

Ciencia e **CeI** Investigación

ASOCIACIÓN ARGENTINA PARA EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS

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



La Materia Oscura: ¿hipótesis o realidad?

■ JORGE CORNEJO

El País Selk'nam

■ NORMA M. CANTATORE DE FRANK

Cambios Ocurridos en la Península Antártica

■ H. SALA, R. DE VALLE, S. BISCHOFF,
E. YERMOLIN Y C. RINALDI

Contaminación del Agua en Áreas Rurales: Diagnóstico, demandas y soluciones

■ M.A. HERRERO, G.M.I. SARDI,
E. VALERIANI, I.M.E. THIEL
Y A.A. ORLANDO

Vida y Obra de Braun Menéndez

■ ENRIQUE T. SEGURA



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

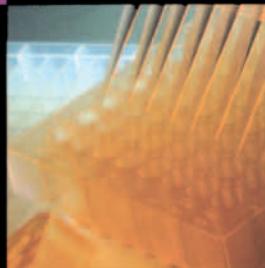
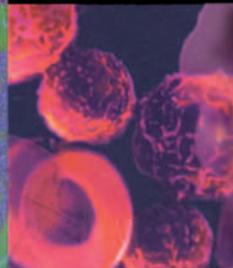
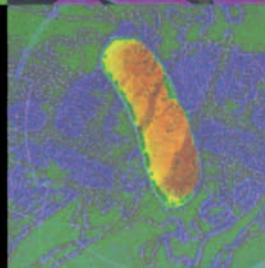
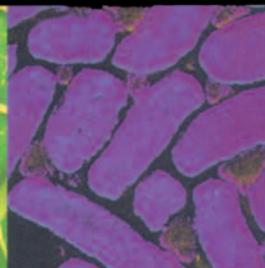
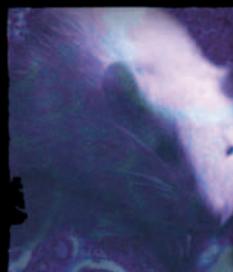
Teléfonos: 4372-3990 / 4580-7264 / 7300

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° 2
2009

EDITOR RESPONSABLE

Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC)

COMITÉ EDITORIAL

Directores

Dr. Alberto Baldi
Dr. Marcelo Vernengo

Editores Asociados

Dr. Guillermo Juvenal
Dr. Claudio Parica
Dra. Alicia L. Sarce
Dr. Ángel M. Stoka
Dra. Marta Toscano
Dr. Norberto Zwirner
Dr. Juan R. de Xammar Oro

CIENCIA E INVESTIGACIÓN

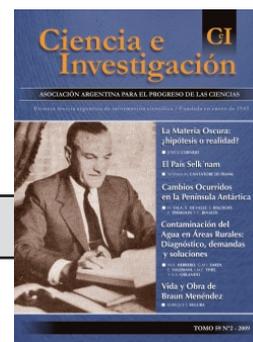
Primera Revista Argentina de información científica. Fundada en enero de 1945. Es el órgano oficial de difusión de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias.

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 responsabilidad de los mismos. Ciencia e Investigación no se hace responsable por su contenido.

Eduardo Braun Menéndez, a 50 años de su desaparición física, un repaso de su vida y obra.

SUMARIO



EDITORIAL

Un espectro diferente para Ciencia e Investigación

Alberto Baldi, Marcelo Vernengo y Alberto Taquini(h). 3

ARTÍCULOS / ENTREVISTAS

La Materia Oscura: ¿hipótesis o realidad?

Jorge Cornejo. 4

El País Selk'nam

Norma M. Cantatore de Frank. 13

Cambios Ocurredos en la Península Antártica

H. Sala, R. de Valle, S. Bischoff, E. Yermolin y C. Rinaldi. 22

Contaminación del Agua en Áreas Rurales: Diagnóstico, demandas y soluciones

M.A. Herrero, G.M.I. Sardi, E. Valeriani, I.M.E. Thiel y A.A. Orlando. 27

Vida y Obra de Braun Menéndez.

Las relaciones entre la ciencia y la cultura

Enrique T. Segura. 38

AGENDA..... 46

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES..... 48

Ciencia e Investigación se edita *on line* en la página web de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC)
www.aargentinapciencias.org

Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias

COLEGIADO DIRECTIVO

PRESIDENTE

Dr. Alberto C. Taquini (hijo)

VICEPRESIDENTE

Dr. Jorge Zenón Comín

SECRETARIA

Dra. Nidia Basso

TESORERO

Dr. Horacio H. Camacho

PROTESORERO

Ing. Juan Carlos Almagro

PRESIDENTE ANTERIOR

Dr. Alberto Baldi

MIEMBROS TITULARES

Dr. Máximo Barón

Dr. Eduardo H. Charreau

Dr. Carlos Alberto Rinaldi

Dr. Héctor Torres

Dr. Marcelo Vernengo

Dr. Juan R. de Xammar Oro

SOCIEDADES CIENTÍFICAS QUE PARTICIPAN DEL COLEGIADO

**Sociedad Argentina de Farmacología Experimental
Sociedad Argentina de Investigación Bioquímica y Biología Molecular
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 – Sr. Carlos A. Silva – Dr. Alfredo Sordelli - Dr. Juan C. Vignaux
Dr. Adolfo T. Williams – Dr. Enrique V. Zappi**

AAPC

**Avenida Alvear 1711 – 4º Piso
(C1014AAE) Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina
www.aapciencias.org**

Un espectro diferente para Ciencia e Investigación

Alberto **Baldi**¹, Marcelo **Vernengo**¹ y Alberto **Taquini**(h)². ■

La Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias ha decidido publicar sistemáticamente "on line" Ciencia e Investigación (Cel); esto sin perjuicio de hacerlo por escrito en función de las disponibilidades que determinan los costos de esta modalidad. Es así, que la publicación actual, constituye el número 2 del corriente año, que se completará con un tercer número. No cabe duda que ello se debe a nuestra necesidad en disminuir costos, pero más importante aun, nos brinda la posibilidad de procesar con rapidez la recepción, revisión y aceptación de los trabajos de aquellos que desean contribuir a divulgar conocimientos en el ámbito de habla hispana.

La Revista Ciencia e Investigación continuará publicando artículos de rigurosidad científica en un formato de fácil comprensión para lectores no especializados en ciertos temas pero que pueden encontrar en ellos una información veraz sobre cuestiones específicas en distintas áreas científicas. La edición electrónica de publicaciones científicas no es una idea nueva, muchas revistas de gran nivel académico así lo hacen en forma que anteceden a la versión impresa o sólo utilizan la primera. Hay algo más importante aun, la forma electrónica no ocupa lugar físico, no se requiere de depósitos ni correo, colabora en preservar la naturaleza, no utiliza pigmentos ni colorantes. Además, los lectores pueden acceder a ella en forma universal, sin barreras de ningún tipo y si los editores no imponen restricciones económicas para ingresar, como es el caso de Cel, resulta de una inversión cero para los interesados en leerla. Es por ello, que celebremos como acertada la decisión de la AAPC, que beneficiará a nuestra comunidad de lectores, que seguramente se vera ampliada con el correr del tiempo.

¹directorrevista@aargentinapciencias.org

²presidencia@aargentinapciencias.org

... 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

La Materia Oscura: ¿hipótesis o realidad?

Palabras clave: gravitación, materia oscura, cúmulos galácticos.
Keywords: gravitation, dark matter, galactic cluster.

Jorge Cornejo* ■

Correo electrónico: jcornej@fi.uba.ar

* Premio "Braun Menéndez 2006"

La existencia de la materia oscura es uno de los enigmas fundamentales de la ciencia moderna. Surgida como una hipótesis para explicar el exceso de atracción gravitatoria que se observa en numerosas galaxias, la materia oscura se ha vuelto un concepto fundamental de la cosmología contemporánea. El Universo entero parece estar lleno de una misteriosa forma de materia que no podemos ver, porque no refleja la luz, y por ello denominamos oscura. ¿Será una realidad o terminará en el abismo del olvido, como tantas otras "materias" que, como el éter, los científicos inventaron para intentar explicar lo desconocido? En este trabajo nos proponemos investigar este apasionante tema.

■ MATERIA VISIBLE Y MATERIA OSCURA

"El concepto de materia oscura ha existido durante décadas...Nadie quería creer que el "loco de Fritz" tenía razón."

Ron Cowen

¿Qué es lo que vemos cuando observamos materia? ¿Qué significa *ver*? Ver, ya sea ver una mesa, una persona, la Luna o una estrella, es siempre ver *luz*. Esta puede ser luz emitida, como en el caso de la luz que proviene de una llama, del Sol o de una estrella, o luz reflejada, como cuando vemos un objeto que no emite luz propia.

Ya sea emitida o reflejada, todo lo que vemos es *luz*. La materia, entonces, nos revela su existencia por medio de la luz.

Los astrónomos tienen también otras formas de "ver". En lugar de luz visible, pueden captar las ondas de radio, las radiaciones infrarroja y ultravioleta, los rayos X o los rayos gamma emitidos por algún objeto cósmico, pero siempre estarán recibiendo algún tipo de onda electromagnética, sea luz visible u otra, emitida o reflejada por la materia (**ver Figura N° 1**).

¿Y qué es la materia? Esta es una pregunta muy difícil de responder, si es que puede dársele alguna respuesta categórica. Podemos, entonces, suspender la respuesta a la pregunta y referirnos a una de las propiedades fundamentales de la materia: la atracción gravitatoria.

Toda la materia, por el simple hecho de existir, de poseer *masa*, interactúa con el resto de la materia del Universo a través de la fuerza de gravedad, de la fuerza de atracción universal. Esta fuerza, que Kepler intuyó, que Galileo

no tuvo en cuenta porque su acción a distancia le parecía de índole "mágica", y que Newton pudo describir con bella sencillez, compele a todas las masas del Cosmos a atraerse entre sí. La fuerza gravitatoria aumenta con la masa y disminuye con el cuadrado de la distancia. Cuando las masas en cuestión son pequeñas, del orden, por ejemplo, de las que encontramos en la vida cotidiana, sus efectos son insignificantes. Para objetos de orden planetario o solar la gravitación es responsable de sus movimientos en órbitas elípticas.

El concepto de la fuerza gravitatoria unifica nuestra descripción del Universo y permite explicar, utilizando las mismas nociones, el *arriba* y el *abajo*, tal como mostramos en la **Figura N° 2**.

Es algo común en Astronomía que un objeto revele su existencia primero a través de su acción gravitatoria, y

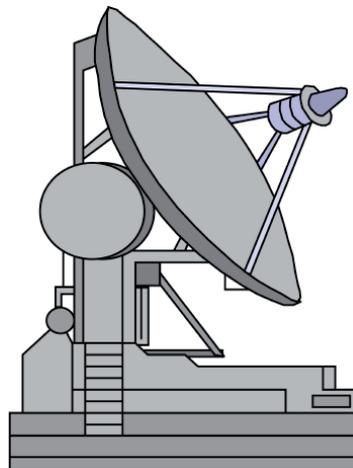
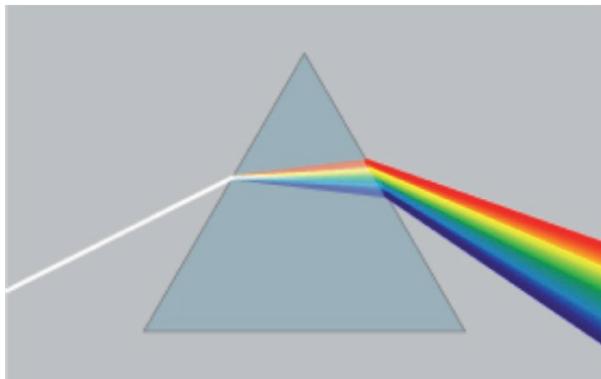


Figura 1. Las ondas electromagnéticas. ¿Cómo detectan los astrónomos la existencia de un cuerpo celeste? Recibiendo las ondas electromagnéticas emitidas, reflejadas o desviadas por el cuerpo en cuestión. Estas ondas electromagnéticas pueden ser visibles, como la luz que recogen los telescopios ópticos, o invisibles, como las ondas de radio recibidas por los radiotelescopios.

que algún tiempo después la misma pueda corroborarse visualmente. Así ha sucedido con varios planetas del Sistema Solar. Por ejemplo, la existencia de Urano fue predicha detectando la presencia de perturbaciones de tipo gravitatorio en la órbita de Saturno, y sólo más tarde se lo observó realmente con el telescopio. En otras palabras, los efectos gravitatorios nos guían hacia lo que después confirmamos con la recepción de la luz, emitida o reflejada.

Ahora bien, ¿qué sucedería si en algún lugar del Universo detectásemos la presencia de efectos gravitacionales importantes, pero allí no pudiésemos percibir ninguna emisión luminosa? En otras palabras, ¿qué pasaría si detectáramos que *hay algo que atrae*, pero que no emite ni refleja luz? Estaríamos ante la presencia de *materia oscura*, es decir, materia que produce efectos gravitatorios y que origina o perturba

los movimientos de los objetos astronómicos, pero que no refleja ni emite luz y, por lo tanto, no podemos ver. Este es el comienzo de nuestra historia.

■ LAS PRIMERAS IDEAS

“Fue el último de los científicos individualistas, una raza que está pereciendo en la época del trabajo en equipo”.

Cecilia Payne-Gaposchkin, nota necrológica sobre Fritz Zwicky

Las sospechas sobre la existencia de algún tipo de materia oscura en el Universo no son nuevas. Hacia fines del siglo XVIII el físico y matemático

francés Pierre Simon de Laplace, cuyas ideas astronómicas en más de una oportunidad fueron casi proféticas (1), y, en forma totalmente independiente, el físico y geólogo inglés John Michell, investigaron la posibilidad de que algunos objetos fueran tan masivos que su enorme atracción gravitatoria impidiese que cualquier cosa pudiese escapar de ellos, incluida la luz. Como el lector lo habrá advertido, en estas ideas se encuentra el germen de lo que hoy denominamos un “agujero negro” (Hathaway, 1996).

Sin embargo, las primeras evidencias científicas relacionadas con nuestro tema datan de 1922, cuando el astrónomo Ernst Opik, basándose en datos recopilados por Vesto Slipher y Francis Pease, calculó que la galaxia

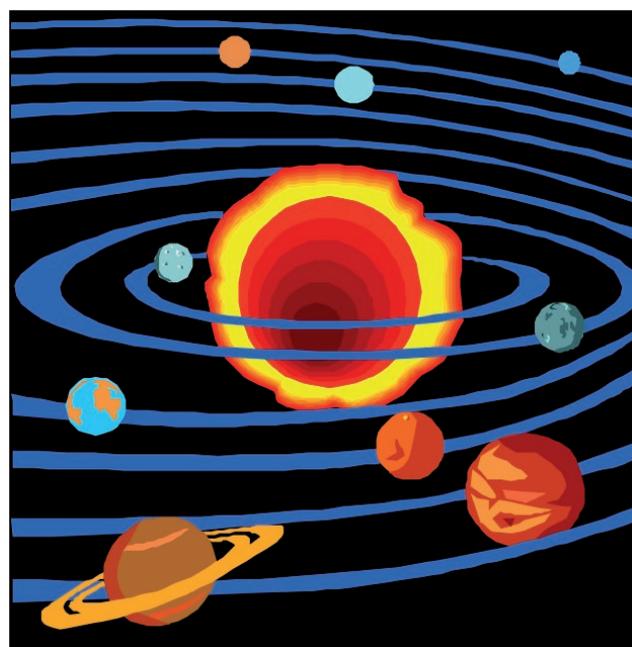


Figura 2 . Gravitación. La Ley de Gravitación Universal permite explicar desde el movimiento planetario hasta la caída de los cuerpos, pasando por un sinnúmero de diversos fenómenos. En la primer imagen vemos una representación del Sistema Solar, mientras que la segunda corresponde a la exposición “De la manzana a los agujeros negros”, realizada en 2006 en el Planetario de Madrid. En ella puede apreciarse una imagen de la simbólica manzana de Newton cayendo, y, hacia el techo, representaciones de los cuerpos celestes. La ley de gravitación, en efecto, unifica el Cielo y la Tierra, describiendo lo que ocurre “arriba” y lo que ocurre “abajo” con el mismo conjunto de conceptos. (Imagen disponible en: www.planetmad.es/actividades/manzana.html)

de Andrómeda debería tener una masa mayor que la que puede detectarse visualmente. Pero Opik atribuyó la discrepancia entre cálculo y observación a errores experimentales en los datos, y no avanzó en la formulación de hipótesis relativas a la materia oscura.

Por ello, la verdadera historia de la concepción contemporánea acerca de la materia oscura comienza aproximadamente en 1933, con un curioso personaje llamado Fritz Zwicky. Este científico ha sido calificado de genio, bufón, excéntrico, engreído, etc., etc. Independientemente de la justicia de estas calificaciones, lo cierto es que Zwicky creía poseer una intuición infalible que lo conduciría hacia la verdad suprema, y que sólo él poseía tal intuición. Más allá de lo absurdo de esta pretensión, Zwicky elaboró algunas ideas notables, como la existencia de las estrellas de neutrones, y publicó numerosos trabajos sobre las supernovas y la estructura de las galaxias (2). **Y, por supuesto, fue el primero en hablar acerca de la materia oscura.**

Zwicky se encontraba estudiando las galaxias que conforman el cúmulo de Coma Berenice, que mostramos en la

Imagen N° 1. Un cúmulo es un grupo de galaxias que permanecen vinculadas entre sí por su mutua atracción gravitatoria. Por ejemplo, nuestra galaxia, la Vía Láctea, forma parte de un cúmulo integrado por unas treinta galaxias, denominado el "Grupo Local".

Las galaxias del cúmulo de Coma Berenice poseen movimientos de rotación de enormes velocidades. Si no fuera por la atracción gravitatoria, saldrían disparadas en todas direcciones. Pero Zwicky calculó que la masa necesaria para originar tal atracción era muchísimo mayor que la masa visible de las galaxias. Concluyó, entonces, que la mayor parte de la materia de estas galaxias no era visible: he ahí el nacimiento del concepto de la materia oscura. Zwicky luego calculó, basándose en diversos argumentos, que el 90 % de la materia del Universo es oscura.

Los hallazgos de Zwicky, por lo tanto, implicaban la presencia de materia oscura a grandes escalas, correspondientes a las distancias características de los cúmulos galácticos. Casi simultáneamente con los estudios de Zwicky, el astrónomo holandés Jan

Oort, muy conocido por sus trabajos sobre la formación de los cometas en el Sistema Solar, analizó los movimientos de las estrellas en nuestra propia galaxia. Oort arribó a una conclusión similar a la de Zwicky, pero limitada a nuestra vecindad galáctica local: con la velocidad de rotación que poseen las estrellas la Vía Láctea debería desintegrarse y, como evidentemente no lo hace, debe existir algo que, vía una poderosa atracción gravitatoria, sostenga la cohesión galáctica. Para Oort, en las cercanías del Sistema Solar debería haber dos veces más masa que la que puede ser detectada visualmente.

Por lo tanto, la evidencia de la existencia de materia oscura la tornaba algo casi universal, presente no sólo en las remotas inmensidades de los cúmulos galácticos sino también aquí mismo, en nuestra propia galaxia.

Sin embargo, estas ideas causaron poco impacto en la comunidad científica. Tal como una década antes lo había hecho Opik, los científicos tendían a atribuir las discrepancias a errores en la obtención de los datos experimentales. Las ideas de Zwicky y Oort recién fueron retomadas en 1973, cuando los cosmólogos Jim Peebles y Jerry Ostraker confirmaron las observaciones de Oort acerca de la necesidad de la existencia de la materia oscura para impedir que las galaxias espirales, tales como nuestra Vía Láctea, se disgregasen. Pero la mejor confirmación experimental fue obtenida en 1977 por la astrónoma Vera Cooper Rubin, cuando estudiaba la velocidad de rotación del gas que se encuentra próximo al centro de las galaxias. Por analogía con el Sistema Solar, en el que los planetas se trasladan más lentamente cuanto más lejos se encuentran del Sol, se creía que las estrellas ubicadas en los bordes de las galaxias deberían desplazarse a menor velocidad que las más próximas al centro. Por el contrario, Rubin descubrió que, en las galaxias con forma de espiral, la velocidad de rotación no decrece a medida que nos acercamos a los bordes. En la Vía Láctea, por ejemplo, todas las estrellas orbitan a unos 240 Km./seg, independientemente de su posición en la galaxia.

Vera Rubin, en colaboración con Norbert Thonnand y W. Kent Ford, calculó que, para explicar estas "ve-

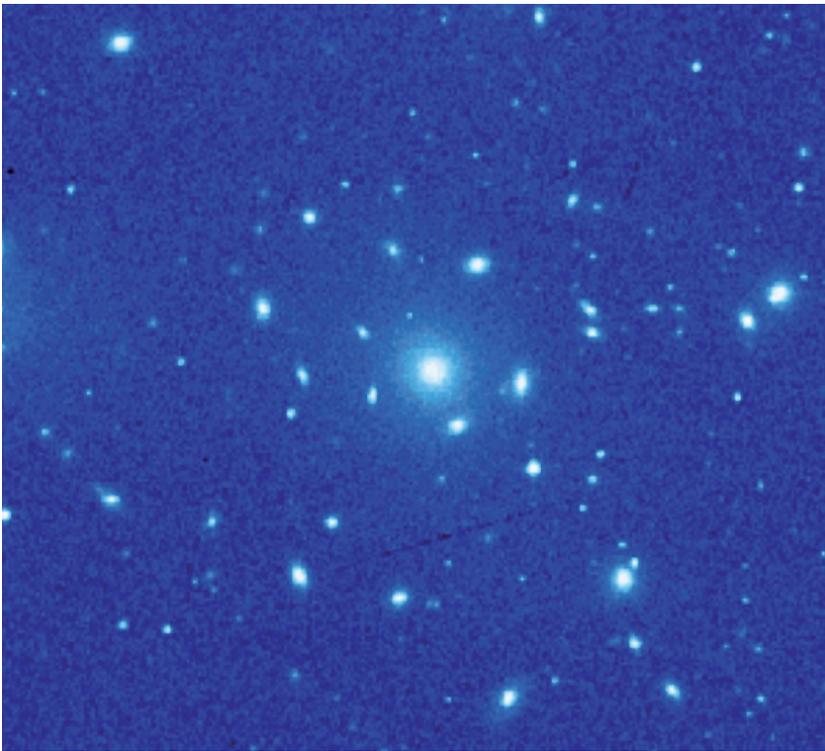


Imagen 1. El cúmulo de Coma Berenice. La imagen muestra la región central del cúmulo de Coma Berenice, cuyo comportamiento sugirió a Zwicky el concepto de la materia oscura. (Imagen disponible en: astronomia.net/cosmologia/galaxias.htm)

locidades anómalas de rotación”, deberíamos suponer que las galaxias poseen entre cinco y diez veces más materia que la visible. Especuló que, por lo tanto, las galaxias deberían estar rodeadas por “halos” de materia no-visible, cuya atracción gravitatoria permite que todas las estrellas se trasladan a igual velocidad (Rubin y otros,

1980). Con los métodos modernos de medición, las observaciones de Rubin fueron confirmadas y perfeccionadas, concluyéndose, por ejemplo, que el Cúmulo de Coma debe poseer 100 veces más materia que la observable visualmente.

Y las observaciones se han multiplicado y diversificado. Se estudiaron

galaxias de distintas formas: espirales, elípticas, irregulares. En todas se repite el fenómeno de la distribución anómala de velocidades. Se han eliminado las fuentes de error experimental con esa obsesión por la precisión experimental característica de los astrónomos, y de la que Einstein se reía en forma algo burlona. Todo apunta a que las galaxias están inmersas en esos gigantes “halos” de materia oscura de los que hablaba Rubin. Y se ha obtenido evidencia observacional adicional, totalmente diferente de la mencionada aquí. **En el Cuadro N° 1** presentamos una lista de los estudios experimentales que actualmente ofrecen apoyo para la teoría de la materia oscura.

Si todo esto es verdad, en cada galaxia hay mucho, pero mucho más de lo que podemos ver.

Evidencia observacional	Características de las observaciones
Curvas de rotación de los halos galácticos	A pesar de su elevadísima velocidad de rotación, las galaxias no se dispersan
Distribución isotérmica de masa	Por consideraciones termodinámicas se calcula mayor masa que la observada
Dinámica de los cúmulos de galaxias	Manifiestan mayor interacción gravitatoria que la que proporciona la materia visible
Enfoque gravitacional	Los cúmulos desvían la luz como si tuvieran mayor masa que la observable
Efecto SZ	Permite calcular la densidad de masa cósmica a partir de la radiación de fondo
Universo plano	Las características de la geometría espacial del Universo indican una masa muchísimo mayor que la observada

Cuadro 1. Evidencias acerca de la existencia de la materia oscura. Como puede apreciarse, las evidencias son numerosas, pero poco concluyentes

■ **¿QUÉ ES LA MATERIA OSCURA?**

“Los astrónomos son dados a decir que la materia oscura pueden ser planetas fríos, estrellas muertas, ladrillos o bates de béisbol. Los físicos son dados a decir que podría consistir en miles de millones de miniagujeros negros, o bien, de hecho, en cualquier cantidad de partículas exóticas procedentes del zoológico de los objetos permitidos por las teorías físicas pero aún no detectados. Sea lo que fuere - y podría ser de más de un tipo - debe ser el principal componente del universo.”

Vera Rubin

En caso de que la materia oscura realmente exista, ¿cuál podría ser su verdadera naturaleza? ¿Se tratará de materia “bariónica”, es decir, de materia ordinaria formada por protones, neutrones y electrones, pero que, por algún motivo desconocido, no podemos percibir ópticamente? ¿O se tratará de materia “no-bariónica”, algo totalmente exótico y absolutamente alejado de la experiencia humana? ¿Habrà un solo tipo de materia oscura, o estará formada por una multitud de objetos o materias diferentes? **En el Cuadro N° 2** presentamos una síntesis de los distintos candidatos

Tipo de materia	Candidato a materia oscura	Consideraciones sobre su viabilidad
Bariónica (ordinaria)	Enanas negras	Implicarían un Universo demasiado viejo
Bariónica	Nubes moleculares (GMCs)	Teóricamente posibles, pero indetectables con los instrumentos actuales
Bariónica	Microgalaxias	Viabiles teóricamente, pero todavía no observadas
Bariónica	MACHOs	Aparentemente incompatibles con la dinámica de las galaxias espirales
No bariónica (exótica)	Neutrinos	Serían excelentes candidatos si se llega a probar que poseen masa
No-bariónica	WIMPs	Partículas todavía muy teóricas, pero comienza a hallarse evidencia experimental
Inclasificable	Dimensiones extras	En etapa de discusión

Cuadro 2. Posibles candidatos a componentes de la materia oscura. Estos candidatos pueden ser objetos o partículas (estas últimas en estado no-atómico, es decir, sin constituir átomos) de tipo bariónico (materia ordinaria), no-bariónico (materia exótica) o dimensiones extras, hasta ahora inclasificables.

propuestos como constituyentes de la materia oscura.

Por lo pronto, la materia oscura con seguridad no puede ser hidrógeno gaseoso, porque éste emite radiación y es detectable, ni polvo cósmico, que es ópticamente visible. Quizás podría estar formada por “enanas negras”, las cenizas que quedan cuando una enana blanca ha dejado de brillar (3). Pero las “enanas negras” tardan mucho, muchísimo tiempo en formarse, y el Universo no es todavía lo suficientemente viejo como para que el número de estos objetos sea relevante en la constitución de la materia oscura.

Quizás existan miles de millones de “micro-galaxias” o galaxias enanas, que todavía no hemos detectado. Tal vez haya complejos gigantes de nubes moleculares (GMCs), fríos y oscuros, cuyas emisiones de radiación sean tan débiles que se encuentran por debajo del nivel de detección de nuestros actuales instrumentos. O quizás los responsables de todo sean los “MACHOs”.

■ LOS “MACHOS”

“El Universo también tiene su lado oscuro”.

Lawrence Krauss

La sigla MACHO significa en inglés “*massive compact halo objects*”, es decir, objetos compactos y masivos presentes en los halos galácticos. Los MACHOs incluyen a los agujeros negros (4), a planetas extrasolares gigantes del tipo de Júpiter y a las denominadas “enanas marrones”. Estas últimas pueden caracterizarse como estrellas “abortadas”, es decir, objetos con la estructura y la composición química de una estrella pero que no alcanzaron la masa y la temperatura necesarias para iniciar las reacciones nucleares y emitir luz. Las enanas marrones, en realidad, no son completamente oscuras, porque emiten radiación infrarroja, de forma tal que ya se han detectado algunos centenares de ellas. Se supone que debe haber muchas en el Universo. Es posible que el objeto exterior al Siste-

ma Solar que se encuentre más cercano a nuestro Sol sea, precisamente, una enana marrón.

De todas formas, se necesitarían billones de enanas marrones para proporcionar toda la materia oscura necesaria para justificar el comportamiento de las galaxias, y nadie se atrevería seriamente a afirmar que un número tan grande realmente pueda existir.

En los últimos tiempos, los MACHOs han perdido relevancia como candidatos a componentes de la materia oscura. Estudios conducidos por el astrofísico D. Zaritsky concluyeron que las propiedades atribuidas a los MACHOs son incompatibles con la dinámica de las galaxias espirales y que objetos tan densos y pesados como éstos no pueden ser los constituyentes básicos de la materia oscura.

■ LAS PARTÍCULAS EXÓTICAS

“Horacio, hay más cosas en el Cielo y en la Tierra que las que ha soñado tu filosofía”.

Shakespeare

La posibilidad más interesante es que la materia oscura se componga de partículas “exóticas”, es decir, completamente diferentes de los protones, neutrones y electrones que componen la materia ordinaria. Entre éstas, destacan los neutrinos.

Los neutrinos son partículas sin carga eléctrica, altamente energéticas y cuya interacción con la materia es mínima. Lo más importante es que los neutrinos realmente existen y, de hecho, en este momento, todos nosotros estamos siendo “bombardeados” por millones de neutrinos provenientes del Sol y del espacio exterior, que nos atraviesan (a nosotros y al planeta Tierra en su totalidad) prácticamente sin producir efecto alguno. Detectarlos, obviamente, es sumamente difícil, pero se ha logrado mediante ingeniosos experimentos.

La baja interacción de los neutrinos con la materia se debe a que su masa es nula o, eventualmente, mínima, mucho más pequeña que la masa de un electrón. Este punto, es decir, si la masa del neutrino es nula o mínima,

es fundamental. Si, por ejemplo, los neutrinos tuviesen masa, aunque sea pequeñísima, serían buenos candidatos para constituir la materia oscura.

Pero como todavía no estamos seguros acerca del valor de la masa del neutrino (si es que tiene alguna) se han propuesto una infinidad de tipos de partículas exóticas, provistas de curiosos nombres: fotinos, gravitinos y gluinos, que supuestamente se mueven con lentitud e interactúan débilmente con la materia convencional; WIMPs (*weakly interacting massive particles*, partículas masivas inestables y débilmente interactivas), axiones, selectrones, y hasta una poética “materia en la sombra” propuesta por el Premio Nobel de Física Abdus Salam.

En 1999, un grupo de físicos italianos y chinos encontró evidencia experimental de un posible WIMP al que llamaron *neutralino*. Actualmente, se están conduciendo experimentos con detectores de neutralinos en varios países, cuyos resultados se conocerán en los años venideros.

No podemos pasar por alto una teoría que daría material para varios relatos de ciencia-ficción: la de que la materia oscura provenga de “afuera”, es decir, de dimensiones superiores a las cuatro conocidas (las tres dimensiones del espacio más la dimensión temporal). Y esta teoría no deriva de algún soñador o de un fantástico diletante, sino que la concepción de las dimensiones “extras” es un lugar común en otras teorías de la física, tal como la teoría de cuerdas (5). Joseph Silk, de la Universidad de Oxford, Gran Bretaña, observó que la materia oscura parece comportarse de forma diferente en las galaxias pequeñas y en los grandes agrupamientos galácticos. En las primeras, la materia oscura tiende a ejercer, aparentemente, una atracción muy fuerte sobre sí misma, dando lugar a “agrupamientos oscuros” densos y compactos, cosa que se invierte en las galaxias y cúmulos mayores.

Este es un comportamiento realmente extraño, pues implica que, para la materia oscura, la atracción gravitatoria es mayor en los agrupamientos más pequeños de materia. Si esto fuera verdad en la materia ordinaria, “*las manzanas deberían caer con más rapidez de árboles solitarios que de un*

grupo de árboles en un bosque”, lo que es manifiestamente absurdo.

Silk y sus colegas argumentan que la existencia de dimensiones espaciales “extras” altera los efectos de la gravedad a distancias muy cortas, del orden del nanómetro (10⁻⁹ m). No todos los científicos, por supuesto, están de acuerdo con las ideas de Silk, quien, por cierto, es también muy prudente a la hora de evaluar su propia teoría, a la que califica como de “extremadamente especulativa”. Por ejemplo, Lisa Randall, profesora de Física de la Universidad de Harvard, afirma, respecto de las propuestas de Silk, que “aún si su idea es funcional, lo cual probablemente es así, podría ser una exageración utilizar estas observaciones como una evidencia de dimensiones adicionales”.

■ LA MATERIA OSCURA Y EL UNIVERSO

“...O bien podría ser que la estructura espumosa del Universo estuviera determinada de un modo desconocido por la siempre misteriosa materia oscura que, sea lo que sea, puede hacer que el Universo visible obedezca sus órdenes mediante la sencilla aplicación de la ley de gravedad”.

Nancy Hathaway

De acuerdo con los modelos actualmente aceptados acerca del Big-Bang, en sus primeras etapas el Universo era una especie de “sopa”, caliente y homogénea, de partículas elementales. Pero el Universo, tal como lo podemos observar hoy, no es homogéneo. Pre-

senta grandes inhomogeneidades: las galaxias, en las que se concentra la mayor cantidad de materia, mientras que la materia presente en los espacios intergalácticos es mínima. Podemos pensar que la “sopa” cósmica primordial presentaba algunos pequeños grumos (6), y que estos grumos fueron creciendo con el tiempo, hasta formar las actuales galaxias.

Por otra parte, en el Universo las galaxias tampoco se distribuyen uniformemente. Hay “filamentos” y “murallas” cósmicas formadas por gigantescos agrupamientos de galaxias, separados por inmensos vacíos. A toda escala, el Universo manifiesta poseer una estructura, síntesis de toda una cadena de sub-estructuras (galaxias, cúmulos, supercúmulos, filamentos...), y es muy posible que el vocablo *Cosmos* (“Universo Ordenado”) le haya sido muy bien aplicado. En la Tabla N° 1 presentamos una lista de estas estructuras, con sus dimensiones características.

De hecho, en enero de 2005, la astrónoma de la Universidad de Yale, Priyamvada Natarajam, utilizando simulaciones numéricas y datos aportados por el Telescopio Espacial Hubble, logró encontrar, con un aceptable nivel de concordancia, la existencia de “clusters” (agrupamientos) formados por cientos de galaxias ligadas entre sí por su mutua interacción gravitatoria, que parecen encontrarse inmersas, a su vez, en filamentos de materia oscura que funcionan como el “cemento” que mantiene unido el cluster. De esta forma, entonces, no sólo la materia visible ordinaria se estructura en cadenas de agrupamientos cósmicos, sino que también parece hallarse un orden correspondiente en la materia oscura,

la que, posiblemente, presente estructuras en todas las escalas y magnitudes cósmicas.

El origen de estas estructuras, como dijimos, parece encontrarse en los grumos originarios de la sopa cósmica primordial. Ahora bien, ¿cómo se formaron tales grumos? La materia ordinaria, formada por protones, neutrones y electrones, no proporcionaba la suficiente atracción gravitatoria para inhomogeneizar el océano cósmico primordial. Sólo la omnipresente materia oscura podría lograrlo. La materia oscura serviría entonces como punto de apoyo para que la materia común forme galaxias, a pesar de que la expansión cósmica trata de separarlas. Simulaciones numéricas efectuadas con supercomputadoras emplearon el modelo denominado CDM (*Cold Dark Matter*, materia oscura fría) y lograron reproducir, con bastante exactitud, la distribución de la materia en estructuras cósmicas similares a las observadas telescópicamente por los astrónomos.

La teoría CDM recibió un importante apoyo en junio de 2002. La CDM predice que las grandes galaxias deberían poseer galaxias enanas satélite, vinculadas a la galaxia principal por la atracción proporcionada por los halos de materia oscura, pues la gravedad debida a la materia visible no es suficiente para “atar” una galaxia a otra. Estas galaxias enanas satélite fueron buscadas durante largo tiempo, sin resultados, lo que puso en entredicho la CDM. Finalmente, estudios conducidos por Neal Dalal, de la Universidad de San Diego, California, y Christopher Kochanek, de la Universidad de Harvard, permitieron hallar las tan buscadas galaxias, de forma que, en palabras del primero de los mencionados “esta investigación puede ser

Agrupamiento	Diámetro aproximado (en años - luz)
Sistema Solar	0.000019
Vía Láctea	100,000
Grupo Local	2,000,000
Cúmulo de Virgo	50,000,000
Cúmulo de cúmulos	1000,000,000
Universo	10,000,000,000

Tabla 1. Agrupamientos cósmicos y sus distancias características. Podemos observar la sucesión de estructuras cósmicas y sus increíbles dimensiones. Recordemos que un año-luz es la distancia recorrida por la luz en un año, equivalente aproximadamente a 9 billones de km. Aclaramos que el Grupo Local no está incluido en el Cúmulo de Virgo, sino que mencionamos este último como ejemplo de un cúmulo de enormes dimensiones.

considerada como una reivindicación del modelo".

Se especula que estas agrupaciones originales de materia oscura estarían constituidas por los ya mencionados neutralinos los que, si los modelos computacionales son correctos, habrían formado, algún tiempo después del Big - Bang, halos con masas similares a las de la Tierra y dimensiones comparables a las del Sistema Solar. Estos supuestos halos todavía deberían existir, y, en conjunto, constituirían el "Gran Halo" de materia oscura de nuestra galaxia.

Estos modelos, sin embargo, presentan dos deficiencias:

- a) predicen un número de galaxias pequeñas e irregulares mayor al observado realmente
- b) predicen una concentración excesiva de materia oscura en los halos galácticos, con lo que la gravedad resultaría tan intensa que las galaxias deberían colapsar en monstruosos agujeros negros súper-gigantes.

Sin embargo, más allá de estos problemas y deficiencias, lo cierto es que los "grumos" en la sopa primordial parecen existir realmente. En un hallazgo que ha sido calificado por el célebre cosmólogo Stephen Hawking como "el descubrimiento del siglo, si no es que de todos los tiempos", en 1992 el satélite COBE detectó las anisotropías en la radiación cósmica de fondo.

Esta última es algo así como un "eco" del Big-Bang. Es una radiación de baja frecuencia que, en forma de micro-ondas, parece provenir de todas las direcciones del Universo, y cuyo origen se remonta a eventos ocurridos antes de que se formaran las galaxias. La radiación cósmica de fondo, por lo tanto, nos proporciona información sobre cómo era el Universo en épocas muy tempranas.

Durante algunos años se creyó que esta radiación de micro-ondas era isotrópica, es decir, que independientemente hacia qué región del Cosmos apuntáramos un detector, nos llegaría exactamente lo mismo. Pero, en el mencionado año de 1992, mediciones ultra-precisas manifestaron ligerísimas anisotropías (diferencias) en la radiación cósmica de fondo, las que revelaron que el Universo primitivo

no era enteramente homogéneo. Es decir, confirmaron la existencia de las inhomogeneidades primitivas, de los grumos presentes en el caldo cósmico original.

Pero la materia oscura se relaciona no sólo con el pasado, sino también, y fundamentalmente, con el futuro del Universo.

Todos sabemos que el Cosmos se expande. Lo que no está claro es si la expansión es eterna, es decir, si las galaxias se alejarán cada vez más unas de otras, o si el Universo será *pulsante*, llegando a un punto de máxima expansión y luego comenzando una etapa opuesta de contracción (ver Figura N° 3). Que ocurra una u otra cosa depende de la cantidad de materia presente en el Cosmos, pues la atracción gravitatoria entre las galaxias funciona como un "freno" para la expansión.

Cuanta mayor cantidad de materia oscura exista en el Universo, éste se expandirá más lentamente. Por el momento no parece haber suficiente materia oscura como para frenar completamente la expansión. Pero si la materia oscura está oculta entre los cúmulos y los supercúmulos, si hay una cierta cantidad dispersa en el espacio intergaláctico, el Universo bien podría ir deteniendo progresivamente su expansión, hasta finalmente colapsar.

■ NO TODAS LAS HIPÓTESIS IMAGINATIVAS...

...resultan ser verdaderas, y a veces ni siquiera buenas hipótesis. Existen muchos ejemplos de supuestas "materias" ideadas para explicar fenómenos en su momento inexplicables, y que luego desaparecieron reemplazadas por ideas más profundas que no requerían postular las hipotéticas materias.

Durante mucho tiempo, por ejemplo, los científicos creyeron que el espacio estaba lleno de una sustancia elástica y muy sutil denominada "éter". Postulado originalmente por Newton como un sistema de referencia en reposo absoluto, el éter sirvió como el supuesto medio material a través del que se propagarían las ondas electromagnéticas. El experimento de Michelson y Morley, en 1887, derribó por completo la hipótesis del éter, y

dio sustento a la Teoría Especial de la Relatividad de Einstein. Las nociones de espacio y tiempo relativo lo reemplazaron definitivamente, y el éter desapareció de las ideas científicas.

Podríamos mencionar otros ejemplos. La órbita del planeta Mercurio, por ejemplo, presenta irregularidades que no pueden ser explicadas utilizando la física clásica (7). Se postuló entonces que, entre Mercurio y el Sol, debía existir un nuevo planeta, cuya atracción gravitatoria perturbaba la órbita de Mercurio. Este planeta hipotético hasta recibió un nombre: Vulcano. Y hasta se llegó a pensar que no se trataba de un único planeta, sino de un conjunto de invisibles cuerpos celestes, en una hipótesis que precisamente nos recuerda a nuestra materia oscura.

Pero Vulcano no existe, ni tampoco hay una cadena de pequeños planetoides entre Mercurio y el Sol. La Teoría General de la Relatividad explicó las perturbaciones en la órbita de Mercurio sin recurrir a artificios de ningún tipo. Una vez más, una supuesta "materia" inventada para explicar las observaciones, no tenía existencia real.

¿Correrá igual fortuna la teoría de la materia oscura? No lo sabemos. Quizás alguien algún día elabore una teoría que indague profundamente en la trama del Cosmos y no requiera postular materias extrañas, tal como las ideas de Einstein condenaron al olvido al éter o al planeta Vulcano.

También debemos mencionar que existen teorías e hipótesis alternativas a la materia oscura. Por ejemplo, los cálculos de las masas galácticas, para las galaxias con forma de espiral, parten de la hipótesis que la materia se concentra en el centro de la galaxia y luego disminuye uniformemente hacia los extremos. Pero, en 1997, un grupo científico de Brasil repitió los cálculos suponiendo que la galaxia estaba realmente formada por una serie de "capas" concéntricas, con densidades y velocidades de rotación diferentes en cada capa. Los cálculos obtuvieron un valor de masa galáctica perfectamente compatible con lo observado, sin necesidad de postular ningún tipo de materia oscura.

El modelo de Brasil, no obstante, presenta deficiencias, tales como ser aplicable sólo a las galaxias con forma

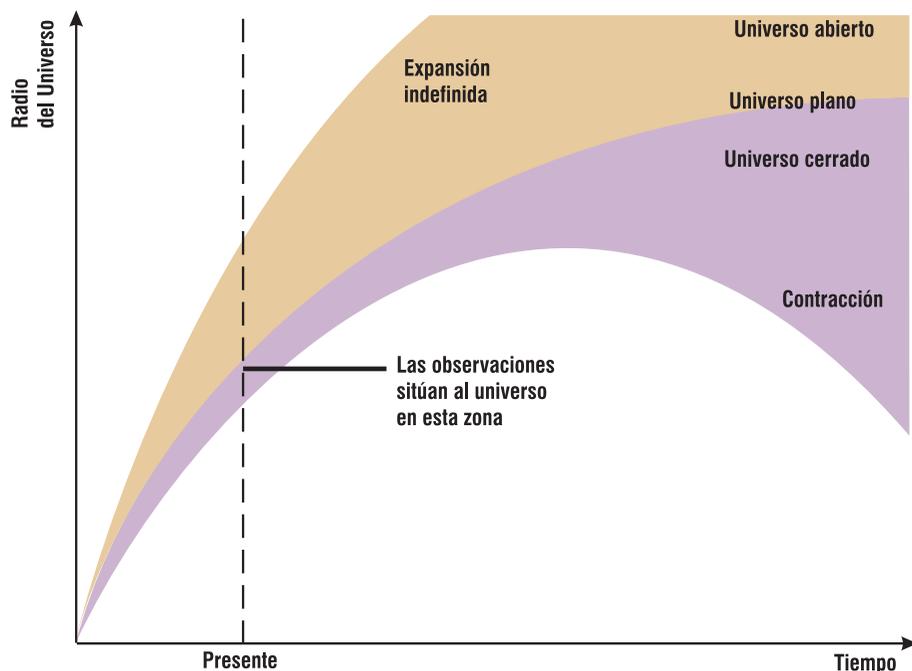


Figura 3. La materia oscura y el Universo. Los posibles destinos del Universo, tomado de Pérez Villena (2006). Para una baja densidad de materia oscura, el Universo será abierto, y se expandirá indefinidamente. Para una densidad alta, el Universo será cerrado, y la fase expansiva será seguida por otra de contracción. Las mediciones actuales parecen sugerir que, en realidad, el Universo se encuentra en el límite entre ambas situaciones. (Imagen disponible en: www.astored.net/origen_del_universo).

de espiral, y adaptarse únicamente para la descripción de galaxias individuales y no de cúmulos o grupos de galaxias. A pesar de sus errores o limitaciones, este modelo debe hacernos recordar que la existencia de la materia oscura no es un “caso cerrado” y que existen teorías alternativas.

De hecho, la teoría conocida como MOND (*Modified Newtonian Dynamics*), propuesta en 1983 por Mordehai Milgrom es una alternativa interesante. Esta teoría propone que la física de Newton no es completamente aplicable para aceleraciones muy pequeñas (del orden de

10^{-8} cm/seg²), y que las leyes newtonianas deben modificarse cuando se aplican a ese rango. La teoría MOND, si bien es por ahora incompleta y presenta deficiencias, ha tenido varios éxitos tanto explicando como prediciendo fenómenos astronómicos, y en el futuro deberá ser tomada seriamente en consideración.

Por otra parte, la teoría MOND presenta, en sus conceptos básicos, algunos puntos de contacto con las ideas de Silk sobre la presencia de dimensiones adicionales a las cuatro conocidas, pues este científico también plantea que las ideas newtonianas sobre la gravitación no son aplicables en dimensiones muy pequeñas, del orden del nanómetro. En otras palabras, así como la Teoría de la Relatividad de

Albert Einstein probó la inexactitud de las ideas de Newton para altísimas velocidades, estas nuevas concepciones postulan algo similar, pero en el orden de lo muy, muy pequeño.

Y, para complicar aún más el problema, además de la “materia oscura”, hoy comienza a hablarse de una nueva entidad, la “energía oscura”, la que teóricamente sería responsable de una aceleración en la expansión del Universo (8). O, parafraseando a Shakespeare, “*hay más cosas en el cielo y en la tierra que las que ha soñado la filosofía*”, o nuestra ignorancia de uno o varios principios fundamentales en la estructura del Cosmos nos está forzando a postular, una tras otra, materias hipotéticas cuya existencia real aún nos es desconocida.

De acuerdo con James E. Peebles (2001), la cosmología actual se encuentra en una situación apasionante. Cada día asistimos a un nuevo descubrimiento. Cada día surge una nueva idea y cada día algún científico inventa un método para ponerla a prueba. Todo esto demuestra la ignorancia y falsedad de las predicciones acerca de que hemos entrado en el “fin de la ciencia”, en la “pos-ciencia”, y que nada esencialmente nuevo queda por hallar, explicar o descubrir.

Pero estos tiempos son también tiempos de confusión. Todas las ideas que se presentan no pueden ser correctas

y, de hecho, muchas son incoherentes entre sí. El astrónomo Frenk, en 2002, afirmó que “*no es exagerado decir que estamos atravesando un período de cambio similar a la revolución copernicana*”, y con ello expresó el sentimiento y designio general de la cosmología actual.

Nicolás Copérnico y, más tarde, Galileo Galilei y Johannes Kepler, hicieron saltar por los aires el modelo medieval del Cosmos. Las esferas cristalinas del Universo aristotélico-tolomeico estallaron en pedazos, las estrellas fijas comenzaron a moverse y lo que antes era una limitada serie de esferas concéntricas alcanzó una vastedad nunca antes imaginada.

Hoy estamos en una época similar. En los próximos años muchas teorías caerán, y surgirán otras. Quizás se recuperen viejas ideas. Quizás ideas largo tiempo aceptadas se sumerjan definitivamente en el olvido. Quizás...

Solo una cosa es segura: nuestra visión del Universo será muy diferente de la que tenemos hoy. Así como el Cosmos actual es absolutamente distinto al que imaginaba un filósofo medieval, el Cosmos que visualice un científico dentro de cincuenta años (o menos) será totalmente diferente del Universo que concebimos hoy.

En palabras de Xavier Amador (2006): “*A pesar de que la mayoría de la comunidad científica no duda de la*

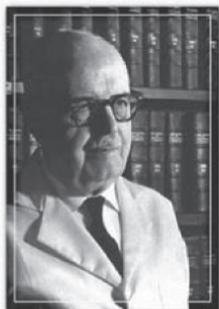
existencia de tales entidades y de que la interpretación de los datos hasta ahora disponibles a favor de tales entidades es muy fuerte, los problemas que éstas originan sugieren que es necesario no perder de vista otras alternativas. La solución de estos problemas y la consecuente detección directa de tales entidades constituye, hoy por hoy, una de las actividades más fascinantes de la ciencia moderna”.

■ GLOSARIO Y ACLARACIONES

- (1) Recuérdese el concepto de la “nebulosa primigenia”, desarrollado independientemente por Laplace y el filósofo Emmanuel Kant, y hoy ampliamente utilizado para investigar el origen de los sistemas planetarios.
- (2) Una galaxia es un conjunto de estrellas vinculadas por su atracción gravitatoria. Hay galaxias de diversas formas y tamaños, algunas son gigantes y otras son más pequeñas, por lo que se las conoce como “galaxias enanas” o microgalaxias. En una galaxia hay también nubes de gas y de una especie de hollín denominado “polvo cósmico”. El gas es particularmente abundante hacia el centro de la galaxia. Una estrella de neutrones es una de las diversas formas que puede adoptar una estrella después de que su “combustible” se ha agotado y ha dejado de brillar. Compuestas enteramente por neutrones, estas estrellas pueden emitir ondas de radio detectables desde la Tierra. Para las supernovas, véase la nota siguiente
- (3) Una estrella enana blanca es el núcleo que queda después de la explosión de una supernova, es decir, de una estrella que termina sus días en una tremenda explosión de luz y radiación. Una enana blanca es, por lo tanto, una especie de residuo ultra-compacto y caliente de lo que otrora fue una resplandeciente estrella. El Sol, por ejemplo, terminará sus días en la forma de una enana blanca. Cuando éstas se enfrían definitivamente, se las conoce como “enanas negras”.
- (4) Un agujero negro es el residuo de una estrella muy masiva, que ha implosionado sobre sí misma. La atracción gravitatoria de los agujeros negros es tan intensa que nada, ni siquiera la luz, puede escapar de ellos.
- (5) La teoría de cuerdas concibe todas las partículas atómicas como distintas formas de vibración de una especie de cuerda ultra – microscópica. Los detalles matemáticos de esta teoría, que por ahora no ha sido contrastada experimentalmente, son sumamente complejos.
- (6) De acuerdo con el modelo del Big-Bang, el Universo comenzó con un estado de enorme densidad y temperatura. A veces este estado se visualiza como una especie de fluido muy particular, constituido por partículas elementales. En este fluido los “grumos” eran zonas con mayor concentración de materia, de las que evolucionaron las actuales galaxias.
- (7) Específicamente, el perihelio de Mercurio, es decir, su posición más próxima al Sol, se va modificando paulatinamente con el tiempo.
- (8) De acuerdo con los modelos actuales, el contenido total del Universo sería un 73% de energía oscura, un 23% de materia oscura y sólo un 4% de materia ordinaria. Acerca de la naturaleza de la energía oscura, sólo podemos especular. Aparentemente, sería una especie de fuerza gravitatoria de carácter repulsivo, en lugar de ser atractiva como la gravedad ordinaria. De todos modos, sobre las características de la “energía oscura” nada puede afirmarse con certeza definitiva.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Amador, X. (2006). Materia y energía oscura, publicado en Internet, en la dirección: <http://www.fis.cinvestav.mx/~xamador/Artikelvevetskopen/Oscura.htm>.
- Cowen, R. (2003). Cazadores de Galaxias, *National Geographic*, Vol. 12, N° 3, pp. 2-29.
- Hathaway, N. (1996). *El Universo para curiosos*. Editorial Crítica, Barcelona, España.
- Peebles, J. (2001). El sentido de la cosmología moderna, *Investigación y Ciencia*, marzo 2001, pp. 80-81.
- Rubin, V., Thonnand, N. y Ford, W.K (1980). Rotational properties of 21 Sc galaxies with a large range of luminosities and radii from NGC4605 (R = 4 kpc) to UGC 2885 (R = 122 kpc), *Astrophysical Journal*, 238, pp. 471-487.
- Pérez Villena, B. (2006). El origen del Universo, publicado en Internet, disponible en la dirección: www.astrored.net/origen-del-universo.



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.

El país Selk'nam

Palabras clave: Selk'nam, karukinká, kloketen.
Keywords: Selk'nam, karukinká, kloketen.

Hace unos 30.000 años, cruzando desde Asia por el estrecho de Bering, en ese entonces congelado, el hombre pisó suelo americano por primera vez. Detrás de él, se encolumnaron los cazadores que persiguiendo a sus presas ingresaban sin saberlo en una nueva tierra y en otra historia. Tiempo después, en un prolongado proceso de poblamiento, las sucesivas oleadas de grupos humanos fueron incursionando a través del tiempo en nuevos territorios siempre vacíos de hombres, los ocuparon y los llenaron de nueva vida. El poblamiento de América había comenzado y el hombre, con su curiosidad y acosado por su necesidad de alimentos continuó internándose en el nuevo continente más y más; tierra que miles de años después otros hombres los “descubrirían para la historia”.

Los antepasados de las comunidades originarias llegaron hasta el territorio argentino en una fecha próxima a los 12.000 años y ocuparon prácticamente todas las regiones. En la Patagonia, la fecha más antigua de ocupación fue hace unos 11.000 años, según el estudio de algunos de los sitios, sobre los cuales se fueron produciendo a su vez nuevos asentamientos, hasta aparecer, hace aproximadamente 4.000 años, los indicios de una cultura cada vez más similar a la tehuelche. En el Extremo Sur se han encontrado vestigios de alrededor de 7.000 años de antigüedad, de por lo menos dos culturas de rudimentarios y aislados cazadores,

ancestros de los yámana-alakaluf, contemporáneos de los conquistadores españoles. Es probable que nuevos hallazgos arqueológicos modifiquen estas fechas, incluso llevándolas más atrás en el tiempo. De todas maneras, hoy se puede asegurar que por lo menos hace 12.000 años los primeros hombres ocuparon el actual territorio argentino, dando lugar a desarrollos culturales locales que finalizaron en el panorama que encontraron los conquistadores en el siglo XVI.

Este esquema humano de marcados perfiles no era en consecuencia un producto espontáneo: más de diez mil años de larga historia constituyeron

las raíces de culturas originarias o protoculturas, cuyos artífices fueron llamados por sus descendientes “los antiguos”.

■ LA REGIÓN FUEGUINA Y SUS PRIMITIVOS HABITANTES

La zona de Tierra del Fuego tuvo un poblamiento más tardío que el resto de Patagonia; ello debido a que permaneció cubierta por los hielos durante más tiempo. Hasta el momento se halló como lugar más antiguo, el denominado Túnel I, lugar donde alguien encendió fuego y consumió parte de

■ Norma M. Cantatore de Frank

Ex Profesor Titular de Matemática Estadística,
Facultad de Ciencias Veterinarias de la UBA
normacantatore@yahoo.com.ar

un lobo marino hace unos 7.000 años (Orqueda y Piana, 1999). A partir de ese hallazgo, se sucedieron otros en que se registran ocupaciones permanentes de pobladores cazadores de lobos marinos, guanacos y recolectores de moluscos. Similares características presenta el lugar Lancha Packewaia, a un kilómetro del Túnel I, con una antigüedad establecida en 4.000 años. Otro lugar importante es Shamakush, con una antigüedad equiparable a las ocupaciones finales de Túnel y Lancha Packewaia y con una cultura sustentada en la caza del guanaco en mucho mayor grado que la del lobo marino (figura 1). Con estos antecedentes, y en base a las investigaciones de Junius Bird (1946), es posible determinar la presencia de por los menos dos culturas antecesoras a los históricos yámana-alakaluf.

Se encuentra primero, según Bird, la cultura de la casa-pozo(1), caracterizada por las viviendas circulares semienterradas, la recolección de moluscos, la caza de mamíferos marinos y los "conchales"(2) alrededor de las viviendas; esta cultura fue la base de los yámana del sector argentino. En

época más tardía, se registra la incorporación de puntas de proyectil, señal del inicio sistematizado de la caza de mamíferos marinos y de especies continentales.

Otra cultura, la del Cuchillo de Concha, fue lo que dio origen a los alakaluf del lado chileno. Ambas culturas utilizaron como elementos esenciales el bote y los arpones para sus excursiones marinas, práctica que continuaron más adelante en el tiempo, cuando grupos familiares yámana-alakaluf desarrollaron en el mar, sobre frágiles bases, gran parte de su vida cotidiana.

■ ¿CUÁL FUE EL HABITAT?

Para comprender mejor la forma de vida de los primitivos habitantes es necesario conocer el medio ambiente donde vivían. Tierra del Fuego está caracterizada por un clima frío, y está surcada por fuertes vientos, los que soplan especialmente durante el verano. Hay constantes precipitaciones pluviales en verano y nivales en invierno, que implican un clima muy húmedo. Debido a su ubicación en el extremo

sur del continente, en contacto con las aguas de dos océanos, tiene un clima de tipo oceánico, en el que si bien se observan una serie de contrastes entre el invierno y el verano, no se registran diferencias estacionales muy marcadas. Por supuesto existen diferencias importantes: las horas diurnas disminuyen drásticamente y las lagunas se congelan durante el invierno, y la disponibilidad de plantas y de aves es mucho mayor durante el verano, pero lo que se quiere recalcar es que el rango anual de temperatura no es demasiado amplio.

El límite establecido arbitrariamente para hablar de "norte" de la isla está dado por la línea que corta el lago Fagnano, el más grande de la isla, a lo largo de su máxima dimensión. El relieve de la zona norte es ondulado y la vegetación de tipo estepario en la región costera. Hacia el sudoeste, pasa gradualmente del relieve ondulado al montañoso con vegetación boscosa.

Los ambientes ubicados al sur están caracterizados por espesos bosques de lengas, ñires y coihues (*Nothofagus sp.*) y por los picos de la Cordillera con algunos glaciares en sus alturas.

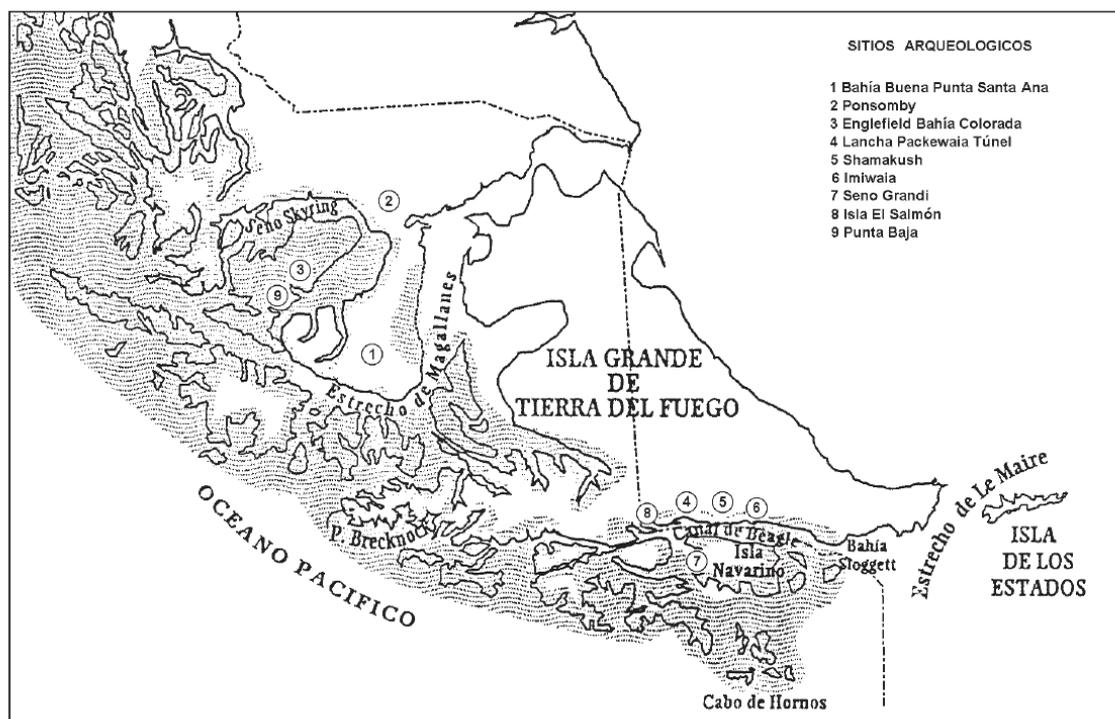


Figura 1. Mapa de los principales sitios arqueológicos según Orqueda y Piana.

■ INDÍGENAS DE LA TIERRA DEL FUEGO

Por largo tiempo, todos los aborígenes que habitaban el archipiélago fueguino fueron conocidos, indistintamente, con el nombre de indios fueguinos y esta denominación es empleada aún hoy, cuando no quiere insistirse particularmente en el sentido clasificatorio racial. Esa palabra fueguinos encierra una generalización de carácter geográfico y no racial. Pero con el tiempo se advirtió que los fueguinos se dividían en dos grandes grupos perfectamente diferenciados (Imbelloni, 1936), que poblaron respectivamente el norte y sur del archipiélago. Una característica común de ambos grupos fue su naturaleza de cazadores-recolectores, dado que no cultivaban ni criaban ganado, quedando su supervivencia sujeta a

los alimentos que pudiera proporcionarles la naturaleza. También ambos eran nómades. Pero aquí terminan las semejanzas.

La base sobre la cual se sustenta la división norte-sur, desde el punto de vista antropológico, es la separación etnográfica. Al sur se ubicaron los grupos de cazadores recolectores marítimos -los llamados canoeros- o sea los ya mencionados yámana y alakaluf, habitantes del canal de Beagle y otros ambientes acuáticos del sudoeste del archipiélago fueguino.

Al norte se ubicaron los grupos de cazadores-recolectores terrestres onas o selk'nam. Eran indios de la estepa y "de a pie" que vivían en ambientes conocidos como estepa, parque, bosque. La estepa es más expuesta al viento y a las precipitaciones. Era el ámbito más característico

para muchos de los grupos selk'nam, los que con cierta regularidad utilizaban también el parque. El bosque, en cambio, fue ámbito en el que se refugiaron en los últimos años, pero aparentemente no fue tan utilizado en tiempos prehistóricos. Por la constitución corporal, además que por la lengua y las costumbres, este grupo era completamente afín al grupo de los tehuelches de la Patagonia. Constituían dos tribus, entre las que se pueden mencionar los onas propiamente dicho y los haush.

El segundo grupo estaba formado por los yámana y los alakaluf y su habitat comprendió la península de Brunswick, la península Sarmiento, las márgenes del canal de Beagle, las islas Navarino, Hoste y Gordon y todas las islas menores, es decir, se extendió a los bordes marítimos de toda la Fueguia, limitándose, en la isla Grande, a la porción ubicada al sur de la línea Seno del Almirantazgo Lago Fagnano. En lo que hace a su constitución corpórea, este grupo se diferencia netamente del primero, como así también por sus costumbres y lenguas. Lejos de tener afinidad con los patagones o tehuelches³, los yámana y alakaluf, se relacionan con los isleños del archipiélago chileno del océano Pacífico, llamados Chono, de acuerdo con Imbelloni (1936) que al incorporar los pueblos canoeros del extremo continental en su "formación austro-americana" separó en ellas dos sectores; primero la provincia magallánica y segundo, la provincia chilena. La primera comprende a los yámana y alakaluf y la segunda a los chono.

En cuanto a la diferenciación fenotípica del grupo ona-haush, por una parte y del grupo yámana-alakaluf-chono, por la otra, es igualmente bien definida; Los primeros se distinguían por su estatura elevada y estructura atlética; la altura de los ona era de 1,75 m en los varones y 1,59 m en las mujeres, según datos de Lehmann Nitsche (1927) y Gusinde (1922). Los yámana, en cambio, tenían una talla baja y un desarrollo corporal pobre y a menudo raquítico: alcanzaba 1,58 m en los varones y 1,47 m en las mujeres (Bove 1883).

Muchos pensaron que esas diferencias indicarían que Patagonia y Tierra del Fuego fueron pobladas por

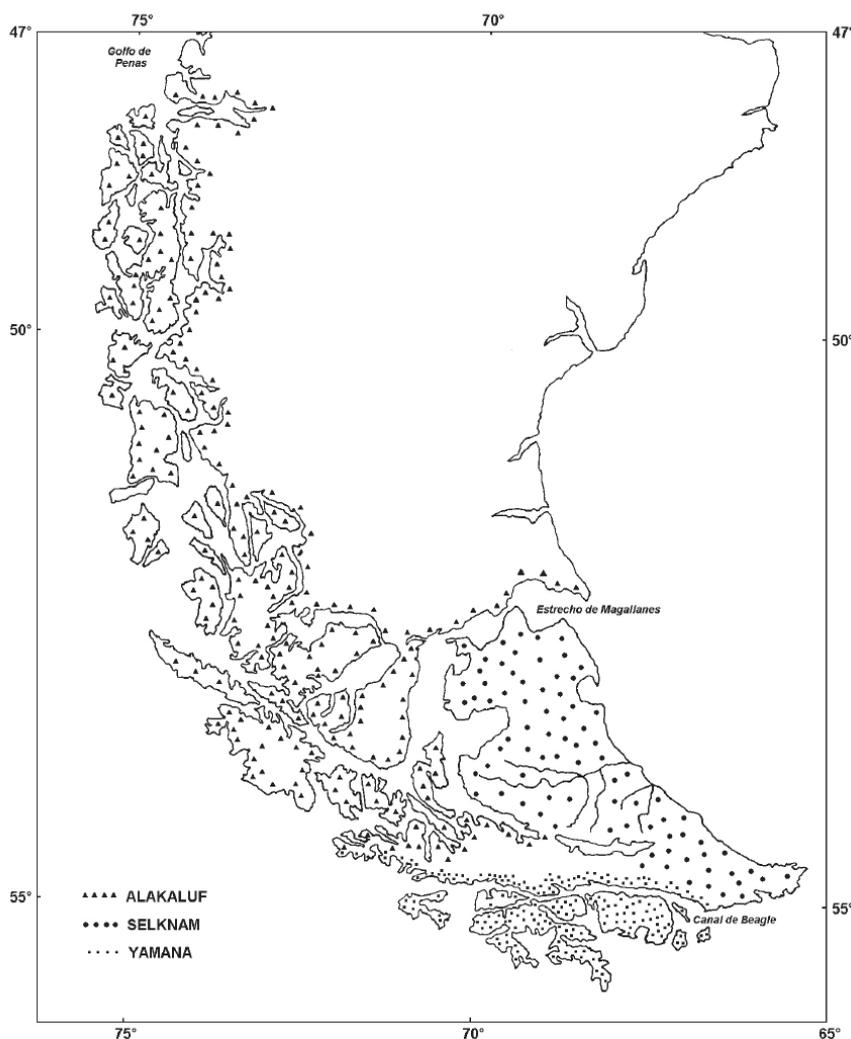


Figura 2. Ubicación geográfica de los aborígenes fueguinos según Imbelloni.

corrientes migratorias distintas o por oleadas de poblamiento de antigüedades disímiles, o en todo caso, que la divergencia a partir de ancestros comunes debió ser muy remota. Esto favorece el criterio referente al origen autónomo de los canoeros litorales.

La lingüística también los diferenciaba: no sólo los léxicos eran diferentes, también lo era la estructura de los lenguajes. El idioma hablado por los últimos cazadores terrestres de Patagonia y Tierra del Fuego era áspero, gutural y atiborrado de consonantes; el de los canoeros, por el contrario, era sonoro y abundante en vocales, como lo testimonian los muchos topónimos que se conservan en la región.

Cabe señalar, que contrariamente a lo sugerido por la estatura, los cráneos de indígenas relativamente recientes indican que esos grupos formaban un conglomerado de población bastante compacto, con mayores similitudes entre sí que las que se pueden señalar con otros grupos más lejanos (Orqueda y Piana, 1999). Esto apoya la posibilidad de que los pueblos patagónicos y fueguinos sean resultado, no de migraciones u oleadas distintas, sino de la diferenciación de una población antes homogénea en un momento no muy remoto y en alguna región relativamente próxima a Tierra del Fuego. Los distintos criterios siguen sin resolverse, pero se debe agregar una línea de pensamiento más: ni el aspecto físico ni el idioma son inmutables. El primero, al transmitirse por vía genética suele ser más perdurable que las costumbres de los seres humanos o las características de sus utensilios, pero también puede cambiar con el correr del tiempo. Otro tanto ocurre con el lenguaje; los rasgos constatados en los últimos siglos pueden fundar interesantes hipótesis potencialmente fructíferas pero no demuestran que una u otra posibilidad sea más verosímil. No se sabe como eran los lenguajes hace ocho mil años, ni como era el aspecto cultural de uno u otro grupo, ni como era el respectivo aspecto corporal, lo que sería posible, pero lamentablemente hasta ahora no se han hallado restos óseos humanos de gran antigüedad, salvo un caso en la orilla norte del estrecho de Magallanes, de cuyo estudio no disponemos.

Pero a continuación centraremos exclusivamente nuestra atención en

la forma de vida y creencias de los selk'nam (onas).

■ VIDA Y CREENCIAS DE LOS SELK'NAM

Vida material. Localización

Los selk'nam (onas), o indios pedestres de la Tierra del Fuego, habitaron hasta la mitad del siglo XIX toda la costa atlántica de la Isla Grande hasta la mesa de Orozco y las llanuras y mesetas interiores hasta el estrecho de Magallanes y el seno del Almirantazgo; es decir, toda la Tierra del Fuego, con exclusión de la península Sarmiento, del borde sobre el canal de Beagle y de la extrema punta montañosa que termina en el cabo San Diego, llevando el nombre de península Mitre. Esta última porción estuvo habitada por los haush, física y lingüísticamente emparentados con los ona, e igualmente indios de a pie y cazadores.

Concretamente, el grupo de indios pedestres de la Tierra del Fuego se puede considerar dividido en dos subgrupos: el norte -occidental, de los indios ona o selk'nam (en su lengua) y el sud-oriental, muy reducido, de los indios haush o maneken. Siguiendo el criterio de Cooper (1946), se incluirá bajo el nombre general de ona, tanto a la tribu septentrional de los selk'nam como la meridional de los haush.

Alimentación

Su alimentación correspondía a la de un pueblo de cazadores que usaba en segundo término la pesca; como en todos los pueblos de cazadores, le quedaban vestigios de una forma cultural todavía más embrionaria, caracterizada por la recolección de raíces, frutos, hongos y ramitas tiernas. Alimentación, evidentemente, de carácter parasitario, que agota los productos naturales y cuya continuidad nada tiene de seguro; a esto se debe que los selk'nam, como todos los demás fueguinos (en general los pueblos de cultura proto-morfa), llenaban el estómago en toda su capacidad durante los períodos favorables para la caza y la recolección, mientras en los períodos de carestía lo

engañaban comiendo ramitas tiernas de las plantas.

Para el ona el principal alimento fue el guanaco; además de su carne, utilizaba también sus productos secundarios como ser pieles, tendones, etc. Así, el guanaco constituyó la base más importante de la vida económica del indio pedestre de la Tierra del Fuego. Comían también el tucutucu y entre las aves el cormorán, el cisne, los patos silvestres, etc. Entre los animales marinos, el lobo de mar, la ballena, pescados y moluscos.

La preparación de las carnes era primitiva y consistía en asarlas, sólo a media cocción, junto a la llama; los huevos se calentaban luego de perforar la cáscara para que no estallasen. Con trozos de intestino de guanaco atado en sus extremidades y llenados con sangre, aún caliente, obtenían una especie de morcilla, que asaban en la ceniza.

Como alimentos vegetales utilizaban las raíces de plantas, frutos silvestres como la frutilla de campo, algunos hongos y semillas. Según Gusinde (1982), a todos les gustaba desprender bayas maduras de las especies de *Berberis* y de *Empetrum rubrum* y metérselas en la boca de inmediato. Por su gusto dulzón solían desenterrar de entre las piedras de la orilla la raíz jugosa de *Boopis australis*, cuyo tamaño es el de una zanahoria. También sabían, según cuenta Gusinde, dar una preparación sabrosa a las pequeñas semillas de *Descurainia canescens*, que se encontraba en toda la Isla Grande.

Las mujeres amasaban las semillas molidas y tostadas, en particular de una crucífera, llamada Tay, con agua o grasa de lobo marino formando una especie de torta, que luego sometían al fuego del fogón.

La caza del guanaco se hacía con arco y flecha, lo que supone gran habilidad, dado que la flecha debía entrar por el vacío del animal, de atrás para adelante, con el fin de no tropezar con los huesos y llegar a los órganos vitales. El guanaco herido era perseguido por el indio en forma rápida. El selk'nam cazaba también el zorro, pero le repugnaba comer su carne (Imbelloni, 1936), utilizando tan solo la piel. Las aves se cazaban con antorchas de noche y también con cordeles de nervio de guanaco provisto de muchos lazos.

La pesca se realizaba con las manos o el arpón; en aguas bajas se conocieron también algunas redes de nervio de guanaco. Indudablemente, el selk'nam no era tan buen pescador como los fueguinos canoeros.

Vivienda

La naturaleza primitiva de la vivienda de los fueguinos, en general, se caracterizaba por la ausencia de una construcción permanente; ello correspondía a pueblos cuya vida económica parasitaria los obligaba a incesantes desplazamientos.

El refugio más común entre los selk'nam era el llamado toldo: una especie de mampara que consistía en un cierto número de palos relativamente cortos y terminados en horqueta, que se plantaban en el suelo en semicírculo, un tanto inclinados hacia el centro; a dichos palos se suspendía, por medio de unos anillos de cuero, un rectángulo de pieles de guanaco cosidos unos con otros, que medía, aproximadamente, 2,8 m por 4 m. Las pieles estaban desprovistas de pelo y imbuidas con ocre mezclado con grasa. El fuego se prendía ante la abertura del semicírculo. En definitiva, se trataba de un abrigo, carente de techo y que no era otra cosa que un simple biombo para atajar el viento.

En la región meridional de la Tierra del Fuego se encontraba a veces otra clase de construcción, más durable, destinada para vivienda de invierno. Estaba construida con palos gruesos y de gran altura, que se plantaban en el terreno uno cerca de otro, en forma circular, formando un cono; en la parte superior dejaban una abertura para la salida del humo, dado que el fuego se prendía en el interior. Externamente, se evitaba la filtración del viento mediante una cobertura de pieles (figura 3).

Vestimenta

Los varones usaban únicamente un manto de pieles de guanaco o de zorro cosidas unas con otras, con el pelo hacia fuera. Esta capa se llevaba sobre el hombro, sujetada aproximadamente a la altura de la pantorrilla; durante la caza o la pelea la dejaban caer, quedando desnudos. Cuando estaban de



Figura 3. Cabaña ona según Gusinde.



Figura 4. Ona con su diadema triangular de piel.

excursión, cubrían su pubis con una bolsa de piel de zorro que pendía de la cadera; la misma servía para llevar utensilios para prender el fuego entre otros elementos, tales como puntas de flecha.

Las mujeres, además de llevar un manto de piel análogo al de los varones, llevaban un delantal de pieles de guanaco más finas que les ceñía el torso y la cadera, llegando hasta la rodilla; también utilizaban un triángulo

púbico de la misma piel. Los niños, por lo general, iban desnudos.

Hombres y mujeres calzaban una especie de mocasín, que confeccionaban con piel de pata de guanaco y se recortaba tomando la medida del pie.

La cabeza usualmente la llevaban descubierta, si bien, para la pelea y durante la caza ceñían la frente con una diadema triangular de piel, recortada de la frente del guanaco; esta prenda era exclusiva para los varones adultos,

guerreros y cazadores (figura 4). Los hechiceros la llevaban de color blanco. Los cabellos se llevaban largos en ambos sexos, sujetos por un cordón de cuero arriba de la frente. Entre los hombres era más extendido el uso de la pintura en la cara y el cuerpo.

Armas e instrumentos

El arco era el arma de combate y de caza. Ese arco era de escasa altura; medía alrededor de un metro y era fabricado con la dura madera del ñire. La superficie de la madera no era lisa, sino provista de pequeñas acanaladuras longitudinales. La cuerda era de tendones de guanaco retorcidos y se fijaba en las puntas del arco mediante nudos y sin estribos. Las flechas eran lisas, emplumadas y la punta era de

hueso, comúnmente pedunculada (Figura 5). Las flechas se llevaban en un *carcaj* de pelo de foca, con el pelo hacia fuera, de unos 78 cm de alto y 24 cm de ancho. Otra arma que disponían era un arpón de hueso asegurado a un astil; se usaba para la caza de los lobos marinos.

Como utensilios ya se hizo mención a la bolsa de pelo de zorro que llevaba el selk'nam en sus viajes. Poseían otras bolsas, entre ellas, una bolsa de cuero de guanaco, bien sobado y calafateado con grasa que cumplía la función de balde y estaban destinadas a contener el agua potable que se consumía en el campamento.

El instrumental del selk'nam estaba constituido por formones de piedra, raspadores, leznas y alisadores también de piedra; el fuego se prendía

mediante dos pedernales cuya chispa incendiaba plumón de aves, musgo u hongos secos.

Así, la industria de los fueguinos pedestres, al fabricar sus escasos elementos patrimoniales usaban de la madera, el hueso y de la piedra, pero mucho más intensamente del cuero, tendones y pieles de guanacos zorros, y lobos marinos.

Vida social

La organización de los fueguinos, en general, no presentaba agrupaciones muy numerosas, ni formas más elevadas que la horda. Los selk'nam vivían en pequeñas agrupaciones, compuestas por unos veinte individuos; cada una comprendía varias familias unidas por lazos de parentesco. Además de esta base formada por la consanguinidad, también un vínculo económico reunía los miembros de cada horda, es decir, la tarea de defender el territorio, que, por lo general, consistía en una faja de terreno extendida desde las montañas hasta el mar; de esta manera, cada una de las agrupaciones podía contar con una parte destinada a la caza y otras a la pesca y a la recolección de vegetales. "Cada grupo tiene un territorio fijo para cazar, y entrando en límites ajenos el ona se considera en país hostil y ataca o roba según se le presente la ocasión. Sólo se hacen algunas excepciones a esta ley, cuando un hombre anda en busca de una compañera, pues los ona no se casan entre cosanguíneos" (Dabbene 1911).

La organización de la horda no tenía nada de estricto, ni se reconocía la autoridad de jefes o caciques. Había, sin embargo, en tiempo de peligro, la tácita supremacía de los más vigorosos y avezados guerreros.

En todo lo que concernía a ceremonias y ritos, adquirían importancia las personas más ancianas de la tribu, por otra parte, particular papel desempeñaban los hechiceros.

Familia y poligamia

Ya se hizo mención a que regía la exogamia aunque, sin extremado rigor; el selk'nam prefería elegir a su compañera entre las mujeres que pertenecían a agrupaciones distintas de la propia y,

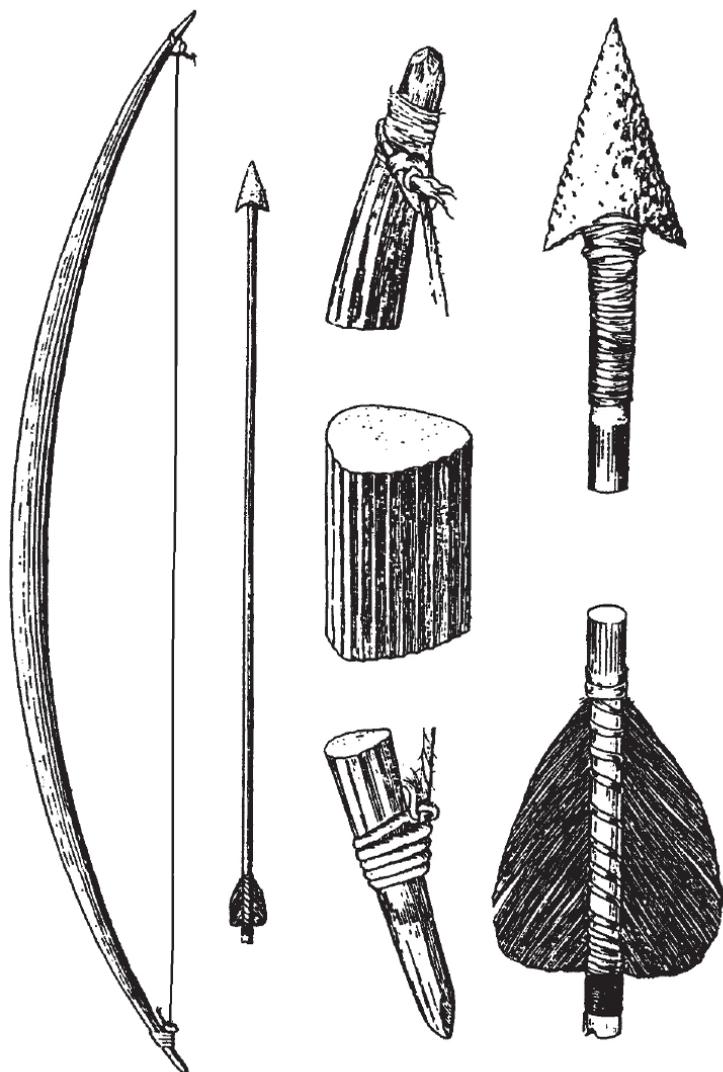


Figura 5. Arco y flecha (proporción entre el arco y la flecha; parte media de un arco pequeño; punta de flecha y guarnición de plumas) según Gusinde.

naturalmente, la elección recaía sobre grupos de familias que vivían en buenas relaciones de vecindad. Sin embargo, en el caso de pretender una unión con mujeres de agrupaciones enemigas “la forma es expeditiva y sencilla: el indio espía hasta que vea sola a la india, ya sea en el monte o en su misma choza; entonces se le acerca, le hace declaración de su amor, le ofrece su ternura, le pide que lo acompañe y, por último le ordena que lo siga, pues quiere hacerla su esposa. La india obedece porque sabe que si no lo hace, el indio la herirá con la flecha” (Gallardo 1910).

No había una unión monogámica rigurosa. Entre los selk'nam, como en muchos pueblos cazadores nómades, la poligamia era común y la posición jerárquica de la mujer no poseía equivalencia con el varón, cosa típica de las protoculturas inferiores.

Ya en la mitología aparecen personajes con dos mujeres, eran, según consta, individuos famosos, como *Kwányrp*, *Cenuke* y otros. Sólo del viento sur se cuenta que poseía tres mujeres; en los tiempos míticos no se conocen cifras superiores.

Respecto a individuos polígamos en los tiempos históricos los indígenas mencionaban con máxima frecuencia al poderoso *Kausei*; según algunos habría poseído cinco, según otros incluso ocho mujeres. Todas ellas vivían con él. De acuerdo al censo que realizó Gusinde con el Padre Zenone en 1918 había entonces 32 familias, de las cuales nueve eran polígamas (4).

En la división sexual del trabajo, la mujer llevaba la carga más pesada; el ona decía que ella había nacido para trabajar. Además de la recolección de alimentos vegetales, de la preparación de las viandas y de la torta de semillas y la confección de las prendas de vestir, ella tenía el cometido de llevar sobre sus hombros durante las marchas, todos los enseres y utensilios domésticos y, además los palos y los cueros del toldo, cargados en un grueso paquete rectangular en forma de mochila.

Era común entre los selk'nam casarse con dos o más hermanas, casi siempre llamadas por la primera, o con una viuda y conjuntamente con su hija. También tenía vigencia el livirato, es decir, la costumbre de unirse con la viuda de su propio hermano. Entre las mujeres

de la choza reinaba la mayor armonía; ellas se dedicaban todas igualmente a servir al marido hayan sido esposas o cautivas tomadas en el combate.

Los niños eran objeto de cuidado por parte de las madres; generalmente se los tenía asegurados sobre una cuna, lo que permitía a los padres dedicarse a sus quehaceres. “La cuna consiste en una especie de escalerita de mano, cuyos peldaños están hechos de tiras de cuero. Sobre los peldaños ponen unos cueritos de zorro, encima de los cuales el niño es acostado y atado con fajas de cuero a los montantes laterales. Estos son clavados en el suelo en una posición inclinada y a poca distancia del fuego. De esta manera el niño recibe los beneficios del calor, sin correr el peligro de quemarse o de caer durante el sueño” (Dabbene 1911, p. 257).

El sistema de los grados de parentesco incluía un considerable número de denominaciones; la tabla de Bridges (Bridges, 1893) registró 68 términos distintos. Una buena parte de ellos -al menos 34- respondía a la inclusión del concepto de relación mío, tuyo, suyo y no corresponde, por consiguiente, a grados de parentesco distintos. Sin embargo, es evidente que el sistema de parentesco de los selk'nam era “clasificadorio” y no “descriptivo” (Imbelloni, 1936). La diferenciación de los parientes se empleaba en base a la edad relativa; por ejemplo, *yorrkan*, mi hermana mayor; *yaan*, mi hermana menor.

Iniciación

Durante la primera infancia los niños estaban bajo el cuidado de la madre; luego, al adquirir el desarrollo necesario, los hijos varones pasaban bajo la dirección del padre, quien los sometía a una vida de progresivo endurecimiento, adiestrándolos en el uso del arco y en la práctica de la caza.

Llegado a la época de la pubertad, el joven ona entraba en un período de pruebas, que se prolongaría por dos años y a cuyo término sería reconocido como miembro adulto de la tribu, físicamente y mentalmente apto para la vida del cazador. Al entrenamiento físico se acompañaba, en ese período culminante de su existencia, la adquisición de un corpus de doctrina secreta y la relación

de los ritos de la tribu, cuya naturaleza y significado el nuevo adepto debía jurar que no revelaría nunca a las mujeres, bajo pena de muerte.

El período de prueba comenzaba a los catorce años y se abría con una ceremonia en que los iniciados eran declarados *kloketen*, o novicios, y que era conocida con ese mismo nombre. La ceremonia, que duraba varios días, se realizaba con misteriosa solemnidad, por los miembros ancianos de la tribu, en un lugar situado en pleno bosque y apartado, donde se encontraba construida una choza de palos en la forma piramidal que fue descrita más arriba, de dimensiones más grandes que las comunes, la que llevaba el nombre de “choza de los consejos” y cuyo ingreso era rigurosamente vedado a las mujeres.

Las enseñanzas que el joven recibía eran que debía ser un buen compañero con los amigos, no olvidar los deberes de la venganza, esconder siempre a las mujeres su pensamiento íntimo; por último, ser valiente y saber soportar la escasez de comida y toda incomodidad.

En el tercer día se lo sometía a una serie de escenas que tenían la finalidad de despertarle terrores sobrenaturales, por medio de la aparición imprevista y cuidadosamente preparada de indios enmascarados que representaban legiones pavorosas de seres sobrehumanos. Al término de veinte días, previo solemne juramento, bajo amenaza de pena de muerte, se le confiaba el secreto de tales representaciones, la tradición de un antiguo estado de dominio tiránico ejercido por las mujeres y la necesidad de mantenerlas, por medio del terror, bajo el dominio absoluto de los varones.

Durante el *kloketen*, el novicio tenía una vida severamente controlada. Además de varias restricciones alimenticias, que consistían en la prohibición de comer los alimentos más apetecidos, se les sometía a pruebas morales violentas, en el bosque, por medio de máscaras terroríficas y a largas marchas en la soledad del bosque.

Concluida la ceremonia, los novicios o *kloketen* eran dejados en libertad, pero debían dedicar dos años a un entrenamiento intensivo, de largas marchas, cazas peligrosas y difíciles,

abstenciones alimenticias, etc.; sólo después gozaría el novicio de la estimación y los derechos de selk'nam o miembro adulto de la tribu.

Conducta del selk'nam

El humor del selk'nam era irascible en grado sumo. El sentimiento más impetuoso que gobernaba sus relaciones individuales y tribales era la venganza; más que un instinto parecería ser uno de los fundamentos de la conducta moral y jurídica. Era calificado como prueba de hombría e inculcado como deber supremo por los ancianos a los jóvenes deseosos de integrarse a la tribu.

Antes que sus tierras fueran invadidas por el blanco, el homicidio era la cosa más común y en esto el ona se diferenciaba notablemente de los indios canoeros, cuya naturaleza era pacífica. Aún en sus relaciones con el blanco, en los tiempos en que sus tribus eran numéricamente importantes, los selk'nam se mostraron en forma muy diferente respecto a los amigables yámana. Con esto no se quiere negar que, por su parte, los blancos tuvieran una poco feliz primacía en todo lo que se refiere a sentimientos inhumanos, crueldades y violencias. La triste historia de la desaparición del indio de la Tierra del Fuego no se limitó sólo a la difteria y el sarampión, sino también, como lo señaló el Padre Salesiano Mayorino Borgatello, la "civilización" fue desastrosa para el aborígen; así escribía al Vicario de Don Bosco, Don Miguel Rúa: "El haberse descubierto pequeñas minas de oro en el archipiélago de la Tierra del Fuego fue para los pobres indígenas una gran desgracia y una auténtica calamidad. Invadió aquellas islas gente forastera de todas las naciones e idiomas, no ciertamente la mejor del mundo, con daño inmenso de los desdichados indios, en parte asesinados o sometidos a dura esclavitud, y en parte, corrompidos, en sus primitivas costumbres".

Antes que la brusca intervención del blanco perturbara tan profundamente la vida del ona, eran muy frecuentes las peleas, sea del individuo contra el individuo, sea de horda contra horda. Las características económicas y sociales a que se ha hecho mención les ofrecían abundantes ocasiones; en primer lugar la intrusión de cazadores extraños en el territorio de caza propio de una

agrupación, luego el robo de mujeres, la venganza de ofensas y rapiñas anteriores, o de un supuesto maleficio interpretado por el hechicero.

Viajeros como Bridges, Gallardo, Dabbene, el Padre de Agostini y muchos otros han descrito las peleas de los ona. En todos ellos se encuentra con marcada frecuencia el concepto de "guerra" con un sentido etnológico algo imperfecto; en realidad, en pueblos de tan baja cultura y tan escaso patrimonio, sin jefes y con organización de pequeña horda, la lucha no podía superar las formas más elementales; así lo reconoce en forma explícita Cooper (1946).

En el combate, el ona arrojaba el manto y quedaba desnudo, con la frente coronada por la diadema de piel y el cuerpo totalmente cubierto por la pintura de guerra, generalmente sujetaba entre los dientes el *carcaj* que contenía las flechas.

El arte del guerrero ona consistía en rastrear las pisadas del adversario, caer sobre él de sorpresa y esperarlo en posiciones favorables. Durante el ataque no avanzaba en línea recta, sino en zigzag, a fin de hacer difícil la puntería del adversario.

Los guerreros vencidos eran muertos, mientras los niños y las mujeres caían en cautividad. Estas últimas pasaban a ser mujeres del guerrero que las tomaba, por lo común sin mostrar mucha extrañeza por ese cambio (Gallardo, 1910).

Creencias y forma de vida

En lo referente a las creencias, los ona manifestaban las mismas en un mundo sobrenatural constituido por "espíritus" clasificados en espíritus malos y espíritus buenos. También los había masculinos y femeninos.

La mayoría de estas entidades eran la personificación de objetos naturales como ser nubes, ríos, árboles y montañas. Cada uno de estos espíritus tenía una manera convencional de ser representado en las ceremonias, por indios que adoptaban peculiares colores, máscaras y adornos, de manera tal que todas aquellas personas en cuya presencia se desarrollaba una escena de *kloketen* sabían perfectamente distinguir, por ejemplo, a *Hashe*, el aborrecido espíritu del árbol seco, de *Jachai*, el temido espíritu de las barrancas cubiertas de líquenes; entre los espíritus buenos, el más querido era

Oleming, diminuto cirujano que sabía curar todas las heridas.

La casi totalidad de estos espíritus se encontraba asociada a la ceremonia de la iniciación de jóvenes y participa, por lo tanto, de la naturaleza esotérica de estos ritos destinados a impedir la dominación de las mujeres. Se trate de esta finalidad, o sea, por el uso de las altas máscaras de forma cónica, estas ceremonias se mostraban análogas a las de otras partes del mundo.

Además de esta clase de entidades sobrenaturales, se encontraban la de los *Mehn*, espíritus de los ona muertos que vagaban en la hondura del bosque.

El Padre Gusinde ha señalado que todas las creencias de los selk'nam no pueden en su totalidad ser referidas a este esquema, dado que se conservan vestigios mitológicos en los que domina el concepto de dios creador; ese personaje era *Temáukl*, quien fue autor del cielo y la tierra y era dador de la muerte y de la vida. Señala Imbelloni (1936), que probablemente se tratara de un estado de conciencia religiosa más primitivo que se encontró casi borrado por el desarrollo de los ritos demoníacos.

Propiedad

Los derechos de exclusividad del territorio de caza destinado para cada grupo de familias eran fuertemente respetados por el ona. La propiedad privada era también definida, aunque se limitaba a los escasos bienes materiales de cada familia, tales como los utensilios, el toldo, armas e instrumentos. Los despojos de la caza pertenecían igualmente al cazador, pero este acostumbraba dividirlos entre todos sus compañeros con reconocido desinterés, reservándose siempre la piel.

Respecto a la línea de descendencia, imperaba, como ya se ha señalado, la forma patrilineal. En cuanto a herencia, no existía la misma, dado que los bienes que habían pertenecido a un ona eran destruidos después de su deceso y la choza era derrumbada o incendiada. Sólo los perros de caza se conservaban, los cuales pasaban a ser propiedad de los parientes más lejanos.

Acción de los hechiceros

Como todos los pueblos orientados hacia la magia, la muerte y la enfer-

medad eran para los onas el efecto de una voluntad o poder maléfico ejercido por personas enemigas, especialmente por el hechicero de tribus adversas. El hechicero, tenía, además del don de la profecía, la facultad de curar las enfermedades o de provocarlas. Todo grupo de familias ona tenía un hechicero, al que se trataba con mucho respeto.

Sistema de numeración

El estudio de los términos de numeración comprobó que el ona tenía un nombre especial sólo para las tres primeras cifras (1, *sos*; 2, *soke*; 3, *sauken*). El cuatro se expresaba: dos veces dos, el seis: dos veces tres; el cinco se indicaba con la frase "como una mano", el diez "como dos manos". Faltaban expresiones para siete, ocho y nueve. Cantidades mayores se indicaban con la palabra "muchos".

Artes

Las artes plásticas y las decorativas no estaban representadas. Ningún objeto ona estaba provisto de decoración. Respecto al cuerpo humano no se puede decir lo mismo, cuyas pinturas en varios colores demostraban, a veces, un sentido rítmico y cromático no del todo digno de descuido. Las máscaras de los espíritus representaban también un producto de arte, sí bien embrionario.

Los selk'nam no conocían en absoluto los instrumentos musicales; sólo usaban el esófago del guanaco en el que soplaban a fin de producir un sonido desagradable e indescriptible (Gallardo, 1910 p. 163).

También insignificantes eran sus cantos; la danza era rudimentaria. Sólo se podría valorar el sentido artístico de las pantomimas de hombres enmascarados, durante el desarrollo del *kloketen*.

Costumbres funerarias

Luego de un fallecimiento, la primera práctica consistía en envolver bien el muerto y "por completo en su propia capa colocando algunos palos a lo largo del cuerpo para conseguir que se quede bien derecho: luego se le liga cuidadosamente con lonjas de cuero, de lobo o guanaco, teniendo cuidado de que se distinga la forma de la cabeza. Nada puede dar una idea de la algarabía que se forma durante este acto de vestir al

muerto" (Gallardo, 1910 p. 320).

Todo lo que pertenecía al muerto era destruido: la choza era destrozada o quemada y los familiares se iban a vivir lejos de ese lugar. El nombre del difunto desde ese momento era tabú.

ACLARACIONES

- 1) Casa - pozo o casa semisubterránea: se trata de una construcción erigida sobre un hoyo circular o rectangular practicado intencionalmente antes de la erección de las paredes.
- 2) Conchales: son depósitos, a veces inmensos por su volumen, de cenizas, piedras y principalmente residuos de comida que consisten en huesos y conchas de mejillones, abandonados allí por las muchas generaciones de moradores que se han sucedido en los varios yacimientos.
- 3) Patagones: todos los tehuelches o tehuelches meridionales, en la denominación dada por Escalada (1949) que es la del "complejo tehuelche".
- 4) Padre José Beauvoir: "all'inizio della Missione della Candelara parecchi Indi avevano due donne".

BIBLIOGRAFÍA

- Agostini, Alberto de (1923), I miei viaggi nella Terra del Fuoco, Turin
- Bird, Junius B. (1938), Antiquity and migrations of the early inhabitants of Patagonia. En: Geographical Review XXVIII: 250 - 275
- Bird, Junius (1946), The Archeology of Patagonia. Handbook South American Indians. Bureau of American Ethnology. Bulletin 143, Tomo I, pp. 17-24. Washington
- Bove, Giacomo (1883), Expedición austral argentina. Informes preliminares presentados a los ministros de Interior y de Guerra y Marina de la República Argentina; publicado por el Instituto Geográfico Argentino, Buenos Aires
- Braun Menéndez, Armando (1971), Pequeña historia fueguina, Buenos Aires
- Bridges, Thomas (1886), El confín sur de la República: la Tierra del Fuego y sus habitantes, en Boletín del Instituto Geográfico Argentino, tomo VII, Buenos Aires
- Bridges, Thomas (1893), La Tierra del

Fuego y sus habitantes, en Boletín del Instituto Geográfico Argentino, tomo XIV, Buenos Aires

Bridges, Lucas E. (1975), El último confín de la tierra. Marymar, Buenos Aires

Cooper, John (1917), Analytical and critical bibliography of the tribes of Tierra del Fuego and adjacent territory, en Bull. 63, Bureau American Ethnology, Washington

Cooper, John. (1946), Handbook of South American Indians, Smithsonian Institution, Bulletin 143

Dabbene, Roberto (1907), Viaje a la Tierra del Fuego y a la isla de los Estados, en Boletín del Instituto Geográfico Argentino, tomo XXI, Buenos Aires

Dabbene, Roberto (1911), Los indígenas de la Tierra del Fuego.

Gallardo, Carlos R. (1910), Los onas, Buenos Aires

Gusinde, Martín (1922), Expedición a la Tierra del Fuego, en Publicaciones del Museo de Etnología y Antropología, tomo II, Santiago de Chile

Gusinde, Martín (1982), Los indios de Tierra del Fuego; los selk'nam, vol. I. Centro Argentino de Etnología Americana, Buenos Aires

Imbelloni, José (1936), Las culturas indígenas de la Tierra del Fuego, en Historia de la Nación Argentina, vol. I, cap. XI, Buenos Aires, 3ª. edición. Librería El Ateneo, 1961

Imbelloni, José (1947), El poblamiento de América. Separata de la revista de la Universidad de Buenos Aires. Cuarta Epoca. Año I, N° 1, Buenos Aires. Trabajo publicado primero en inglés, con el título de The Peopling of America, en "Acta Americana", vol. I, 1943

Lehmann Nitsche, Roberto (1927), Estudios antropológicos sobre los onas en Anales del Museo de La Plata, tomo II, entrega 2, Buenos Aires

Orqueda, Luis A.; Ernesto Piana (1999), El Extremo Austral del Continente, en Nueva Historia de la Nación Argentina, vol. I, Editorial Planeta, Buenos Aires

Spegazzini, Carlos (1882), Costumbres de los habitantes de la Tierra del Fuego, en Anales de la Sociedad Científica Argentina, tomo XIV, Buenos Aires

Vignati, Milcíades A. (1927), Arqueología y antropología de los conchales fueguinos, en Revista del Museo de La Plata, tomo XXX, Buenos Aires

Acerca de los cambios ocurridos en la Península Antártica

Palabras clave: Antártida, cambio climático, península.
keywords: Antartida, environmental change, peninsula.

H. Sala¹, R.A. del Valle¹, ■
S.A. Bischoff², E. Yermolin¹
y C.A. Rinaldi³

¹Instituto Antártico Argentino (hersala@hotmail.com)
Cerrito 1248, 1010 Buenos Aires

²Universidad de Buenos Aires

³Universidad Nacional de General San Martín

Desde hace algunos años los medios de comunicación reiteran cada vez con más frecuencia noticias acerca de los notables cambios ocurridos en los glaciares y sus regiones adyacentes en distintos lugares del mundo. En nuestro país, por una cuestión de proximidad y de interés público, son las novedades provenientes de la Antártida, las que adquieren mayor repercusión. Este artículo sintetiza algunos de los aspectos más destacados ocurridos en la Península Antártica en las últimas décadas.

Para poder interpretar el impacto y las implicancias de estos cambios es necesario precisar algunas cuestiones que no siempre están del todo claras para la opinión pública. En principio hay que distinguir las formas de hielo estacional de las perennes. Por ejemplo, el hielo marino es en su mayor parte estacional. Con tan sólo unos pocos metros de espesor, apenas una fracción minoritaria del mismo sobrevive al verano (como suele suceder en el sudoeste del Mar de Weddell), logrando así, pasar de un año a otro.

También hay que tener en cuenta que el hielo marino es, justamente, de origen marino. Es decir, no proviene de glaciares, sino que se forma a partir del congelamiento de la capa superficial del océano durante los meses más fríos del año. La extensión del hielo marino antártico oscila entre 18 y 3 millones de kilómetros cuadrados, de manera aproximada, según se trate de invierno o verano, respectivamente.

Esto significa que es absolutamente normal que, una vez finalizado el invierno austral, se derritan, con el transcurso de los meses, alrededor de 15 millones de kilómetros cuadrados de mar congelado. Ahora bien, para conocer qué es lo que ocurre, no en una escala estacional, sino en una pluriannual, es necesario comparar las

anomalías de invierno y de verano de distintos años. En este sentido, los registros de los últimos treinta años indican que no existe una tendencia clara o bien definida para la totalidad del hielo marino antártico.

No obstante, sí existen regiones específicas que denotan incrementos o reducciones significativas (por ejemplo, análisis de los periodos 1979-1999 y 1981-2000 indican una reducción en los mares de Bellingshausen y Amundsen y un incremento en el Mar de Ross). Tal situación marca un claro contraste con el Ártico, donde el hielo marino se encuentra sujeto a una considerable retracción general, al menos durante las últimas cuatro décadas.

En la Antártida, por otra parte, se encuentran dos formas características de hielo perenne: los mantos y las barreras de hielo. Los mantos ocupan casi la totalidad de la superficie del continente, pudiendo superar los cuatro mil metros de espesor y, su vez, contienen a los glaciares de descarga y a las corrientes de hielo (*ice streams*). Estos dos últimos son los componentes más dinámicos de los mantos, se los diferencia del hielo circundante por su notable velocidad de desplazamiento, siendo hasta un orden de magnitud superior.

El marcado gradiente de velocidad que se genera a su alrededor, hace que

sus bordes estén claramente delineados por grandes y regulares sistemas de grietas, las cuales pueden detectarse a simple vista o mediante radares en caso de que se encuentren tapados por nieve. Los glaciares de descarga y las corrientes de hielo son elementos clave en la estabilidad de los mantos. Se estima que hasta un 90% de la descarga de los mismos ocurre a través de un número relativamente bajo de glaciares de descarga y corrientes de hielo. Por otra parte, y como se menciona más adelante, la velocidad de desplazamiento de estos últimos está, entre otros factores, fuertemente modulada por la presencia de las barreras de hielo.

Las barreras son grandes masas de hielo en flotación que abarcan superficies del orden de los cientos a decenas de miles de kilómetros cuadrados, con espesores que pueden alcanzar hasta 500 metros. Comparten algunas características con los glaciares que se observan en tierra; de hecho, la mayor parte del hielo que las forman proviene de glaciares adyacentes ubicados en islas o sobre el continente, razón por la cual, se designa a los mismos glaciares tributarios. El resto del hielo que las constituye, en general una fracción minoritaria, se forma a partir de la acumulación ocurrida en la propia

superficie de la barrera. Eventualmente, otra fracción de hielo, también minoritaria, puede formarse a partir del congelamiento del agua de mar sobre la superficie inferior de la barrera.

En otras palabras, las barreras de hielo son fundamentalmente una suerte de prolongación marina de los glaciares ubicados sobre tierras emergidas. Dado que las barreras son cuerpos de hielo en flotación, las mismas representan modelos ideales para el estudio de las propiedades mecánicas del hielo, ya que su velocidad de desplazamiento no se encuentra influenciada por las características del material subyacente, situación que sí se da en el caso de los glaciares típicos.

Circunstancialmente pueden contactar el fondo marino, lo cual induce cambios en su superficie. El estudio de la velocidad con que han sido y son transportados los sedimentos ubicados en el interior y sobre la superficie de las barreras, indica que la formación de las mismas en la Península Antártica ha demandado como mínimo varios siglos, e incluso más de mil años en el caso de la barrera de hielo Wilkins, ubicada al sudoeste de la misma.

Es conveniente hacer una aclaración con respecto a las barreras y al hielo marino, ya que si bien son dos formas de hielo en flotación, son de naturaleza muy diferente. Las primeras son muchísimo más gruesas (centenares de metros), están constituidas por hielo glaciario y, además, su extensión no está sometida a las fluctuaciones estacionales típicas del hielo marino. Dicho en otros términos, las barreras son cuerpos de hielo perenne mientras que el hielo marino es, en gran medida, estacional.

En las últimas décadas, la superficie de las barreras de hielo de la Península Antártica se redujo drásticamente. En la década del setenta se produjo la reducción de la pequeña barrera de hielo Müller, en los ochenta el colapso de la barrera Wordie, en los noventa los colapsos de las barreras del Canal del Príncipe Gustavo, Caleta Larsen y Larsen A. En 2002, fue el espectacular colapso de Larsen B, donde se desprendieron aproximadamente 2600 km cuadrados de barrera en unas pocas semanas, y muy recientemente, se dio un nuevo colapso parcial de la barrera Wilkins.

Un fenómeno, que si bien no es definitivo respecto de la futura estabilidad de las barreras, pero que no obstante, sí se ha observado con frecuencia en los veranos previos al colapso de varias de ellas, es la fusión en superficie. La fusión en superficie no sólo es indicativa del incremento en la temperatura del aire sino que, por otro lado, desencadena una serie de factores que tienen efecto negativo sobre la estabilidad de las barreras, entre los cuales podemos considerar:

- Al humedecerse la nieve disminuye su albedo, por lo tanto, absorbe una fracción mayor de la energía solar incidente, lo que a su vez, intensifica aún más la fusión. En otras palabras, se da un fenómeno de retroalimentación positiva que favorece la ablación superficial.
- El agua, producto de la fusión, puede permanecer en la superficie del hielo o del *firn* (nieve "vieja" recrystalizada en proceso de metamorfización) formando cuerpos de agua que pueden alcanzar, según los casos, dimensiones relativamente importantes. Al quedar la superficie del hielo o del *firn* cubierta por una capa de agua, nuevamente, se reduce el albedo, y se produce una mayor absorción de la radiación incidente. Este hecho, *per se*, hace que la fusión se incremente, tal como ya se mencionó. Sin embargo, la fusión puede verse fuertemente potenciada por otro efecto adicional. Una vez que una fracción de la radiación solar incidente se ha transformado en calor en el seno del líquido, el agua comienza a movilizarse verticalmente debido a los cambios de densidad asociados al aumento de temperatura, formándose así una celda convectiva. Es decir, que la formación de un cuerpo de agua, no sólo implica mayor absorción de la energía proveniente del sol, sino también su transferencia en forma dinámica. En términos físicos, no sólo se transfiere calor por conducción hasta la superficie de hielo subyacente, sino también por convección. De este modo, otro fenómeno de retroalimentación positiva incrementa todavía más la ablación en superficie.
- A medida que el agua percola por los intersticios del *firn*, la misma lleva consigo un importante contenido

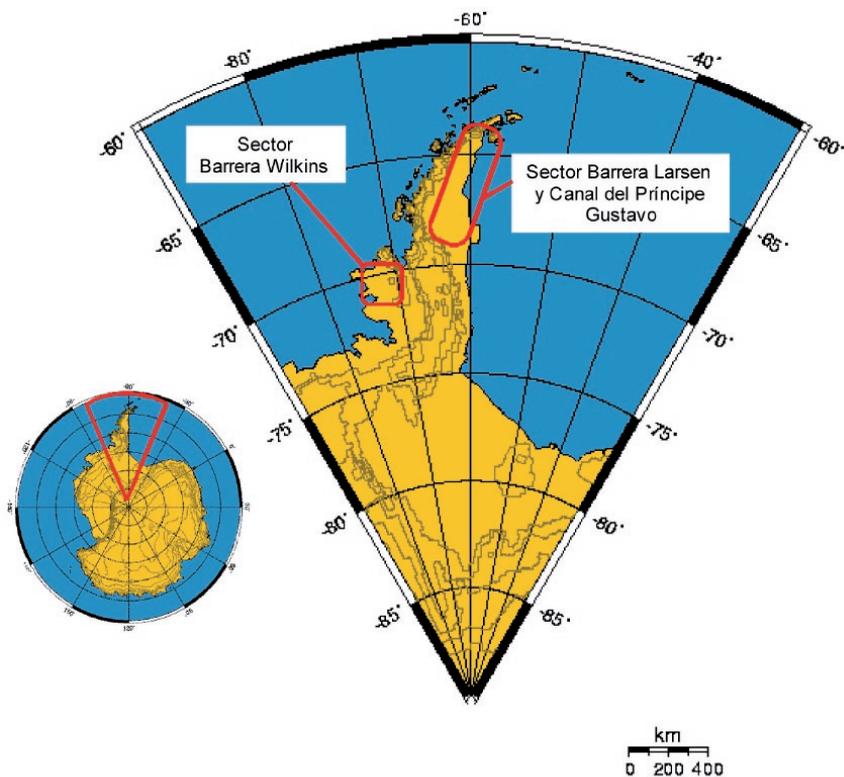


Figura 1: Los mayores cambios glaciológicos y climáticos registrados en la Antártida corresponden a la región de la Península Antártica, en particular en los sectores arriba recuadrados y que se detallan en la imagen satelital de la Figura 2.

de energía calórica (calor sensible y latente) hacia niveles más profundos de la barrera. Otra posibilidad adicional, es que el agua penetre en el interior de grietas. Tanto la primera como la segunda posibilidad, representan una transferencia neta de calor (asociada al flujo de agua) desde la superficie de la barrera hacia niveles más profundos. Al recibir calor, el hielo aumenta su temperatura y, consecuentemente, se alteran sus propiedades mecánicas, por ejemplo, se deforma más fácilmente. Por otra parte, las grietas que se colmatan con agua generan nuevas tensiones mecánicas en el interior de la barrera. Es decir, que a partir de la fusión en superficie, un fenómeno de carácter fundamentalmente termodinámico, puede desencadenarse otro, de carácter mecánico, cuya capacidad para introducir tensiones en la masa de hielo es todavía mayor. Este efecto mecánico se debe a que el agua, cuando colmata las grietas, y debido a su mayor densidad con respecto al hielo, introduce sobrecargas en las paredes y en el fondo de las mismas. En síntesis, las grietas colmatadas de agua producen un doble efecto.

Primero, un efecto termodinámico, acelerando la transferencia de calor desde la superficie hacia el fondo, lo cual, como ya se mencionó, aumenta la fluidez del hielo. Segundo, un efecto mecánico, haciendo las veces de cuña que incrementa las tensiones mecánicas, en particular cuando el agua contenida en las grietas se congela e incrementa su volumen.

Estos fenómenos explican, al menos parcialmente (notar que no se ha tenido en cuenta las variaciones en la temperatura superficial de los océanos), por qué las barreras y los mantos de hielo pueden responder al aumento de la temperatura en la baja atmósfera de manera tan rápida.

Tal celeridad en la respuesta al incremento de la temperatura del aire sólo puede ser explicada si se tiene en cuenta la participación del agua en su estado líquido, el cual es capaz de conducir y transportar calor en forma muchísimo más dinámica que el hielo.

Hay que tener presente que la fusión y el colapso de las barreras no contribuye por sí mismo al incremento del nivel del mar, dado que las mismas ya se encontraban flotando en el océano.

Por el contrario, la fusión de los hielos que apoyan sobre roca ubicada por encima del nivel del mar, sí contribuye a su ascenso.

Sin embargo, el colapso de las barreras puede desencadenar una aceleración en la velocidad de desplazamiento de los glaciares tributarios y, de ese modo, contribuir indirectamente al ascenso del nivel del mar.

Para interpretar esto último, hay que considerar que las barreras pueden retener mecánicamente a los glaciares de descarga y a las corrientes de hielo, es decir, pueden actuar reduciendo su velocidad de desplazamiento. De allí, que el adelgazamiento o el eventual colapso de las barreras esté asociado a un incremento en la descarga de hielo hacia el océano, con la consecuente elevación de su nivel. Este hecho, contemplado únicamente como una posibilidad teórica hasta hace poco tiempo atrás, fue confirmado por investigadores del IAA en el año 2003 al registrarse el colapso de la barrera de hielo Larsen B y, como consecuencia, el incremento repentino (*surge*) en la velocidad de desplazamiento de los glaciares tributarios.

Hasta aquí se hizo referencia exclu-

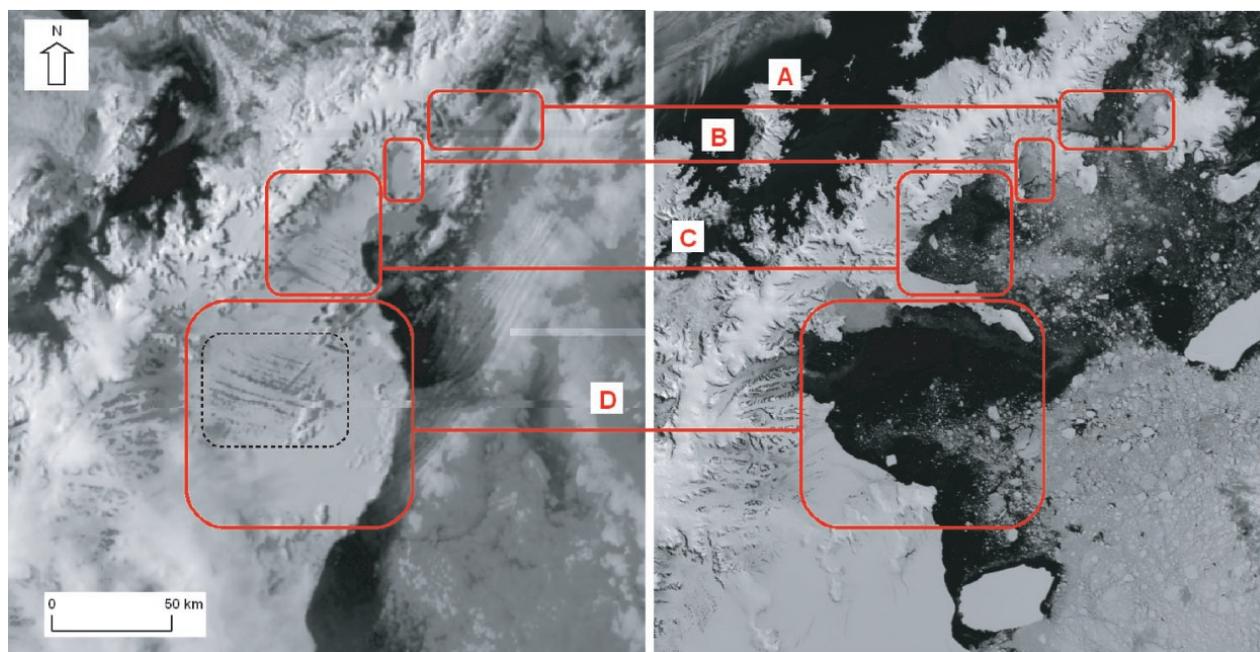


Figura 2: Cambios observados en la Península Antártica en las últimas décadas. La imagen satelital de la izquierda es una imagen AVHRR correspondiente al 10 de Enero de 1993 y la de la derecha es una imagen MODIS correspondiente al 24 de Enero de 2007. Si bien ambas son de una resolución espacial intermedia, los cambios más significativos registrados en la Península Antártica resultan bastante evidentes. A: Canal del Príncipe Gustavo y glaciares Sjøgren y Boydell, B: Caleta Larsen, C: Barrera Larsen A y D: Barrera Larsen B. En la imagen del año 1993, sobre Larsen B, se observan pequeños puntos alineados (recuadro punteado); se trata de cuerpos de agua producto de la fusión superficial, para mayor explicación ver el texto principal. Las imágenes son cortesía del NSIDC.

sivamente a lo que concierne al hielo marino, los mantos y las barreras de hielo. Sin embargo, los cambios también se observan en áreas desglazadas o libres de hielo. En particular, estos pueden resultar muy manifiestos en los lagos proglaciales y en lo que se denomina *permafrost* o suelo congelado. Por ejemplo, estudios realizados en lagos próximos a la Base Científica Jubany, ubicada en la isla 25 de Mayo, indicaron que en los últimos 50 años ocurrieron marcados descensos en los niveles de los lagos y fuertes modificaciones en su morfología y en las redes de drenaje asociadas.

Tales cambios pueden explicarse si se considera que, tanto los materiales que endican los lagos, como aquellos en los que se desarrolla la red de drenaje, están formados por *permafrost* y morenas, y que muchas de las mismas contienen núcleo de hielo. Al fundirse el hielo de la superficie del *permafrost* y del núcleo de las morenas, se producen alteraciones en la topografía que, a su vez, generan cambios en el nivel de los lagos y en su red de drenaje. En un terreno con estas características es frecuente la presencia de paleocauces y de formas asociadas al *termokarst* (forma de relieve que se desarrolla en los ambientes periglaciales). Tales características del relieve aparecen en muchas de las áreas desglazadas del norte de la Península Antártica; formas similares también han sido estudiadas por investigadores del IAA en Bahía Esperanza, en la Isla Vega, etc.

Al sur de la Península Antártica, en la Antártida central, también denominada plateau antártico, no se ha observado hasta la fecha una tendencia estadísticamente significativa para la temperatura del aire en superficie. Esto podría deberse a dos razones distintas, aunque no mutuamente excluyentes. La primera, que efectivamente no exista una tendencia significativa y que la temperatura del plateau antártico sea estacionaria, al menos en lo que respecta a su valor medio anual. Y la segunda, que debido a la escasa distribución espacial y temporal de los datos disponibles hasta la fecha no sea factible detectar alguna tendencia, en el caso que exista. El plateau antártico representa un problema difícil de abordar desde el punto de vista meteorológico y climático; no sólo debido a la escasa presencia de estaciones

meteorológicas en esta vasta región, sino que además sus registros suelen ser discontinuos o no demasiados extensos en el tiempo. Por tal motivo, es que se recurre en forma intensiva al uso de información obtenida por sensores remotos. Más específicamente los satélites meteorológicos y de observación, juegan un papel imprescindible en la meteorología antártica debido al gran espaciamiento que existe entre las estaciones de observación. Por otra parte, la información satelital permite evaluar variables que no pueden determinarse desde una estación de superficie típica. Por ejemplo, mediante información satelital es posible estimar la cantidad total de vapor de agua y agua precipitable presente en la atmósfera.

En 1978, Mercer propuso que el límite de viabilidad de las barreras estaba determinado por la isoterma anual de -4°C . Sin embargo, un estudio más reciente afirma que tal viabilidad estaría limitada a la isoterma de verano de $-1,5^{\circ}\text{C}$; es decir, sólo podrían perdurar las barreras que estuviesen ubicadas al sur de la línea que une los puntos cuya temperatura media estival es igual a $-1,5^{\circ}\text{C}$.

En las últimas cinco décadas la temperatura promedio anual de la Península Antártica se ha incrementado poco más de $2,5^{\circ}\text{C}$. Esto significa que las isotermas se han desplazado hacia el Polo, comprometiendo la viabilidad de la mayor parte de las barreras de la PA y, a juzgar por los hechos, conforme pasan los años, son cada vez más las que quedan expuestas a este cambio en la distribución de las temperaturas.

En síntesis, cabe interpretar que la idea principal propuesta por Mercer sigue vigente después de 30 años de haber sido enunciada aunque con algunas modificaciones. Los cambios observados en la Península Antártica se explican fundamentalmente a partir del desplazamiento de las isotermas, particularmente las isotermas de verano y demás variables climáticas asociadas tales como presión y humedad. Por otra parte, otro aspecto que ha quedado de manifiesto en los últimos años, y que sin duda genera cierta preocupación, es la celeridad con que la criósfera ha reflejado los cambios producidos en la baja atmósfera, algo que resultaba impensable hace unas pocas décadas.

■ BIBLIOGRAFÍA

- Bamber, J., Vaughan, D. y Joughin, I., 2000. Widespread Complex Flow in the Interior of the Antarctic Ice Sheet. *Science*, 287, 1248-1250.
- Bindschadler, R., 2006. The environment and evolution of the West Antarctic ice sheet: setting the stage, *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 364, 1583-1605. doi: 10.1098/rsta.2006.1790. Disponible en: http://fiesta.bren.ucsb.edu/~dozier/Class/ESM203/Reading2007/Bindschadler_RoySoc2006.pdf
- De Angelis, H. y Skvarca, P., 2003. Glacier surge after ice shelf collapse. *Science*, 299 (5612), 1560-1562.
- De Angelis, H., en prensa. El Manto de Hielo Antártico: Estructura interna, dinámica y estabilidad. En: Silva Busso, A. (Ed.) Recursos Hídricos de la Península Antártica, Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación, Argentina.
- Del Valle, R., Tatur, A., Lusky, J. y Gómez Izquierdo, D., 2004 Cambios morfológicos recientes en lagos de la península Potter, isla 25 de Mayo, islas Shetland del Sur, Antártida. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59 (3). Disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/raga/v59n3/v59n3a09.pdf>
- Laine, V., 2008. Antarctic ice sheet and sea ice regional albedo and temperature change, 1981–2000, from AVHRR Polar Pathfinder data. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 112 (3), 646-667.
- Parkinson, C. L., 2002. Trends in the length of the Southern Ocean sea-ice season, 1979-99, *Annals of Glaciology*, 34, 435-440.
- Sala, H., Bischoff, S. y Yermolin, E., 2007. Estudio preliminar acerca del contenido de humedad y agua precipitable en la atmósfera sobre la Península Antártica. VI° Simposio Argentino y III° Latinoamericano sobre Investigaciones Antárticas. Disponible en: <http://www.dna.gov.ar/CIENCIA/SANTAR07/CD/PDF/GEORE810.PDF>
- Scambos, T., Hulbe, C., Fahnestock, M. y Bohlander, J., 2000. The link between climate warming and break-up of ice shelves in the Antarctic Peninsula. *Journal of Glaciology*, 46 (154), 516-530.
- Yermolin, E. y Silva Busso, A., 2007. Desarrollo de termokarst y aguas subterráneas en Bahía Esperanza, Península Antártica. VI° Simposio Argentino y III° Latinoamericano sobre Investigaciones Antárticas. Disponible en: <http://www.dna.gov.ar/CIENCIA/SANTAR07/CD/PDF/GEORE808.PDF>

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

Contaminación del agua en áreas rurales: Diagnóstico, demandas y soluciones

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

En este trabajo se presenta una visión general sobre las causas de contaminación del agua provenientes de los sistemas de producción agropecuaria. La incorrecta utilización de pesticidas y fertilizantes, los sedimentos y contaminantes que llegan al agua superficial por los procesos de erosión, el mal manejo del estiércol y la deficiente construcción de las perforaciones, son algunos ejemplos de factores que afectan la calidad del agua en estos ámbitos. Los productores son los más involucrados en la contaminación indiscriminada y también los más afectados por el agua contaminada, a la cual tienen acceso en pozos cercanos. Se muestran resultados de contaminación existentes en la Pradera Pampeana. Finalmente se presenta una experiencia de gestión del agua en una comunidad del norte de la provincia de Buenos Aires, donde la investigación de los problemas locales a través de estrategias educativas, promueve la participación comunitaria en los diferentes aspectos que hacen a la contaminación del agua en la región.

■ **María Alejandra Herrero¹, Graciela María Isabel Sardi¹, Elisa Valeriani², Inge María Erica Thiel¹, Agustín Ángel Orlando¹**

¹Área Agrícola y ²de Nutrición Animal - Dpto. Producción Animal - Facultad de Ciencias Veterinarias - Universidad de Buenos Aires
Av. Chorroarín 280 (1427). Ciudad de Buenos Aires. aherrero@fvvet.uba.ar

■ INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso primordial para la vida y el desarrollo de todos los seres vivos. Hace más de 2600 años Thales de Mileto dijo "todas las cosas son agua". Hoy se conoce la proporción de agua en los tejidos celulares, y la presencia de este vital elemento en sus diversos estados en la superficie terrestre y debajo de ella.

El globo terráqueo está cubierto en más del 70% por agua. El 97,5% es agua salada proveniente de océanos y mares y el 2,5% restante es agua dulce, que se halla en ríos, lagos, glaciares, hielos eternos y en aguas subterráneas. Sólo un 10% del agua dulce es de fácil acceso. La calidad del agua superficial se encuentra seriamente afectada por las actividades humanas.

La población del planeta aumenta constantemente y con ella la demanda de agua para sus necesidades directas y para la producción de alimentos. Thomas Malthus se preocupaba por la posible falta de alimentos para una población en continuo aumento desde hace más de 200 años.

La producción agrícola fue respondiendo a estas predicciones. Antes de 1870 sólo se podía aumentar la pro-

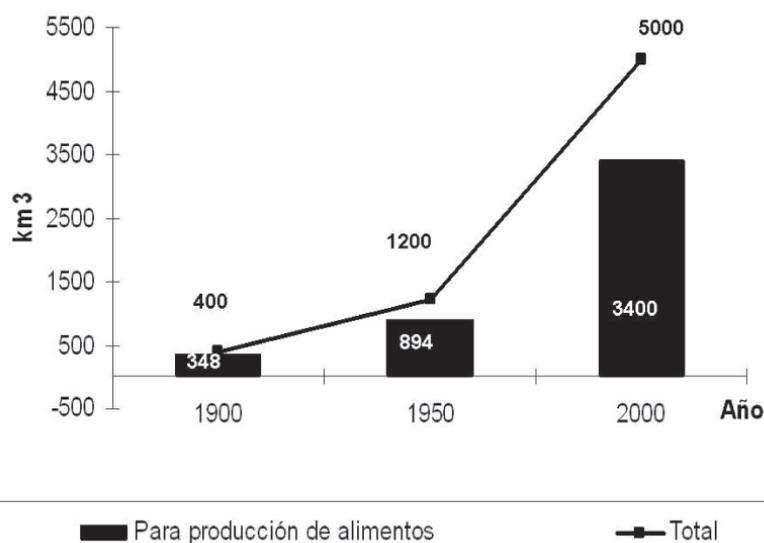


Figura 1: Evolución de la demanda de agua total y para la producción de alimentos a escala mundial (expresado en km³).

ducción incorporando nuevas tierras vírgenes y utilizando métodos físicos y culturales para controlar el daño por enfermedades o depredadores. El agotamiento de las tierras se contrarrestaba con rotaciones de cultivos y pasturas. Los adelantos en la agricultura y el incremento en las cosechas derivaron de la mecanización, la incorporación de fertilizantes sintéticos, el desarrollo de semillas híbridas, la intensificación de los sistemas de producción animal y la incorporación de tierras marginales o áridas utilizando riego. Esto llevó a una mayor producción de alimentos por unidad de superficie.

La consecuencia de estas prácticas fue el incremento del riesgo potencial de contaminación de los cursos de agua por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados y fosforados y de los desechos de la producción animal. Los agroquímicos pueden también contaminar las aguas y aparecer como residuos en los alimentos.

El uso del riego artificial produjo incrementos en los rindes de los cultivos, sin embargo favoreció la disolución de productos químicos excedentes y su consecuente escorrentía hacia aguas superficiales y subterráneas.

El agua "limpia" es el recurso mundialmente más crítico y más amenazado por algunas prácticas del sector agropecuario. La población aumenta y la demanda de agua se incrementa, no

así su disponibilidad, que es limitada. En la Figura 1 se observa la evolución de la demanda total de agua y la proporción utilizada para la producción de alimentos.

Del total del agua utilizada en el año 2000 el promedio mundial para la producción de alimentos representa el 68% (3400/5000 km³), sin embargo existen variaciones según continentes: África 88%, Asia 86%, América del Sur 59%, América Central y Norte 49% y Europa y Oceanía 33%, donde el 60% del agua utilizada proviene de recursos subterráneos, generalmente menos contaminados y afectados que las aguas superficiales (Spaeth y otros, 1996).

■ LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA EN ÁREAS RURALES

Los cuerpos de agua, se dividen en aguas superficiales y subterráneas. Las aguas superficiales pueden tener movimiento de desplazamiento lento (lagos, lagunas y humedales) donde se realizan importantes procesos de detoxificación por fijación a la materia orgánica. También se presentan como aguas en movimiento (ríos), donde se produce una importante dilución y distribución de los contaminantes a lo largo de su recorrido.

El agua subterránea es el agua que se encuentra por debajo de la superficie

del suelo. Cuando el material es suficientemente abundante y permeable, para aportar cantidades significativas de agua a pozos y manantiales, se denomina "acuífero". Los acuíferos se pueden clasificar en no confinados, como el que se encuentra cercano a la superficie, en la zona no saturada del suelo, denominado habitualmente freático, y los acuíferos confinados.

La relación entre las actividades agropecuarias y la contaminación de los cursos de agua, es una prioridad en las investigaciones de muchos países porque se desconocen los efectos de las principales causas de la contaminación.

Por otra parte, la falta de interés se puede deber a: - las dificultades para medir la pérdida de nutrientes hacia las aguas subterráneas, - la falta de información sobre efectos en la salud producidos por largos períodos de exposición a contaminantes y - a la poca importancia que el productor rural le concede a los temas ambientales.

El suelo es la principal fuente de contaminantes por procesos como la lixiviación (lavado), la erosión hídrica y eólica y la volatilización.

A continuación se describen los principales contaminantes en las áreas rurales.

El **nitrógeno** es uno de los nutrientes limitantes en la producción de alimentos y de fibras y las cantidades requeridas son mayores que las de otros nutrientes esenciales, utilizándose diversas fuentes para fertilizar los suelos.

El nitrógeno orgánico, fijado en los suelos, proviene de la materia orgánica. La presencia de nitratos en las aguas subterráneas puede derivar de la oxidación de dicho material y se puede relacionar a prácticas agrícolas. Las concentraciones naturales de nitratos en aguas subterráneas son generalmente bajas (1 a 5 mg/L). Valores más elevados pueden indicar contaminaciones debidas a las actividades antropogénicas (producidas por el hombre) (Gelberg y otros, 1999).

La producción agrícola utiliza diferentes sustancias nitrogenadas. Los nitratos son los más comprometidos por su solubilidad, fácil lixiviación y sus riesgos para la salud.

Elevados valores de nitratos (NO₃⁻) son problemáticos para la salud humana, ya que su ingesta reduce la capa-

cidad de transporte del oxígeno por la sangre (metahemoglobinemia o enfermedad de los bebés azules). El nitrato se reduce a nitrito (NO₂⁻) oxidando al hierro (Fe) de la hemoglobina de la sangre. Esto forma metahemoglobina, producto incapaz de transportar oxígeno. Los niños tienen mayor posibilidad de estar expuestos a este efecto negativo (Bruning y Kaneene, 1993).

En los Estados Unidos el límite máximo para los nitratos (NO₃⁻) en el agua para uso humano, fijado en 1973 por la Agencia de Protección Ambiental (US-EPA) es de 44 mg/L. (expresado como 10 mg/L de N-NO₃⁻). La Organización Mundial de la Salud (WHO) (1995) sugiere para Latinoamérica como valor guía 50 mg/L. de nitratos y la Argentina establece un límite de 45 mg/L. (De La Canal, 1993; Urrutia Pérez y otros, 2003).

La concentración de nitratos en aguas subterráneas se desconoce, especialmente en aquellas perforaciones individuales de poblaciones que no son abastecidas por agua de red (Vrba y Romjin, 1986). En Estados Unidos aparecen en cantidades detectables en el 90 % de los pozos domiciliarios, y más del 10 % exceden los valores límites recomendados. Pozos poco profundos, antiguos y localizados en suelos permeables, o cercanos a campos fertilizados o establecimientos de engorde a corral, son más vulnerables a la contaminación por nitratos (Gelberg y otros, 1999).

El **fósforo**, en forma de fosfatos, puede ser el mayor contaminante de aguas superficiales. Sus fuentes principales

son los fertilizantes y los desechos animales. Este nutriente no es muy importante en la contaminación del agua subterránea, ya que los fosfatos se fijan a las partículas del suelo, pero pueden llegar al agua superficial por la escorrentía que desencadena el proceso de erosión. Este incremento de nutrientes produce un desequilibrio en el ecosistema acuático, conocido por eutrofización. Este proceso puede producir el florecimiento excesivo de algas azul-verdosas. Sus productos de descomposición desgastan el oxígeno, y esto puede ocasionar la mortandad de peces. El crecimiento abundante de estas algas (cianobacterias) además de resultar tóxicas, puede saturar los sistemas de purificación de agua para consumo. El exceso de nitrógeno y fósforo en aguas costeras son responsables del florecimiento abundante de algas, como por ejemplo las mareas rojas que se dan alrededor de todo el mundo.

El **potasio** también se encuentra en la mayoría de los fertilizantes, pero no se conocen efectos negativos sobre aguas subterráneas y superficiales. Se mantiene fijado a las partículas del sedimento.

Los **pesticidas** son utilizados en la agricultura intensiva y permiten aumentar el rinde de los cultivos al mantener las plantas sanas, controlando malezas, insectos, nematodos, hongos o virus. Muchos de estos productos no son selectivos y también dañan flora y fauna benéfica en los alrededores de la zona de aplicación.

Los pesticidas no sólo entran en contacto con las plantas que protegen,

sino también pueden volatilizarse a la atmósfera o llegar al suelo. En la Tabla 1 se muestra su distribución y posibles procesos para su transformación o transporte.

Las aguas superficiales se contaminan frecuentemente por métodos inadecuados de aplicación y su deriva por el viento. El excedente de los productos puede llegar al suelo y si no se degrada, iniciar un lento viaje hacia el agua subterránea. En 1989, en Alemania, se describieron 39 pesticidas diferentes en el agua subterránea.

Para evitar estos problemas se requieren acciones de protección en las zonas de recarga de los acuíferos. Una amenaza especial se encuentra en las zonas de descarga y en los estuarios de ríos que pasan por ciudades que no tienen un sistema de tratamiento adecuado de los efluentes. En casi todos ellos, han sido detectados en almejas residuos de DDT y de sus productos de degradación parcial, a pesar de que en la mayoría de los países se dejó de utilizar en la agricultura desde los años 70's.

Los funguicidas de amplio espectro, inicialmente utilizados, contenían cobre (Cu), mercurio (Hg) o cadmio (Cd) y sus derivados orgánicos. La mayoría de los actualmente en uso son específicos para ciertos patógenos vegetales y son menos tóxicos para los animales.

El **arsénico** (As) se utilizó ampliamente en agricultura y horticultura, pero también aparece como contaminante natural en varias regiones del mundo. La disolución de minerales naturales por la lluvia es la causa principal.

PESTICIDAS	MEDIO	PROCESO	CONDICIONES
	ATMÓSFERA		VOLATILIZACIÓN
		FOTOXIDACIÓN	LUZ SOLAR
		LAVADO	LLUVIA
PLANTA		ABSORCIÓN	CONDICIONES DEL SUELO
SUELO		DEGRADACIÓN BIOLÓGICA	PH, HUMEDAD MATERIA ORGANICA
		DEGRADACIÓN QUÍMICA	HUMEDAD, PH
		PERCOLACIÓN	HUMEDAD CARACTERÍSTICAS DEL SUELO
		ADSORCIÓN	CONTENIDO DE ARCILLA Y MATERIA ORGÁNICA HUMEDAD, PH

Tabla 1: Procesos de distribución y transporte de pesticidas en el sistema suelo-planta-atmósfera

Los **metales** no se degradan, se pueden volver más o menos solubles o biodisponibles, pero no desaparecen. Son retenidos por las partículas del suelo que al ser erosionadas por la escorrentía llegan al agua superficial y estos sedimentos significan una amenaza para el ambiente. Las plantas los pueden incorporar del suelo, y producir intoxicaciones en la cadena trófica. Sus fuentes son: el uso de barros como fertilizantes, las fugas de desechos de depósitos municipales, las actividades mineras, como contaminantes en los fertilizantes y en menor medida en los funguicidas.

La contaminación de aguas subterráneas por **microorganismos** es generalmente menos significativa que la de aguas superficiales. Esto se debe a la actividad filtrante de las partículas de suelo. Sin embargo, este proceso no siempre es eficiente y pueden aparecer enfermedades transmitidas por el agua. Las enterobacterias pueden aparecer en perforaciones demasiado superficiales, mal construidas o mantenidas, sin cubierta protectora adecuada o que se encuentran cerca de pozos sépticos. Para minimizar los efectos negativos se fijan distancias mínimas entre pozos sépticos y perforaciones para la extracción de agua para consumo.

Estas enfermedades se presentan en mayor proporción en los países menos desarrollados. Valores encontrados en áreas rurales en la Argentina, muestran que el 70% de las perforaciones utilizadas en los tambos presenta diversas contaminaciones de origen microbiano (Nosetti y otros, 2002).

Los desechos animales contienen distintos tipos de microorganismos. Muchos de los organismos que causan enfermedades no persisten por tiempos apreciables en el suelo, debido a las condiciones ambientales desfavorables. Los quistes de parásitos y los virus no se reproducen en el ambiente, sin embargo pueden sobrevivir largo tiempo.

Todos estos contaminantes pueden llegar al agua superficial y subterránea desde procesos de contaminación difusos o puntuales. Los difusos provienen de la aplicación generalizada de abonos y fertilizantes nitrogenados, de estiércol animal y de la rotación intensiva con leguminosas. Es decir existen muchos puntos de contaminación en una misma región. La contaminación

puntual es provocada por descargas puntuales provenientes de pozos sépticos cercanos a las perforaciones, de aguas servidas municipales e industriales, de efluentes de sistemas de engorde a corral (feedlot), y de corrales de tambos. Dependiendo de cada proceso existirán diferentes formas de prevención o de reducción de sus efectos sobre el ambiente.

En síntesis, existen incontables ejemplos negativos sobre como los sistemas de producción agropecuarios deterioran la calidad del agua. Las acciones de mayor impacto son la agricultura bajo riego y la cría de animales en confinamiento. En algunas regiones estas actividades aportan más del 60% de los contaminantes en aguas superficiales. Ecosistemas como los humedales se dañan por fertilizantes, estiércol y pesticidas. La reducción de la contaminación del agua en el medio rural dependerá de un nuevo concepto, como es el manejo integrado de los recursos hídricos.

A continuación se describe como estos contaminantes son emitidos desde la complejidad de los sistemas de producción de alimentos.

■ LA AGRICULTURA

La agricultura y la calidad de agua están fuertemente relacionadas, ya que las necesidades primarias para la producción de alimentos son el suelo y el agua. Por otro lado la agricultura es la fuente principal del drenaje y la escorrentía de sedimentos, nutrientes y pesticidas que afectan la calidad del agua.

Las regiones agrícolas del planeta se dividen en aquellas que reciben suficiente agua de lluvia y las que requieren riego artificial.

El riego en superficies reducidas se realiza por canales y mediante la utilización de aguas superficiales, pero en establecimientos de mayor extensión la irrigación requiere bombeo de agua subterránea. La cantidad y calidad del agua son muy importantes, ya que se producen severos efectos negativos por su sobre-explotación. Se debe tener en cuenta que sólo la mitad del agua aplicada es utilizada eficientemente por las plantas. El resto escurre hacia cursos superficiales llevando pesticidas y fertilizantes, o se evapora.

Los terrenos con mayor tendencia a la erosión pierden fácilmente sedimentos cuando coinciden el laboreo y una mínima cobertura del suelo, con lluvias estacionales fuertes. En la Argentina, 60 millones de hectáreas están expuestas a procesos erosivos de moderados a graves (Naumann y Madariaga, 2003). Para disminuir estos efectos se requieren técnicas conservacionistas y de una política de ordenamiento territorial.

La principal necesidad de nutrientes del suelo son nitrógeno, fósforo y potasio y son los principales componentes de los fertilizantes comerciales. Las dosis exactas requeridas deberían determinarse con precisión para no ser aplicadas en exceso. Esta sobre-fertilización es la causa principal de la contaminación difusa. El excedente no será utilizado por el cultivo y se lavará hacia el curso de agua superficial más cercano. También puede ser introducido por lixiviación al agua subterránea. El uso de fertilizantes en la Argentina, expresado en miles de toneladas, fue de 240 en el año 1980, llegando hasta 2.200 en el 2003, según la Cámara de Sanidad y Fertilizantes (CASAFE, 2006).

El nitrógeno presenta un caso particular, ya que proviene del suelo y de la fijación biológica del nitrógeno del aire. Algunas leguminosas como la alfalfa pueden fijar hasta 350 kg. de nitrógeno por hectárea o como el trébol blanco que puede fijar hasta 545 kg./ha durante su crecimiento (Carlsson y Huss-Danel, 2003).

El mejor método para reducir el agregado de nutrientes y mejorar su eficiencia de utilización se inicia en el suelo. Un análisis apropiado del mismo sumado al mejoramiento de las técnicas de aplicación (por ejemplo en franjas), puede disminuir la pérdida de nutrientes entre el 35% y el 94%. Fertilizantes que liberan el nitrógeno lentamente, y aplicaciones parciales según el momento de crecimiento, también disminuirán estas pérdidas. Cultivos en terrazas, rotaciones de cultivos y otros métodos que permiten la conservación de la cobertura del suelo, reducen la erosión y con ella las pérdidas de nitrógeno y fósforo, mejorando, en definitiva, el aprovechamiento de los nutrientes.

El uso permanente y progresivo de fertilizantes y pesticidas llevó en

muchas regiones a conflictos entre los agricultores y los usuarios del agua. Hasta los años 80's la contaminación del agua por pesticidas, no era considerada una amenaza. Pero desde aquella década la cantidad y frecuencia de aplicaciones de pesticidas, se cuadruplicó en la mayoría de los países europeos (Vrba y Romjin, 1986). En la Argentina la situación es similar y ocurre paralelamente a la aparición de una nueva tecnología, la siembra directa, que se basa en sembrar el cultivo sobre rastrojo del cultivo anterior con una mínima remoción del suelo. Las primeras experiencias de siembra directa datan de 1986, pero desde 1990 su aumento fue considerable. La superficie sembrada fue de 250.000 hectáreas en 1990, llegando a más de 19.500.000 de hectáreas en la campaña 2004/2005, y hoy continúa su expansión, representando el 67% del total del área sembrada. (AAPRESID, 2006)). La siembra directa evita la erosión, pero depende del uso de fertilizantes y pesticidas.

En el monitoreo de la calidad del agua se debe tener en cuenta que los productores aplican más de un producto agroquímico durante el ciclo de crecimiento del mismo cultivo. Probablemente, al año siguiente estos productos serán reemplazados por otros. Los métodos analíticos que se utilizan no son adecuados para detectar simultáneamente todas las familias de pesticidas y en consecuencia, su control resulta limitado.

La gestión más eficiente y cuidadosa de técnicas integradas de manejo de plagas, podrá reducir sustancialmente la cantidad de productos necesarios, y con esto ofrecer una alternativa con menor riesgo para el ambiente.

■ LA GANADERÍA

La producción animal se encuentra directamente relacionada con la producción de estiércol, y con diferentes grados de contaminación ambiental, especialmente del agua. El manejo de grandes cantidades de animales, especialmente en confinamiento, produce fuentes puntuales de contaminación. En algunos países se fija la cantidad máxima de cabezas por unidad de superficie para mejorar la sustentabilidad de estos sistemas (Morse, 1995).

Si los acuíferos son poco profundos, la contaminación puede llegar a ellos por lixiviado de los desechos desde las lagunas de estabilización, los corrales y desde los potreros en los cuales fue aplicado el estiércol como fertilizante de cultivos y pasturas. Generalmente se detectarán mayores concentraciones de nitratos en el agua subterránea en la estación más lluviosa, dependiendo del tipo de suelo.

Los animales en pastoreo devuelven al sistema entre el 60 y el 70% del nitrógeno y fósforo ingeridos, por orina y excretas, permaneciendo una escasa proporción en los productos (carne, leche, etc.). Cuando son alimentados bajo sistemas pastoriles es frecuente encontrar contaminación puntual por nitratos en el área cercana a la aguada. En sistemas de producción intensivos y confinados, en los cuales la suplementación con granos es significativa, se suele encontrar contaminación por fósforo en las zonas de escorrentía. Un aspecto importante de esta situación es la transferencia de nutrientes que se producirá a partir de la remoción de nutrientes desde áreas de pastoreo a las áreas de concentración de animales.

■ CALIDAD DEL AGUA EN SISTEMAS PASTORILES

Las praderas se utilizan para la cría de animales y tienen un papel importante en la conservación de los suelos, siendo fuentes de agua limpia para las zonas de recarga de acuíferos. El sobrepastoreo es un factor importante como desencadenante del escurrimiento superficial. El impacto dependerá de la intensidad y cantidad de las lluvias, de las propiedades del suelo y de la pendiente del terreno.

En la Argentina existen 125 millones de hectáreas de pasturas naturales y un 70% de las mismas se encuentran en suelos altamente erosionables y no aptos para la agricultura. Ocho millones de hectáreas de pasturas perennes muestran señales de erosión. En estas zonas los caminos producidos por las huellas de los vacunos tienden a concentrar los escurrimientos, especialmente en áreas con pendientes marcadas. Los animales se reúnen en montes protegidos, en las cercanías de los cursos de agua. Este comportamiento incrementa el escurrimiento hacia aguas superficiales, además de producir contaminación microbiológica, cuando los animales tienen acceso directo al agua.

Otra preocupación importante es la contaminación del agua subterránea, existiendo evidencias sobre la contaminación de las mismas por la acumulación de deyecciones cerca de las aguadas (Herrero y otros, 2000). Una estimación de la cantidad y calidad del estiércol producido en la Argentina durante el año 1996 se indican en la Tabla 2.

Animal	Número de cabezas (1)	Deyecciones frescas Kg./cabeza/día. (2)	Deyecciones totales (toneladas/año)	Sólidos totales (ST) (kg/animal/día)	Nitrógeno % (base ST)	Fósforo % (base ST)	Potasio % (base ST)
Novillo	45.075.156	32	526.477.825	3.1	4.9	0.9	3.6
Vaca lechera	1.950.123	40	28.471.825	4.7	3.9	0.7	2.6
Cerdo	3.341.652	25	30.492.574	2.7	7.5	2.5	4.9
Oveja y Cabra	22.412.391	15	122.707.840	4.5	4.5	0.7	3.2
Caballo	1.994.241	20	18.197.449	4.3	2.9	0.5	1.8
Aves	340.000.000	0.4	49.640.000	7.2	6.2	1.9	2.2

1 – Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC), 1997

2 – Estimación adaptada de CAST, 1992; Morse, 1995; Spaeth y otros 1996.

Tabla 2. Estimación del número de cabezas, cantidad y características del estiércol producido en Argentina en 1996.

Investigaciones realizadas en Nueva Zelanda (Spaeth y otros, 1996) muestran que las mayores pérdidas de nitrógeno provienen de la orina. Este nitrógeno en parte se volatiliza como amoníaco. El resto es transformado en nitrato, el cual si no es utilizado por las plantas se lixivia fácilmente. En la Argentina, ante la necesidad de conocer la presencia de nitratos que afectan la calidad del agua subterránea, se analizaron 648 muestras provenientes de molinos ubicados en praderas. El 69% de las perforaciones localizadas en zonas de suelos arenosos, mostraron valores de nitratos por encima de 45 mg/L. Los valores más altos, mayores a 250 mg/L, se encontraron cerca de aguadas y áreas con sombra (Herrero y otros, 2000).

Otro nutriente importante es el fósforo. El aumento de la cantidad de animales y las aplicaciones incorrectas de fertilizantes incrementan el escurrimiento superficial del mismo.

Si se reducen las pérdidas de suelo, también se reducen las pérdidas de nitrógeno y fósforo. Para disminuir el impacto del pastoreo sobre la calidad del agua, el productor puede regular la intensidad del pastoreo, mantener los animales fuera de áreas susceptibles, proveer fuentes alternativas de agua y sombra, y permitir la recuperación de los recursos forrajeros.

■ CALIDAD DE AGUA EN SISTEMAS DE CRÍA INTENSIVA

En los últimos 30 años, en los países en desarrollo, se incrementaron los engordes a corral, los megatambos, llegando en algunos casos a ser tambos estabulados y los establecimientos productores de cerdos y aves. Esto lleva a una mayor concentración de estiércol, que si no es manejado de manera apropiada es una fuente potencial para la contaminación del agua por el escurrimiento incontrolado de efluentes, por la lixiviación de campos fertilizados con estiércol, y desde corrales de animales. La contaminación de los cuerpos de agua también proviene de las pérdidas de líquidos de los forrajes conservados (silaje).

Para controlar los residuos animales es necesario su manejo y disposición correcta donde el destino de los nutrientes contenidos en el estiércol es

fundamental. El escurrimiento desde instalaciones mal manejadas puede arrastrar patógenos (bacterias y virus), nutrientes y sustancias contaminantes que demandan oxígeno para su degradación y afectan áreas pesqueras alterando la calidad del agua.

El productor es generalmente consciente de los problemas que derivan de la aplicación de estiércol, sin embargo existen trabajos que muestran los efectos de aplicaciones excesivas o con distribución no-uniforme. El estiércol, debido a los costos del transporte, se aplica generalmente cerca del sitio en el cual se almacena. Los cultivos así fertilizados pueden recibir mayor cantidad de nutrientes que la cantidad que remueven.

El estiércol de aves y de cerdos, pueden ser utilizados tanto para la fertilización de cultivos, para alimento de rumiantes o como biomasa para la producción de metano. En general los productores desconocen la calidad de los efluentes y las opciones tecnológicas para el manejo del nitrógeno y del fósforo. Diferentes programas de capacitación son la base para lograr su manejo sustentable. El estiércol deja de ser entonces un producto de desecho para convertirse en un recurso de nutrientes.

En síntesis, un reto para la producción animal es el desafío del manejo de nutrientes, tanto desde una perspectiva ambiental, como económica.

■ CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA REGIÓN PAMPEANA

La Región Pampeana es una amplia llanura caracterizada por clima templado húmedo y vegetación natural de pradera. La fuente principal de aprovisionamiento de agua es de origen subterráneo. Es la región de mayor producción sin necesidad de riego en el país, con una superficie de 52.300.000 ha (523.000 km²), representando el 88% de la producción total de leche de la Argentina, el 70% de la producción de carne vacuna y el 90% de la producción de cereales y oleaginosas (Herrero y otros, 2000).

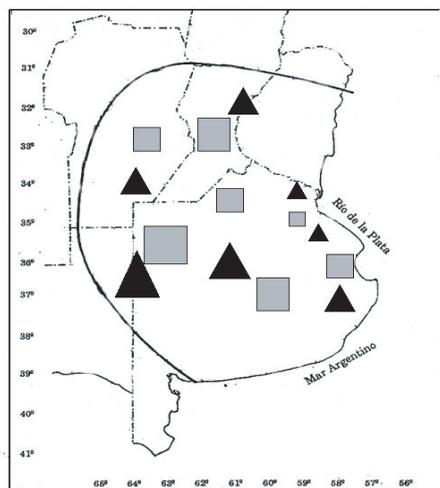
El agua que utilizan los establecimientos agropecuarios se obtiene mediante perforaciones, cuya profundidad se encuentra en general entre los 12 y

30 metros. La mayoría de dichos acuíferos abastecen, suficiente cantidad y calidad de agua para las demandas de los sistemas productivos. Sin embargo se presenta una distribución variable del contenido de sales totales, dureza, nitratos y arsénico. La contaminación química y microbiológica del agua, detectada en 2500 perforaciones del norte de la Provincia de Buenos Aires mostró que más del 50%, presenta un riesgo para la salud de la población rural residente, de los animales y de la calidad de los productos agropecuarios (Herrero y otros, 2000).

Los nitratos y el arsénico representan dos tipos de contaminación, inducida o antropogénica en el primer caso y natural en el segundo. Ambas ocasionan problemas de salud en el hombre y en los animales y son dos de las principales causas que afectan la potabilidad química. Otro de los problemas detectados es la excesiva extracción de agua subterránea en la zona oeste, que provoca una alteración de la calidad y cantidad de agua, por efecto de la sobreexplotación (Mapa 1) (Herrero y otros, 2000).

En esta región se encuentran las tres cuencas lecheras de mayor importancia para la provincia de Buenos Aires (Abasto Norte y Sur y Oeste). La calidad del agua disponible es un problema central, dado que exportación de productos lácteos a la Unión Europea presenta restricciones de tipo ambiental (barreras para-arancelarias) al ingreso de productos extranjeros (quesos, leche en polvo, etc). Las sales totales y la dureza (carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio) representan aquellos componentes del agua que tienen mayor incidencia en la vida útil de las instalaciones y en la eficiencia de higienización del equipo de ordeño.

Prácticamente toda el agua utilizada en la instalación de ordeño forma la fracción principal de los efluentes, que son una mezcla de agua con materia orgánica (lavado de pisos de corrales y sala), y de agua con productos químicos (higienización de equipos de ordeño y de frío). Trabajos realizados mostraron que las lagunas de tratamiento frecuentemente no se encuentran bien diseñadas y su capacidad tiende a colapsar en situaciones de lluvias intensas, llevando por escorrentía los contaminantes a cursos de agua. Otro



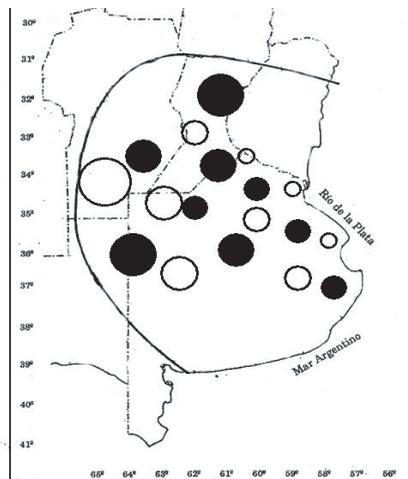
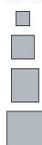
Rangos de contenido de Sales totales hallado

- 0 - 1000 ppm
- 1001 - 3000 ppm
- 3001 - 5000 ppm
- 5001 - 7000 ppm
- Mayor 7000 ppm



Rangos de contenido de Dureza hallado

- Blandas
- Semiduras
- Duras
- Extremadamente duras



Rangos de contenido de Arsenico hallado

- 0 - 0,04 ppm
- 0,05 - 0,1 ppm
- 0,11 - 0,2 ppm
- 0,21 - 0,3 ppm
- Mayor 0,3 ppm



Rangos de contenido de Nitratos hallado

- 0 - 30 ppm
- 31 - 50 ppm
- 51 - 100 ppm
- 101 - 200 ppm
- Mayor 200 ppm



Valores límites bebida humana (De La Canal,1993): Sales totales 1000 mg/L – Arsénico: 0,05 mg/L – Nitratos: 45 mg/L. Valores guía bebida animal (Herrero y otros, 2000): Sales totales: 7000 mg/L – Arsénico: 0,3 mg/L – Nitratos: 250.

Mapa 1. Mapa de distribución promedio de sales totales, dureza, arsénico y nitratos en las zonas productoras de leche de la región pampeana.

de los inconvenientes evaluados es que el 50% de los tambos en la provincia de Buenos Aires elimina directamente los efluentes generados, sin ningún tratamiento, a cursos de agua originando un problema mayor de contaminación (Nosetti y otros, 2002). Estos efluentes son desechos contaminantes de los sistemas intensificados. Para comprender esta situación se puede decir que un tambo de 400 vacas en ordeño, genera una contaminación localizada equivalente a 500 seres humanos.

La creciente actividad en la región de engorde de vacunos en confinamiento (sistema *Feed lot* o encierres en la última etapa de terminación) aumenta el riesgo de contaminación puntual y de interferencia en el reciclaje natural de nutrientes dado que un gran número de animales permanecen en sectores reducidos, durante largo tiempo.

La cantidad de efluentes, generados por la intensificación de los sistemas de producción ganaderos en la Argentina constituye una fuente importante de contaminación del agua subterránea. Esta se asocia a la presencia de acuíferos poco profundos y a eventuales condiciones de anegamiento.

Otra de las situaciones evaluadas en la Argentina es que el 100% de los pobladores rurales cuentan con perforaciones individuales. Estudios realizados para conocer la proporción y la cantidad de nitratos en la mitad norte de la provincia de Buenos Aires se presentan en la Tabla 3, donde se estimó la incidencia de los factores de riesgos en los casos en los cuales se detectó contaminación del agua. La cantidad elevada de nitratos, muestra la cantidad de perforaciones que no son aptas para el consumo de la población (27,6 al

69,4%) (Herrero y otros, 2000). Estos resultados resultan importantes como para ser considerados una advertencia a la población involucrada.

Con relación al manejo del recurso, encuestas realizadas en otro estudio, demuestran que el 65% desconoce totalmente la profundidad de la perforación, mientras que el 15% indica profundidades aproximadas, el 20% conoce la profundidad ya que realizó perforaciones recientemente. Todos, en general, desconocen la calidad del agua, especialmente en lo que respecta al grado de contaminación, mientras que el 88% desconoce la importancia en la salud pública de los contenidos elevados de nitratos y arsénico. El 78% de los encuestados desconocían la importancia del nitrato como indicador de contaminación de origen orgánico, y el 57% nunca había hecho análisis

Usos (1)	Porcentaje de perforaciones que no son aptas para consumo humano por exceso de nitratos (> ó = 45 mg/L).				Factores comunes de contaminación
	Norte (n: 139)	Noreste (n: 149)	Centro (n: 574)	Oeste (n: 491)	
Permanente	50.0	61.2	47.0	54.8	Aguas poco profundas y pozos antiguos y no encamisados. Pozos negros cerca de la perforación (menos de 15 m.)
Eventual	38.9	69.2	47.5	55.6	Lagunas de efluentes de tambos y corrales de engorde cercanos a los pozos.
Excepcional	27.6	50.0	31.6	69.4	Acumulación de estiércol en aguadas y derrames accidentales.
(1) Los usos están referidos a la forma en que se comparten las perforaciones tanto para la utilización por los animales como por la población humana residente. Esta categorización se realizó a partir de una encuesta a todos los productores involucrados en los muestreos. Permanente: expresa el uso permanentemente compartido. Eventual: expresa el uso compartido en un 50% de las ocasiones. Excepcional: expresa la utilización compartida ocasional de la fuente de agua, como por ejemplo de un molino en áreas con pastoreo.					

Tabla 3: Usos y aptitud para consumo humano en aguas subterráneas (%) de perforaciones localizadas en áreas rurales de la región Pampeana, Argentina. (Herrero y otros, 2000).

físico-químico y bacteriológico del agua. Por otra parte el 47% desconoce el grado de dureza del agua que utilizaba para lavar la máquina de ordeño, a pesar de que para dosificar los detergentes es necesario conocer su valor (Herrero y otros, 2002). Los problemas de contaminación del agua subterránea hallados en toda la provincia y el deficiente manejo de efluentes, se manifiestan como un tema a resolver en el ámbito regional.

A pesar de los resultados de estas encuestas, se comienza a vislumbrar que el sector primario agropecuario, que parecía ajeno a las exigencias de los mercados externos, ha cambiado de manera radical su enfoque y estrategias productivas. Entre las causas de estos cambios pueden mencionarse: - globalización de los mercados internacionales; - problemas de inocuidad en los alimentos; - altas cargas en el uso de agroquímicos y fertilizantes (sobre todo en los países europeos); - deforestación; - graves problemas de erosión y demandas de los consumidores para que los alimentos cumplan con normas de calidad y seguridad.

El productor agropecuario se enfrenta a diversos desafíos para cubrir los requerimientos exigidos por el consumidor y los mercados globalizados. En este nuevo contexto existe la necesidad de considerar la calidad del agua dentro de un manejo integrado

del suelo, del agua y de los efluentes dentro del mismo establecimiento rural. Los efluentes deberían pasar a ser tenidos en cuenta como una fuente de nutrientes a reciclar dentro del propio sistema productivo, optimizando el balance de nutrientes y disminuyendo los costos de producción y el riesgo ambiental de contaminación.

En Argentina existen pocas experiencias sobre el manejo integrado del agua dentro de los predios rurales, ni de reciclaje de nutrientes, que permitan minimizar el riesgo de contaminación existente. Estos muestran la necesidad de estudiar localmente las posibilidades (especies, dosis, momento, sistemas), evaluando estrategias a utilizar en el reciclado y reutilización de efluentes dentro del análisis del mismo sistema de producción.

A partir de la situación planteada se realizó un programa de trabajo centrado en promover, desde la Universidad, la participación comunitaria en la gestión del agua en comunidades, a partir del desarrollo de investigaciones de alto impacto local. Se inició a los estudiantes universitarios en la metodología científica, dentro del abordaje de un proceso diferente de la enseñanza-aprendizaje con alumnos de escuelas agrotécnicas, convirtiéndolos en agentes multiplicadores para la búsqueda de soluciones a la problemática del agua local.

■ LA EXPERIENCIA REALIZADA

Para alcanzar estos objetivos, se diseñó una experiencia, desarrollada por el Área de Bases Agrícolas de la Facultad de Ciencias Veterinarias (UBA), entre los años 1996 y 2004 en un área predominantemente agrícola del norte de la provincia de Buenos Aires. Esta región sufre procesos de intensificación de la agricultura y ganadería, con incremento en el uso de fertilizantes y agroquímicos y una elevada degradación del suelo y de los demás recursos naturales relacionados.

La experiencia fue realizada por docentes y alumnos de la Universidad en conjunto con docentes y alumnos de la Escuela Agropecuaria N°1 de Arrecifes; con el apoyo de autoridades municipales y asociaciones de productores agropecuarios de la región.

Las metodologías utilizadas fueron la investigación-acción participativa y el aprendizaje-servicio; ambas permiten establecer nexos entre la Universidad-Escuela-Comunidad, donde todos trabajan en conjunto para resolver problemas de impacto regional. La combinación investigación-educación participativa utilizando tecnologías simples para conocer los procesos de contaminación, la disminución del consumo de agua en el ordeño y reutilización de efluentes, presentó soluciones a problemas locales. La gestión integrada del agua se

convirtió en el eje central a partir del cual se organizó todo el proceso.

En los aspectos educativos se aplicaron metodologías de aprendizaje que permitieron generar nexos con otras escuelas locales, con la red nacional de escuelas y con productores lecheros de otras regiones.

Durante 1996 se realizó un diagnóstico de la situación de la calidad de agua subterránea en áreas rurales de Arrecifes. A partir de los resultados, se realizaron diferentes mapas de calidad de agua que fueron difundidos a las comunidades y en publicaciones científicas (Herrero, Maldonado y otros, 2000).

La grave situación de contaminación detectada motivó la siguiente etapa que comenzó en 1999, donde se realizaron investigaciones tendientes a encontrar aquellos factores de riesgo de contaminación cuantificando su incidencia. Durante este mismo período surgen las exigencias de calidad de agua para la producción primaria de leche, aplicadas desde las industrias lácteas a los productores. Esto generó inquietudes desde los productores lecheros y técnicos que se plasmaron en proyectos de investigación local para la comprensión de los procesos relacionados con la producción de leche y la calidad de agua en los tambos.

A partir del 2001, se concreta el proyecto "Agua e integración socio-productiva regional", donde además de la Escuela y la Universidad se sumó la Fundación J. E. Roulet. La metodología y resultados obtenidos en esta etapa fueron:

- Evaluación e investigación de la situación de la calidad del agua superficial en la región (río Arrecifes y arroyos de la zona), mediante muestreos y análisis químicos y microbiológicos mensuales de los afluentes principales, detectando los problemas de calidad asociados al uso de la tierra. Además se efectuó el monitoreo de la calidad del agua del balneario para usos recreacionales dada la descarga de efluentes cloacales por las ciudades que se encuentran en la cuenca alta. Estos resultados se difundieron a los médicos de la región y al Municipio. Los alumnos de la escuela generaron un proyecto de preservación de un arroyo cercano.
- Evaluación e investigación de la calidad, el uso y el manejo de las aguas

subterráneas a partir de estudio de las formas habituales de construcción de perforaciones de una de las microcuencas, el estado de las perforaciones, la calidad del agua, la evaluación del uso de la tierra y el manejo de perforaciones. Además de los muestreos y análisis de perforaciones para conocer la calidad del agua, se realizaron encuestas para evaluar los demás aspectos mencionados. Los resultados de los análisis químicos mostraron un exceso de nitratos en la región, donde los valores promedio llegan a 74 mg/L. La evaluación de las encuestas a los productores mostró que el origen principal de estas contaminaciones son las prácticas inadecuadas en la aplicación de fertilizantes nitrogenados y el mal manejo y construcción de pozos.

- Organización de un laboratorio de calidad de aguas en la escuela: También se buscó dar solución a una de las limitantes de la región, que es la falta de laboratorios de análisis de aguas. Se realizó la capacitación de docentes profesionales de la escuela en técnicas de análisis de calidad de aguas y se logró el equipamiento del laboratorio existente para la asistencia a los productores de menores recursos.
- El último aspecto fue la incorporación de la gestión del agua a aquellos procesos agropecuarios que la demandan en gran proporción. Se utilizó la unidad de producción lechera de la escuela (tambo) para que se constituyera en un lugar de capacitación para los productores de la zona. Se mejoraron las instalaciones en función del uso racional del agua en el proceso de ordeño, instalándose un sistema de reutilización de los efluentes para el riego de pasturas. Se ejecutó un sistema de disposición de efluentes en un campo natural cercano al tambo. El sistema de disposición final del efluente era económico y no contaminante. Se realizaron ensayos para medir el grado de aceptación de las pasturas con riego de efluentes o sin él, por parte de animales bovinos lecheros. (Herrero y otros, 2003).
- Difusión a la comunidad: Para difundir los resultados se recurrió al trabajo con otras escuelas de la región mediante una Jornada denominada "Agua de todos y para Todo" en Noviembre del 2001. La jornada se or-

ganizó como un "recorrido" por todos los aspectos del agua que hacen a la vida y a la producción agropecuaria. Asistieron 500 alumnos de escuelas rurales primarias y secundarias de la región. Se diseñaron folletos educativos para diferentes niveles con los distintos aspectos que hacen al cuidado del agua. La difusión general de los resultados alcanzados se realizó por medio de talleres para la comunidad en general y para productores, entrevistas periodísticas (TV, radio y periódicos locales).

- Los beneficiarios directos de esta experiencia fueron 300 Productores Agropecuarios en general – 100 Productores lecheros – Profesionales de la salud (Médicos y Odontólogos) en las distintas comunidades – Autoridades del Comité de Cuenca del río Arrecifes – Autoridades Municipales – 80 Docentes y 500 alumnos de Escuelas Rurales –

Esta experiencia benefició a la comunidad, motivando la participación de los jóvenes a realizar acciones de transferencia a la comunidad para la gestión integral del agua, facilitando la divulgación del conocimiento científico a los usuarios, promoviendo la explotación racional y el uso sustentable del agua y alentando el interés en participar de las diferentes actividades. Logró concientizar y mejorar la difusión local y regional en la responsabilidad cívica en el uso del agua, y de temas relacionados.

El programa contribuyó a solucionar, desde la Universidad, un problema vital como el de la contaminación del agua, permitiendo una transferencia genuina de los conocimientos generados a otras regiones y/o problemas comunitarios, contribuyendo además, a mejorar la calidad de la educación que se imparte, generalmente alejada de los problemas reales.

■ CONCLUSIONES

Las estrategias de control de contaminación del agua han sido generalmente enfocadas para los problemas originados en fuentes puntuales. Las difusas han sido ignoradas por largo tiempo y en consecuencia las reglamentaciones han tenido efectos muy pobres. La contaminación producida por fuentes puntuales y difusas debe

ser identificada para el diseño de estrategias específicas de prevención para cada caso en particular.

Los productores son los primeros en sufrir las consecuencias de la baja calidad de agua superficial o subterránea. El manejo incorrecto de pesticidas, fertilizantes y estiércol son una amenaza para la salud y afecta directamente la productividad futura y la calidad ambiental de los agrosistemas. Las nuevas tecnologías como la agricultura de precisión, las plantas y animales transgénicos, las estrategias de nutrición animal y los productos químicos para protección de cultivos, deberían diseñarse no solo para incrementar la producción sino también para alcanzar metas ambientales. Su manejo requiere ser priorizado tendiente a una producción sustentable en función de una utilización eficiente. La conservación del suelo y la calidad del agua superficial son fundamentales para proteger la calidad del agua subterránea. Los problemas relacionados con las diferentes actividades rurales deberían ser resueltos por medio de la investigación aplicada a los problemas locales.

Se debe considerar la protección total del recurso agua, estableciendo programas conjuntos que integren la agricultura y la protección del medio ambiente, para reducir la erosión, evitar el exceso de nutrientes, mejorar la calidad del agua y proteger los humedales. La gestión integrada del agua incorporando la estrecha relación de los componentes físicos y sociales resulta entonces central para mejorar su utilización en función de los diferentes usos en competencia.

La concientización y la educación de todos los actores involucrados en este proceso se convierten en el camino directo para promover el compromiso y la responsabilidad, cívica y social, para la preservación de este recurso indudablemente vital y vulnerable.

■ GLOSARIO

Escorrentía: es un término utilizado en hidrología para expresar el movimiento del agua sobre el suelo (lámina de agua de lluvia). El mismo depende de la pendiente del terreno, de su cobertura vegetal y de la magnitud de las precipitaciones. Se forma cuando las precipitaciones superan la capacidad

de infiltración del suelo. La escorrentía superficial es una de las principales causas de erosión a nivel mundial.

Eutrofización: En ecología el término eutrofización, designa el enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema. La contaminación de las aguas, puede aportar cantidades importantes de nutrientes (nitrógeno y fósforo). El resultado es un aumento de la producción primaria (fotosíntesis) con importantes consecuencias sobre la composición, estructura y dinámica del ecosistema. La eutrofización produce de manera general un aumento de la biomasa y un empobrecimiento de la diversidad.

■ BIBLIOGRAFÍA

- AAPRESID (2006) Informes del XIV Congreso de la Asociación Arg. De Productores de Siembra Directa. Disponible en <http://www.sembrando.com.ar/index.php>. Consultado el 21/08/06.
- Bruning, C and Kaneene, J- (1993) – The effects of nitrate, nitrite and N-nitroso compounds on Animal Health-Vet. Hum toxicol. 35 (3): 237-246
- Carlsson, G.; Huss-Danell, K. (2003) Nitrogen fixation in perennial legumes in the field. *Plant and Soil* 253:353-372
- CASAFE (2006) Estadísticas del Mercado de fertilizantes en Argentina. Evolución 1980-2003. Cámara Argentina de Sanidad y Fertilizantes. Disponible en [http://www.casafe.org/medicion de mercado.html](http://www.casafe.org/medicion%20de%20mercado.html) – Consultado el 21/08/06
- Council for Agricultural Science and Technology (CAST), (1992) Water Quality, Agriculture's Role.- Task Force Rep. 120. - Ames, IA - December 1992.:1-97
- De la Canal, J. (1993)- Código Alimentario Argentino. Tomo I, Capítulo XII, Art. 982. Ed. De la canal y Asoc., Bs. As. Pág. 331
- Gelberg, K., Church, I., Casey, G., London, M., Sue Roerig, D., Boyd, J., Hill, M. (1999) Nitrate levels in drinking water in rural New York State. *Environmental Research* 80:34-40
- Herrero, M. A.; Sardi, G.; Maldonado May, V.; Flores, M.; Orlando, A.; Carbó, L. (2000) - "Distribución de la calidad del agua subterránea en sistemas de producción agropecuarios bonaerenses - I - Calidad físico química y condiciones de utilización del agua" - Revista Argentina de Producción Animal (AAPA) – Vol 20 – N° 3-4 : 229 – 237
- Herrero, M. A.; Maldonado May, V.; Sardi, G.; Orlando, A.; de Zabaleta, E (2000) La educación rural en la gestión de los recursos hídricos subterráneos. *Revista EDUCACION QUÍMICA – Universidad*

Nacional Autónoma de México, México 11 (3) :336-343

Herrero, M. A.; Iramain, M. S.; Korol, S.; Flores, M.; Pol, M.; Maldonado May, V.; Sardi, G.; Buffoni, H.; Fortunato, M. S., (2002) - "Calidad de agua y contaminación en tambos de la cuenca lechera de abasto sur" - Revista Argentina de Producción Animal (AAPA), Argentina, Balcarce Vol 22 N° 1 : 61-70

Herrero, M. A., Pol, M., Maldonado May, V., Cariola, A., Flores, M. C., González Pereyra A. V., Catracha, C., Bontá, M., de Carlos, O., Mazziotti, M. (2003) Efecto del riego con efluentes sobre el comportamiento en Pastoreo de vacas lecheras. *Rev. Arg. De Prod. Animal*, 23 (Supl. 1): 368-369

Instituto Geológico Minero de España (IGME) – (1997) Contaminación de Aguas Subterráneas por plaguicidas, Ed. IGME, pág.95

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) (1997 - 2002) – Datos estadísticos de la República Argentina –<http://www.indec.mecon.ar>.

Morse, D.,(1995) – Environmental considerations of livestock producers – *Journal of Animal Science*. 73: 2733-2740

Naumann, M.; Madariaga, M. (2003). Atlas Argentino. Programa de acción Nacional de Lucha contra la Desertificación. Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo sustentable- INTA - GTZ (Buenos Aires, Argentina). Pag.39

Nosetti, L.; Herrero, M. A.; Pol, M.; Maldonado May, V.; Flores, M.; Korol, S.; Rossi, S.; Gemini, V. (2002) Cuantificación y caracterización de agua y efluentes en establecimientos lecheros - II. Calidad de efluentes y eficiencia de los procesos de tratamiento" – *Revista INVet* - 4 (1): 45-54

Spaeth, K.; Pierson, F.; Weltz, M.; Hendricks, R. (1996). Grazingland hydrological issues: perspectives for the 21 st. Century . *Society of Range Management - Capítulos 4, 5* : 52-94

Urrutia Perez, R., Parra Barrientos, O., Acuña Carmona, A. (2003) Los recursos hídricos, una perspectiva global e integral. Ed. Por INET- GTZ, Buenos Aires, Argentina. p. 45

Vrba, J.; Romijn, E. – (1986) – Impact of Agricultural Activities on groundwater – International Association of Hydrogeologist. Vol 5 – 1986 – Ed. Castany et al – West Germany –



INSTITUTO LOIIR
FUNDACIÓN

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.

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

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

Vida y obra de Eduardo Braun Menéndez (1903-1959)

Las relaciones entre la ciencia y la cultura

Palabras clave: Historia de la ciencia, biografías, ciencia y cultura.
keywords: History of science, biography, science and culture.

Enrique T. Segura
(IBYME-CONICET)

esegura@dna.uba.ar

■ Una semblanza de la vida y obra de Eduardo Braun Menéndez, científico de excepción y ciudadano ejemplar, a 50 años de su prematura desaparición física.

■ INTRODUCCIÓN

Escribir acerca de tan hermosa persona como fue Eduardo Braun Menéndez, es tarea en extremo sencilla y ardua al mismo tiempo. Sencilla, porque de inmediato brotan los recuerdos elogiosos que hacen justicia a su grandeza moral y sus méritos intelectuales que cautivaron a cuantos le conocimos. Difícil, porque los muchos años transcurridos no han logrado atemperar siquiera la cruel impresión de abandono y soledad en que nos sumió su prematura desaparición. Hoy integra sin duda esa selecta galería de figuras egregias a la que alude Mitre cuando, refiriéndose a Rivadavia, apela a la expresión de “grande hombre civil de la tierra de los argentinos”. Pero, más allá de estas consideraciones formales, se actualiza en mí, la memoria de la persona ejemplar, modelo ideal para la juventud, que sin duda fuera Eduardo. En estos días, he releído con verdadera unción, las notas que Don Bernardo Houssay, nuestro común maestro, elaboró y leyó profundamente conmovido, a propósito de la despedida final. Se trata, por cierto, de textos formalmente impecables, pero emocionan especialmente por el amor profundo que trasuntan. Las excepcionales y muy merecidas alabanzas hacia la persona y su obra, se entremezclan con el lamento desgarrado y la pena inconsolable ante la pérdida del hijo dilecto. Porque todos

vivimos aquella desaparición con la intensidad de una tragedia irreparable de la cual nunca más habríamos de recuperarnos y hoy, a más de cincuenta años sigo pensando que, en efecto, nuestra suerte sufrió un vuelco funesto aquel 16 de enero de 1959.

Sonó entonces como una paradoja nefasta, que el anciano maestro despidiera al discípulo, tal un padre a su hijo más amado, contraviniendo las leyes naturales del curso de las generaciones, dando razón al decir del poeta: “no se engañe nadie no, pensando que ha de durar lo que espera más que duró lo que vio”

Rebuscando en la historia de los personajes célebres, encontré dos ejemplos similares remarcables. Uno, el de Confucio, quien se permitió llorar la muerte del discípulo más caro a su corazón, Yen-Houai, por un período mucho más prolongado que el prescripto por los ritos. Otro ejemplo fue Linneo, quien se refiere así a su más querido discípulo, el botánico sueco Pehr Löflingås, muerto a la temprana edad de 27 años: “ninguna cosa pudo serme más sensible que la pérdida del mejor y más amado de mis discípulos, a tiempo que con esmero y diligencia, trabajaba en enriquecer la Historia Natural”.

La oración de Houssay en la oportunidad, supera en su sincera expresión, el dramatismo y la congoja de cualquier versión humana semejante.

■ BRAUN MENÉNDEZ Y LA ESCUELA ARGENTINA DE FISIOLÓGIA: RELACIONES ENTRE LA CULTURA Y LA CIENCIA

Tomando en cuenta la personalidad del gran hombre que fue, quienes tuvimos el privilegio de conocerlo, encontramos en Eduardo Braun Menéndez mucho más que un científico de excepción, sino también y especialmente, a un representante cabal de la cultura contemporánea toda, de la cual surge la ciencia como uno de sus emergentes fundamentales.

Queda claro entonces que la idea directriz, es que el desarrollo del conocimiento científico se halla vinculado estrechamente con movimientos culturales y filosóficos vigorosos, puestos en marcha y sostenidos por personalidades inspiradas, liderando grupos intelectuales, históricamente sincronizados. Tal el caso de Francia, Alemania y los países anglosajones en general. Por tal razón, resulta por demás extraño que cuando, entre nosotros, los funcionarios y los medios mencionan las producciones culturales, se haga referencia exclusiva al arte en sus diversas expresiones, música, literatura, artes plásticas, arquitectura, folclore etc., ignorando como ajenas al ámbito de la cultura, las ciencias y a sus aplicaciones y derivaciones tecnológicas.



Eduardo Braun Menéndez (1903-1959).

se encuentra en la obra pionera de Johannes Christian Müller, el famoso investigador y maestro de numerosos científicos, plasmada en su “Manual de Fisiología Humana”, elaborado en 2 volúmenes entre 1834 y 1840. En su escuela, se formaron todos los grandes fisiólogos de habla alemana que dieron a la disciplina un brillo excepcional: Ludwig, Hering, Helmholtz, Dubois-Reymond, Brücke, Virchow, Schwann, Meynert, Reychert.

Ellos son algunos de los nombres ilustres que integraron la impresionante red de inteligencias congregadas en la Berliner Physikalische Gesellschaft. Habría que agregar muchos otros personajes de la ciencia que formaron parte o fueron discípulos de la escuela, destacándose luego como creadores de nuevas líneas de investigación. Tales los casos de Weber y Fechner y de Wundt en psicología experimental y Boltzmann y Planck en física. Es interesante mencionar, que hasta el propio Sigmund Freud, formó parte de este increíble conjunto de científicos cuando, llevado por su vocación original por la fisiología, pasó seis años trabajando en la cátedra de la Facultad de Medicina de Viena, bajo la dirección de Brücke, abandonándola sólo cuando su maestro le comunicó que no podía continuar por falta de un cargo permanente, pasando entonces a trabajar con otro

En cuanto al desarrollo de las Ciencias Naturales y entre ellas las Fisiológicas, experimenta un avance vertiginoso en el siglo XIX, como consecuencia directa del progreso alcanzado por las ciencias físicas y químicas en las universidades europeas, con la consecuente aparición de nuevas tecnologías

y, en especial, al éxito de ciertas posiciones doctrinarias que dan origen, por un lado a la corriente fiscalista que, iniciada en Alemania, se extiende rápidamente a todo el mundo científico de Europa y América y al positivismo compeano en Francia, por el otro. No hay duda que el punto de partida

JOHANNES Ch. MÜLLER 1801-1858

BERLINER PHYSIKALISCHE GESELLSCHAFT

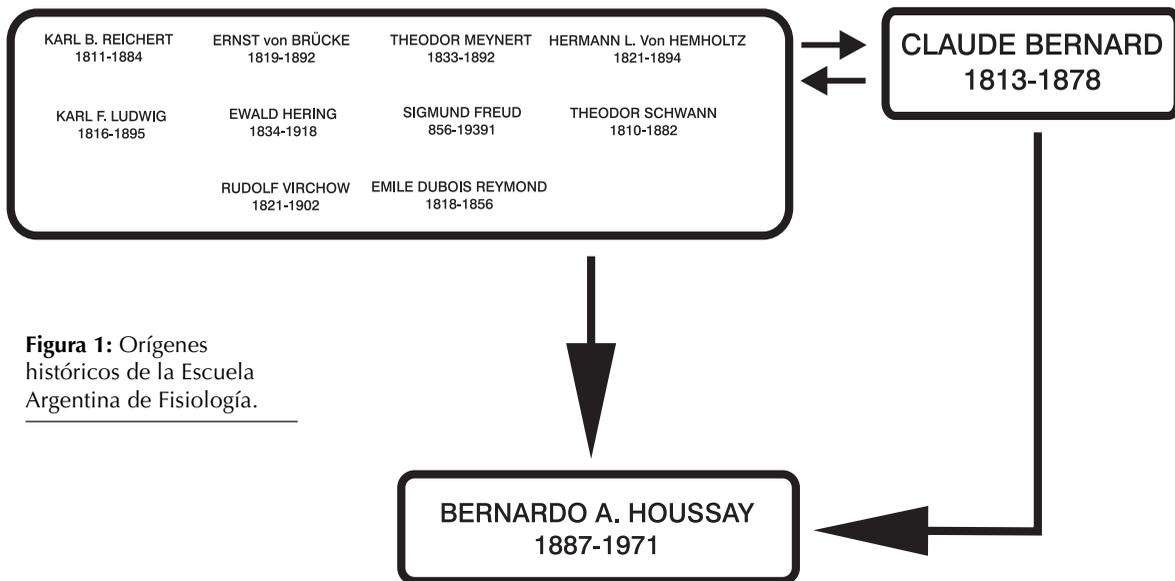


Figura 1: Orígenes históricos de la Escuela Argentina de Fisiología.

LOS MEMES DE HOUSSAY Y EL LINAJE HOUSSAYANO

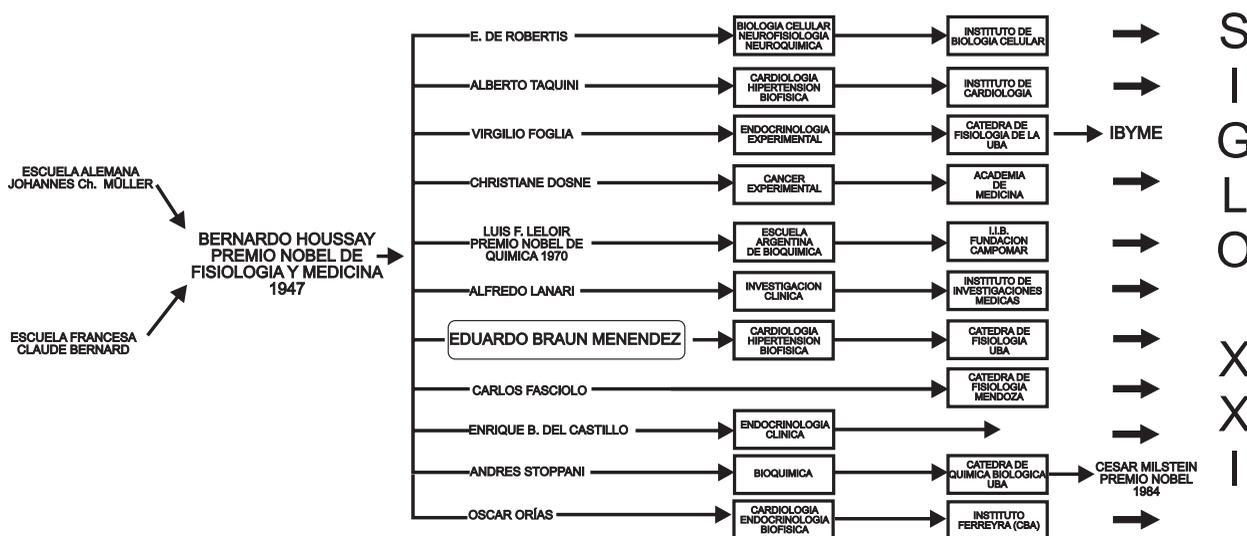


Figura 2: Cuadro de la genealogía científica iniciada por Houssay.

miembro de la escuela, Meynert, neurólogo y psiquiatra renombrado.

Esta riqueza de talentos que se expresaron simultáneamente, en condiciones altamente favorables, generó avances extraordinarios en las ciencias fisiológicas en dimensiones jamás igualadas en la historia. Salvo el caso de Müller que tuvo una existencia relativamente breve, murió a los 57 años, todos los demás alcanzaron edades venerables. Con el agregado de que fueron muy contemporáneos entre sí, se conocieron e interactuaron por muchos años. Un hecho fundamental, que justificaría una posición culturalista para explicar este desarrollo extraordinario de las ciencias naturales, es el tipo de formación que recibieron a lo largo de su educación todas estas figuras, con su carácter polifacético e interdisciplinario.

La Argentina suscribió sin duda, este modelo cultural de la ciencia en general y, en el caso de las Ciencias Fisiológicas, esta opción le permitió construir bajo el liderazgo de Houssay, Braun Menéndez y otros científicos notables, el sistema exitoso que conocimos.

La otra fuente igualmente importante para la construcción del modelo argentino de investigaciones fisiológicas y la creación de la escuela de fisiología, reconocida mundialmente, que floreció hasta mediados del siglo XX, es la escuela francesa, liderada por Claude

Bernard, sin duda el más grande de los fisiólogos de todos los tiempos y uno de los renovadores del método experimental en fisiología. Houssay se declaró siempre discípulo ideal del sabio francés a través de su obra escrita, aunque también reconocía otras influencias positivas como la de su predecesor en la cátedra el Profesor Piñeyro, a quien llama maestro en alguno de sus textos. Es ocioso mencionar la tremenda influencia que ejercieron las ideas y los trabajos de Claude Bernard sobre el desarrollo ulterior de las ciencias fisiológicas.

En esta atmósfera de cultura científica brillante, heredera directa del fisicalismo alemán y el positivismo francés, se forma Braun Menéndez y asimila con resultados excepcionales todas las enseñanzas directas y las indirectas producto de sus insaciables lecturas. En su mente superior, el pensamiento corriente adquiere dimensiones de creatividad y originalidad sorprendentes. Con el agregado de una profunda convicción cristiana.

De su maestro presencial, Don Bernardo, recibe los inmensos beneficios de una cultura clásica integral, que se expresa en la envoltura seductora del conocimiento por sus causas próximas, las funciones y sus mecanismos. A ello agrega su propio bagaje cultural, que aporta un caudal de conocimientos humanísticos excepcionales, que

abarcan las artes plásticas, la literatura universal: ha leído, muchas veces en su lengua original, las obras de los grandes prosistas y poetas clásicos y modernos. Su afición más reconocida es la música y llegó a ser un excelente pianista. Sus interpretaciones a cuatro manos con otro prócer de nuestra ciencia, Luis F. Leloir son muy recordadas. Su dominio de las lenguas extranjeras era también remarcable.

Todas estas calidades, hacen de nuestro personaje, un verdadero paradigma del modo de ser y de la preparación general que debiera recibir un hombre de ciencia integral. Pero el rasgo que más distinguía su personalidad era su incontenible espíritu de iniciativa, que a lo largo de los años signará con perfiles originales todos sus emprendimientos científicos y culturales.

■ LA VIDA Y LA PERSONA

De acuerdo con todos los testimonios a nuestro alcance, no cabe duda que la infancia y la juventud de Eduardo transcurrieron felices en Punta Arenas y Valparaíso, al principio, y en la Argentina más adelante. Su curiosidad por el conocimiento despertó tempranamente y, desde niño, la afición por la lectura fue uno de los rasgos dominantes de su vida. El amor por la



Figura 3: Investigadores que formaron el grupo original del Instituto de Biología y Medicina Experimental. Primera fila de izquierda a derecha: Braun Menéndez, Orías; Houssay y Lewis. Segunda fila: Martínez, Pinto, Foglia y otros.

naturaleza y las actividades al aire libre fueron otro aspecto remarcable de su personalidad. De complexión atlética, practicó con entusiasmo y habilidad diversos deportes, atletismo, fútbol, boxeo, polo y golf.

Hombre de apariencia muy agradable, emanaba una gran simpatía que al primer contacto, superaba toda barrera y lo hacía digno de confianza y afecto. Su sonrisa permanente y afable, anticipo de un trato delicado

y amistoso, le ganaba rápidamente el afecto de todo, en especial de los más jóvenes. Trabajar en su compañía era en extremo agradable y recuerdo haber sido testigo de la atmósfera distendida y serena que reinaba en su laboratorio. Tal vez valga la pena en este punto, señalar el contraste de las personalidades del maestro Houssay y el mejor de sus discípulos, en estricta relación con sus modos de ser y hacer la historia cotidiana de una ciencia

típicamente experimental y rigurosamente cuantitativa como la fisiología. Previsto que ambos se igualaban en el dominio de las prácticas, sus estilos de transmitir el conocimiento y de formar discípulos presentaban diferencias singulares. Houssay era la personificación del método y jamás abandonaba su compostura de maestro, formal, riguroso y confiable, sin perjuicio de un medido pero siempre presente sentido del humor y la ironía constructiva. La

circunspección, el aparato formal, todo aquello que hace a la concepción tradicional de la autoridad intelectual y académica, desde el atuendo hasta el discurso, formaba parte de su prosopografía clásica. Braun Menéndez por su parte, era la modernidad encarnada, sin empaques, pero siempre elegante, el cambio formal y el estilo optimista, la alegría del conocimiento y el deseo de construir mundos nuevos. Houssay enseñaba a investigar en la idea del gran desafío intelectual, el rigor de la verdad científica, el fantasma del error y la concepción del conocimiento como herramienta fundamental del progreso y la felicidad de los pueblos. Eduardo era un maestro consumado de la motivación críptica, que privilegia en la formación de sus discípulos el incomparable placer de la búsqueda del conocimiento nuevo. Houssay actúa como un padre, a veces un poco distante y serio, aunque siempre tolerante y generoso. Braun en cambio, es el hermano mayor, solidario y muchas veces cómplice de la aventura-travesura de pensar críticamente y activar la imaginación creadora en la búsqueda infatigable del resultado original inesperado y del nuevo paradigma. Si para Houssay la ciencia y la investigación, constituyen en primer término tareas intelectuales de gran importancia y responsabilidad social, que ameritan el esfuerzo denodado y el sacrificio personal, Braun agrega la alegría de vivir en la búsqueda del conocimiento nuevo y el ejercicio casi deportivo de probar las propias fuerzas en la tarea original y creativa.

■ LA OBRA CIENTÍFICA: DESDE LA CLÍNICA A LAS MOLÉCULAS

En el terreno de las Ciencias Naturales, pueden admitirse, en principio, dos modos de abordaje conceptual complementarios: 1) el análisis de sistemas que se dirige del todo a las partes y 2) el análisis de componentes, que comienza por analizar las propiedades de las partes por separado, para luego intentar su ensamblado reconstruyendo la unidad integrada. Parecería razonable convenir en que la fisiología, en sus comienzos debió limitarse al análisis de sistemas, cuyo paradigma es la ablación de órganos que permite estudiar el funcionamiento del animal

privado de una estructura particular; una glándula endocrina, por ejemplo el páncreas. Precisamente, un caso típico de patología por ablación del órgano es la diabetes del animal pancreatoprivo, obtenida por primera vez en 1889 por von Mehring y Minkowsky, dos investigadores formados en el fisicalismo alemán. Cabe decir que el fisicalismo constituye una forma de reduccionismo molecular extremo, que busca las causas próximas o mecanismos en términos exclusivamente moleculares. La versión complementaria o análisis del sistema, forma parte de una actitud respetuosa de la integridad del organismo como una unidad aunque en definitiva, busca igualmente la explicación en términos moleculares.

El desarrollo de las diversas ramas de la Fisiología, tuvo lugar en relación especial con el dominio de las Ciencias Médicas, por iniciativa, con la conducción y en manos generalmente de los médicos. De modo que en los comienzos y aun ahora, en los laboratorios de Fisiología Experimental, investigadores y ayudantes de investigación eran y son, habitualmente, médicos o estudiantes de medicina. Del mismo modo, los temas que abundan son aquellos más vinculados con diversas patologías. En este sentido, la iniciación de la mayoría de los fisiólogos argentinos fue coherente, pues simultáneamente con sus trabajos de investigación, hicieron práctica clínica por varios años. Este fue el caso de Eduardo quien, al recibirse de médico en 1929, ingresó al Servicio dirigido por el Profesor Rafael Bullrich en el Hospital Ramos Mejía, para practicar la cardiología y más tarde pasó a dirigir la Sección Cardiología y Electrocardiografía del Instituto Municipal de Radiología del cual fue además subdirector. Entre 1932, año en que ingresa al Instituto de Fisiología para realizar su trabajo de Tesis de Doctorado, bajo la dirección de Houssay, y 1934, reparte su actividad entre la clínica cardiológica y el laboratorio de fisiología en la Facultad de Medicina. Se convierte en un cardiólogo excelente y adquiere una experiencia clínica que le servirá en toda su carrera ulterior. Su avance desde la práctica médica hacia la investigación básica alcanza un sentido metodológico que merece un comentario aparte.

Es sabido que Houssay, aunque comenzó practicando la fisiología en

la Facultad de Veterinaria, luego, al recibirse de médico, trabajó varios años como clínico y llegó a ser Jefe de Servicio en el Hospital Alvear. Otros miembros de la escuela de Fisiología, tal el caso de Taquini y de Lanari, hicieron toda su vida investigación básica y clínica simultáneamente. En todo caso se cumplía el principio comentado previamente, de que el modelo puesto a prueba fue el que se construye "del todo a las partes o del sistema a los componentes". Pero en el caso de Houssay, el alcance reduccionista de la propuesta, no llegaba a componentes cualitativamente menores que los órganos o subsistemas. Sin olvidar que el maestro estuvo muy cerca del descubrimiento del mecanismo de control humoral hipotálamo-ánterohipofisario a través del sistema porta, por cuanto fue uno de los primeros en señalar que el sentido de la circulación en el mismo era desde el hipotálamo hacia la hipófisis y no a la inversa como se suponía entonces. La hipótesis de Braun Menéndez con el equipo de estudios sobre hipertensión, tuvo la fortuna y el mérito excepcional de permitir el análisis completo del problema experimental, concretando en plenitud la consigna "desde la clínica a las moléculas". Me atrevería a sostener que, desde el comienzo, Braun adopta una visión de fisiología sistémica, tomando en cuenta todos los factores generales que intervienen en la regulación de la presión arterial, con los criterios universales y muy actuales para entonces y también ahora, de la teoría de la homeostasis enunciada en su forma general por Walter B. Cannon, el famoso profesor de Fisiología de Harvard muy amigo de Houssay. Es interesante señalar que Braun Menéndez termina su carrera en 1929, el mismo año que Cannon publica su trabajo fundamental sobre la teoría. La crónica abreviada del camino seguido, que comienza ciertamente desde la elaboración de su Tesis de Doctorado sería más o menos así: Braun desarrolla el tema "Influencia del diencéfalo y de la hipófisis sobre la presión arterial" bajo la dirección de Houssay y obtiene el Premio a la mejor Tesis del año 1934. En su capítulo inicial, analiza los antecedentes acerca de la existencia de centros reguladores bulbo-protuberanciales de la presión arterial. La revisión bibliográfica es muy minuciosa. Sus

referentes son los clásicos alemanes: Ludwig, Hering y sus discípulos Dittmar y Owsjaniskow además del francés Claude Bernard. Luego repasa críticamente los antecedentes acerca de la posible existencia de centros diencefálicos principales destinados a la misma regulación, los confronta con sus propios resultados de lesión y estimulación hipotalámica en el perro anestesiado y en el sapo hipófisoprivo y con lesión hipotalámica y arriba a las siguientes conclusiones:

- 1- no existiría un centro reflejo vasomotor tónico encargado del mantenimiento de la presión arterial sistémica en el diencefalo;
- 2- tampoco se halla en el diencefalo el centro vasomotor reflejo principal, pues los reflejos vasculares presores y depresores persisten aun después de la descerebración;
- 3- La acción del diencefalo sobre la presión arterial sería accesoria o coadyuvante.

Presta también atención a los mecanismos reflejos senocarotídeos y cardioaórticos, que están siendo estudiados en detalle por diversos grupos, entre ellos el de Heymans, otro gran admirador de Houssay, en Bélgica, quien obtendrá más tarde el Premio Nobel. Dedicar una sección completa a las observaciones clínicas de pacientes con lesiones nerviosas del diencefalo y del tronco cerebral, que presentan alteraciones estables de la presión arterial. Sus planteos apuntan a una regulación compleja humoral y nerviosa. La secuencia sigue con el estudio en paralelo de factores funcionales macroscópicos como la distribución de líquidos y solutos y del equilibrio hidrosalino en general, hasta el control del comportamiento del apetito por el sodio que más adelante desarrollará con otro discípulo de la escuela argentina de fisiología, Miguel Covián.

Concluida su tesis, colabora estrechamente a partir de 1934 con Oscar Orías, otro fisiólogo excelente, también desaparecido prematuramente y con un equipo de cardiólogos distinguidos: Battro Cossio, Taquini y Vedoya. Este grupo realizó por esos años una serie muy importante de investigaciones de fisiología normal y patológica del aparato cardiovascular,

desde los efectos de la ligadura de las coronarias, los ruidos normales del corazón, el ritmo de galope, los ritmos cardioneumáticos, el pulso hepático, hasta los ruidos de la estrechez mitral, etc., llegando a constituir una verdadera escuela de cardiología argentina de gran originalidad y prestigio internacional. Producto de la colaboración con Orías fue un excelente tratado de fonocardiografía que con el título de "Los ruidos cardíacos en condiciones normales y patológicas" apareció en 1937, publicado por la Oxford University Press que pronto se convirtió en un clásico del tema.

Entretanto siguió su carrera como docente e investigador en el Instituto de Fisiología y cuando Orías se hace cargo de la Cátedra de Córdoba, Braun lo reemplaza en el puesto de Jefe de investigaciones cardiovasculares. En 1937 decide dedicarse en forma exclusiva a la fisiología y viaja a Londres, para un período de entrenamiento en el Departamento de Fisiología del University College, bajo la dirección del Profesor C. Lovatt Evans, en temas de metabolismo del corazón y del cerebro aislados.

A su regreso comienza su directa relación con lo que será uno de los logros más importantes de la fisiología argentina, que culminará con el descubrimiento de la angiotensina, designada originalmente por el grupo argentino como hipertensina.

La historia de la participación renal en el control de la presión arterial y la enfermedad hipertensiva se remonta al siglo XIX, cuando el clínico y patólogo inglés Richard Bright, describió en 1827, la asociación de nefritis y proteinuria con hipertrofia ventricular izquierda en ausencia de lesiones valvulares y sugirió como causa, el aumento de la resistencia vascular consecutiva a una alteración en las cualidades físicas de la sangre. En 1898, el fisiólogo finlandés Tigersted con su colega sueco Bergman, trabajando en la Academia Karolinska, describen la existencia de una sustancia presora en extractos de parénquima renal del conejo y la denominan renina. De modo que la vinculación entre alteraciones patológicas del riñón e hipertensión arterial había sido intuida por muchos años. Pero hubo que esperar hasta 1934, para que la relación fuera demostrada fehacientemente cuando el grupo de Harry

Goldblatt en los Estados Unidos, logró producir hipertensión experimental mediante el pinzamiento de la arteria renal en el perro. El aislamiento de la sustancia liberada en esas condiciones por el riñón isquémico, se convirtió en un objetivo científico del máximo interés. Dos grupos compitieron por varios años en una carrera desigual: uno era el equipo formado por Braun Menéndez, Fasciolo, Leloir, Taquini y Muñoz, apoyados por Houssay en el Departamento de Fisiología de una remota facultad de medicina sudamericana en Buenos Aires, mientras el otro, dirigido por Irvine Page, trabajaba en los Laboratorios Lilly de Indianápolis, EEUU de Norteamérica. No obstante la astronómica diferencia en la infraestructura y recursos materiales de todo orden, el grupo argentino logró con toda justicia, por la oportunidad y calidad de sus trabajos la prioridad del descubrimiento conjuntamente con Page y su equipo. La culminación de este entendimiento formal entre dos grupos científicos a nivel internacional, fue la decisión consensuada de denominar la molécula descubierta con el nombre de angiotensina, síntesis de la argentina hipertensiva y la norteamericana de angiotonina. Este nombre, universalmente aceptado más adelante, fue objeto de una breve publicación que firmaron Braun Menéndez y Page, en ese orden, aparecida en la revista Science en 1958. Pocos meses antes de la muerte de Braun Menéndez.

■ LA VIDA ACADÉMICA: SU IDEAL DE UNIVERSIDAD

Las ideas de Braun Menéndez acerca de la Universidad, su constitución original y su futuro, constituyen un conjunto de ideas y conceptos, de gran interés. En su momento, en plena vorágine de confrontaciones entre partidarios de la enseñanza libre y laica, a fines de los 50' y comienzo de los 60, la figura de Braun Menéndez y su apasionada prédica en favor de la primera, adquieren un relieve singular. Hombre apasionado y de convicciones firmes, era sin embargo un oponente de excepcional hidalguía con quien, cualquier confrontación resultaba un debate de altura excepcional. En un ámbito en general de extracción muy laica y progresista, una juventud con

predominio francamente reformista, su discurso y posiciones personales, frontalmente opositoras, fueron siempre atendidas con un respeto superlativo. Sus intervenciones en el consejo directivo de la Facultad y en el Superior de la Universidad, son ejemplo de temperancia y de persuasión racional, respetuosas sin reservas de todas las posiciones pero jamás demagógicas. Estuvo siempre en el centro de las polémicas relacionadas con los fines de la universidad, los títulos habilitantes, la masividad de la matrícula, los concursos de profesores etc. Sus reflexiones de entonces son de una profundidad singular y admiran por su innegable actualidad. En términos de política universitaria fue sin duda un adelantado, por su visión particular de hombre sabio y probo que nunca abandonó sus ideas, sin jamás agraviar ni avanzar sobre el oponente, contras-

tando con lo que ha sido y sigue siendo lamentable práctica en ciertos ámbitos locales. Cultivó, en suma, un estilo de sabiduría universal, con el cual realizó una docencia brillante, claramente afirmada sobre sentimientos nacionales y latinoamericanos, con el hábito gentil de un caballero cabal, paradigma de la solidaridad sin reservas.

■ CONSIDERACIONES FINALES

He tratado de realizar una semblanza fiel, aunque plena de sentimiento, del gran hombre y el ciudadano admirable que fue nuestro Eduardo Braun Menéndez, que representa sin embargo, una pobre envoltura para tanta grandeza.

Si el 21 de setiembre de 1971, ante la muerte de Houssay, lloramos el fin de un pasado glorioso de la ciencia

argentina, aquella noche del 16 de enero de 1959, lloramos por el futuro irremisiblemente perdido ante la desaparición de Don Eduardo Braun Menéndez quien, parafraseando a un distinguido colega, "era la única persona con el conocimiento, la convicción y el poder para revertir el proceso de decadencia y mediocridad que invadió a la Universidad y a la ciencia argentinas en años posteriores".

Finalmente, sé muy bien que, si Don Eduardo estuviera presente con su proverbial optimismo, su jovialidad y generosa solidaridad, estaría de acuerdo en augurar para todas las empresas de alto vuelo, su apoyo a la universidad, a la ciencia e investigación y al desarrollo social en general.

La figura 4 ensaya una metáfora visual acerca de dos momentos significativos en la historia del arte y de la ciencia.



La Lección de Anatomía de Rembrandt van Rijn

La Lección de Fisiología de Bernardo Houssay

Figura 4: En estas imágenes se intenta sugerir una similitud entre la famosa obra de Rembrandt "La Lección de Anatomía" con la fotografía tomada del grupo de

del maestro Houssay con sus discípulos. Se encuentran en ella de izquierda a derecha, Fasciolo, Muñoz, Taquini, Houssay, Braun Menéndez y Leloir. Sin embargo, existen diferencias entre las dos imágenes: en la primera, el maestro es Nicolaes Tulp de la cofradía de cirujanos de Amsterdam, el cadáver es el del criminal Aris Kindt y los que acompañan son patrones que pagaban para figurar.



PREMIO

Dr. Eduardo Braun Menéndez

Bicentenario 2010

Al mejor trabajo de divulgación científica en castellano referente a **Ciencia–Tecnología-Educación**, desarrollado de manera clara, didáctica y en términos comprensibles para el público en general.

El premio consistirá en la suma de \$ 2000, un diploma y la publicación del trabajo en la revista Ciencia e Investigación.

DISPOSICIONES GENERALES

Los trabajos deberán ser inéditos y los originales entregados en versión word (extensión "doc") en un CD junto a una versión impresa, los cuales deberán ser 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 postal a la que se podrá remitir el acuse de recepción del trabajo con el nombre del premio.

El texto, incluyendo el titulado, resumen, glosario, bibliografía y leyendas, no podrá exceder de 10.000 palabras, letra Times New Roman tamaño 12 y espacio simple. Las páginas deben numerarse (arriba a la derecha) en forma corrida. El texto, incluirá un sumario, en castellano e inglés que no deberá exceder de 250 palabras para cada idioma. La copia impresa deberá estar en papel A4. El material gráfico (que será agregado al final del escrito deberá ser de alta calidad, preferentemente a 300 dpi al tamaño real) se presentará como: a) figuras (dibujos e imágenes en formato JPG) y se numerarán correlativamente (Ej. Figura 1) y b) tablas numeradas correlativamente independientemente de las figuras (Ej. Tabla 1). Si las ilustraciones no fueran originales se deberá citar su origen 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).

La lista de trabajos citados en el texto o lecturas recomendadas, deberá ordenarse alfabéticamente de acuerdo con el apellido del primer autor, seguido por las 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, este último entre paréntesis. Ej. Benin L.W., Hurste J.A. y Eigenel P. The non lineal hypercycle. Nature 277, 108–115 (2008).

Los trabajos deberán ser remitidos antes del **15 de octubre de 2010** a la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC), Av. Alvear 1711 4to. Piso, (C1014AAE) Buenos Aires. Para cualquier otra información remitirse al CE: secretaria@aargentinapciencias.org o al TE: 54- 011 4811-2998.

El premio se entregará en acto público.

PREMIO Dr. Eduardo Braun Menéndez 2008

La Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, entregó el Premio "Eduardo Braun Menéndez" 2008, al Dr. Javier Ignacio Amalvy, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, por su trabajo titulado "Nociones de Nanociencia y Nanotecnología y sus Aplicaciones en Pinturas y Productos Relacionados". El evento tuvo lugar el 17 de Septiembre.

AGENDA

REUNIONES CIENTÍFICAS «AAPC AL BICENTENARIO»

La AAPC inició un ciclo de reuniones de divulgación científica con el fin de homenajear a algunos de los científicos paradigmáticos argentinos y la proyección de sus contribuciones, por parte de sus continuadores. Es así, que la primera reunión celebrada el día 6 de Noviembre de 2008, los Dres. Carlos A. Rinaldi y Sergio Marensi, disertaron sobre el «Desarrollo del quehacer Antártico Argentino 1946-2008». La segunda, será sobre «Venancio Deulofeu y la Química Orgánica en la Argentina», organizada por los Dres. Jorge Comín y Marcelo Vernengo con la participación de los Dres. Jorge Sproviero y Gerardo Burton, tendrá lugar el 22 de Octubre próximo.

La tercera reunión organizada por el Dr. Alberto Baldi, se llevará a cabo el 12 de Noviembre próximo con el título «César Milstein y las fronteras de la Inmunología» con la participación de los Dres. Israel Algranati, Norberto Zwirner, Gabriel Fiszman y Alberto Fossati.

XI JORNADAS ANUALES DE LA SOCIEDAD ARGENTINA DE BIOLOGÍA (SAB).

Ciudad Autónoma de Buenos Aires 2-4 de diciembre de 2009.
biología@dna.uba.ar

XLV REUNIÓN ANUAL DE LA SOCIEDAD ARGENTINA DE INVESTIGACIÓN BIOQUÍMICA Y BIOLOGÍA MOLECULAR (SAIB).

San Miguel de Tucumán del 10 al 13 de Noviembre de 2009.
<http://www.saib.org.ar>

LIV REUNIÓN ANUAL DE SOCIEDAD ARGENTINA DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA (SAIC) EN CONJUNTO CON LA SOCIEDAD ARGENTINA DE INMUNOLOGÍA (SAI).

Mar del Plata del 18 al 21 de Noviembre de 2009.
Ver: secretaria@saic.org.ar

REUNIÓN DE LA ASOCIACIÓN INTERCIENCIA, CELEBRARÁ SU REUNIÓN ANUAL EN COCHABAMBA, BOLIVIA.

Del 2 al 4 de Noviembre de 2009. El Dr. Eduardo H. Charreau asistirá como representante de la AAPC a dicho evento.

ASOCIACIÓN DEL PERSONAL TÉCNICO-CIENTÍFICO DE INVESTIGACIÓN O DESARROLLO (APTCID).

Se encuentra en formación la APTCID que tiene por objeto propender a la defensa de los intereses del personal que realice o haya realizado actividades técnico-científicas de investigación o desarrollo y de dirección de tales actividades, en los organismos pertenecientes al Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y Universidades Nacionales, como así también aquellos que ingresen a dicho Sistema, incluyendo Organismos y/o Empresas del Estado o de Entes Autárquicos Centralizados o Descentralizados, pertenecientes al Estado Nacional. Se encuentran alcanzados por el Estatuto de la Asociación y en consecuencia pueden revestir la condición de asociados.

Para mayor información charreau@conicet.gov.ar

CIEN RESPUESTAS PARA EL BICENTENARIO

El CONICET y Kidsnews -periódico de distribución gratuita en las escuelas- han puesto en marcha el Certamen Nacional CONICET 2009 de ciencias, para niños y jóvenes «CIEN RESPUESTAS PARA EL BICENTENARIO».

El Certamen se realiza durante los meses de septiembre y octubre de 2009 con cierre previsto para el 9 de noviembre. Pueden participar niños y jóvenes de instituciones educativas públicas y privadas de todo el país, argentinos y extranjeros (con más de dos años de residencia), cuya edad esté comprendida entre los 9 y los 15 años, cumplidos al 31 de diciembre de 2009.

Los participantes deben responder cien preguntas sobre ciencias -elaboradas por los jurados científicos del CONICET, con la modalidad de respuestas múltiples que serán planteadas en las ediciones de Kidsnews en los meses de septiembre y octubre de 2009 y, en la página de internet www.kidsnews.com.ar/concurso/ donde se encuentra toda la información correspondiente.

Las respuestas correctas deben ser elegidas entre las tres opciones que se presentan en cada pregunta e ingresarlas directamente a través de la página web mencionada en el párrafo anterior, o enviarlas por correo a Aráoz 1120, C1414DPX), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, antes del 9 de noviembre de 2009.

Las preguntas planteadas corresponden a las grandes áreas de investigación del CONICET: Ciencias Agraria, Ingeniería y de Materiales, Ciencias Biológicas y de la Salud; Ciencias Exactas y Naturales; Ciencias Sociales y Humanidades, además de Tecnología y Nanotecnología.

Todos los participantes que contesten el 80 por ciento de las preguntas en forma correcta, podrán participar de un sorteo con entrega de premios que se realizará el 16 de noviembre de 2009, a las 10,30 en el Museo Nacional de Ciencias Bernardino Rivadavia, sito en Av. Ángel Gallardo 470 (1405DJR), Ciudad autónoma de Buenos Aires.

El principal objetivo de este Certamen es estimular el interés por las ciencias en la población estudiantil de manera tal, que se asimilen e internalicen nuevos conocimientos sobre las materias que son tema de investigación constante entre los científicos del CONICET, desde hace más de 50 años. Así también, pretende promover una mejor comprensión sobre la importancia que tiene la investigación científica en el progreso y crecimiento del país y, los beneficios que significa para la sociedad.

INTERAMERICAN ONCOLOGY CONFERENCES.

Estado Actual y Futuro de las Terapias Antineoplásicas Dirigidas

Hotel Alvear, Salón Versailles, Buenos Aires, Argentina. La reunión tuvo lugar el 1 y 2 de octubre de 2009.

Informes: (5411) 4784-6810, 15 -3198-9909

ablanco@oncologyconferences.com.ar

 <p>INSTITUTO LOLOIR FUNDACIÓN</p> 	<p>60 años produciendo conocimiento de excelencia</p> <ul style="list-style-type: none">- 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. <p>Av. Patricias Argentinas 435, Buenos Aires. (54-11) 5238-7500, www.leloir.org.ar</p>
--	--

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

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. Desde el año 2009 la revista tiene difusión on line (www.aargentinapciencias.org)

PRESENTACIÓN DEL MANUSCRITO

El artículo deberá presentarse en un CD junto a una impresión en papel A4 escrito con procesador de texto word (extensión «doc») en castellano, 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, glosario, bibliografía y las leyendas de las figuras. Colocar las ilustraciones (figuras y tablas) al final en página sin numerar. Por tratarse de artículos de divulgación científica aconsejamos acompañar el trabajo con un glosario de los términos que puedan resultar desconocidos para los lectores no especialistas en el tema.

La primera 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 o referencia del trabajo, en castellano y en inglés, con un máximo de 250 palabras para cada idioma. El texto del trabajo comenzará en la tercera página y finalizará con el posible glosario, 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, glosario, bibliografía y leyendas). Otros artículos relacionados con actividades científicas, bibliografías, historia de la ciencia, crónicas o notas de actualidad, etc. no deberán excederse de 6.000 palabras.

El material gráfico deberá ser de alta calidad, preferentemente a 300 dpi al tamaño real, se presentará como: a) figuras (dibujos e imágenes en formato JPG) 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). La lista de trabajos citados en el texto o lecturas recomendadas, deberá ordenársela alfabéticamente de acuerdo con el apellido del primer autor, seguido por las 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, este último entre paréntesis. Ej. Benin L.W., Hurste J.A. y Eigenel P. The non lineal hypercycle. Nature 277, 108 – 115 (2008).

Tanto la versión CD como la impresa deberá incluir una carta dirigida al Director del Comité Editorial de la revista Ciencia e Investigación solicitando su posible publicación y remitirse a: **AAPC, Revista Cel, Av. Alvear 1711, 4ºP (C1014AAE) Ciudad Autónoma de Buenos Aires.**

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

bastante 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 Teledyne 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

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



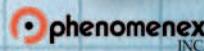
UHR - TOF
ULTRA ALTA
RESOLUCION - TOF
MAXIS



FTMS
POR TRANSFORMADA
DE FOURIER
APEX-ULTRA



TRAMPA IONICA
HCT^{ULTRA}



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.gelifesciences.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

