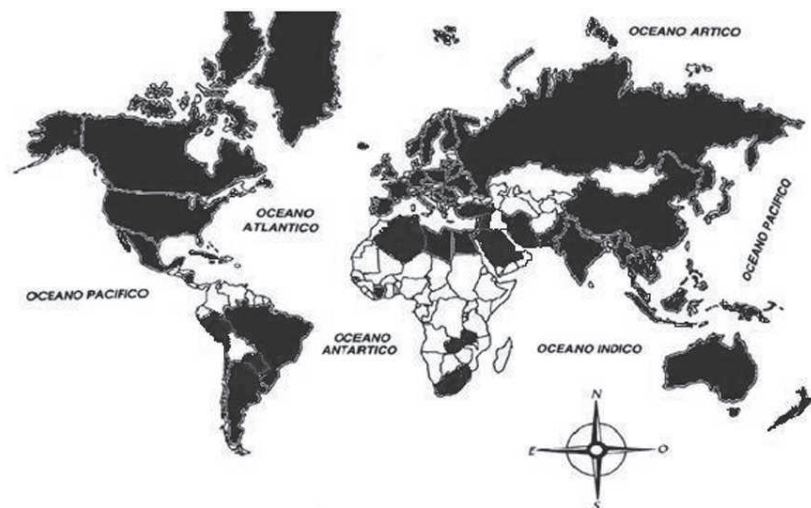


Fig. 4: Mapa (marcados en negro) de los países que autorizan la irradiación de alimentos (año 2006)



Fig. 5: Símbolo Internacional de Alimento Irradiado



Nacional de Alimentos (CONAL) que evaluara la aprobación en el CAA de ciertas clases de productos: carnes rojas, carne de cerdo, huevo desecado, pescados y productos pesqueros, granos y sus harinas, frutihortícolas con fines cuarentenarios, con la intención de agilizar y armonizar con legislaciones más avanzadas, en particular la brasilera en el ámbito MERCOSUR. CONAL aún hoy no acepta esta propuesta y prefiere mantener las autorizaciones por producto. A mediados de 2003, debido al fallecimiento de niños pequeños en Argentina por síndrome urémico hemolítico causado por *Escherichia coli* O157:H7 en hamburguesas, el *Ministerio de Salud* de la Nación solicitó a CONAL que evaluara la aprobación de carne picada irradiada. Aún no hay expedición al respecto.

En 2003, el *Instituto Argentino de Normatización* de Argentina (IRAM) aprobó la norma 20.301:

«**Buenas Prácticas de Procesamiento para la Irradiación de Alimentos destinados al Consumo Humano**», la cual fue propuesta por IRAM en 2004 a la *Organización Internacional de Normatización* (ISO) y está actualmente en estudio dentro de un grupo de trabajo creado especialmente para este fin, llamado «**Irradiación de Alimentos**».

■ COMERCIALIZACIÓN:

La comercialización de alimentos irradiados ocurre por el momento cuando se perciben ventajas sanitarias o comerciales en circunstancias en que ningún

otro método es conveniente. Tal es el caso de las especias, el ingrediente alimentario cuya irradiación se aplica ampliamente en la mayoría de los países que emplean esta tecnología: su contaminación microbiana no se puede reducir por calor porque se provocarían pérdidas de aroma y sabor, ni tampoco por fumigación con óxido de etileno porque quedarían retenidas en las especias sustancias tóxicas provenientes del gas. Los próximos casos serán posiblemente la cuarentena por irradiación al prohibirse los fumigantes químicos, y la eliminación de microorganismos patógenos en alimentos crudos.

Algunos hechos recientes influyen para que la industria alimentaria busque alternativas a los métodos convencionales de conservación de alimentos. Estos son:

- Cambios en los hábitos de los consumidores.
- Aumento de las exigencias en la calidad de los productos.
- Mayor certeza de los efectos negativos del uso de sustancias químicas.

La presentación de un producto como «fresco» o «no tratado» no permite la aplicación del calor o el congelamiento. Asimismo, en muchos casos no es posible reducir adecuadamente el número de microorganismos mediante el empleo de sustancias químicas.

En la actualidad se comercializan alrededor de 500.000 toneladas por año de alimentos irradiados en el mundo, lo cual representa una cantidad pequeña en comparación con los volúmenes de alimentos totales. Los productos que se irradian con más frecuencia

en todo el mundo son las especias. Los principales países que aplican la tecnología son, en orden de volúmenes decreciente: China, Estados Unidos, República de Sudáfrica, Holanda, Japón, Hungría, Bélgica, Indonesia, Francia, México, Canadá, Brasil, Croacia, India, República Checa, Dinamarca, Finlandia, Israel, Irán, Inglaterra, Corea, Noruega, Tailandia, Argentina y Chile. (Figura 6).

La irradiación comercial de alimentos se realiza en 32 países del mundo, con más de 100 instalaciones de irradiación en operación. Estas instalaciones son, en su gran mayoría, plantas gamma (de Cobalto-60); las otras emplean aceleradores de electrones. Se puede ampliar esta información en la página Web de la Agencia Internacional de Energía Atómica. Estados Unidos, por ejemplo, cuenta con 18 instalaciones comerciales, todas ellas irradian especias, y otras también hortalizas, frutas, carne picada, y pollo. Alrededor de 5.000 supermercados en Estados Unidos venden hamburguesas irradiadas, y el *Departamento de Agricultura* (USDA) autorizó la provisión de este producto a comedores escolares.

China cuenta con 15 instalaciones que irradian especias, ajo, cebolla, papa, manzana, tomate, arroz, salsa china, y aderezos. Francia irradian en 5 instalaciones industriales, y los productos son: especias, pollo congelado deshuesado, frutas desecadas, ancas de rana congeladas, langostino. Sudáfrica, con 3 instalaciones, irradian papa, cebolla, frutas, especias, miel, carnes, pescados, productos procesados.

Argentina irradian para el mercado local especias que se introducen como

aditivos en otros productos, por ejemplo, chacinados. En este uso y según la legislación vigente no es necesario que en el envase del producto final figure expresamente la condición de «irradiada» de la especia, ya que participa en proporción menor al 10 %. El tratamiento se aplica en dos plantas de la provincia de Buenos Aires: la del *Centro Atómico Ezeiza*, que funciona desde 1970 (Figura 7), y la de *IONICS* (en Pacheco), desde 1989. También se irradian otros productos, mayormente deshidratados: cacao en polvo, suero bovino desecado, hígado desecado, huevo desecado o congelado, vegetales deshidratados, extracto de carne, polen, harina de soja, etc. El volumen total irradiado en las dos instalaciones ronda las 2.500 ton/año, siendo la mayor contribución la de la planta privada, y ha crecido varias veces en los últimos años.

Argentina es productora de cobalto-60, a granel o en fuentes selladas, a través de una sociedad del Estado llamada DIOXITEK. La comercialización está actualmente en manos de una empresa multinacional llamada REVISS.

■ CONSUMIDORES:

En lo que respecta a los alimentos, los consumidores tendemos a asumir una actitud prudente en cuanto a la aceptación de cualquier tecnología nueva. Esta conducta se observó claramente cuando se introdujo, por ejemplo, la pasteurización de la leche, que tardó cerca de 100 años en implementarse, al igual que la industria de las conservas. Sin embargo cuando al consumidor se le proporciona información exacta y objetiva, su disposición es distinta en el momento de efectuar una elección.

En las numerosas pruebas de mercado realizadas en todo el mundo con alimentos irradiados etiquetados puestos a la venta junto con alimentos no irradiados, los consumidores compraron gustosamente los irradiados y en numerosos casos expresaron su preferencia por éstos, aún si el precio era ligeramente superior. Así sucedió también en nuestro país en 1985 con una venta en supermercados de Buenos Aires y Bahía Blanca de cebolla y ajo irradiados, según se refiere en el trabajo de Curzio et al, 1986.

Ante la irradiación de alimentos, en general se ha visto que el consumidor exige juego limpio en la rotulación; teme fraudes y deficientes controles de la operación; relaciona estrechamente la irradiación con otras actividades nucleares, incluyendo los repositorios; los jóvenes son más receptivos.

■ COSTOS:

Todo tipo de tratamiento de alimentos implica un aumento en su costo. En el caso de la irradiación éste se estima en centavos por kilo, lo cual es competitivo con el de otros tratamientos y en algunos casos resulta aún menos costoso.

La construcción de una instalación de irradiación de alimentos implica inversiones que pueden oscilar entre dos y siete millones de dólares, en el caso de cobalto-60, cantidades comparables a las de algunas instalaciones de tratamiento de alimentos mediante otras tecnologías. Los aceleradores de electrones suelen ser más caros, entre 5 y 12 millones de dólares.

■ INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN LA ARGENTINA:

En la Comisión Nacional de Energía Atómica el tema se estudia desde la década del '60. La tabla 1 muestra algunos de esos trabajos. Las publicaciones están listadas en la página Web de la Comisión Nacional de Energía Atómica.

Actualmente se está investigando la factibilidad de irradiar comidas listas para servir, bajo programas coordinados de investigación con la *Agencia Internacional de Energía Atómica* (IAEA) de los cuales participamos 14 países (Narvaiz et al, 2003). El estilo de vida urbano actual destina poco tiempo a cocinar, por lo cual muchas comidas listas para servir están a la venta en el mercado. Entre ellas, las conservas o alimentos enlatados no son tan preferidos al presente porque, aunque de excelente calidad microbiológica, no satisfacen por completo las preferencias de frescura y máximo valor nutricional que el consumidor requiere. Otras comidas, refrigeradas o congeladas, al haberseles aplicado mínimos procesos de conservación, conllevan el riesgo

de transmitir enfermedades microbianas. Esto es de particular importancia para la población inmunocomprometida, estimada en un 20 % del total aún en países desarrollados, cuyas defensas son bajas.

Al respecto el *Sector Alimentos* de CNEA, trabajando en colaboración con la *Universidad Nacional de Entre Ríos* (UNER), la *Universidad de Belgrano*, y el *Laboratorio Lister* de La Plata, desarrolló las comidas listas para servir irradiadas listadas en el último párrafo de la Tabla 1 (años 1999-2005). Muestras de las distintas viandas se inocularon con microorganismos patógenos no esporulados, como *Salmonella enteritidis* o *Listeria monocytogenes*, y se irradian a dosis crecientes para encontrar la menor dosis capaz de reducir un millón de veces esta población microbiana. Luego nuevas muestras se irradian a esta dosis y fueron evaluadas sensorialmente por un panel de consumidores, con muy buena aceptación. Posteriormente, estudiantes avanzadas de la licenciatura en nutrición de UNER elaboraron y ofrecieron un almuerzo completo irradiado a 44 pacientes inmunocomprometidos internados en el *Hospital de Clínicas* «José de San Martín» de Buenos Aires, con excelente aceptación (Veronesi et al, 2004 y 2005)

Otras instituciones en el país también han realizado estudios: la *Universidad Nacional del Sur* (Bahía Blanca): cebolla, ajo, merluza, frutilla; la *Universidad Nacional del Comahue* (Neuquén): manzana, frambuesa, jugos concentrados; la *Universidad Católica de San Juan*: uvas, pasas de uva; la *Universidad de Mendoza*: trucha, conejo, champiñón; el INTA (Castelar): carne bovina, para prolongación de la conservación, y eliminación de virus aftosa.

En la actualidad las actividades del *Sector Alimentos* del *Centro Atómico Ezeiza* se refieren a:

- Investigación y desarrollo.
- Legislación: obtención de nuevas aprobaciones en el *Código Alimentario Argentino*.
- Elaboración de normas IRAM e ISO (*Internacional Standard Organization*).
- Difusión. Docencia. Capacitación.
- Asesoramiento a empresas.

Tabla 1.

INVESTIGACION Y DESARROLLO EN IRRADIACION DE ALIMENTOS EN LA COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA (ARGENTINA)	
1965/7	TRIGO GRANO Y HARINA-PESCADO: SABALO, DORADO Y PEJERREY ALBUMINA SANGUINEA DESECADA- PAPA
1968/9	PESCADO: MERLUZA- ALBUMINA SANGUINEA DESECADA
1978 /9	FRUTILLA- HARINA DE TRIGO -JUGO CONCENTRADO DE MANZANA Y PERA- MANZANA
1983/6	ALMENDRAS - CASTAÑAS DE CAJU- ESPECIAS: 14- MERLUZA- POLLO
1988/9	ESPECIAS (3) Y VEGET. DESHIDR (2)- HUEVO EN POLVO -SUERO BOVINO DESECADO- ENZIMAS : CUAJO Y PANCREATINA
1990/1	CHAMPIGNON- ESPARRAGO- CHOCLO- POMELO
1992/3/4	POLLO ROSTIZADO- CIERVO AHUMADO -SUSTITUTO LACTEO PARA TERNEROS
1996/7	ADITIVOS E INGREDIENTES ALIMENTARIOS (13).
1998/9	LECITINA LIQUIDA DE SOJA- ALMIDONES- CARRAGENANOS- AGAR-AGAR HIERBAS MEDICINALES PARA INFUSIONES (6)
1999-2005	VIANDAS SEGURAS PARA PACIENTES INMUNOCOMPROMETIDOS Y PUBLICO EN GENERAL:HAMBURGUESAS ESTERILIZADAS- ENSALADAS - ENSALADAS DE FRUTA EN GELATINA- HELADOS-EMPANADAS-CANELONES EN SALSA- SANDWICHES DE MIGA- TARTAS-FLANES.
2006-2008	MIELES- PANES- LECHUGA- BANANA-ZAPALLO ANCO- HAMBURGUESAS DE POLLO- BUDINES PARA CELIACOS

Entre paréntesis se indica el número de especies tratadas.

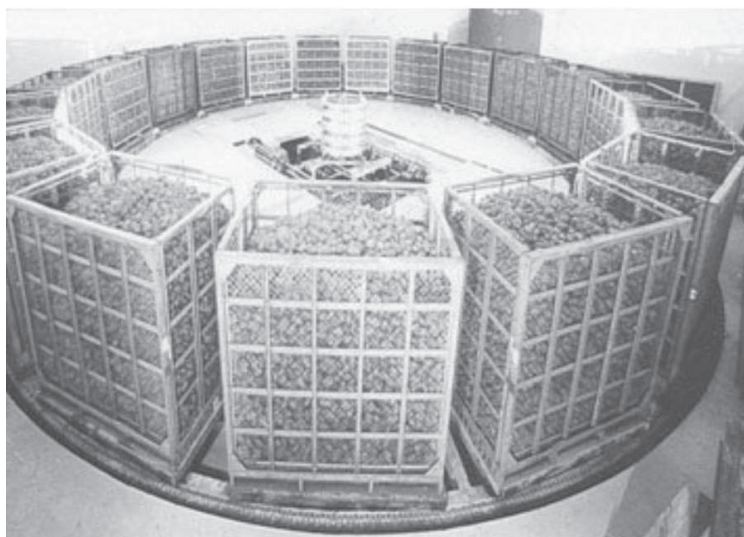


Fig. 6: Planta de Irradiación de Papas, Shihoro, Japón. Opera desde 1970 e irradia alrededor de 200.000 toneladas por año.



Fig. 7: Interior de la Cámara de Irradiación, Planta de Irradiación Semiindustrial de Cobalto 60, Centro Atómico Ezeiza, provincia de Buenos Aires, Argentina. (Cortesía Ing. Jorge Graiño).

■ REFERENCIAS:

- *Codex Alimentarius*, (2003)-I- «**Codex General Standard for Irradiated Foods**»- 106- 1983, Rev. 1-2003., Roma.
- *Codex Alimentarius*, (2003)-II- «**Recommended International Code of Practice for Radiation Processing of Foods**»- CAC/RCP 19- 1979, Rev 2- 2003.
- *Código Alimentario Argentino*, (1997). Ed.: De La Canal, Buenos Aires.
- **Curzio**, O.A., **Croci**, C.A., **Urioste**, A.M.. (1986). «**Marketing trials with irradiated onions and garlic in Argentina**», Food Irradiation Newsletter, 10 1, Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA), Viena.
- <http://caebis.cnea.gov.ar/aplicaciones/alim/Irra1.html> -(octubre 2006)- Página Web *Comisión Nacional de Energía Atómica* (CNEA):
- <http://www.ozone.unep.org/pdfs/Montreal-Protocol2000.pdf>-(octubre 2006)- Página Web de United Nations Environmental Programme (UNEP) (Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente)
- http://www.ama-assn.org/apps/pf_new/pf_online?f_n=browse&doc=policyfiles/HnE/H-150.961.HTM-(octubre 2006)- Página Web de AMA (American Medical Association) (Asociación Médica Norteamericana)
- <http://www.iaea.org/programmes/nafa/ds/index.html>-(octubre 2006)- Página Web de la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA):
- *Instituto Argentino de Normatización* (IRAM), (2003) «**Buenas Prácticas de Procesamiento para la Irradiación de Alimentos destinados al Consumo Humano**» Norma 20.301, IRAM, Buenos Aires.
- *International Atomic Energy Agency* (IAEA)(Agencia Internacional de Energía Atómica), (1982). «**Training Manual on Food Irradiation Technology and Techniques**» TRS 114, Viena.
- **Josephson**, E.S. and **Brynjolfsson**, A. (1983). «**Preservation of Food by Ionizing Radiation**». CRC Press, Nueva York.
- Journal of the American Dietetic Association (JADA), (2000), «**Food Irradiation- Position of ADA**», 100:246-253.
- **Narvaiz P**, **Giménez P.**, **Horak C.**, **Adeil Pietranera M.**, **Kairiyama E.**, **Gronostajski D.**, **Ribetto A. M.** (2003), «**Feasibility of obtaining safe, shelf-stable, nutritive and more varied whole rations for immunosuppressed patients by gamma irradiation**». Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA), Viena, TECDOC-1337, p. 62-84.
- *Organización Mundial de la Salud* (OMS) (1989). «**La irradiación de los alimentos**», Ginebra.
- *Organización Mundial de la Salud* (OMS) (1999). «**Irradiación a altas dosis: Inocuidad de alimentos irradiados con dosis superiores a 10 kGy**». Ginebra.
- **Satin M.** (1997) «**La irradiación de los alimentos**». Ed. ACRIBIA, Zaragoza.
- **Spinks J.W.T.** and **Woods R.J.** (1990). «**An Introduction to Radiation Chemistry**». Ed.: John Wiley & Sons, Nueva York.
- *U.S. Food and Drug Administration* (FDA), USA, (1999). «**Irradiation of meat food products: final rule**»- Code of Federal Regulation **64**, (246).
- *U.S. Food and Drug Administration* (FDA), USA, (2001)- «**Packaging materials approved for use in the irradiation of prepackaged food**»- Code of Federal Regulation 21, 3.
- **Urbain**, W.M. (1986). «**Food Irradiation**». Academic Press, Orlando.
- **Veronesi P.**, **Narvaiz P.**, **Cossani E.**, **Lound L.**, **Gasparovich A.** (2005) «**Comidas nutritivas y seguras microbiológicamente, tratadas por irradiación gamma, para pacientes inmunocomprometidos. Parte II**». DIAETA, **110**, p. 8- 24. Ed.: Asociación Argentina de Dietistas y Nutricionistas Dietistas (AADYND), Buenos Aires.
- **Veronesi P.**, **Narvaiz P.**, **Cossani E.**, **Lound L.**, **Gasparovich A.** (2004) «**Comidas nutritivas y seguras microbiológicamente, tratadas por irradiación gamma, para pacientes inmunocomprometidos. Parte I**», DIAETA, **109**, p. 8-34. Ed.: Asociación Argentina de Dietistas y Nutricionistas Dietistas (AADYND), Buenos Air

GLOSARIO

«**Espin**»: Movimiento de rotación sobre el propio eje.

Electrón desapareado: Electrón que no tiene su «espin» compensado por otro electrón de «espin» opuesto en el mismo átomo o molécula.

Electrón-Volt: Una unidad de energía. Es la cantidad de energía que adquiere un electrón al pasar a través de una diferencia de potencial de 1 Volt, en vacío.

Ion: Atomo o molécula cargada eléctricamente. Si la carga es positiva se denomina «catión», si es negativa, «anión».

Joule: Unidad de energía en el Sistema Internacional de Unidades. Es la energía o el trabajo requeridos para ejercer una fuerza de un Newton a través de una distancia de un metro.

Molécula excitada: Molécula en la cual alguno de sus electrones se ha desplazado temporariamente a una órbita de energía superior de la que corresponde a su estado de estabilidad. Usualmente este electrón retorna a su posición inicial, liberando la energía excedente en forma de luz.

Newton: Unidad de fuerza en el Sistema Internacional de Unidades. Es la fuerza necesaria para que un objeto

de 1 kg de masa reciba una aceleración de 1 m/s^2

Radical libre: Atomo o molécula eléctricamente neutros, con un electrón desapareado en la órbita externa.

Radiólisis: Ruptura molecular debida a la acción de radiaciones ionizantes.

50 años de la creación del CONICET y gestión de la Presidencia del Dr. Eduardo Charreau

■ Guillermo Juan Juvenal

Investigador CNEA - CONICET
juvenal@cnea.gov.ar

El 5 de febrero de este año se cumplieron cincuenta años de la creación del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Su primer Presidente fue el Dr. Bernardo A. Houssay (galardonado con el Premio Nobel de Medicina en 1947), quien luchó para que los diferentes gobiernos entendieran que la ciencia y la tecnología eran disciplinas fundamentales para el desarrollo del país. Bajo los diferentes gobiernos el CONICET dependió directamente de Presidencia de la Nación, del Ministerio de Educación y hoy en día depende del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

El CONICET es el principal organismo de la ciencia argentina. Al mismo, pertenecen 5216 investigadores, 5649 becarios y 2324 técnicos correspon-

dientes a las siguientes áreas: Agrarias, Ingeniería y de Materiales, Biológicas y de la Salud, Exactas y Naturales y Sociales y Humanidades y son responsables del 71% de las publicaciones en revistas internacionales indexadas

Los investigadores del CONICET se desempeñan sus funciones en diferentes Unidades Ejecutoras, Universidades y otras Instituciones dedicadas a la Investigación. El sistema de Unidades Ejecutoras del CONICET está integrado por: 108 Institutos de Investigación, 6 Centros Regionales que complementan a los anteriores y articulan la relación con universidades y provincias y 2 Centros de Servicios. Completan este conjunto los Laboratorios Nacionales de Investigación y Servicios (LANAIS), que prestan servicios a

la comunidad científica, académica y al público en general y que se financian mediante el cobro de aranceles. El 40 % de los investigadores de la Carrera del Investigador Científico y Tecnológico se desempeña en Unidades Ejecutoras.

Los 50 años del CONICET se cumplieron bajo la gestión del Dr. Eduardo Charreau como Presidente del mismo. Su gestión fue altamente fructífera. El Dr. Charreau asumió la presidencia del organismo en el año 2002. Desde ese entonces, entre los logros se pueden mencionar: un incremento en el número de investigadores y becarios; de 3873 en el 2002 a 5216 en el 2007 para los primeros y de 2024 en el 2002 a 5649 en el 2007 para los becarios (70 % del total de doctorandos en la Argentina, son be-

Eduardo Hernán Charreau es Doctor en Ciencias Químicas (UBA). Fue Profesor Titular de Química Biológica de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y «causante» de que numerosos alumnos suyos se hayan dedicado a la endocrinología molecular, entre ellos el actual Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Dr. Lino Barañao, de quien fue su Director de Tesis. Fue Director en el Instituto de Biología y Medicina Experimental y en la Fundación Cherny; Presidente de la Asociación Argentina para el Progreso de la Ciencias, de la Sociedad Argentina de Biología y de la Sociedad Argentina de Investigaciones Clínicas. Autor de más de doscientas publicaciones en revistas internacionales. Obtuvo numerosos premios. En 2006 recibió la distinción de las Palmas Académicas en el grado de Caballero, por su esfuerzo en favor de la cooperación franco-argentina. Ocupa en la Academia de Medicina el sitial número cinco, la silla Bernardo Houssay, desde el año 2003; y actualmente es presidente de la Academia Nacional de Ciencias Exactas y Naturales.

carios del CONICET). En lo que respecta a los salarios en promedio creció un 240 % para las categorías iniciales y un 126 % para las superiores disminuyendo la brecha entre ellas. Si bien hubo un aumento generalizado de los salarios, debido al proceso inflacionario, el conseguido por el CONICET fue considerablemente mayor que el de otros organismos de Ciencia y Técnica. Se gestionó la firma del Decreto 160/2005 sobre jubilaciones que restituye el 85% del bruto del último sueldo de los miembros de la CIC que accedan al beneficio (suspendido desde 1994)

El CONICET es la segunda fuente de financiamiento a través de subsidios a grupos de investigación a nivel nacional. Si bien no alcanza los valores otorgados por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, los recursos otorgados por el CONICET alcanzaron a casi 4000 investigado-

res del CONICET y otros tantos investigadores de Universidades Nacionales y otras instituciones

En lo que respecta a servicios y transferencias al sector privado se fomentó la formación de recursos humanos en empresas bajo la forma de becas cofinanciadas y de investigadores. El CONICET se ha convertido en la institución con mayor registro de patentes ante el Instituto Nacional de Patentes Industriales entre los residentes argentinos, superando a cualquier organización pública y empresas del ámbito privado. La actividad de transferencia de tecnología realizada por las Unidades Ejecutoras creció desde algo más de \$900.000 en el año 2001 hasta superar los \$14.000.000.

Podría parecer que estos logros más que a una gestión personal se deben al apoyo que por parte de los diferentes gobiernos le han dado a la ciencia en los últimos años. Sin embargo, si

bien el CONICET, tal como se mencionó es el organismo más importante de la ciencia argentina, existen otras Instituciones Científicas y éstas no han tenido el empuje que ha tenido el CONICET.

Quedan todavía cosas sobre las cuales avanzar. Por ejemplo, si bien se mejoraron los salarios de forma considerable en los últimos años, no se está al mismo nivel que países vecinos como Brasil o Chile. En lo que respecta a las evaluaciones, si bien hay un consenso general en cuanto a los criterios respecto a ingresos (Becas y Carrera del Investigador) y promociones, estos varían de acuerdo a las diferentes disciplinas y a las comisiones asesoras de turno no habiendo reglamento alguno.

Hacemos votos para que la Dra. Marta Rovira actual Presidenta del CONICET, continúe con las mejoras logradas por el Dr. Charreau.

CONICET



**Consejo Nacional de Investigaciones
Científicas y Técnicas**

Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva
Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología
Presidencia de la Nación - República Argentina

www.conicet.gov.ar

Ciencia, Tecnología, y Sociedad III, en Montevideo, República Oriental del Uruguay

■ Alberto Baldi

Instituto de Biología y Medicina
Experimental (IByME - CONICET).
Vuelta de Obligado 2490 CP 1428
ADN Buenos Aires.

La Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC), juntamente con la Sociedad Brasileira para el Progreso de las Ciencias (SBPC), organizó la primera reunión sobre CIENCIA; TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD en Buenos Aires, en noviembre de 2004. Fue tal el éxito de dicha reunión que ambas Sociedades decidieron organizar otra similar, incorporando a la Asociación Ciencia Hoy, en junio de 2006, también en Buenos Aires. Nos es muy grato informar que a estas reuniones científicas se ha incorporado ahora la Sociedad Uruguaya para el Progreso de la Ciencia y de la Tecnología (SUPCYT).

En Montevideo, Uruguay, ha tenido lugar recientemente la tercera Reunión sobre CIENCIA; TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD.

El evento se realizó entre el 20 y 22 de junio de 2007, y fué declarado de interés Ministerial por el Mi-

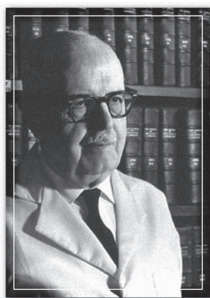
nisterio de Educación y Cultura Uruguayo.

La Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Argentina apoyó económicamente la participación de organizadores y expositores argentinos para asistir a dicha reunión.

Los temas tratados fueron: Biotecnología vegetal, agraria, animal y aplicada a la salud. Diseño industrial. Enseñanza de las ciencias. Física y Matemática. Energía. Metrología y certificación de calidad, Nanotecnologías. Propiedad industrial y patentes. Recursos acuáticos, Tecnologías para la salud. Tecnologías de Información y Comunicación (TICs). Vivienda Social. Neurobiología, Geología, mapas. Hidrogeología. Ciencias sociales. Popularización de las ciencias y de la tecnología. Divulgación científica, Museos, Instituto Pasteur de Montevideo. Biodiversidad y Derecho espacial.

Las reuniones estuvieron presididas por coordinadores uruguayos, brasileños y argentinos en las que científicos y tecnólogos de los tres países expusieron temas de sus especialidades. El acto inaugural tuvo lugar en el edificio de la Intendencia Municipal de Montevideo con la presencia de autoridades universitarias y del gobierno de dicha ciudad. La mayoría de las sesiones científicas se dictaron en las Facultades de Ciencias, Ingeniería, Arquitectura, Ciencias Sociales, Derecho, Instituto Pasteur de Montevideo e Instituto de Investigación de Ciencias Biológicas Clemente Estable.

Eso posibilitó una significativa audiencia de estudiantes y graduados interesados en cada disciplina y una amplia discusión de los temas tratados. También se han estrechado vínculos de cooperación académica entre los miembros participantes.



Dr. Bernardo A. Houssay

Instituto de Biología y Medicina Experimental

IBYME

El Instituto de Biología y Medicina Experimental (IBYME), asociado al CONICET, fue fundado por el Dr. Bernardo A. Houssay en 1944. Su Misión es impulsar el conocimiento en diversas áreas como: oncología, endocrinología, reproducción, neurociencias, comportamiento, inmunopatología y biotecnología. Todo ello está orientado a ampliar el conocimiento de los principios fundamentales que rigen el funcionamiento de los seres vivos y desarrollar aplicaciones tecnológicas en el área de la biomedicina.

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

CIENCIA E INVESTIGACION

Ciencia e Investigación, órgano de difusión de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC), es una revista de divulgación científica y tecnológica destinada a educadores, estudiantes universitarios, profesionales y público en general. La temática abarcada por sus artículos es amplia y va desde temas básicos hasta bibliográficos: actividades desarrolladas por científicos y tecnólogos, reuniones nacionales e internacionales, entrevistas, historia de las ciencias, crónicas de actualidad, biografías y comentarios bibliográficos. La revista tiene difusión en dos versiones *impresa* y *on line*.

PRESENTACIÓN DEL MANUSCRITO

El manuscrito deberá presentarse escrito con procesador de texto word (extensión «doc») en castellano, en hoja tamaño A4, a doble espacio, con márgenes de por lo menos 2,5 cm en cada lado, letra Time New Roman tamaño 12. Las páginas deben numerarse (arriba a la derecha) en forma corrida, incluyendo el texto, bibliografía y las leyendas de las figuras. Colocar las ilustraciones (figuras y tablas) al final en página sin numerar.

La primer página deberá contener en el orden siguiente: Título del trabajo, nombre de los autores, institución a la que pertenecen y lugar de trabajo, correo electrónico de uno solo de los autores (con asterisco en el nombre del autor a quién pertenece), al menos 3 palabras claves en castellano y en inglés. La segunda página incluirá un resumen del trabajo en castellano y otro en inglés, con un máximo de 250 palabras. El texto del trabajo comenzará en la tercera página y finalizará con la bibliografía y las leyendas de las figuras.

La extensión de los artículos que traten temas básicos no excederá las 10.000 palabras, (incluyendo título, autores, resumen, bibliografía y leyendas). Otros artículos relacionados con actividades científicas, bibliografías, historia de la ciencia, crónicas de actualidad, etc. no deberán excederse de 6.000 palabras.

El material gráfico se presentará como: a) figuras (dibujos e imágenes) y se numerarán correlativamente (Ej. Figura 1) y b) tablas numeradas correlativamente independientemente de las figuras (Ej. Tabla 1).

Las ilustraciones de no ser originales deberán citarse sus orígenes en la leyenda correspondiente (cita bibliográfica o de página web). En el texto del trabajo se indicará el lugar donde el autor ubica cada figura y cada tabla (poniendo en la parte media de un renglón Figura 1 o Tabla 1, en negrita y tamaño de letra 14). Las figuras preparadas con computadora deberán ser de alta calidad. El autor debe tener en cuenta que las figuras sólo serán publicadas en color en la versión *on line* en tanto que en la versión *impresa* lo será en blanco y negro.

La lista de trabajos citados en el texto o lecturas recomendadas, deberá ordenársela alfabéticamente de acuerdo con el apellido del primer autor, seguido por la iniciales de los nombres, título completo de la misma, título completo de la revista o libro donde fue publicado, volumen, página y año de publicación.

Los trabajos (texto e ilustraciones) serán remitidos en forma electrónica a la dirección **cparica@unsam.edu.ar** y deberá incluir una carta dirigida al Director del Comité Editorial de la revista Ciencia e Investigación solicitando su posible publicación.

Todos los artículos serán arbitrados. Una vez aprobado para su publicación, la versión corregida (con las críticas y sugerencias de los árbitros) debe ser nuevamente enviada por los autores.

¡Oferta!
Pipetas y
Artículos
Plásticos

bustamente publicidad



ThermoForma

ThermoLabsystems



Nikon



ThermoSorvall



ThermoSorvall



Para encontrar todas las soluciones
en instrumental, no hace falta investigar.

 **microlat**
instrumental científico

Carlos Pellegrini 755 - Piso 9 - Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Tel./Fax: 4326 5205 - 4322 6341 - www.microlat.com.ar



Thermo

TMC



FOTODYNE

conviron

HITACHI

TELEDYNE ISCO
A Telepro Technologies Company



Molecular Devices



Biodynamics

- Reactivos para Biología Molecular
- Instrumentos para Laboratorio
- Tips, Microtubos y Micropipetas
- Cultivo de Células

Biodynamics S.R.L. - Av. de Mayo 1370 Piso 15 (Torre)
C1085ABQ Buenos Aires - ☎(11) 4383-3000
info@biodynamics.com.ar - www.biodynamics.com.ar

Oferta promocional. Precios especiales de pipetas Finnpipette y artículos plásticos hasta el 30-6-2007.

PROGRAMA DE BECAS Y SUBSIDIOS A LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Iguazú Jungle Explorer

2007



F H N
FUNDACIÓN
DE HISTORIA NATURAL
FÉLIX DE AZARA

En nuestro compromiso con el desarrollo científico,
la exploración del país y nuestros verdaderos talentos.

Subsidio de Investigación a la Trayectoria Científica



Dr. José F. Bonaparte.

Desde 1959 el doctor José Fernando Bonaparte orientó sus investigaciones a los vertebrados mesozoicos, las cuales tenían por entonces pocos precedentes en Sudamérica. Con los años sus descubrimientos han llamado la atención de los más destacados especialistas de todo el mundo. Es autor de más de 150 trabajos científicos y 4 libros de divulgación. Obtuvo becas para perfeccionamiento e investigación en el exterior de la Deut la Fundación J. S. Guggenheim, de la Fundación Alexander von Humboldt, del British Council, de la Deutsche Akademie Austauschdienst y del Field Museum, entre otros organismos. Fue subsidiado en sus expediciones por distintas entidades nacionales y extranjeras como: la Fundación Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, el Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" y el Centro Studi Ricerche Ligabue. También fue subsidiado por la National Geographic Society durante nada menos que 16 años consecutivos y por The Dinosaur Society en distintas oportunidades. Debido a su trayectoria fue requerido para dar conferencias y cursos en prestigiosas universidades y museos del extranjero como: la Universidad de Harvard, la Universidad de California (Berkeley), el Museum für Naturkunde de Berlín, la Universidad Federal de Rio Grande do Sul, el Indian Statistical Institute de Calcutta, la Universidad Autónoma de Madrid, el Staatssammlung für Palaontologie de Munich y la Fundacao Zoobotánica de Porto Alegre, además de sus tantas disertaciones en congresos internacionales. Se le han otorgado diversas distinciones tanto en el país como en el exterior: Associate Vertebrate Paleontology de la Universidad de Harvard en 1968; Delegado ante el II Symposium Internacional de Gondwana, África del Sur en 1970; Arnold Guyot Memorial Award de la National Geographic Society en 1989; Forschungspreisträger (portador del galardón de la investigación) de la Fundación Alexander von Humboldt de Alemania en 1992; Premio de la Fundación Konex en 1993; Premio "Ángel Cabrera" de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en 1994; Miembro Honorario de la Asociación Geológica Argentina en 1995 y Premio al Mérito Paleontológico de la Asociación Paleontológica Argentina en 1996.

Beca Avanzada de Doctorado



Lic. Sebastián Apesteguía.

Es Licenciado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, de la Universidad Nacional de La Plata y se encuentra finalizando su doctorado en Ciencias Naturales. Ha trabajado desde hace 17 años en el Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, donde es Investigador Adscripto. Dirige el Área de Paleontología de la Fundación Azara y dirigió el Proyecto Parque Cretácico en Sucre, Bolivia. Ha realizado trabajos de Evaluación de Impacto Paleontológico en proyectos mineros e hidroeléctricos. Su principal línea de investigación está dirigida al estudio de los reptiles cretácicos de Patagonia y las relaciones de las faunas cretácicas sudamericanas. Ha realizado más de 30 campañas paleontológicas, principalmente en la Patagonia, pero también en el norte argentino y el norte de los Estados Unidos de América, para lo que recibió subsidios de "The Jurassic Foundation" desde 2002 y de SECyT (2006). Publicó trabajos científicos en algunas de las revistas científicas más prestigiosas del mundo, y es además autor de 4 libros de divulgación y numerosos artículos de difusión científica. Ha nominado 5 nuevos animales fósiles y descubierto 5 nuevas localidades fosilíferas.

Beca Inicial de Doctorado



Lic. Pablo Gallina.

Es Licenciado en Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo, de la Universidad Nacional de La Plata y se encuentra iniciando su doctorado en Ciencias Naturales. Su principal línea de investigación está dirigida al estudio de los dinosaurios saurópodos. Ha publicado varios trabajos científicos sobre el tema en revistas especializadas.

Beca de Grado



Est. Débora A. Rodríguez.

Es estudiante avanzada de la carrera de Antropología de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Buenos Aires. Participó en distintos proyectos de investigación desde el año 2002 y cursó estudios con orientación hacia la antropología biológica y forense, en la Universidad de Buenos Aires y la Universidad de la Policía Federal Argentina.

Programa desarrollado conjuntamente entre la Fundación de Historia Natural Félix de Azara y la empresa Iguazú Jungle Explorer

www.fundacionazara.org.ar

ESPECTROMETRIA DE MASA



www.bdal.de



MALDI TOF/TOF
Autoflex III



ESI - TOF MS
microTOF-Q-II

MALDI TOF/TOF
MAXIMA PERFORMANCE
Autoflex III



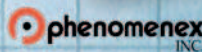
UHR - TOF
ULTRA ALTA
RESOLUCION - TOF
MAXIS



FTMS
POR TRANSFORMADA
DE FOURIER
APEX-ULTRA



TRAMPA IONICA
HCTULTRA



Representante Exclusivo



Un Equipo con Capacidad de Respuesta

Bio Esanco S.A. - Tacuarí 615 - C1071AAM - C.A.B.A. - Argentina
Tel.: 54(011) 5237-1111 / Fax: 54(011) 5236-6638
info@biosanco.com.ar / www.biosanco.com.ar

GE Healthcare

Más de 90 Reactivos de laboratorio en stock con entrega inmediata.

Consulte nuestros precios y promociones en www.gelifsciences.com

Recuerde que también distribuimos en Argentina:

- **Agilent:** Expresión génica / CGH
- **Stratagene:** Real Time PCR
- **USB:** Consumibles / Ultrapuros

Sales.ar@ge.com

(011)4576 3030

