

Ciencia e Investigación

Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias

INFIDELIDAD EN LA PAREJA EN EL REINO ANIMAL

Fabián Gabelli

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

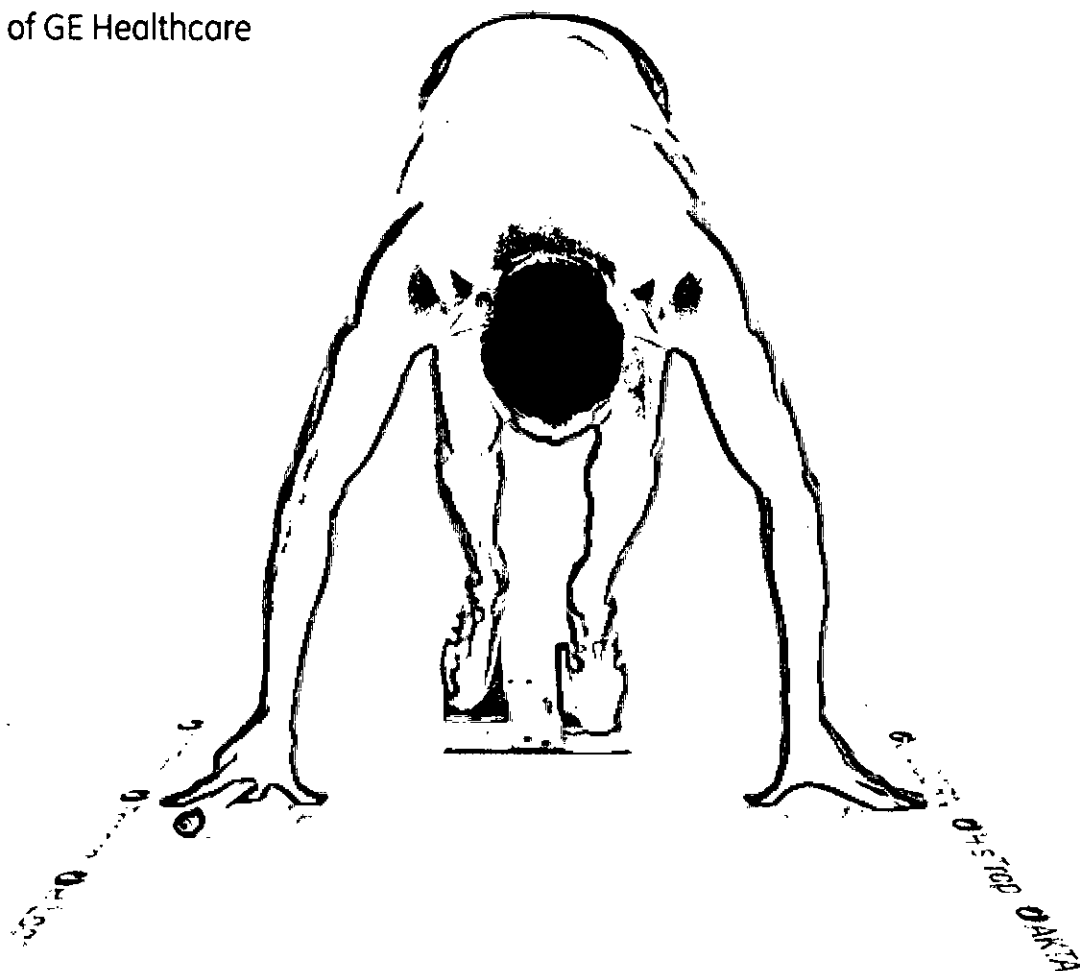
**Introducción, Programa, Asistencia
y desarrollo de la Reunión,
Cooperación Argentina-Brasil, Premios.
La ciencia y el Cine de Ciencia Ficción**

Alberto Baldi

Los dinosaurios del cretácico de la Patagonia

Leonardo Salgado

TOMO 57 N° 1 - 2005 - \$ 9



¿Como llamaría Usted simplificar la purificación de proteínas desde la etapa inicial?

Pura Imaginación hecha realidad

GE Healthcare es el nombre detrás de todas las herramientas líderes en la investigación biomolecular. Nuestro foco está en proveer sistemas de purificación de proteínas, columnas y rellenos que simplifican y aceleran el descubrimiento de drogas y lo ayudan a competir más fácilmente.

En GE Healthcare nunca nos quedamos quietos. Estamos constantemente trabajando para ampliar nuestra oferta, encontrando nuevas maneras de convertir en realidad la imaginación, para darle a usted un mejor desempeño en la carrera del mañana.

Visite <http://www.amershambiosciences.com.ar>



GE imagination at work

T (011) 4576 3030
sales.ar@ge.com
buenos aires



EXISTE UN MÉTODO DETRÁS DE TODA OBRA MAESTRA.

La Iniciativa Artística Rolex para Mentores y Discípulos ofrece a un grupo de jóvenes talentosos la posibilidad de aprender, crear y crecer durante un año entero con la guía de un maestro consagrado en su misma disciplina. Mario Vargas Llosa, distinguido hombre de letras de Perú, eligió al joven escritor colombiano Antonio García Ángel. Cinco años después de la publicación de su primera novela, inspirado por el método de trabajo que le inculcó Vargas Llosa, García Ángel ha terminado su segunda obra.



WWW.ROLEXMENTORPROTEGE.COM

DANZA

SABURO TESHIGAWARA
JUNAID JEMAL SENDI

CINE

MIRA NAIR
ADITYA ASSARAT

LITERATURA

MARIO VARGAS LLOSA
ANTONIO GARCÍA ÁNGEL

MÚSICA

JESSY EL NORMAN
SUSAN PLATTIS

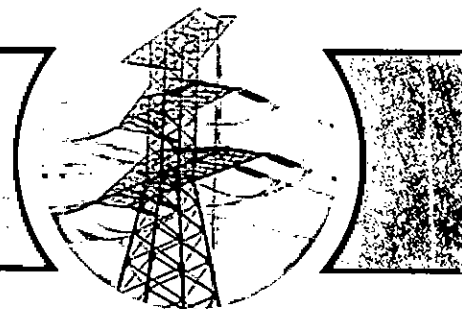
TEATRO

SIR PETER HALL
LARA FOOT NEWTON

ARTES VISUALES

DAVID HOCKNEY
MATTHIAS WEISCHER

ATUCHA II ES PARTE DE LA SOLUCIÓN



Porque terminar y poner en funcionamiento la Central Nuclear Atucha II:

Equivale a aportar 745 MWe al Sistema Eléctrico Nacional

Equivale a operar otra instalación nuclear con estrictos sistemas de seguridad

Equivale a generar más energía sin contribuir al Efecto Invernadero ni al Cambio Climático Global al no emitir dióxido de carbono a la atmósfera

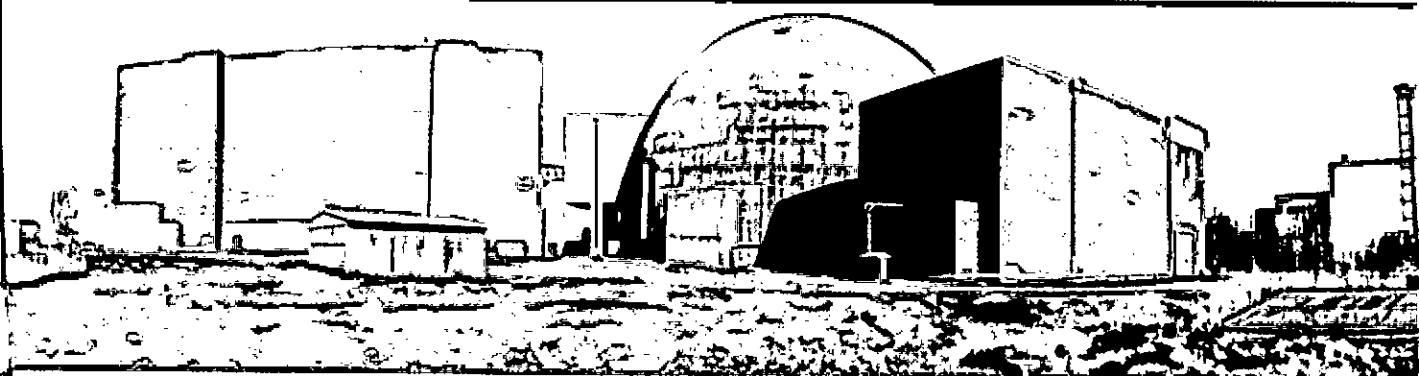
Equivale a completar una obra ya realizada en un 80% y a recuperar una importante inversión nacional

Equivale a ahorrar 4 millones m³ / día de gas durante su vida útil, 4% del consumo nacional

Equivale a disponer de desechos compactos mínimos, manejables y confinables

Equivale a la continuidad del desarrollo de recursos humanos científicos y técnicos

Equivale a más puestos de trabajo, a una mejor calidad de vida



ATUCHA II ES POTENCIA TECNOLÓGICA AL SERVICIO DE LA NACIÓN

MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN FEDERAL,
INVERSIÓN PÚBLICA Y SERVICIOS



SECRETARÍA DE ENERGÍA



COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
55 años ininterrumpidos de investigaciones y
desarrollos de nivel internacional
www.cnea.gov.ar

NUCLEOELÉCTRICA ARGENTINA S.A.
Aporta al país energía eléctrica segura,
limpia y de alto rendimiento, al mismo
tiempo que preserva el medio ambiente
www.na-sa.com.ar

EMPRENDIENDO EN FORMA CONJUNTA LA FINALIZACIÓN DE LA OBRA

Primera Revista Argentina
de Información Científica.
Fundada en enero de 1945

Responsables Editores
Ing. Juan C. Almagro
Dr. Marcelo Dankert

COMITE ASESOR
Dr. Horacio H. Camacho
Dr. Julio Gratton
Dr. Renato Radicella
Dr. Sadi U. Rifé
Dr. Carlos Rinaldi
Ing. Roberto B.A. Solanilla
Dr. Marcelo Vernengo

COMITE EVALUADOR
Coordinador: Dr. Marcelo Dankert
Dr. Guillermo J. Juvenal
Dr. Basilio A. Kotsias
Lic. Ricardo D. Miró
Dr. Claudio A. Parica
Dra. Alicia L. Sarce

Ing. Arturo Martínez
(Delegado en la Unión Europea)

Cartas al Editor y suscripciones:
secretaria@aapciencias.org

Ciencia e Investigación: Revista
de información científica.
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: (054)-(11)-4811-2998.
Registro Nacional de la Propiedad
Intelectual N° 82.657.
ISSN-0009-6733
Precio por ejemplar \$9.00

Lo expresado por los autores o anun-
ciantes, en los artículos o en los avi-
sos publicados, es de exclusiva res-
ponsabilidad de los mismos. Cien-
cia e Investigación no se hace res-
ponsable por su contenido.

EDITORIAL

Ciencia Tecnología y Sociedad 4

CONFERENCIAS / ARTÍCULOS

Conferencia inaugural *Ciencia Tecnología y Sociedad*:
Infidelidad en la pareja en el reino animal
Fabián Gabelli 5

Conferencia de clausura *Ciencia Tecnología y Sociedad*:
Los dinosaurios del cretácico de la Patagonia.
Leonardo Salgado 14

Almejas, Berberechos y Bikinis:
Un ejemplo de las interacciones entre recursos Naturales y
actividades humanas en playas turísticas Argentinas.
José R. Dadon 21

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Introducción, Programa, Asistencia y desarrollo de la reunión,
Cooperación Argentina-Brasil, Premios.
La Ciencia y el Cine de Ciencia Ficción.
Alberto Baldi 26

La Trama Discontinua
Algunas investigaciones realizadas en el Instituto Nacional de
Microbiología 1958-1964
Rosa Nagel 34

Jugando a los dados
¿Cómo podemos reconciliar, si eso es posible, el azar
con el determinismo?
Dino Otero 40

PERSONALIDADES RELEVANTES DE LA CIENCIA ARGENTINA

El Dr. Manuel Sadosky
Ricardo Miró 48

ANUNCIOS Y NOTAS DE INTERÉS

Innovación y Patentamiento, Pablo Paz, Pablo Sierra. 49

Premio interciencia 2005. 51

Cumpleaños número 29 de INVAP S.E. 52

Instrucciones para los autores. 53

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD.

La reunión sobre *Ciencia, Tecnología y Sociedad*, realizada en los salones de la Rural a principios de noviembre pasado, mostró de manera muy palpable la vigencia de los ideales que propicia desde su fundación la *Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias*. Cuando ésta comenzó a pensar en este encuentro con su par brasileña, su realización parecía casi inalcanzable. La dimensión del proyecto, los recursos existentes, y en particular el escaso tiempo disponible, atentaban en conjunto contra el atrevimiento de dar inicio a alguna de sus etapas. Sin embargo, en algún momento, el compromiso se hizo irreversible.

Todos nos alegramos ahora de que así haya sido. De manera constante, hemos considerado que el desarrollo científico y tecnológico de nuestro país se debe materializar mediante una Política de Estado, es decir, mediante una política permanente e independiente de las distintas administraciones gubernamentales que se sucedan en el tiempo. El sostenimiento de tal criterio se suma a una de las ideas fundacionales de nuestra asociación, que nos ha impulsado desde siempre a transmitir a nuestra sociedad los progresos del desarrollo científico y tecnológico, para inducir el interés en esta área de gobernantes, políticos, industriales, empresarios, educadores y público en general. La Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC), con su par del Brasil, la Sociedad Brasileira para el Progreso de las Ciencias (SBPC) emprendieron con este espíritu la realización de su encuentro de divulgación científica.

El apoyo entusiasta del Ministro de Educación Lic. Daniel Filmus y del Secretario de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva Ing. Tulio Del Bono, resultó decisivo. En tal sentido, la confianza en la posibilidad de la propuesta, garantizó la obtención de los recursos primarios necesarios, que aumentaron posteriormente debido al aporte recibido por parte de las autoridades del Gobierno de Brasil. El resultado del emprendimiento fue elocuente. Asistieron a la reunión cerca de 3.000 personas, frente a las cuales disertaron unos 300 investigadores y especialistas de ambas naciones.

Debe destacarse que casi todas las sociedades científicas del país colaboraron activa y generosamente para posibilitar el éxito de la reunión. Por ejemplo, la agrupación Retina facilitó una interacción ágil y eficiente con nuestra par de Brasil, mediante videoconferencias que aligeraron enormemente la organización de una reunión tan compleja, dada la vastedad de los temas encarados. En ese sentido, cabe consignar que en la Conferencia de Apertura de la Reunión, se anunciaron importantes lineamientos para la cooperación entre Brasil y Argentina con el objeto de lograr modelos socioeconómicos más justos. Se expresó

también que se posee la firme decisión de trabajar en conjunto para promocionar el conocimiento científico y tecnológico aplicándolo al desarrollo de las sociedades de la región.

Entre varios de los proyectos bilaterales en discusión, nos parecen muy interesantes:

- La creación de una Agencia de Desarrollo Científico que se financie con un porcentaje del comercio bilateral,
- La formación de un Comité Bilateral de Cooperación Científica entre Brasil y Argentina,
- La cooperación en el sistema universitario para estudiantes brasileños y argentinos puedan capacitarse alternativamente en estos países.

Parece quedar claro, entonces, que los resultados positivos de la reunión, las ideas allí expuestas, y la cristalización de una aspiración multinacional como motor de nuevas alternativas que afiancen lo ya construido, multiplica la finalidad de nuestra Asociación, y la expande renovada en el subcontinente.

Por si hiciera falta reiterar que la generación autónoma de conocimiento científico está en consonancia con esa esperanza, entonces la AAPC lo repetirá cada vez que sea necesario. La huella histórica que se percibe al respecto en el presente, muestra que esa tarea ha sido encarada en nuestro ámbito sin claudicar desde el año 1935, por ejemplo, mediante la revista *Ciencia e Investigación*. Además, sigue plasmando lo mismo cotidianamente, con su página web a partir de 2003. Es indudable que el alcance de esta herramienta difunde sin límites imaginables, de manera accesible, algunas parcelas de nuestra producción científica, inyectándola en la comunidad global con el claro sello de su origen argentino.

Podría pensarse, tal vez, en primera aproximación, que lo universal se confunde aquí con lo singular. Pero este posible efecto, si es real, no atenta contra la supervivencia de las identidades nacionales, sino que las potencia en un universo regional enorme.

Como argentinos, nuestra responsabilidad en esa tarea compartida es enorme, y el reto tal vez consista en afrontarla con continuidad, cuando faltan menos de cinco años para el bicentenario de nuestra quizás pequeña pero siempre significativa Revolución de Mayo.

A través de estas líneas pretendemos no solo mantener informados a nuestros lectores, sino agradecer, muy sinceramente, a todos aquellos que con sus desinteresadas acciones hicieron posible una reunión exitosa de esa magnitud.

EVOLUCIÓN DE LA INFIDELIDAD DE PAREJA EN EL REINO ANIMAL

Fabián Marcelo Gabelli^{*} & Lorena Pompilio^{**}

Hace ya más de un siglo que Darwin (1871) presentó una explicación revolucionaria para interpretar los misterios de la búsqueda de parejas entre los seres vivos. Su preocupación original consistía en justificar la aparición de rasgos que atentaban con la supervivencia, como colores llamativos o poderosas vocalizaciones. Estas características surgían y se desarrollaban, según Darwin, como consecuencia de un proceso al cual denominó Selección Sexual, permitiendo a ciertos sujetos poseer ventajas reproductivas con respecto a otros de su población.

Solo luego de ciertos avances teóricos (Fisher 1930, Bateman 1948, Trivers 1972) se logró formalizar el rol que cada sexo debería cumplir en el juego de la reproducción. El sexo que invierta menos en la cría competirá por parejas mientras que el sexo que más invierta será selectivo en aceptar parejas. La regla para muchos seres vivos se resume en machos que compiten por el acceso y monopolización de las hembras y hembras altamente selectivas. En la actualidad el análisis del rol de cada sexo está caracterizado por una idea central: existe un conflicto de intereses entre machos y hembras durante la reproducción, donde cada sexo trata de maximizar su éxito reproductivo.

Bajo este marco teórico, durante los últimos años se ha avanzado significativamente en el estudio de las estrategias reproductivas en animales generando predicciones concretas sobre los más variados aspectos de la vida sexual. La infidelidad de pareja, visto bajo este enfoque, constituye uno de los comportamientos más controvertidos y será el centro del presente escrito.

TEORÍA DE LA SELECCIÓN SEXUAL Y ROL DE LOS SEXOS

La reproducción sexual implica la formación de gametas a través del proceso meiótico y la unión de dos gametas para dar origen a la cigota. Según existan o no diferencias entre dichas gametas se habla de sexo anisogamético o isogamético.

En la **anisogamia** se diferencian dos sexos, macho y hembra. La gameta femenina (óvulo) es generalmente grande, con reservas de nutrientes y poca movilidad; la masculina (espermatozoide) es por el contrario pequeña, sin reservas y muy móvil (Figura 1). Como

tanto macho como hembra parten de cantidades semejantes de material gonadal (tejido para producción de gametas), aquel sexo que produce gametas grandes podrá generar pocas (hembra), mientras que serán muchas las que produzca el sexo con gametas pequeñas (macho).

Una de las consecuencias inmediatas de la anisogamia es que la proporción de gametas masculinas respecto de las femeninas se incrementa, ya que el macho produce infinidad de gametas pequeñas y la hembra unas pocas grandes. Por ejemplo, un macho humano produce muchas más gametas en una cópula que una hembra a lo largo de su vida.

Asumiendo que la selección natural opera maximizando el éxito reproductivo individual (Krebs y Davies, 1981) la estrategia reproductiva predecible en caso de anisogamia y, dependiendo del sexo, puede considerarse como:

i) Los machos pueden incrementar teóricamente hasta el infinito el número de

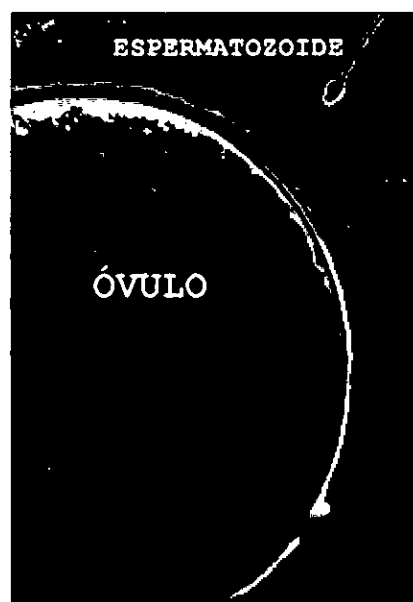


Figura 1: Fotografía de Óvulo y Espermatozoide de Humanos. Ejemplo de la relación de tamaño entre gameta femenina y masculina en un sistema anisogamético.

^{*}Instituto de Biología y medicina experimental (IBY-ME), laboratorio de biología del comportamiento; Facultad de Psicología, Universidad de Buenos Aires.
^{**}Facultad de Ciencias exactas y naturales, Universidad de Buenos Aires, Laboratorio de ecología del comportamiento.
fabiangabelli@yahoo.com.ar
lorena.pompilio@st-catherines.oxon.org

fertilizaciones y su potencial reproductivo estará limitado casi exclusivamente por el número de parejas que consiga.

ii) Las hembras, por el contrario, no ganan nada con aparearse con muchos machos (ya que poseen uno o muy pocos óvulos fecundables) y su potencial reproductivo está limitado por el acceso a recursos energéticamente altos y el incremento en última instancia de la tasa de pasaje de nutrientes desde el ambiente al huevo y la cigota.

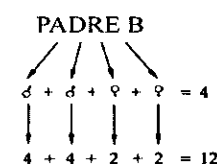
Si cada macho está capacitado para fecundar gran cantidad de hembras, la competencia para acceder a parejas dependerá en gran parte del número de hembras que existan por cada macho. Una población con una proporción de sexos macho:hembra de 1:10, es de suponer que presente menor competencia entre machos que una con proporción 1:1.

La mayoría de las poblaciones de distintas especies en estado natural presentan una proporción de sexos de 1:1. Fisher (1930) propuso una ingeniosa explicación a este fenómeno basada en que **la proporción de sexos de una generación afecta el éxito reproductivo de esos individuos en la generación siguiente**.

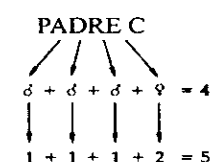
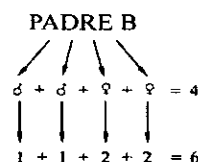
Supongamos una población que contenga 20 hembras por cada macho. Es de esperar que cada macho posea 20 veces mayor éxito reproductivo que una hembra. Una pareja que tenga solamente hijos poseerá 20 veces más nietos que otra con idéntica cantidad de hijas. Inmediatamente surge de este análisis que la selección natural favorecerá a aquellos individuos que posean una tendencia a tener descendencia masculina, siempre y cuando este rasgo sea heredable, los cuales comenzarán a ser más abundantes en las sucesivas generaciones (Trivers y Willard, 1973). A medida que la característica de tener hijos en lugar de hijas aumenta, va incrementándose la proporción de sexos desde el inicial 1:20 hasta llegar a 1:1. En este punto el beneficio de criar una hija o un hijo es el mismo y podemos decir entonces que la población se encuentra en equilibrio y cualquier cambio en las proporciones será contra-seleccionado (Figura 2).

Siendo la proporción de sexos 1:1 y la capacidad de apareamiento de los machos (debido al tipo de gameta que producen) potencialmente ilimitada, es razonable suponer que las hembras sean un recurso escaso (Krebs y Davies, 1981). **Cuando un sexo (en este caso la hembra) se convierte en un recurso limitante para el otro, el resultado con-**

A. MACHO : HEMBRA = 1:2



B. MACHO : HEMBRA = 2:1



C. MACHO : HEMBRA = 1:1

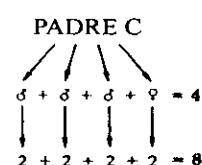


Figura 2: Evaluación del éxito reproductivo para tres posibles tipos de padres "A", "B" o "C" (clasificados por la tendencia a producir descendientes de uno u otro sexo) en función de la proporción de sexos de la población en la cual se encuentren. Esta simple simulación solo asume que cada hembra produce dos descendientes por evento reproductivo y el número de parejas que consiga cada macho será función de la proporción de sexos poblacional (en una tipo "A" cada macho dispondrá de 2 hembras para aparearse). Así, en una población hipotética llamada "A" con dos hembras por cada macho, los padres tipo "A" con una tendencia a producir mayor cantidad de descendientes hembras que machos, serán menos exitosos (medido en número total de descendientes) que padres de tipo "B" o "C". Un macho en una población tipo "A" con dos hembras por macho, dejará 4 descendientes (2 por cada hembra). Por el contrario, en una población tipo "B" (dos machos por cada hembra), los padres del tipo C con tendencia a dejar más hijos machos, serán los menos exitosos. Solo una proporción poblacional de sexos de un macho por cada hembra, no genera asimetrías entre las distintas estrategias paternas y todos los tipos de padres serán igualmente exitosos (Fisher 1930).

siste en un incremento en la competencia entre los miembros del sexo accesible (en este caso el macho) para aparearse con ejemplares del sexo limitante (Emlen y Oring, 1977).

Una experiencia que permite demostrar empíricamente lo que se propone en los puntos anteriores fue realizada por Bateman (1948) (Figura 3) con moscas de la fruta (*Drosophila sp.*). Bateman colocó igual número de machos y hembras (1:1) en un ambiente óptimo para

la reproducción. A través de marcadores genéticos pudo individualizar los padres de cada nuevo juvenil y calcular así el éxito reproductivo de cada ejemplar. Los resultados se resumen en los siguientes ítems (Figura 3):

Los machos tuvieron una mayor variación en el éxito reproductivo que las hembras. Esto es, hubo machos que monopolizaron la mayor parte de los apareamientos mientras que otros no se aparearon.

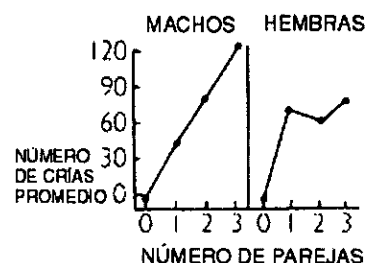


Figura 3: Éxito reproductivo de machos y hembras de moscas del vinagre (*Drosophila sp.*) en función del número de apareamientos. El número de descendientes de cada macho se incrementa en función del número de hembras con las que se aparee. En las hembras el número de descendientes no está relacionado con un incremento del número de parejas (Bateman, 1948)

Las hembras lograron en su gran mayoría aparearse y poseyeron éxitos reproductivos semejantes, esto esencialmente debido a que todas tuvieron acceso a un medio con abundancia de recursos para la producción de cigotas viables. La frecuencia de cópula (más allá de la primera) no tuvo efectos sobre el éxito reproductivo de las hembras. Los machos, por el contrario, cuanto más cópulas experimentaron mayor fue su éxito reproductivo. Estos resultados pasaron a conocerse como **Efecto Bateman** y permiten explicar en líneas generales las estrategias reproductivas de uno y otro sexo.

El rol que cada sexo posee durante la reproducción quedó definido a partir de estas ideas. Así, la regla para muchos seres vivos se resume en machos que compiten por el acceso y monopolización de las hembras y hembras altamente selectivas. Existe un conflicto de intereses entre machos y hembras durante la reproducción, donde cada sexo trata de maximizar su éxito reproductivo.

Hasta aquí hemos considerado a la anisogamia y la proporción de sexos equilibrada (1:1) como los principales responsables de la competencia sexual. En aquellas especies donde las crías reciben cuidado por parte de sus progenitores debe tomarse en consideración un nuevo efecto: la **inversión parental**. Esta se define como todo aquello que se hace para incrementar la supervivencia de una cría y que reduce la habilidad para producir una adicional. Resulta evidente que aquel progenitor que realice la mayor inversión parental estará reduciendo su capacidad para incrementar el éxito reproductivo futuro y, por lo tanto, existirá un conflicto entre padres en el momento del cuidado de la cría. Trivers (1972) fue el primero en poner énfasis en la relación que existe entre la inversión parental y la competencia sexual. Él propuso que el sexo que invierte menos en la cría competirá por parejas mientras que el sexo que más invierte será selectivo en aceptar parejas. De esta manera, los machos compiten entre sí para conseguir la mayor cantidad de oportunidades para aparearse, mientras las hembras adquieren un papel no competitivo, seleccionando entre los machos cortejantes (Figura 4).

Citando un ejemplo extremo que permita evaluar los costos de un apareamiento indiscriminado, consideremos a un macho y una hembra que se aparean con un ejemplar de otra especie. Cabe mencionar primero que los apa-

reamientos entre especies distintas llevan a la infertilidad de la cigota o a una baja probabilidad de sobrevivencia de las crías híbridas (Mayr, 1963). Para un macho, la cría no acarrea mayores costos ya que por un lado produce mucha más esperma de la que necesita para copular a las hembras que consiga y, por otro, no se ocupa, (en general), de la crianza. Para la hembra, por el contrario, implica la pérdida de la energía invertida en la producción de sus costosas gametas, o en la crianza, si es que la cigota llega a ser viable (Wittemberger, 1981). Además, debemos tener en cuenta el beneficio que, para uno y otro sexo, implica que una cópula se traduzca en una cría. Para un macho, como el éxito reproductivo potencial es grande, una cría que se pierde implica un pequeño porcentaje de su producción total. Para una hembra, por el contrario, una cría puede representar un porcentaje importante de su éxito reproductivo (Figura 5). Pueden comprenderse ahora los costos que implica para una hembra no ser selectiva, y cabe aclarar que dicha selectividad no implica sólo elegir la especie sino también ciertos machos dentro de su población. La elección de la hembra puede estar basada en dos grandes conjuntos de rasgos de macho: o busca recursos directos a proveer por su pareja (protección, alimento, cuidado de la cría, etc.) o beneficios



Figura 5: Figura esquemática que muestra como el uso indiscriminado (no selectivo) de un par de gametas puede representar una disminución importante (20 %) del Éxito Reproductivo Potencial de una hembra, sin contar la pérdida misma de recursos costos como son los óvulos.

indirectos producto de la calidad genética del macho (la cual será heredada por sus crías).

ROL DE LOS SEXOS E INFIDELIDAD:

Debido a que el potencial reproductivo de los machos está limitado casi exclusivamente por el número de parejas que consiga, su tendencia hacia la infidelidad es fácilmente predecible. Entendemos por infidelidad de pareja a los actos de apareamiento con o sin descendencia por fuera de las parejas formales (siendo uno el número de parejas formales en un sistema monogámico o más de uno en sistemas poligámicos). No puede decirse lo mismo con respecto a las hembras, para las cuales no resulta inmediato que un mayor número

ESTRATEGIAS REPRODUCTIVAS Y EL ROL DE LOS SEXOS

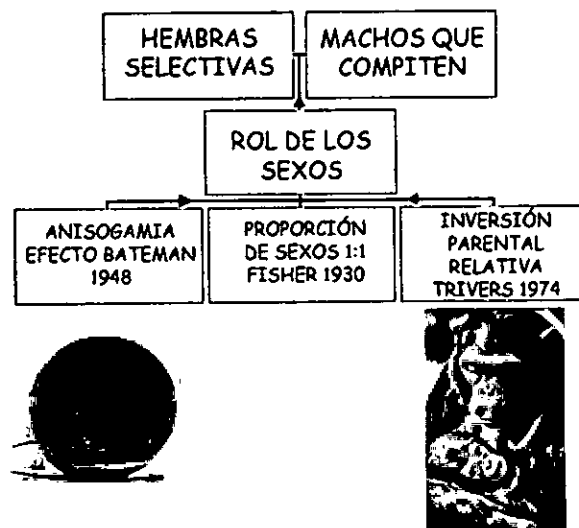


Figura 4: En teoría, en aquellas especies anisogámicas con inversión parental asociada a uno de los padres (mayoritariamente hembras) y con poblaciones con proporción de sexos equilibrada (1 macho:1 hembra) el sexo que invierte en la cría es selectivo al momento de aparearse y el sexo que no invierte compete para conseguir ejemplares del sexo opuesto. Generalmente para muchos grupos (por ejemplos mamíferos) el rol de los sexos queda definido como hembras selectivas y machos competidores

de parejas implique un mayor éxito reproductivo. De hecho, hasta hace unos pocos años se pensaba que las crías extramaritales eran el resultado de copulas forzadas por parte de los machos. Bajo esta visión, la hembra tenía un papel totalmente pasivo al respecto. Sin embargo, nuevas evidencias fueron paulatinamente cambiando esta idea. Por ejemplo, existen casos de hembras de aves canoras que serían capaces de controlar la recepción o el rechazo de esperma, por lo cual probablemente no puedan "ser forzadas" a tener crías extramaritales. Varias especies de aves, como el azulejo (*Sialia sialis*), se caracterizan por su sistema monógamo y cuidado parental compartido. Sin embargo, un estudio realizado por Gowaty (1984) utilizando marcadores genéticos muestra que las hembras de azulejo son socialmente monógamas...pero genéticamente poliándricas (una hembra copula con más de un macho durante la misma temporada reproductiva). De hecho, el estudio revela que el 19% de los pichones no estaban genéticamente relacionados con sus "padres formales" (es decir, los que brindaban cuidado parental). Además, entre un 30% y 60% de los nidos contenían pichones de más de un padre. Y ésta no es solo una excepción. Muchas otras especies de aves forman parejas estables durante cada temporada reproductiva. De las especies estudiadas (ver Petrie & Kempenaers, 1998) se encontró que solo el 10% de ellas eran realmente monógamas genéticamente (Figura 6).

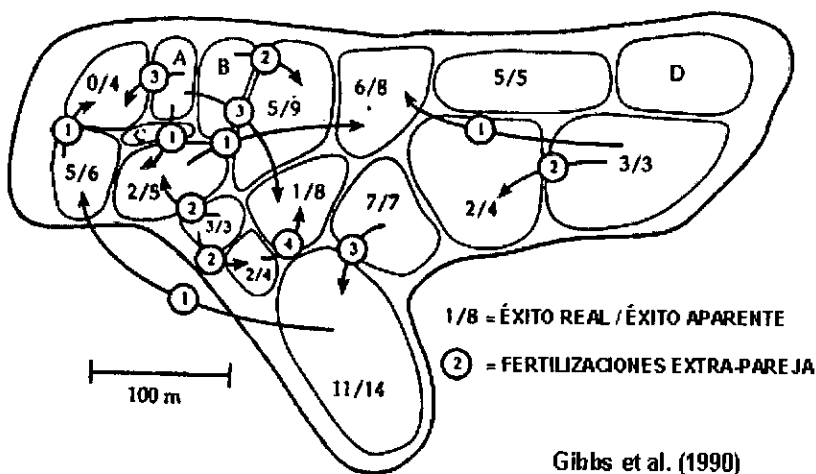


Figura 7: Evaluación del éxito reproductivo real en el tordo de alas rojas (*Agelaius phoeniceus*) mediante marcadores de ADN. Cada sector representa un territorio, en total son 17 los territorios ocupados por machos claramente identificados. Dentro de cada territorio se muestra la tasa entre el número de pichones propio y el de ajenos (por ejemplo el macho con el territorio más grande posee 14 pichones de los cuales 11 son propios y 3 ajenos, y a su vez él es padre de un pichón de un vecino). Los ejemplares A, B, C, D no presentaban nidos en sus territorios. Las flechas indican la dirección de los engaños y, por ende, la identidad de los padres reales de los pichones extra-pareja. Así, si bien el macho "A" no posee nidos en su territorio, es padre de 7 pichones producto del engaño con tres hembras de sus vecinos más cercanos. Aproximadamente el 70 % del engaño es de vecinos y en promedio el 20 % del éxito reproductivo es por cópulas extramaritales (Gibbs et al. 1990).

Una segunda fuente de información que permitía sugerir monogamia en aves fueron los estudios con ejemplares anillados donde había una elevada asociación temporo-espacial entre machos y hembras. Dicha presunción se desvaneció debido a los estudios de parentesco mediante evaluación del ADN. Estos mostraron que nuestra apreciación del caso era errónea y que en las especies evaluadas el engaño podía superar el 40 % como en el caso del indigo bunting o en tordos vecinos de una zona donde el engaño asciende al 90%

(Morell, 1998; Petrie and Kempenaers, 1998) (Figura 7). Sobre esta base, cabe preguntarse acerca de las ventajas de la poliandria genética. En verdad, si asumimos que para las hembras es ventajoso aparearse con machos que porten buenos genes, no es difícil pensar que la tendencia hacia la infidelidad haya evolucionado en ellas también. Sobre esta base, la pregunta pasa de ser: ¿"porque las hembras se aparean con más de un macho?" a ¿"cuando una hembra debería ser genéticamente monógama?". La respuesta a esta última pregunta es, según Gowaty, "casi nunca", debido a que poseer múltiples compañeros sexuales es ventajoso en muchas situaciones. Después de todo, las hembras de azulejo no pueden ver a todos los candidatos posibles antes de elegir con cual de ellos aparearse. Si una hembra elige a un macho dentro de un limitado número de machos, siempre un mejor candidato puede llegar al día siguiente... Otra posibilidad es que el macho genéticamente más atractivo no sea precisamente el que posea el mejor territorio o área de nidificación, y el macho que provea los mejores recursos puede que no porte los mejores genes (asociados, por ejemplo, a la resistencia a parásitos y patógenos). De esta manera, si la hembra expande sus horizontes puede proveer a su cría tanto de buenos genes como de buenos recursos.

Así, uno de los escasos grupos de verte-

INFIDELIDAD EN AVES SOCIALMENTE MONÓGAMAS

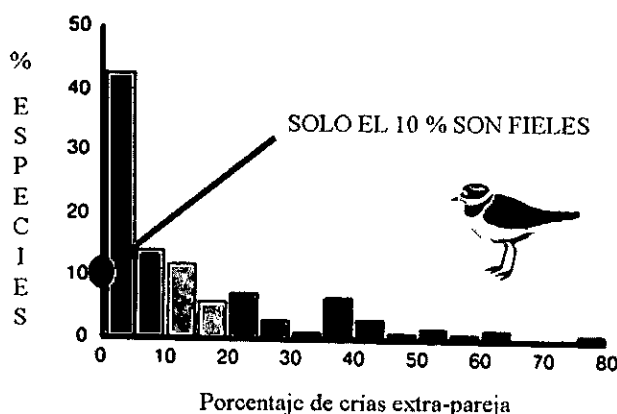


Figura 6: De las 136 especies de aves socialmente monógamas representadas en esta figura, solo un 10 % no presentó pichones extrapareja (ver punto sobre eje de ordenadas). El 90 % restante mostró toda una gama de infidelidad donde un gran porcentaje de ellas son poco infieles (menos de un 10 % de los pichones son de otro padre que no es el oficial, ver las dos barras grises a izquierda de las absisas) hasta muy pocas especies donde el porcentaje de pichones extrapareja superó el 80 % (ver barra pequeña oscura a izquierda del eje de las absisas). Entre las aves, los playeros o chorlitos, el *Charadrius hiaticula* o chorlito de collar muestra un sistema de apareamiento Monógamo con cuidado biparental. De 21 familias estudiadas con 57 pichones, en todos los casos los padres sociales eran los genéticos (Petrie & Kempenaers, 1998).

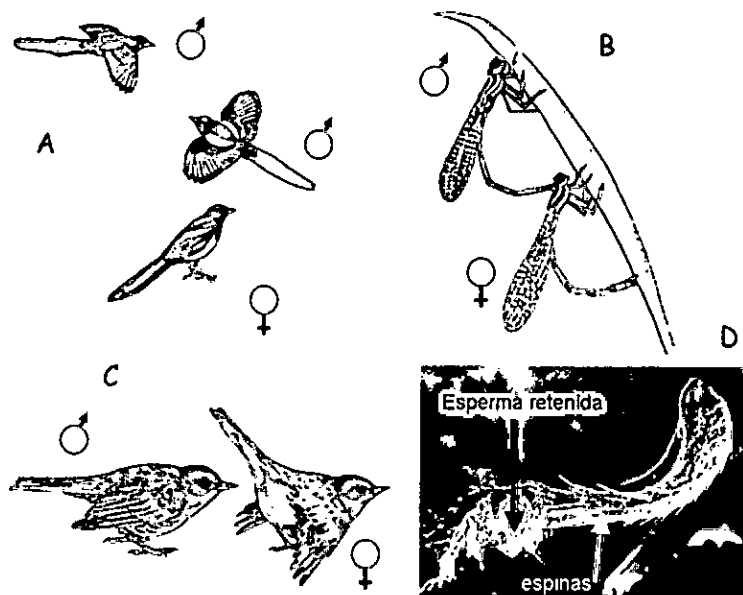


Figura 8: Diversidad de estrategias vinculadas a la disminución de los riesgos de paternidad del macho. Estas pueden ser comportamentales "A", "B" y "C" y o morfológicas "D". Al surgir la fecundación interna aparecen una serie de tácticas para la competencia espermática que van desde modificaciones del pene (la Foto D de figura 8 muestra la adaptación del pene de ciertas especies de libélulas, se ven las espinas laterales de retención y la esperma de los competidores la cual es extraída al retirar el pene luego de copular) hasta picar la cloaca de la hembra para extraer esperma de competidores (C), retener a la hembra luego de copular (B) o mantenerse cerca de la pareja (A) para evitar el acercamiento de posibles machos competidores.

brados que desafiaban la predicción de sistemas poliginicos como regla en el mundo animal quedó desenmascarado por los estudio de filiación. La infidelidad parecería ser la regla en aquellos grupos que muestran sistemas monogámicos.

Si la tendencia hacia la infidelidad en hembras es un hecho, deberían haber evolucionado en machos estrategias para prevenirla debido al gran costo que implica cuidar crías de otro. Estas estrategias van desde comportamientos de persecución de machos intrusos (figura 8 A), retención de la hembra (figura 8 B), o extracción de esperma competidora a través de comportamientos específicos (figura 8 C) o adaptaciones morfológicas (figura 8 D). La manera de encarar el tipo de preguntas cambia substancialmente si aceptamos la infidelidad en hembras. Por ejemplo, la hipótesis de que los machos cuidan a sus hembras simplemente para alejar a otros machos podría reformularse, para ciertos grupos, y pensar que lo que los machos están haciendo es mantener a las hembras "en casa". En otras palabras, en lugar de evitar que otros machos vengán a copular con la hembra el comportamiento de guardia serviría para evitar que la hembra se vaya a copular con otros machos. Esta nueva hipótesis ha cobrado fuerza a partir de un trabajo

de la misma Gowaty (1989), quien encontró que el comportamiento de guardia que exhiben los machos de ciertos pájaros depende de cuan liberales sean las hembras. De hecho, los machos no comienzan a hacer guardia hasta que no se dan cuenta de que sus hembras pueden estar copulando con otros machos, ya que ajustan la guardia en función de cuan frecuente es que las hembras estén en el nido o fuera de él. De hecho, los que mayor cantidad de hijos ajenos tienen en sus nidos son los que más siguen a sus compañeras. Por otra parte, la inversión que realiza el macho en el cuidado de la cría dependerá también de cuanto tiempo la hembra permaneció fuera del nido: a mayor tiempo en el nido mayor la inversión y viceversa (Gowaty, 1996). Otro caso similar es el del escribano palustre (*Emberiza schoeniclus*), en donde el macho colabora en el cuidado de los pichones. De los 216 pichones estudiados por Dixon y col. en 1994, 118 fueron producto de la infidelidad (55% de los pichones), donde solo en el 14% de los nidos hubo monogamia genética y el 97 % de las hembras presentó al menos 1 pichón producto de la infidelidad. Al igual que en el caso anterior, los machos colaboraron significativamente más cuanto menor fue la infidelidad en su nido.

SELECCIÓN SEXUAL Y EVOLUCIÓN DE LOS CARACTERES SEXUALES SECUNDARIOS

El hecho de poseer los rasgos necesarios para sobrevivir (esto es, conseguir alimento, evitar predadores, etc.) no asegura tener un alto éxito reproductivo, ya que este se encuentra influenciado también por la presencia de rasgos específicos que potencian la capacidad de los individuos para dejar descendencia (por ej. ser portadores de caracteres que los benefician en la competencia por las hembras, o de buena capacidad de discriminación que permita escoger mejor con quien aparearse en el caso de hembras).

La selección sexual es el proceso que modela dichos rasgos, a los que denominamos caracteres sexuales secundarios, los cuales dan a ciertos individuos ventajas sobre otros de su mismo sexo para competir y obtener apareamientos exitosos (Figura 9). Tanto la anisogamia, la proporción de sexos 1:1, como la inversión parental relativa son el origen de dicha competencia y en última instancia de la selección sexual. La selección sexual, al igual que otras formas de competencia, es particularmente potente porque tiene las características de una «carrera armamentista» (Partridge y Halliday, 1984). Esto quiere decir que si la aparición de un «arma» (carácter utilizado para competir) le confiere ventajas a un individuo, se seleccionará la misma ventaja en sus competidores (West-Eberhard, 1983). Vale resaltar que esto solo implica que aquellos descendientes que hereden el rasgo serán más exitosos, no que el rasgo se modificará en los sujetos existentes. Una característica muy importante de la selección sexual es que depende de la frecuencia. Esto quiere decir que, por ejemplo, las ventajas que un determinado nivel de agresividad le confiere a un individuo para conseguir parejas dependen exclusivamente del grado de agresividad de sus competidores.

La intensidad de la selección sexual depende del grado de competencia por parejas. Esto está sujeto a dos factores: la diferencia en la inversión parental que realiza cada sexo y la proporción de machos y hembras reproductivamente aptos (llamada proporción operacional de sexos). Cuanto menor es la co-participación de los

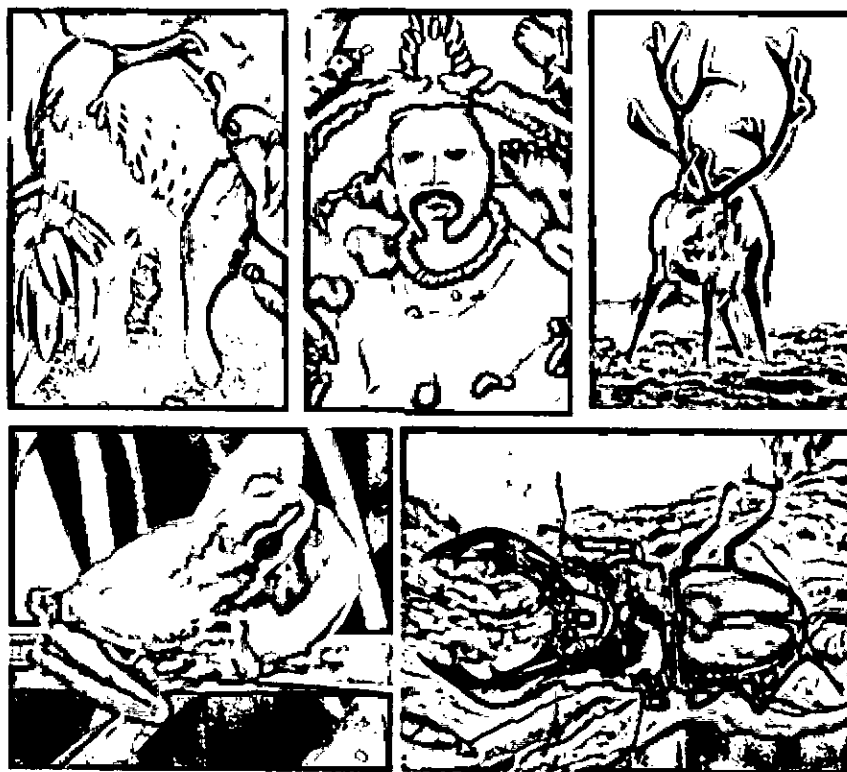


Figura 9: Diversos ejemplos de caracteres sexuales secundarios en aves, mamíferos, anfibios e insectos. El plumaje distintivo del ave fragata, las cornamentas de un cérvido, las mandíbulas hiperdesarrolladas del macho de coleóptero, los sacos de canto de anfibios o incluso los diseños de pinturas y arreglos de humanos son ejemplos de caracteres sexuales secundarios que afectan el éxito reproductivo del sujeto portador.

sexos en la crianza, mayor es la selección sexual, debido a que uno de los sexos (el que menos coopera) dispondrá de tiempo y energía suficiente como para buscar nuevas parejas por las cuales deberá competir. Cuanto mayor sea la sincronización de ambos sexos en ser reproductivamente receptivos, menor será la competencia y por ende la selección sexual, pues la monopolización de parejas resulta energéticamente muy costosa debido a que en un corto tiempo se debe defender y copular a todas las parejas potenciales. En última instancia, la intensidad de selección depende de la variación en el éxito reproductivo que existe entre individuos de un mismo sexo.

SISTEMAS DE APAREAMIENTO E INFIDELIDAD

Hasta aquí quedan definidas en líneas generales cuáles son las estrategias que en teoría cada sexo utilizará para conseguir pareja e incrementar su éxito reproductivo. Sin embargo, los sistemas de apareamiento que uno observe en la naturaleza dependerán además de dos tipos de factores que son los que dan la forma final a dichas

estrategias, limitando la expresión de las mismas. Los **Sistemas de Apareamiento** se definen como la suma de conductas y adaptaciones físicas utilizadas específicamente para conseguir pareja y algunas de las consecuencias sociales de las mismas (Vehrencap y Bradbury, 1984). Conocer las estrategias que en teoría permiten a cada sexo incrementar su éxito reproductivo, los **factores filogenéticos** de cada grupo y las **restricciones ecológicas** que modulan el desempeño final resultará

imprescindible para comprender el sistema de apareamiento de una población dada.

Los **factores filogenéticos** relacionados con la conducta reproductiva condicionan la participación de uno y otro sexo en el cuidado parental. En las aves, por ejemplo, los machos no pueden emanciparse del cuidado de la cría con tanta facilidad como los mamíferos, ya que la hembra puede abandonar el cuidado parental habiendo invertido solo su gameta (huevo) y abandonar el nido si el macho no colabora en la incubación y alimentación de los pichones. En los mamíferos, por el contrario, gran parte de la inversión parental está asociada a la hembra por razones filogenéticas, ya que tanto la gestación como el amamantamiento solo puede ser realizado por éstas.

Otro ejemplo es el de los peces y anfibios donde existen especies de fertilización externa e interna. Cuando la fertilización es externa el macho es generalmente el encargado del cuidado, cuando es interna la hembra es la que invierte en las crías (Gross y Shine, Figura 10). Si un macho por razones filogenéticas (fertilización externa) se ocupa del cuidado parental no podrá disponer del tiempo y energía necesarios para conseguir nuevas parejas y, por lo tanto, no practicará la estrategia que en teoría le es más conveniente.

Por otro lado, los **factores ecológicos** determinan el potencial para monopolizar parejas y por ende limitan la capacidad teórica que ciertos individuos poseerían para acaparar varias parejas. Existen claros ejemplos de cómo la monopolización de los recursos implican un alto grado de poligamia. Uno de los ejemplos más extremos de poliginia,

Sexo que realiza cuidado parental	Familias con fertilización interna	Familias con fertilización externa
Macho	4 (14%)	75 (70%)
Hembra	25 (86%)	32 (30%)
Total	29	107

Figura 10: Relación entre modo de fertilización y sexo que provee cuidado parental entre familias de peces y anfibios. Cuando la fertilización es externa el macho realiza el cuidado parental en el 70 % de las familias estudiadas, mientras que las hembras solo el 30 %. Cuando la fertilización es interna la hembra es la encargada del cuidado en la mayoría de los casos (86%) (Gross y Shine, 1981).

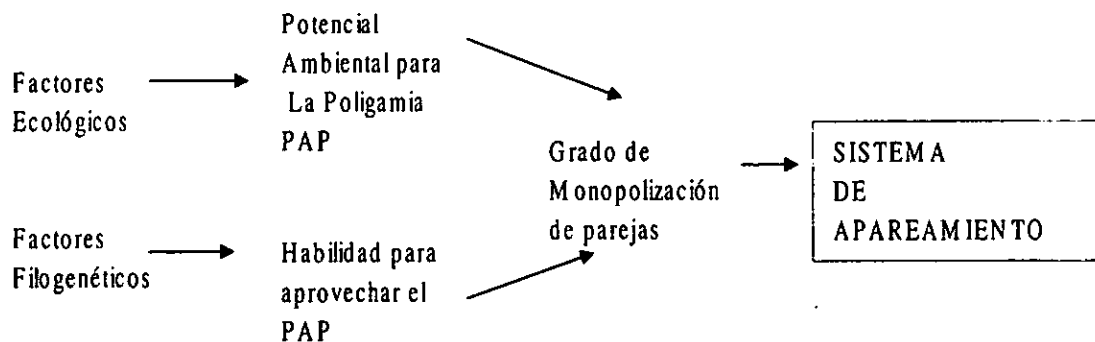


Figura 12: Esquema general de los factores determinantes de los sistemas de apareamiento. El Potencial Ambiental para la Poligamia está determinado por factores ecológicos. Por ejemplo recursos medianamente agrupados y de ubicación predecible aumentan el potencial ya que algunos pocos machos podrán acapararlos y así monopolizar hembras, derivando en una poligamia. Recursos homogéneamente distribuidos o muy agrupados pero impredecibles (cardúmenes de peces), imposibilitan su monopolización y, por ende, tienden a una baja poligamia. La posibilidad de aprovechar el PAP dependerá de factores ecológicos puntuales (condición ambiental del momento y de la filogenia (los mamíferos aprovechan más el PAP ya que las hembras deben invertir si o sí en la cría y eso libera al macho para conseguir nuevas parejas, aumentando la Poligamia (Emlen y Oring, 1977).

donde la monopolización de recursos críticos es el medio para el acceso a hembras, es el de los pájaros de rabadilla amarilla indicadores de panales (*Indicator xanthonotus*) que se alimentan de cera de abejas. Unos pocos machos mantienen territorios donde se encuentran los panales de abejas, los cuales no son abundantes y se ubican en zonas específicas. Cuando comienzan a ser reproductivamente receptivas, las hembras se acercan a dichos territorios y se alimentan de los panales custodiados por ciertos machos. Mientras que para machos territoriales se contabilizaron hasta 46 cópulas con 18 hembras diferentes en una misma temporada reproductiva, los machos no territoriales llegaron a no realizar ninguna cópula (Cronin y Sherman 1976).

Las restricciones ecológicas, al controlar el grado de monopolización, están controlando el grado de competencia y, en última instancia, la intensidad de la selección sexual. Para dar un ejemplo hipotético que permita aclarar esta idea, supongamos machos de una población dada que potencialmente tienden a conseguir muchas parejas a través de la monopolización de recursos de interés para las hembras. Si los recursos no son energéticamente defendibles, por ejemplo, si los recursos están homogéneamente distribuidos, tendrán que limitarse a conseguir una única pareja y muy probablemente cooperen con la hembra en el cuidado parental, ya que deben asegurarse que la progenie que logren tenga una alta probabilidad de sobrevivir. Dos son las consecuencias más importantes que se desprenden de un ejemplo como éste. En primer lugar existirá una reducción en la competencia y por consiguiente será menor la intensidad de la selección sexual así

como el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios. En segundo lugar, el macho realizará cuidado parental, conducta no incluida en el papel que éste cumple en la reproducción. Un ejemplo de dicho comportamiento es el de muchas aves marinas donde la posibilidad de que los machos monopolicen los cardúmenes de peces es imposible ya que son recursos de ubicación incierta, móvil y concentrada. Por ende, no solo le será imposible monopolizar el recurso alimenticio sino que además la posibilidad de conseguirlo para la descendencia no será una tarea simple para un solo padre, motivo por el cual deben cooperar ambos para el cuidado de la nidada (la cual es generalmente de un solo huevo). Las aves marinas como pingüinos, albatros, gaviotas, skuas, petreles, etc, son monógamas, ambos cooperan en el cuidado

de la cría y casi no existe dimorfismo sexual (figura 11). El Potencial Ambiental para la Poligamia (PAP) es un índice que mide cuán económicamente monopolizables son las parejas en determinado ambiente (figura 12).

En base a lo dicho anteriormente, son dos las condiciones ambientales que favorecen la expresión de la poligamia (figura 12). En primer lugar, que las parejas o los recursos para atraerlas sean energéticamente defendibles. Ello depende de varios factores ambientales pero principalmente del espaciamiento temporal y espacial de los recursos. La segunda condición es la habilidad de los animales para aprovechar un determinado PAP. Esto depende principalmente de factores filogenéticos y de factores ecológicos (Emlen y Oring, 1977).

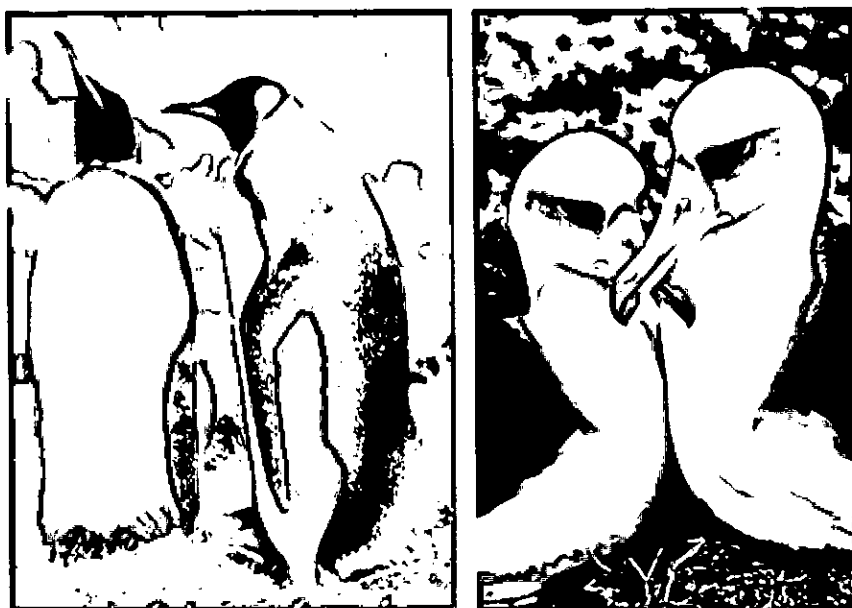


Figura 11: Pingüino rey (*Aptenodytes patagónica*) y Albatros Laysan (*Diomedea immutabilis*). Las aves marinas como pingüinos, albatros, gaviotas, skuas, petreles, etc, son monógamas, ambos cooperan en el cuidado de la cría y casi no existe dimorfismo sexual.

Supongamos que el PAP para una población es elevado, pero que por razones filogenéticas ambos sexos invierten en el cuidado parental, el PAP no podrá ser aprovechado debido a la incompatibilidad de criar y conseguir nuevas parejas. Sin embargo, si los recursos son superabundantes de manera que un solo padre puede, con un costo mínimo, realizar la inversión parental, es de esperar que se incremente el aprovechamiento del PAP por parte del padre emancipado. Por ejemplo, en una pequeña ave cantora conocida como "ratona" (*Troglodytes aedon*) la poliginia se expresa cuando los machos tienen tiempo suficiente para buscar parejas adicionales mientras pueden seguir alimentando su prole en el nido primario, siendo más probable que ocurra en territorios donde la comida es más abundante. Así, para esta especie se encontró que los efectos de la ausencia del macho en la supervivencia de los pichones es casi nulo cuando el alimento abunda y es muy marcado en las épocas adversas en las cuales la poligamia no se expresaría (Figura 13). En la ratona de bañado de pico largo (*Cistothorus palustris*) se ha encontrado que el éxito reproductivo de los machos correlaciona con la extensión de la vegetación emergente en sus territorios, lo cual se encuentra también asociado con la abundancia de insectos acuáticos. Ello también correlaciona con el número de nidos que los machos construyen, lo cual nuevamente depende de la disponibilidad de comida en el territorio (Verner y Engelsen, 1970). Es claro entonces que los factores ecológicos afectan tanto al PAP como a la habilidad para aprovecharlo.

Las Condiciones para la monogamia son un bajo PAP o un PAP elevado pero baja habilidad para aprovecharlo. Hay dos hipótesis principales asociadas con la evolución de la monogamia. Por un lado la denominada "Macho guardián" basada en la idea de que la reducción de los riesgos de paternidad (producto de cópulas extramaritales de su hembra y la competencia espermática) puede lograrse a través del cuidado de la pareja mediante un aumento en la permanencia del macho junto a esta.

La otra hipótesis, en cambio, se relaciona con aquellos escenarios donde la asistencia del macho en el cuidado parental es decisiva en la superviven-

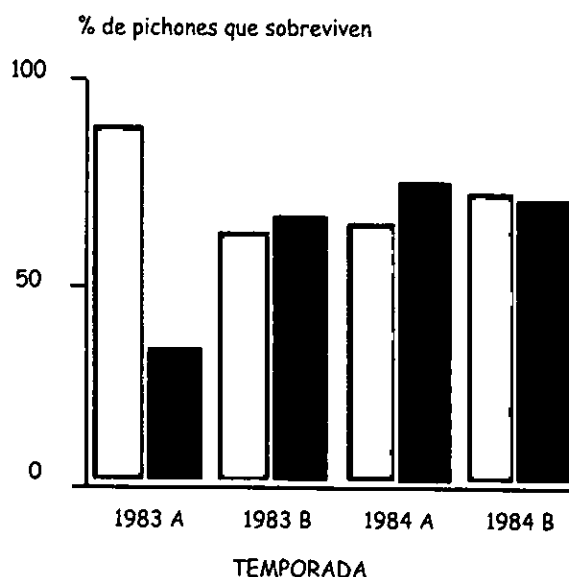


Figura 13: Adultos residentes de "ratonas" (*Troglodytes aedon*) fueron removidos del nido por cuatro o cinco días posteriores al nacimiento de los pichones en cuatro periodos consecutivos. "83A" y "84B" se refieren a crías monitoreadas antes del 10 de julio en 1983 y 1984, respectivamente. Temporadas "83B" y "84B", después del 10 de julio de cada año. La supervivencia de los pichones fue medida 13 o 14 días después de su nacimiento. La remoción (barras negras) llevó a una reducción en el promedio de supervivencia de las crías del 63% en el periodo "83A" relativo al grupo control o no manipulado (barras grises), pero no tuvo efectos significativos en los otros 3 periodos. Los registros climáticos muestran que el periodo "83A" fue inusualmente frío y lluvioso. Estos resultados sugieren que el cuidado por parte del padre puede tener un efecto dramático solo en momentos de estrés, tal como cuando el alimento (insectos, en este caso) es difícil de obtener.

cia de la cría. Así, por ejemplo, uno de los pocos casos de monogamia confirmada en mamíferos se da en el denominado ratón de California (*Peromyscus californicus*) donde en estudios prolongados se detectó una monogamia real (Ribble, 1991) (figura 14). En ciertas especies de aves también se ha demostrado la importancia de la presencia del macho en el cuidado parental a tra-

vés de experiencias de remoción temporal de los machos (enviudamiento). La figura 15 muestra una marcada diferencia en el éxito reproductivo de cada nido dependiendo de si la hembra ha enviudado o no, teniendo un mayor número de pichones sobrevivientes los nidos con cuidado biparental (Lyon et al. 1987; Mock and Fujioka, 1990) (Figura 15, ver también figura 13).

Monogamia y Fidelidad en el ratón de California



* CRÍAS ALTAMENTE DEPENDIENTES

* LOS NACIMIENTOS SON EN PLENO INVIERNO

* MACHO Y HEMBRA SE ALTERNAN PARA CUBRIR A LAS CRÍAS

En 28 familias estudiadas a lo largo de 2 años
No se detectó infidelidad.

Ribble 1991

Figura 14: Ribble, mediante técnicas de determinación de filiación por ADN mostró una elevada estabilidad en las parejas de *Peromyscus californicus* en condiciones naturales, sin crías extra-parejas, o sea, con fidelidad real.

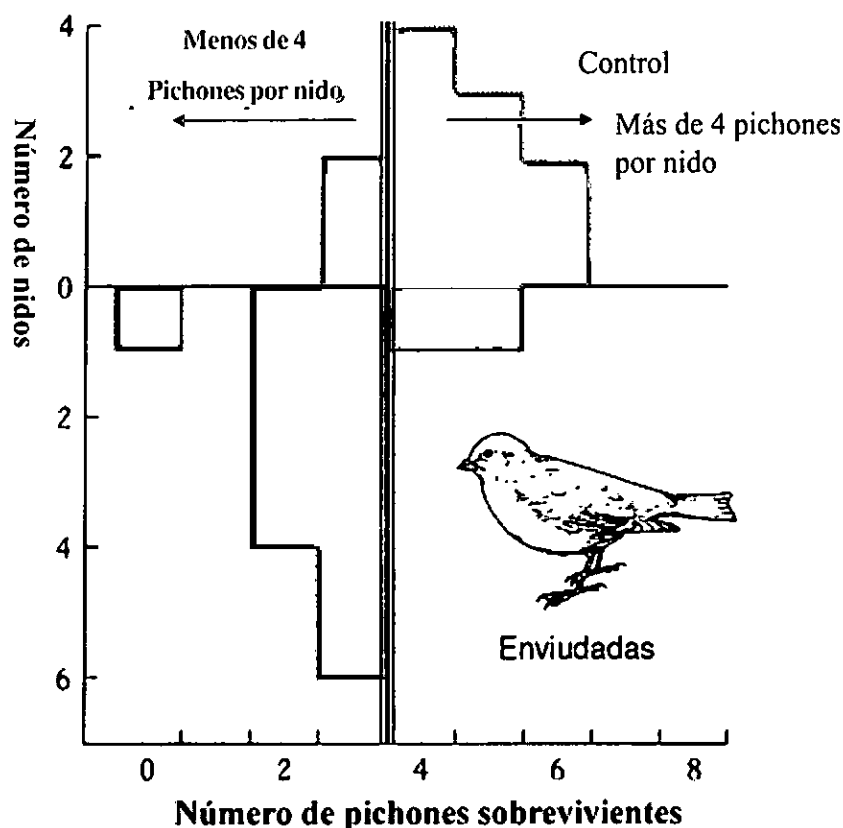


Figura 15: La asistencia paterna en el cuidado de los pichones mostró ser importante en el Bunting Nevado. La figura muestra comparativamente el número de nidos en función del número de pichones sobrevivientes para la condición control (Sector por encima del eje X) y para el grupo Enviudado (Sector por debajo del eje X) en el cual se retiró el macho. Las hembras control que disponían de su pareja criaron en su mayoría 4 o más pichones. Por el contrario, muy pocas de las hembras enviudadas lograron criar 4 pichones e incluso en 1 nido de las enviudadas no sobrevivieron crías (barra negra en el sector inferior en el extremo izquierdo). Lyon et al. 1987

CONCLUSIONES GENERALES:

Aunque ambos sexos están seleccionados para maximizar la producción de prole, la forma en que cada uno se comporta para lograrlo genera un conflicto permanente entre ambos, cuya resolución dependerá, como se vio, de dos grandes factores: los filogenéticos y los ecológicos. De la interacción entre cuánto gana la hembra por la asistencia del macho y cuánto beneficio pierde el macho por no abandonar a la hembra, resultará la forma final del Sistema de Apareamiento y la intensidad de la infidelidad de parejas.

BIBLIOGRAFÍA:

- 1- Bateman, A.J. (1948). "Intrasexual selection in *Drosophila*". *Heredity*. 2: 349-368.
- 2- Cronin, E.W. and Sherman, P.W. (1976). A resource-based mating system: The orange-rumped honeyguide. *Living Bird*. 15:5-32
- 3- Darwin C. (1871). "The descent of man, and selection in relation to sex". John Murray, London.
- 4- Dixon, A.; Ross, D. R.; O' Malley, S. L. C and Burke, T. A. (1994). Parental investment inversely related to degree of extrapair paternity in the reed bunting (*Emberiza schoeniclus*) *Nature* 371: 698-700
- 5- Emlen, T. S. and Oring, L. W. (1977). "Ecology, sexual selection, and the evolution of mating systems". *Science*. 197: 215-223.
- 6- Fisher, R. A. (1930). "The genetical theory of natural selection". Clarendon Press, Oxford.
- 7- Gowaty, P.A. and Karlin, A.A. (1984). Multiple parentage in single broods of apparently monogamous Eastern Bluebirds (*Sialia sialis*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 15:91-95.
- 8- Gowaty, P. A.; Plissner, J. H. and Williams, T. (1989). Behavioral correlates of uncertain parentage: Mate guarding and nest guarding by eastern bluebirds, *Sialia sialis*. *Animal*.
- 9- Gowaty, P. A. (1996). Multiple mating by females selects for males that stay: A novel hypothesis for monogamy in birds. *Animal Behaviour* 51: 482-484.
- 10- Gross, M.R. and Shine, R. (1981). Parental care and mode of fertilization in ectothermic vertebrates. *Evolution* 35:775-793.
- 11- Krebs, J. R. and Davies, N. B. (1981). "An introduction to behavioural ecology". Sinauer Associates, Inc.
- 12- Mayr, E. (1963). "Animal species and their evolution". Belknap Press, Cambridge, Mass.
- 13- Mock, D. W. and Fujioka, M. (1990). "Monogamy and Long-term Pair Bonding in Vertebrates" *Tree* 5: 39-43.
- 14- Morell, V. (1998) "A new look at monogamy" *Science* 281:1982-3.
- 15- Partridge, L. and Halliday, T. (1984). "Mating patterns and mate choice". In: *Behavioural Ecology an Evolutionary Approach*. Eds. by J. R. Krebs and N. B. Davies. Sinauer Associates Inc.
- 16- Petrie, M. and Kempenaers, B. (1998) "Extra-pair paternity in birds: explaining variation between species and populations" *Tree* 13: 52-57.
- 17- Ribble, D.O. (1991). "The monogamous mating system of *Peromyscus californicus* as revealed by DNA fingerprinting" *Behav. Ecol. Sociobiol.* 29:161-166.
- 18- Trivers, R. L. (1972). "Parental investment and sexual selection. In: *Sexual selection and the descent of man 1871-1971*. Edited by B. Campbell, 136-179. Chicago: Aldine.
- 19- Trivers, R. L. and Willard, D. E. (1973). "Natural selection of parental ability to vary the sex ratio of offspring". *Science* 179: 90-92.
- 20- Vehrencap, S. L. and Bradbury, J. W. (1984). "Mating systems and ecology". In: *Behavioural Ecology an Evolutionary Approach*. Eds. by J. R. Krebs and N. B. Davies. Sinauer Associates Inc.
- 21- Verner, J. & Engelsen, G.H. (1970) "Territories, multiple nest building, and polygyny in the long-billed marsh wren". *Auk* 87:557-567.
- 22- West-Eberhard M. J. (1983). "Sexual selection, social competition, and speciation". *The quarterly review of biology*. 58 (2): 155-183.
- 23- Wittenberger, J. (1981). "Animal Social Behaviour". Boston, MA: Duxbury Press.

LOS DINOSAURIOS DEL CRETÁCICO DE PATAGONIA: NO SOLO EL TAMAÑO IMPORTA

Leonardo Salgado*

Los Dinosaurios son popularmente considerados como reptiles caracterizados por su gigantismo y ferocidad. Sin embargo, no todos sus miembros fueron así, y los científicos opinan que tenían otras particularidades que permiten definirlos mejor.

La existencia de dinosaurios en Patagonia es conocida desde fines del siglo XIX, pero recién en las últimas décadas los estudios realizados por investigadores argentinos, han mostrado al mundo la importancia que tuvieron estos organismos en la región austral sudamericana, hace millones de años.

INTRODUCCIÓN:

Si se nos pidiera una definición de "dinosaurio" seguramente daríamos una serie de características que, según creemos, son propias de estos reptiles extinguidos. Entre otras, podríamos mencionar su enorme tamaño y su ferocidad. Sin embargo, en el ámbito científico, es poco probable que una definición de este tipo subsista por mucho tiempo, pues lo que hoy puede parecernos un rasgo distintivo (=exclusivo) de los dinosaurios, podría el día de mañana descartarse como tal.

Por ejemplo, hoy sabemos que el gigantismo, sin duda una de las particularidades que el público más asocia con los dinosaurios, y de hecho la que más llamó la atención de los primeros naturalistas que los estudiaron (dinosaurio en griego significa, precisamente, "lagarto terrible"), evolucionó al menos cuatro veces en la historia del grupo. Ergo, no todos los dinosaurios fueron grandes ni "terribles", o al menos no tanto como imaginamos.

Además, constantemente podríamos identificar nuevas características que

amplíen (=modifiquen) nuestra primera "definición". Las modernas definiciones son herramientas conceptuales con las cuales se busca establecer el contenido taxonómico (potencial o conocido) de un grupo cualquiera, recurriendo a su historia filogenética, y sin tener en cuenta sus características especiales. En nuestro caso, fue el paleontólogo estadounidense Paul Sereno quien dio una explicación filogenética de lo que debería entenderse por 'dinosaurio': "dinosaurios son los miembros del grupo que comprende al ancestro común de *Triceratops* y un ave moderna, y a todos sus descendientes" (*Triceratops* es el dinosaurio con cuernos convaleciente de Jurassic Park). Una conclusión inmediata que podemos extraer de la proposición de Sereno es que las aves son dinosaurios *por definición*. En efecto, los paleontólogos saben desde hace tiempo que las aves y los demás dinosaurios poseen una serie de caracteres anatómicos en común; rasgos que habrían surgido en ese primer dinosaurio (el referido "ancestro común" de *Triceratops* y las aves). Todas esas características se habrían perpetuado (aunque con modificaciones de distinta magnitud) en todos los descendientes de ese "primer dinosaurio": afirmamos que son características diagnósticas de

los dinosaurios. Ahora bien, ¿cuáles son esos rasgos comunes a todos los dinosaurios? La mayoría de los paleontólogos coinciden en que ese remoto antepasado, tal vez un modesto predador bípedo que habría vivido hace unos 230 millones de años, poseía una serie de novedades evolutivas que no se hallaban presentes en sus inmediatos antecesores o parientes más próximos. Entre las más conspicuas (el paleontólogo argentino Fernando Novas reconoce en total unas 17) se encuentran una perforación en la cavidad de la cadera donde encaja la cabeza del fémur y la presencia de más de dos vértebras sacras.

El gigantismo, como ya se ha dicho, no es un carácter diagnóstico de los dinosaurios. Si consideramos que tampoco todos los dinosaurios se han extinguido (pensemos en las aves), resulta que el concepto *científico* de "dinosaurio" no tiene mucho que ver con la idea que la mayoría de la gente tiene de ellos.

Tradicionalmente, los dinosaurios han sido divididos en dos grandes ramas: los saurisquios y los ornitisquios. Ambos grupos comprenden a la totalidad de los dinosaurios. Ciertamente, de acuerdo con las modernas definiciones filogenéticas, no es posible que un dinosaurio no pertenezca a alguna de es-

*Conicet-Museo de Geología y Paleontología, Universidad del Comahue, Buenos Aires 1400, (8300) Neuquén.

tas dos ramas: sólo el antecesor común de Triceratops y las aves. De hecho, en las provincias argentinas de San Juan y La Rioja, de donde provienen los dinosaurios más antiguos del mundo, los restos de dinosaurios hallados pertenecen a alguno de esos dos grupos (Herre-rasaurus y Eoraptor son saurisquios y Pisanosaurus es un ornitisquio).

Saurisquios y ornitisquios reúnen a dinosaurios de muy diferente aspecto y modo de vida: dentro de los primeros encontramos a los sauropodomorfos (seguramente herbívoros), y a los terópodos (todos carnívoros, exceptuando a algunos grupos de aves). En cambio, los segundos fueron todos herbívoros. Dentro de los saurisquios, los terópodos fueron bípedos, y los sauropodomorfos (sobre todo los saurópodos) básicamente cuadrúpedos. Entre los ornitisquios, a su vez, encontramos formas cuadrúpedas y formas bípedas. Ergo, el cuadrupedismo se desarrolló varias veces en la historia filogenética de los dinosaurios.

En Patagonia, los primeros huesos de dinosaurios fueron hallados por militares que participaron de la llamada "Campaña del Río Negro", en la década de 1880. En aquella oportunidad, esos escasos restos fueron identificados por Adolfo Doering y Florentino Ameghino, dos destacadas personalidades del mundo científico de la época. El hallazgo en cuestión resultó de gran importancia, ya que hasta ese momento los estudiosos pensaban que la constitución geológica de la Patagonia, en lo que hoy llamamos su región extra-andina, era relativamente simple, y que sólo existían dos unidades, una terciaria y otra cuaternaria. Con el descubrimiento de restos de dinosaurios en la Patagonia

pudo constatar-se que, además, existían rocas formadas durante la Era Mesozoica. A partir de entonces, se sucedieron las expediciones científicas organizadas por el Museo de la Plata (a cargo de Carlos Ameghino, hermano de Florentino, primero, y de Santiago Roth, des-

pués), y del Museo de Ciencias Naturales de Buenos Aires. Más tarde llegaron los estudios del español Ángel Cabrera y de Rodolfo Casamiquela, desde el Museo de la Plata y el Centro de Investigaciones Científicas de Viedma, en Río Negro.

En los últimos años, debido al fuerte impulso de José F. Bonaparte (Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"), el conocimiento de los dinosaurios de Patagonia se ha expandido notablemente. Gracias a este investigador, y al trabajo de sus discípulos que han continuado sus exploraciones y estudios, los dinosaurios de Argentina (y de Patagonia particularmente) ocupan hoy un lugar destacado en el elenco mundial de bestias extinguidas.

LA EVOLUCIÓN DE LOS DINOSAURIOS PATAGÓNICOS DURANTE EL CRETÁCICO

El periodo Cretácico es dividido generalmente en Inferior (aproximadamente desde los 140 hasta los 100 millones de años) y Superior (hasta los 65 millones de años). No son muchas las localidades patagónicas en donde se registran restos de dinosaurios del Cretácico Inferior. Una de las más productivas e interesantes se halla en la Provincia de Neuquén, a unos 80 km de la ciudad de Zapala. De allí, Bonaparte extrajo los restos de un saurópodo (*Amargasaurus*), un terópodo (*Ligabueino*), y un ornitisquio, que aún no ha recibido un nombre específico. Todos esos dinosaurios guardan una estrecha relación con otros más antiguos de procedencia africana, lo que no debería sorprender si se piensa que América del Sur y África estuvieron conectadas hasta hace, aproximadamente, unos 100 millones de

años. De los dinosaurios del paraje La Amarga sin duda el más espectacular es el *Amargasaurus*; no tanto por su tamaño (de hecho, es uno de los saurópodos más pequeños que se conoce), sino por las aguzadas espinas de hueso que sobresalían de su cuello (relativamente corto, por tratarse de un saurópodo), y que, posiblemente, utilizaba para amedrentar a otros dinosaurios (Figura 1). El saurópodo *Amargasaurus* es muy similar al *Dicraeosaurus* africano, sólo que en este último las espinas cervicales presentan un menor desarrollo. El *Amargasaurus*, con su impresionante semblante, es uno de los últimos representantes mundiales del grupo de los *flagelicaudados*, saurópodos muy importantes en el Jurásico de Norteamérica, África y Europa. El nombre del grupo hace referencia al extremo terminal de la cola, conformado por vértebras alargadas y delgadas, y a su aspecto de látigo. Los *flagelicaudados*, a su vez, integran el grupo más amplio de los *diplodocoideos*, uno de los dos grandes grupos en que podemos dividir a los saurópodos más evolucionados (el otro es el de los *macronarios*).

Podríamos dividir el Cretácico Superior en *bajo* (hasta los 85 millones de años) y *alto* (hasta finales del Cretácico, hace unos 65 millones de años). Las diferencias faunísticas entre uno y otro momento geológico están dadas por la presencia de asociaciones muy diferentes; hasta donde sabemos, las faunas de dinosaurios del Cretácico Superior bajo poseen una mayor similitud con las del Cretácico Inferior. Evidentemente, en algún momento del Cretácico Superior tuvo lugar una extinción que afectó a numerosos grupos de dinosaurios. Por cierto no a todos por igual, ya que algunos pudieron expandirse y diversificarse durante el Cretácico Superior alto. Dentro de los saurópodos, el ejemplo más elocuente de este último caso lo constituyen los *titanosaurios* (Figuras 2 y 3), un grupo de macrona-

rios cuyos primeros representantes han sido registrados en África en rocas del Jurásico Superior (de aproximadamente 150 millones de años de antigüedad). Los *diplodocoideos*, en cambio, se han extinguido totalmente. El *diplodocoideo* más reciente registrado en Patagonia es *Li-*



Figura 1. El saurópodo *Amargasaurus*, de 10 metros de largo, del Cretácico Inferior de Neuquén. Estaba provisto de espinas neurales aguzadas que sobresalían de su cuello.

maysaurus, cuyos restos han sido hallados en la localidad de Villa El Chocón, en la Provincia de Neuquén. Entre los terópodos, los *abelisaurios* han continuado evolucionando en el Cretácico Superior alto, ocupando el lugar dejado vacío por los *carcarodontosaurios* extinguidos, como el *Giganotosaurus* (Figura 4). Los ornitisquios sin duda estuvieron presentes en Patagonia a lo largo de todo el Cretácico, aunque aún no conocemos bien de que modo estos dinosaurios han evolucionado durante este periodo.

Detengámonos brevemente en los terópodos, esas fascinantes máquinas biológicas de ingerir carne. De todos ellos, los *carcarodontosaurios*, presentes en Patagonia durante el Cretácico Superior bajo, se cuentan entre los más grandes del planeta. El cráneo del gigante neuquino *Giganotosaurus* (reconstruido, pues no se lo ha encontrado completo) roza los dos metros de longitud, lo que lo convierte en el animal terrestre más "cabezón" que haya existido jamás. Sus patas traseras fueron poderosas, no así sus miembros anteriores, relativamente pequeños (como en prácticamente todos los terópodos), aunque no tanto como en el *abelisaurio* con cuernos *Carnotaurus* (hallado y estudiado por Bonaparte en la Provincia del Chubut, y llevado por Disney a la pantalla). En este último caso, los huesos del antebrazo se encuentran muy reducidos, prácticamente atrofiados. Volviendo al *Giganotosaurus*, sus dientes son muy particulares. No son anchos, en "forma de bana-



Figura 3. El saurópodo titanosaurio *Argentinosaurus*, de 40 metros de largo, del Cretácico Superior bajo de la Provincia de Neuquén. Reconstrucción del esqueleto montada en el Museo "Carmen Funes" de Plaza Huincul.

na" como los de *Tyrannosaurus*, sino comprimidos, más delicados si se quiere, aunque seguramente no menos eficientes. Esa diferente morfología dental sin duda obedecía a diferencias en el modo de alimentación. Según Rodolfo Coria, del Museo "Carmen Funes" de Plaza Huincul, los dientes de *Giganotosaurus* (de hasta unos 15 cm de longitud) sugieren un modo de vida cazador, a diferencia de *Tyrannosaurus*, para el que se ha sugerido un hábito carroñero.

Mucho más pequeño, pero igualmente impresionante, es *Carnotaurus*, a quien ya presentamos, un terópodo del grupo de los *abelisaurios* proveniente del Cretácico Superior alto de la

Provincia del Chubut. Este singular terópodo posee un rasgo distintivo: la presencia de cuernos (de ahí su nombre, "dinosaurio carnívoro-toro").

Carnotaurus, con sus cuernos frontales, y *Amargasaurus*, con sus púas cervicales, son ciertamente saurisquios excepcionales, si se tiene en cuenta que ningún otro miembro de ese grupo de dinosaurios presenta semejantes estructuras de defensa (¿o de ataque?). Los ornitisquios, en cambio, sobre todo algunos grupos (como nuestro *Triceratops* de Jurassic Park), presentan frecuentemente corazas, cuernos, púas, placas, etc. Tal vez debamos agregar a la lista de saurisquios blindados a los titanosaurios (al menos a algunos de ellos), por presentar placas de hueso inmersas en la dermis, aunque no es seguro que esas estructuras hayan tenido alguna función. Como podemos imaginar, es muy difícil especular sobre estas cuestiones, ya que los dinosaurios no son exactamente iguales a los demás reptiles, y es muy difícil comprender de qué modo pudieron comportarse y haberse servido de ese tipo de estructuras.

Además de *Ligabueino*, *Giganotosaurus*, y *Carnotaurus*, se han hallado en el Cretácico de Patagonia otros restos de terópodos, más pequeños y menos impactantes, pero de gran interés evolutivo. Por ejemplo, el *Unenlagia*, hallado por Fernando Novas en los alrededores de Plaza Huincul (Provincia del Neuquén), aporta datos importantísimos para entender de qué modo



Figura 2. Restos de un titanosaurio (se pueden observar las vértebras de la cola) en la localidad neuquina de Sierra Chata, en sedimentos de 100 millones de años.



Figura 4. Excavación del terópodo *Giganotosaurus*, en los alrededores de Villa El Chocón (Provincia del Neuquén, Agosto de 1993) en sedimentos de 100 millones de años de antigüedad. Pueden verse los enormes huesos de la cadera, parcialmente articulados.

evolucionaron los primeros dinosaurios voladores (las aves). Vale aquí una importante aclaración. Las aves no han descendido de *Unenlagia* (¡estas habrían surgido unos 60 millones de años antes de que *Unenlagia* existiera!); sino que éste dinosaurio simplemente retuvo de su ancestro común con las aves una serie de rasgos que permiten, indirectamente, conocer mejor a esa "primer ave". En efecto, en el dinosaurio de Plaza Huincul estaban presentes algunas de las adaptaciones previas necesarias (algunos hablarán aquí de preadaptaciones) para que la función del vuelo pudiera desarrollarse. Por ejemplo, la cavidad en donde articula el húmero se orienta hacia fuera y hacia atrás en *Unenlagia*, más que hacia abajo, lo que indica que este animalito era capaz de realizar movimientos similares a los que ejecutan las aves durante el aleteo. Sin embargo, *Unenlagia* seguramente no volaba (el vuelo, hasta donde sabemos, y dentro de los dinosaurios, es una función exclusiva de las aves), lo que deja planteado un interrogante: ¿qué sentido tenían esos movimientos de los brazos en *Unenlagia*? Una vez más, como en el caso de las espigas de *Amargasaurus* o los "cuernos" de *Carnotaurus*, no es posible contestar esta pregunta con seguridad, aun-

que se han arriesgado varias hipótesis interesantes que merecen conocerse. La primera de ellas es que *Unenlagia* habría utilizado sus brazos para la captura de pequeñas presas aladas (¿grandes insectos?), la otra, que los brazos funcionaban como estabilizadores durante los desplazamientos por tierra. Es muy tentador suponer que este comportamiento derivó, luego de varios millones de años de ensayo, en los primeros desplazamientos aéreos. Los ornitiskios son, sin duda, los dinosaurios menos conocidos del Cretácico de Patagonia. Recién en los últimos años ha habido un importante avance en su conocimiento, generado por una sucesión de hallazgos paleontológicos. Ya mencionamos al ornitiskio hallado por Bonaparte en la localidad de La Amarga. Agreguemos que se trata de un estegosaurio, un dinosaurio cuadrúpedo con placas de hueso sobre su espalda. Otros ornitiskios acorazados, los anquilosaurios, han sido hallados en rocas del Cretácico Superior alto en la Provincia de Río Negro; son tal vez los dinosaurios menos representados en todo el continente sudamericano. También se encuentran los ornitópodos, un grupo altamente "especializado" de ornitiskios. Esas "especializaciones" (caracteres adaptativos novedosos) involu-

cran principalmente al cráneo (su postcráneo es en cambio muy generalizado), y responden a un perfeccionamiento del mecanismo de procesamiento oral del alimento. Los reptiles que conocemos no mastican el alimento, ni siquiera lo hacen los escasos reptiles herbívoros que existen en la actualidad, como las iguanas. En cambio, los ornitópodos (y tal vez también los ceratopsios) seguramente lo hacían, por lo que debían mantener el alimento en su boca durante un breve lapso, de ahí la "necesidad" de contar con mejillas. Sus dientes (en especial los de los hadrosaurios) eran muy complejos, y poseían una serie de similitudes (por supuesto superficiales) con los de los ungulados actuales.

Para concluir con los hadrosaurios, diremos que se trata de un grupo interesante por varias razones. Además de la referida especialización extrema a la herbivoría, los hadrosaurios son importantes por tratarse de un grupo de dinosaurios que ingresó a Sudamérica tardíamente, a finales del Cretácico Superior alto. Lo habría hecho a través de una cadena de islas en el actual mar Caribe, acompañado de otros grupos de vertebrados. Notablemente, la irrupción de estos dinosaurios no tuvo obvias consecuencias en las comunidades locales de dinosaurios (por ejemplo, los titanosaurios, también herbívoros, continuaron siendo importantes), lo que lleva a pensar que ocuparon un espacio ecológico vacío hasta su llegada.

HUEVOS Y HUESOS

Si bien los huesos de dinosaurios suelen ser el principal recurso de investigación con que cuentan los paleontólogos, existen otras evidencias, como los huevos o las huellas, que permiten conocer aspectos de la vida de estos reptiles que no pueden abordarse directamente a partir del estudio de los restos óseos.

El hallazgo de huevos de dinosaurios es relativamente común en algunos lugares de la Patagonia. Pero sin duda el yacimiento localizado en el paraje neuquino de Auca Mahuida (en el norte de esa Provincia) es el más espectacular de todos, por haberse preservado, no sólo nidos completos, sino también restos de huesos y piel embrionaria adheridos a las paredes in-

ternas de los huevos. Estos últimos, lo sabemos precisamente gracias a los embriones contenidos en su interior, fueron producidos por titanosaurios, los saurópodos dominantes durante el Cretácico Superior alto.

En Auca Mahuida se han hallado cráneos embrionarios completos, lo que constituye un hecho excepcional (Figura 5). Esos restos han brindado valiosa información sobre la historia evolutiva de los titanosaurios. Interesantemente, los embriones exhiben ciertos rasgos que se presentaban normalmente en estadios adultos de formas menos evolucionadas. Por ejem-

plo, en los saurópodomorfos primitivos adultos los orificios nasales externos estaban ubicados en la parte anterior del cráneo. En los saurópodos adultos, en cambio, los mismos se encontraban retraídos, llegando en algunas especies a disponerse por encima de los ojos. Pues bien, en los embriones de Auca Mahuida, esos orificios se encuentran en una posición que recuerda la condición que se daba en los saurópodomorfos primitivos adultos. También, la región infraorbital del cráneo era anteroposteriormente amplia en los saurópodomorfos primitivos, mientras que en los saurópodos

adultos se encontraba acortada, de manera que el ojo adquiría una forma de gota invertida. Otra vez, la condición que se observa en los embriones recuerda el estado primitivo, más que el que se presenta en los saurópodos adultos. Debe concluirse, entonces, que algunos cambios que se dieron durante la evolución de los saurópodos se daban también habitualmente durante el desarrollo embrionario individual (suponiendo que el cráneo adulto de los saurópodos de Auca Mahuida haya sido como suponemos).

En el siglo XIX, el biólogo alemán Ernst Haeckel, había enunciado su conocida "Ley Biogenética Fundamental", "la ontogenia (=desarrollo embrionario) recapitula la filogenia (=historia evolutiva)". De este modo, podría decirse que el desarrollo embrionario de los saurópodos de Auca Mahuida, seguía un patrón básicamente "haeckeliano".

Los huevos hallados en *Auca Mahuevo* (tal es el nombre que ha recibido el sitio paleontológico del paraje Auca Mahuida) son esféricos y de un tamaño relativamente pequeño (unos 15 cm de diámetro). Sus delgadas cáscaras (de hasta 2 mm de espesor) están ornamentadas por pequeños nódulos. Los huevos se presentan agrupados. Hasta hace poco tiempo, la prudencia aconsejaba no hablar de nidos, ya que no existía evidencia suficiente para descartar otras posibilidades (por ejemplo, que los huevos se hayan amontonado secundariamente por alguna razón). Sin embargo, recientemente se encontró una estructura sedimentaria, una depresión bordeada por un cordón de sedimento, conteniendo una gran cantidad de huevos, y cubierta por un sedimento distinto. Debido precisamente a esas diferencias sedimentológicas, la estructura del nido pudo preservarse. Gracias a este hallazgo sabemos (antes sólo lo suponíamos) que los dinosaurios construían depresiones en la arena (seguramente con sus patas traseras) para dejar en ellas sus huevos.

En la Provincia de Río Negro se han hallado huevos de dinosaurio de mayor tamaño (unos 18 cm de diámetro), y de mayor espesor de cáscara (hasta 5 mm) (Figuras 6 y 7). La microestructura de las cáscaras de los huevos también es diferente. Lamentablemente, aún no se han hallado embriones dentro de estos huevos, por lo que es imposible arriesgar un pro-



Figura 5. Cráneo de un embrión de titanosaurio (de unos 2.5 cm) hallado en el interior de un huevo en el paraje de Auca Mahuevo, en la Provincia de Neuquén.

ductor. Huevos similares a los de Auca Mahuevo (seguramente pertenecientes a titanosaurios), se hallan con frecuencia en Río Negro, aunque nunca en abundancia como en la vecina provincia. Teniendo en cuenta el gran tamaño de un saurópodo adulto (unos 15 metros de longitud), los huevos de Auca Mahuevo resultan relativamente pequeños. Si se considera, además, el elevado número de huevos por nido (más de 20 en algunos casos), llegamos a la conclusión de que estos dinosaurios, al menos en cuanto a su biología de la reproducción, no eran muy diferentes de ciertos reptiles actuales, como las tortugas marinas y los cocodrilos. Este modo de reproducirse indudablemente aumentaba las chances de vida de las crías, garantizando la supervivencia de, al menos, dos dinosaurios reproductores por puesta.

Pero los dinosaurios contaban además con una ventaja adicional: crecían rápidamente, de manera que, rápidamente, alcanzaban la edad reproductiva. Esto puede conocerse a través del estudio de la estructura microscópica de sus huesos. En la mayoría de los reptiles actuales se presenta un tipo de tejido óseo con pocos canales vasculares, muy característico de aquellas formas en las que, durante el crecimiento, el hueso se deposita lentamente. En cambio, en aves y mamíferos al igual que en los dinosaurios, el hueso posee numerosos



Figura 7. La paleontóloga brasileña Claudia Magalhães Ribeiro junto a un huevo de dinosaurio, en la Provincia de Río Negro.

canales (Figura 8), lo que estaría indicando que, en estos últimos, el tejido se depositaba de un modo comparable al de los mamíferos y aves actuales. En las aves actuales y en los mamíferos, a diferencia de los reptiles, el tejido se deposita de forma continua, por lo que no quedan registradas interrupciones en la depositación del hueso (las llamadas líneas de crecimiento interrumpido). En casi todos los dinosaurios existen ani-

llos de crecimiento (bandas de tejido depositado entre dos líneas de crecimiento interrumpido) (Figura 9). De modo que el crecimiento era periódico (¿estacional?), como en los reptiles actuales, pero al hacerlo, su modo de crecer era similar al de los mamíferos y aves actuales.

En este sentido, los "lagartos terribles" fueron criaturas únicas, incomparables; una obra de la evolución biológica que no fue reeditada en la historia del planeta.

Tampoco faltan las huellas de dinosaurios en el Cretácico de Patagonia. En los alrededores de Villa El Chocón, las numerosas huellas de dinosaurios nos muestran una diversidad de especies incluso mayor que la que podemos advertir a partir de los restos óseos (Figura 10). Estas marcas, impresas en rocas del Cretácico Superior bajo, fueron estudiadas por Jorge Calvo, de la Universidad del Comahue, quien ha retomado los estudios icnológicos en Argentina, iniciados en la década del 60 por Rodolfo Casamiquela. Entre las huellas estudiadas por Calvo, figuran las de saurópodos, terópodos y probables ornitisquios. Los saurópodos, recordemos, eran cuadrúpedos, y en Villa El Chocón pueden observarse huellas de patas delanteras (reniformes) y traseras (subcirculares). Los terópodos y los ornitisquios, en cambio, dejaron huellas tridáctilas. Gracias a esas huellas podemos conocer aspectos de la vida de los dino-



Figura 6. Localidad rionegrina de bajo de Santa Rosa, en donde se han hallado miles de huevos de dinosaurio de unos 70 millones de años de antigüedad.



Figura 8. Tejido óseo de un fémur de titanosaurio de la Provincia del Neuquén. Obsérvese la gran cantidad de canales vasculares que perforan el hueso.

saurios que no podrían ser conocidos de otra forma. Calvo por ejemplo calculó la velocidad de desplazamiento de varios de ellos, así como la dirección y sentido de su desplazamiento. En otra localidad del Cretácico de la Provincia del Neuquén, Rodolfo Coria y sus colaboradores descubrieron numerosas huellas de aves (recordemos, son terópodos), algo más recientes. Las huellas son tridáctilas, como lo son las de los demás terópodos,



Figura 9. Tejido óseo de una vértebra de la cola en un dinosaurio de la Provincia de Río Negro. Se pueden observar las líneas de crecimiento detenido.



Figura 10. Huellas de dinosaurio (¿un ornitópodo?) en los alrededores de Villa El Chocón, provincia del Neuquén.

pero el ángulo que forman los dedos laterales con el dedo medio es mucho más abierto que en los terópodos no-avianos: ésta es precisamente la característica que permite identificarlas como huellas de aves.

El registro paleontológico del Cretácico de Patagonia nos muestra una diversidad de dinosaurios significativa,

tal vez única en el mundo. Los huesos, huevos y huellas de estos reptiles extinguidos, nos permiten conocer mínimamente de qué modo vivieron y evolucionaron en esta parte del continente. Los nuevos descubrimientos y las nuevas interpretaciones de los datos conocidos, nos permitirán profundizar y seguramente modificar ese conocimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Bonaparte, J. F. 1996. Dinosaurios de América del Sur. Buenos Aires, Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia".
- 2- Chiappe, L.M., Coria, R. A., Dingus, L., Jackson, F., Chinsamy, A., M. Fox. 1998. Sauropod Dinosaur Embryos from the Late Cretaceous of Patagonia. *Nature* 396:258-261.
- 3- Chiappe, L. M.; L. Salgado y R. A. Coria. 2001. Embryonic skulls of Titanosaur sauropod dinosaurs. *Science* 293:2444-2446.
- 4- Coria, R. A. y L. Salgado. 1995. A new giant carnivorous dinosaur from the Cretaceous of Patagonia. *Nature* 337 (6546): 224-226. Londres
- 5- Salgado, L. y J. F. Bonaparte. 1991. Un nuevo saurópodo Dicraeosauridae *Amargasaurus cazau* gen. et sp. nov. de la Formación La Amarga, Neocomiano de la provincia del Neuquén, Argentina. *Ameghiniana* 28 (3-4):333-346. Buenos Aires.
- 6- Salgado, L. y R. Pasquali. 2001. El cómo, cuándo y dónde de los dinosaurios de la Argentina: una reseña sobre las principales especies conocidas y su descubrimiento. *Ciencia Hoy* 11(65):42-57. Buenos Aires.

ALMEJAS, BERBERECHOS Y BIKINIS

UN EJEMPLO DE LAS INTERACCIONES ENTRE RECURSOS NATURALES Y ACTIVIDADES HUMANAS EN PLAYAS TURÍSTICAS ARGENTINAS.

José R. Dadon*

A principios del siglo veinte no había berberechos en Argentina y los bancos de almeja amarilla tapizaban las playas de la provincia de Buenos Aires. A fines del mismo siglo, la almeja estaba al borde de la extinción y el berberecho era la especie más abundante en el noreste bonaerense. La historia reciente de ambos bivalvos está asociada a profundos cambios ambientales y sólo puede comprenderse cuando se analizan de manera integrada el ambiente físico, las comunidades biológicas y también el sistema social y económico del principal corredor turístico del país.

EL SISTEMA NATURAL Y SU FAUNA NATIVA

Las playas arenosas se extienden a lo largo de cuatrocientos kilómetros de costa bonaerense. Son ambientes muy dinámicos en los cuales el viento, el oleaje, la deriva costera y las tormentas continuamente remodelan el paisaje y transportan sedimentos de un sector a otro. Los organismos que habitan la franja de playa sometida a la acción de las mareas deben tolerar las condiciones de desecación por exposición periódica al viento, al sol y a las altas temperaturas diurnas. Además, para permanecer allí deben ser capaces de enterrarse antes que el refluo de las olas los arrastre mar adentro. Son pocas las especies sometidas a tales condiciones que pueden sobrevivir y dejar descendencia, por eso la fauna de estas playas tan expuestas suele ser pobre. En las playas arenosas situadas al sur de Río de Janeiro (Brasil), las especies dominantes son la almeja amarilla (*Mesodesma mactroides*) (Fig. 1) y el berberecho (*Donax hanleyanus*) (Fig. 2). La almeja amarilla vive hasta 8 años y es relativamente grande, con valvas de hasta 9 cm de diámetro¹; su rango geográfico se extiende hasta Bahía San Blas (Argentina). Además de su atractivo turístico, fue un importante recurso

explotado comercialmente en Argentina y Uruguay². El berberecho vive tres años y mide 3,5 cm³. Hasta mediados del siglo veinte sólo se habían encontrado restos fósiles de berberechos pertenecientes al Pampeano y Postpampeano⁴. Como especie viviente fue descrito recién en 1965, luego de analizar ejemplares encontrados pocos años antes⁵; desde entonces ha comenzado un proceso de expansión que aún hoy continúa.

EL MANEJO DE LA ALMEJA AMARILLA

En la década del '60, y en contraste con la expansión del berberecho, la almeja amarilla estaba declinando debido a

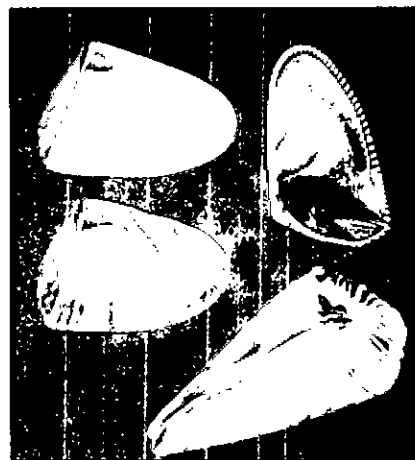


Figura 2. Berberechos (*Donax hanleyanus*)

la explotación comercial desmedida llevada a cabo en la década anterior.

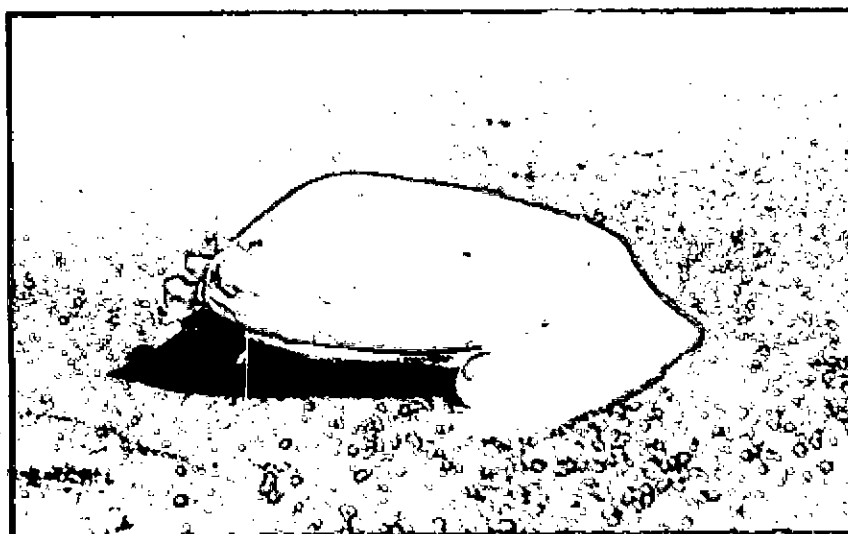


Figura 1. Almeja amarilla (*Mesodesma mactroides*)

* CONICET; Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo y Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (Universidad de Buenos Aires)

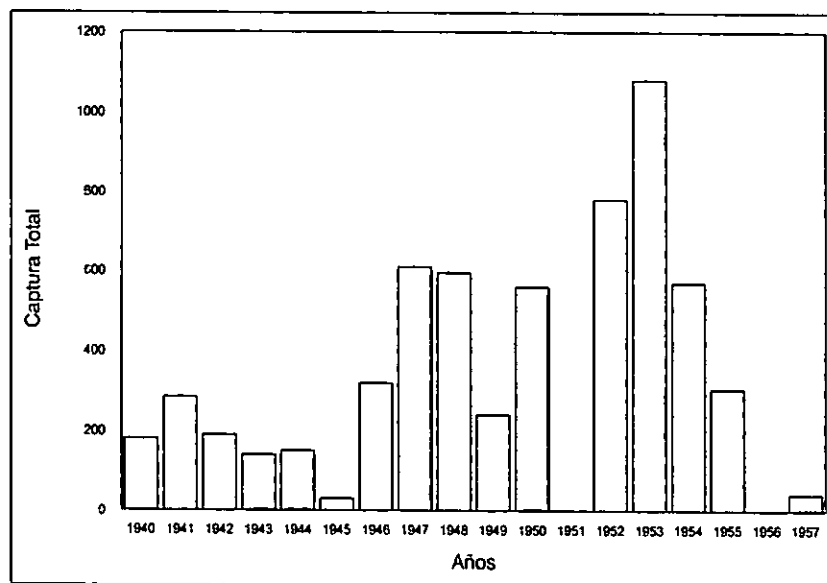


Figura 3. Captura total (toneladas) de almeja amarilla¹⁰.

La "fiebre de la almeja", como todavía se la recuerda⁶, siguió el mismo camino que sus homónimas auríferas. En 1953 una producción récord había colocado a este bivalvo en el segundo lugar, detrás del tradicional mejillón, pero inmediatamente después la producción cayó de manera drástica⁷ (Fig. 3). Después de 1957 la especie desapareció para siempre de los registros estadísticos de pesca comercial argentina y desde en-

tonces la extracción comercial ha estado prohibida. Entre 1968 y 1995 se permitió extraer hasta 2 kg por día por persona, a fin de promover el interés turístico del recurso⁸ (Fig. 4). Los objetivos de esta medida se cumplieron sólo parcialmente. Por un lado, la almeja amarilla se convirtió efectivamente en una especie emblemática, reconocida por los turistas y capaz de movilizar a gran parte de la población en su defensa

mediante campañas de protección organizadas espontáneamente por grupos de comerciantes y vecinos. Por otro, el estado del recurso no mejoró gracias a la veda. Si bien su potencialidad reproductiva es alta y por ello era esperable que la recuperación ocurriera en un lapso relativamente corto, las sucesivas evaluaciones mostraron que los bancos nunca alcanzaron las densidades anteriores⁹. Por el contrario, a lo largo de más de treinta años de prohibición la almeja amarilla siguió declinando paulatina y persistentemente.

EL FRACASO DE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN

¿Por qué fracasaron las medidas de protección? Cuando un recurso pesquero muestra síntomas de agotamiento, muchas veces es suficiente establecer una veda por tiempo determinado para observar la recuperación espontánea de su abundancia. De acuerdo con un modelo elemental de ganancias y pérdidas, la reproducción incrementa la cantidad de individuos de la población, mientras que la mortalidad natural y la explotación la disminuyen. Como la abundancia del recurso depende del balance dinámico de estos factores, parecería que es suficiente con suspender la pesca para que las poblaciones retomen espontáneamente sus valores originales.

Si bien habitualmente los bivalvos de playas son incluidos entre los recursos pesqueros, el manejo de estos moluscos no es enteramente similar al manejo de poblaciones de peces marinos. Una de las razones es que en la dinámica poblacional de los bivalvos de playa no intervienen solamente los tres factores antes mencionados (reproducción, mortalidad natural y explotación), hay factores adicionales que deben tenerse en cuenta en la ecuación final.

Uno de los más importantes es la pesca ilegal. El impacto que produce este factor es difícil de estimar debido a su carácter furtivo. Evaluaciones recientes indican que el 70% de las almejas adultas desaparece apenas comienza la temporada turística¹¹, a pesar de estar prohibida la extracción turística desde 1996. En otros casos, el impacto de las actividades humanas no es tan evidente. La minería de arena extrae los



Figura 4. Extracción turística de almejas

sedimentos y junto con ellos retira a los bivalvos enterrados, tanto adultos como juveniles. El tránsito de vehículos afecta especialmente a los juveniles de pequeña talla (0,5-1,5 cm), que en verano son muy abundantes. También son muy vulnerables y un automóvil transitando por la parte de baja de la playa puede destrozar 360.000 individuos por kilómetro recorrido¹². En el modelo de ganancias y pérdidas, el efecto de estos factores es incrementar la mortalidad en un grado variable. Proteger a una especie mediante una veda implica reducir el impacto de las actividades humanas y confiar a la naturaleza la reparación de los daños. ¿Qué sucede cuando el efecto de las actividades humanas no es constante, sino que se incrementa paulatinamente?

EL POBLAMIENTO DE LA ZONA COSTERA BONARENSE

Luego de la Segunda Guerra Mundial se introdujeron una serie de cambios en las condiciones laborales de los trabajadores argentinos. La inclusión de vacaciones pagas como parte del contrato laboral permitió a millones de empleados y obreros acceder al ocio programado. Acorde a lo que sucedía en muchos otros países occidentales el turismo se tornó masivo, incrementándose la demanda de plazas hoteleras y segundas residencias en las zonas costeras.

En Argentina, esta tendencia promovió la incorporación a las economías regionales de áreas costeras hasta entonces consideradas marginales e improductivas, favoreciendo el aumento del producto bruto regional y la creación de empleos. Este profundo cambio social y económico trajo aparejados cambios ambientales igualmente profundos, entre los cuales se destaca la transformación de ecosistemas naturales en playas urbanas. Las actividades realizadas en las playas urbanas y los usos a los que se destinan esas áreas suelen ser más variados e intensos que sus equivalentes en las playas naturales. La cantidad de pobladores (Fig. 5) y de turistas creció, y también lo hizo la presión que las nuevas actividades ejercen sobre el ambiente.

En la segunda mitad del siglo, la cantidad de turistas, plazas hoteleras y segundas residencias fue aumentando

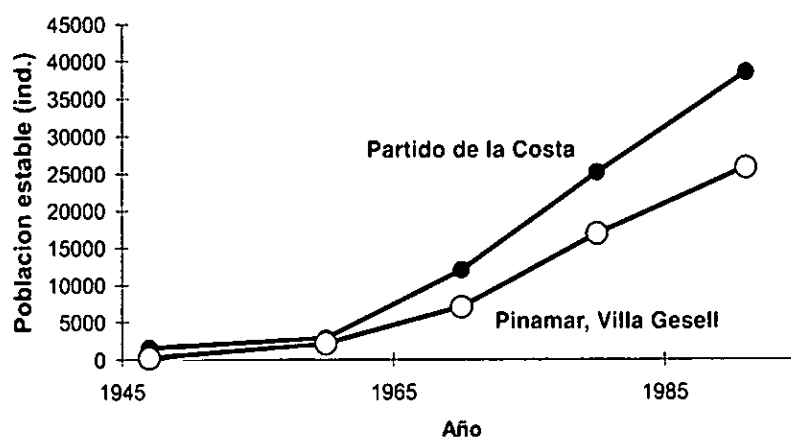


Figura 5. Población estable según datos censales del INDEC

do considerablemente, al tiempo que se incrementaron los efectos de las actividades humanas sobre el ambiente en general y sobre los recursos naturales en particular. Lejos de haber alcanzado una situación estable, esos efectos se agudizaron en los últimos años. Por ejemplo, para diferenciar la oferta turística y atraer más visitantes, varios partidos ofrecen actualmente las playas mejor conservadas de su jurisdicción como circuitos para los vehículos, sin considerar que el deterioro de los médanos termina afectando el balance sedimentario de la costa. Millones de turistas se ejercitan diariamente internándose en las playas más alejadas del centro. Recogen allí bivalvos y conchillas, pescan, acampan y depositan residuos fuera del circuito de recolección de basura. De ese modo, las actividades humanas no se restringen a los límites urbanos sino que extienden su influencia sobre un área varias veces mayor. Cuando se estudian los efectos del turismo en las costas se observa que aún las ciudades más pequeñas proyectan sobre su entorno una sombra gigantesca.

ALMEJAS, BERBERECHOS Y BIKINIS

La expansión e intensificación de los usos y las actividades relacionados con el turismo, junto con la transformación y la fragmentación del hábitat, son factores muy probablemente relacionados con el fracaso de las iniciativas para proteger a la almeja amarilla. Es posible que esos mismos factores hayan contribuido también a la expansión del berberecho.

Tanto la almeja amarilla como el berberecho se alimentan de partículas suspendidas en el agua. Los bancos de ambas especies se superponen en muchas playas y sus estrategias de vida son similares. Por ello, algunos investigadores¹³ sugirieron que ambas especies podrían competir entre sí. Investigaciones posteriores¹⁴ indicaron que la densidad del berberecho podía aumentar cuando los bancos de almeja amarilla estaban sometidos a una explotación muy intensa. Si esta última observación fuera correcta, es probable que la expansión registrada en la década del '60 se haya visto cuando menos facilitada por el colapso de la almeja amarilla debido a la sobreexplotación y a que los espacios vacíos que produjeron las actividades humanas en los bancos de almeja hayan sido ocupados por berberechos.

En tal sentido, se ha observado que el berberecho puede ser muy abundante en áreas otrora dominadas por la almeja amarilla, como ocurrió en varias localidades situadas entre Punta Médanos y Faro Querandí¹⁵. Si bien las actividades humanas pueden contribuir a la expansión del berberecho, también pueden hacerlo las catástrofes naturales. En 1995, una mortandad masiva exterminó a la mayoría de los bancos de almeja amarilla de Argentina¹⁶. Una de las consecuencias de esta mortandad fue la explosión demográfica del berberecho, que se tornó evidente a simple vista pocos años después. Los veraneantes en las playas del noreste bonaerense observaron en 1997 cantidades inusuales de berberechos surgiendo de la arena. La especie al-

canzó su pico máximo en 1999¹⁷. Aunque no apareciera en los titulares de los periódicos, la noticia no pasó desapercibida; por el contrario, ese año se inició por primera vez en el país la explotación comercial del berberecho, que desde entonces es un producto frecuente en supermercados especializados¹⁸.

EL ANÁLISIS INTEGRADO DE LOS RECURSOS COSTEROS

Para comprender la dinámica de las comunidades biológicas de las playas bonaerenses no basta con identificar los factores naturales que actúan sobre ellos; es necesario tener en cuenta la incidencia de las actividades humanas. La urbanización del cordón costero modifica irreversiblemente la estructura espacial, pero además altera la dinámica de los procesos naturales. Los cambios en los bivalvos de playa promovidos por las actividades humanas son indicadores de tendencias futuras, pero no son sus únicos efectos indeseables. Otros efectos resultantes del mal manejo son, por ejemplo, la erosión y la contaminación de las playas, la pérdida de la biodiversidad nativa, la introducción de especies invasoras, el agotamiento y la salinización de los acuíferos subterráneos. Las almejas, los berberechos y los seres humanos forman parte de un sistema cuyas interacciones son múltiples y complejas. Por ello, se requiere una cuidadosa planificación para que esas interacciones se manifiesten de manera deseada. Los recursos naturales dan fundamento y sostienen a la actividad turística, que permite a su vez la integración económica y social de la región. Las intervenciones basadas en información fragmentaria o en supuestos erróneos no producen los resultados esperados e inclusive pueden actuar en sentido opuesto al deseado. La planificación del desarrollo económico requiere como paso previo indispensable conocer de manera integral el papel que cumplen todos los componentes del sistema costero; sólo entonces es posible plantear programas de manejo sustentable de los recursos naturales.

HITOS DE LA DÉCADA DEL '40

El Departamento de Caza y Pesca de la Provincia de Buenos Aires establece cupos de pesca anuales de almeja amarilla. Los interesados en obtener permisos de pesca deben extraerla personalmente¹⁹. Se incorporan nuevas áreas de explotación, incluyendo prácticamente todo el rango geográfico de la especie en la Argentina²⁰.

Entra en vigencia la legislación que otorga a obreros y empleados diversos beneficios laborales, entre ellos, las vacaciones pagas.

Se fundan Pinamar, Mar del Tuyú y Santa Teresita, que se agregan a otras localidades cercanas fundadas en los '30: Villa Gesell, Mar de Ajó y San Clemente del Tuyú.

En 1946 los franceses Jacques Heim y Louis Reard presentan en París sus nuevos diseños. El *Atome* de Heim es denominado así por ser "el traje de baño más pequeño del mundo". El modelo de Reard, presentado unos meses después, es aún más diminuto y consta de dos piezas. En alusión a una prueba nuclear norteamericana realizada en un atolón del Pacífico, Reard considera que él también ha "dividido el *Atome*" y presenta su creación con el nombre de *Bikini*. Nace así el símbolo de la industria que ha producido las mayores transformaciones sociales, económicas y ambientales de las zonas costeras de todo el mundo: el turismo masivo de sol y playa.

REFERENCIAS:

1- Olivier, S. R., D. Capezzani, J. I. Carreto, H. Christiansen, V. J. Moreno, J. Aizpun De Moreno & P. E. Penchaszadeh, 1971. *Estructura de la comunidad, dinámica de la población y biología de la almeja amarilla*

HITOS DE LA DÉCADA DEL '60

Como consecuencia de la sobreexplotación de los bancos, la Ley N° 5970/58 establece una veda por diez años a la extracción de almeja amarilla en todo el territorio de la provincia de Buenos Aires²¹. Posteriormente el Decreto-Ley N° 14.410/68 establece la veda por tiempo indeterminado, permitiendo la extracción turística.

Gracias al auge del turismo y de la construcción, Mar del Plata es el núcleo urbano que más crece en todo el país.

Para incentivar el crecimiento de Villa Gesell, se instrumenta el Plan Galopante.

Proveniente de Francia, la bikini se impone finalmente en Mar del Plata y Villa Gesell, gracias a una exitosa película protagonizada por Brigitte Bardot. Proveniente de Uruguay, el berberecho es registrado por primera vez como especie viviente en Mar del Plata y Pinamar. Berberechos y bikinis llegan a las playas argentinas para quedarse.

(*Mesodesma mactroides* Desh. 1854) en Mar Azul (Pdo. de General Madariaga, Bs.As., Argentina). Contrib. Inst. Biol. Mar. 122, 90 pp.

2- McLachlan, A., J. E. Dugan, O. Defeo, A. D. Ansell, D. M. Hubbard, E. Jaramillo & P. E. Penchaszadeh, 1996. *Beach clam fisheries*. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 34: 163 - 232.

3- Penchaszadeh, P. E. & S. R. Olivier, 1975. *Ecología de una población de «berberecho» (Donax hanleyanus) en Villa Gesell, Argentina*. Malacología 15(1): 133 - 146.

4- Ihering, H. von, 1907. *Les mollusques fossiles du Tertiaire et du cretace Supérieur de l'Argentine*. An. Mus. Nac. Buenos Aires, ser. II, 611 pp.

5- Castellanos, Z. A. de & D. F.

D'Ambrosi, 1965. Sobre la presencia de *Donax hanleyanus* en la costa argentina. *Neotropica* 10: 58.

6- Coscarón, S., 1959. La almeja amarilla (*Mesodesma* (T.) *mactroides* Deshayes) de la costa de la provincia de Buenos Aires. *Agro. Publ. Tec.* 1(3): 66.

7- Idem anterior.

8- Ley Provincial n° 5970/58

9- Olivier, S. R. & P. E. Penchaszadeh, 1968. Evaluación de los efectivos de la almeja amarilla (*Mesodesma mactroides* Desh.) en las costas de la Provincia de Buenos Aires. *Proy. Desarr. Pesq. FAO, Serv. Inf. Técn.* 8: 1 - 10; Bastida, R. A., A. Roux, C. Bremec, M. Gerpe & M. Sorensen, 1991. Estructura poblacional de la almeja amarilla (*Mesodesma mactroides*) durante el verano de 1989, en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Frente Marítimo* 9 A: 83 - 92; Dadon, J. R.; C. Castaños; R. Pérez García; M. T. G. Chiappini y J. M. Cruses, 2001. Efectos a largo plazo de las pesquerías de almeja amarilla (*Mesodesma mactroides*) y berberecho (*Donax hanleyanus*), y de la urbanización sobre las comunidades intermareales. En: *Sustentabilidad de la Biodiversidad* (K. Alveal y T. Antesana, eds.), pp. 703-715. Universidad de Concepción, Concepción.

10- Coscarón, S., 1959. La almeja amarilla (*Mesodesma* (T.) *mactroides* Deshayes) de la costa de la provincia de Buenos Aires. *Agro. Publ. Tec.* 1(3):66.

11- Dadon, J. R., G. M. T. Chiappini y M. C. Rodríguez, 2002. Evaluación del estado de la almeja amarilla (*Mesodesma mactroides*) en el Partido de la Costa durante el año 2001. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. 18 pp.

12- Valor estimado teniendo en cuenta las densidades medias de ejemplares juveniles

13- Olivier, S. R., D. Capezzani, J. I. Carreto, H. Christiansen, V. J. Moreno, J. Aizpun De Moreno & P. E. Penchaszadeh, 1971. Estructura de la comunidad, dinámica de la población y biología de la almeja amarilla (*Mesodesma mactroides* Desh. 1854) en Mar Azul (Pdo. de General Madariaga, Bs.As., Argentina). *Contrib. Inst. Biol. Mar.* 122, 90 pp.

14- Defeo, O. & A. de Alava, 1995. Effects of human activities on long-term trends in sandy beach populations: the wedge clam *Donax hanleyanus* in Uruguay. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 123: 73 - 82.

15- Dadon, J. R.; C. Castaños; R. Pérez García; M. T. G. Chiappini y J. M. Cruses, 2001. Efectos a largo plazo de las pesquerías de almeja amarilla (*Mesodesma mactroides*) y berberecho (*Donax hanleyanus*), y de la urbanización sobre las comunidades intermareales. En: *Sustentabilidad de la Biodiversidad* (K. Alveal y T. Antesana, eds.), pp. 703-715. Universidad de Concepción, Concepción.

16- Fiori, S. M. & N. J. Cazzaniga, 1999. Mass mortality of the yellow clam, *Mesodesma mactroides* (Bivalvia: Mactracea) in Monte Hermoso beach, Argentina. *Biol. Conserv.* 89: 305 - 309.

17- Dadon, J. R.; C. Castaños; R. Pérez García; M. T. G. Chiappini y J. M. Cruses, 2001. Efectos a largo plazo de las pesquerías de almeja amarilla (*Mesodesma mactroides*) y berberecho (*Donax hanleyanus*), y de la urbanización sobre las comunidades intermareales. En: *Sustentabilidad de la Biodiversidad* (K. Alveal y T. Antesana, eds.), pp. 703-715. Universidad de Concepción, Concepción.

18- Idem anterior

19- Olivier, S. R. & P. E. Penchaszadeh, 1968 b. Efectivos de la almeja amarilla (*Mesodesma mactroides*) en las costas de la Provincia de Buenos Aires y pautas para su explotación racional. *Proy. Desarr. Pesq. FAO, Serv. Inf. Técn.* 8 (supl.), 6 pp.

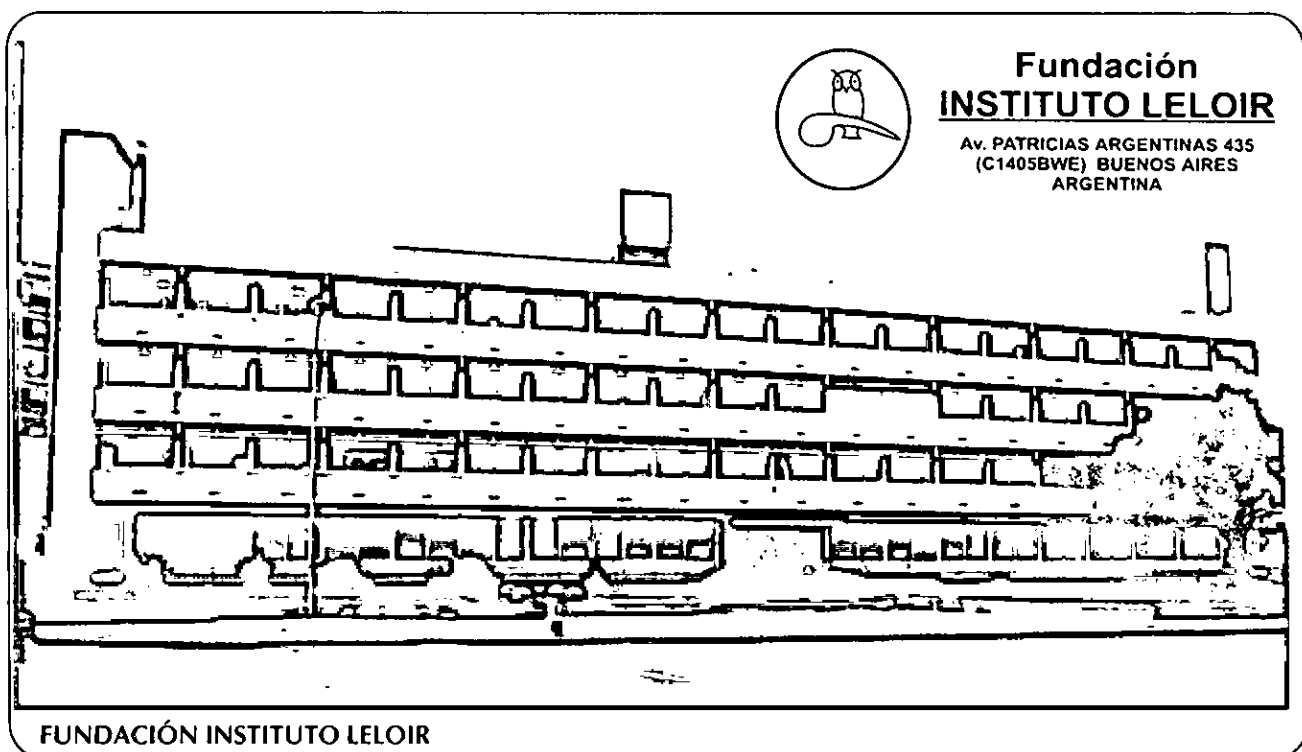
20- Coscarón, S., 1959. La almeja amarilla (*Mesodesma* (T.) *mactroides* Deshayes) de la costa de la provincia de Buenos Aires. *Agro. Publ. Tec.* 1(3): 66.

21- Olivier, S. R. & P. E. Penchaszadeh, 1968 b. Efectivos de la almeja amarilla (*Mesodesma mactroides*) en las costas de la Provincia de Buenos Aires y pautas para su explotación racional. *Proy. Desarr. Pesq. FAO, Serv. Inf. Técn.* 8 (supl.), 6 pp.



**Fundación
INSTITUTO LELOIR**

AV. PATRICIAS ARGENTINAS 435
(C1405BWE) BUENOS AIRES
ARGENTINA



FUNDACIÓN INSTITUTO LELOIR

CIENCIA, TECNOLOGIA Y SOCIEDAD

Alberto Baldi

Reunión realizada en Buenos Aires por investigadores y expertos de Argentina y de Brasil, mostrando a la sociedad el alcance y la contribución de la Ciencia y de la Tecnología para el desarrollo cultural, económico y social de la región.

La Reunión CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD fue producto de una iniciativa de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC) y la Sociedad Brasileña para el Progreso de las Ciencias (SBPC), desarrollada bajo el patrocinio de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, del Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Su objetivo fundamental fue hacer visible a la sociedad las contribuciones que la ciencia y la tecnología realizan para acrecentar el conocimiento de la comunidad. Ello significa mostrar de una forma comprensible, como el saber contribuye de manera decisiva, al desarrollo cultural, económico y social de nuestros países. La Reunión se llevó a cabo durante los días 1 al 4 de noviembre del 2004 en el Auditorio "La Rural". La asistencia fue libre y gratuita. La AAPC persigue de esta manera impulsar la defensa de la investigación, de la educación y la divulgación científica en la Argentina y su extensión en este caso particular, a toda la región enmarcada en el Mercosur.

Los temas tratados abarcaron un amplio espectro de la ciencia y tecnología dirigidos a científicos, profesores y estudiantes universitarios, funcionarios, empresarios, políticos y público en general. Las exposiciones fueron de alto rigor científico pero accesibles a la comunidad. Las mismas fueron organizadas en forma de conferencias, mesas redondas y paneles.

Hemos querido dar aquí un panorama general de las conferencias desarrolladas en la reunión las que se pre-



Lic. Daniel Filmus en el acto de cierre

sentan a través del programa completo de las mismas, en la páginas centrales de la revista.

Específicamente, los temas tratados abarcaron un amplio espectro de la ciencia y de la tecnología como: salud humana, biotecnología, biodiversidad, cambio climático, fuentes de energía, ciencias sociales y humanidades, ciencias espaciales, ciencias exactas y sociedad, nanotecnología, tecnología de la información y las comunicaciones, comunicación y ciencia, financiación gubernamental y privada de la ciencia, política científica, ética y sistema nacional de innovación.

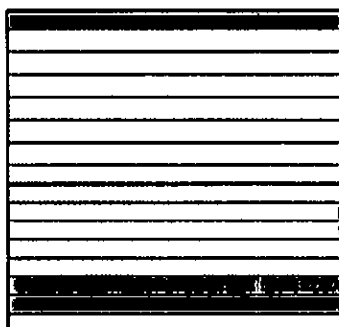
Presidieron el acto de apertura el Ministro de Educación Ciencia y Tecnología Lic. Daniel Filmus, (de quien mas abajo reproducimos algunas de sus palabras), acompañado por el Ministro de Ciencia y Tecnología de la República Federativa del Brasil Dr.

Eduardo Campos, el Secretario de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva Ing. Tulio Del Bono y otras autoridades de ambos países. En este acto de apertura los Ministros de ambos países anunciaron importantes aspectos de los lineamientos de la cooperación bilateral entre Brasil y la Argentina. Se refirieron a la significación del evento el Dr. Alberto Baldi, Presidente de la AAPC, y el Dr. Ennio Candotti, Presidente de la SBPC. Cabe citar que la Reunión fue iniciada con una conferencia inaugural por parte del Lic. Fabian Gabelli sobre la "Evolución de la infidelidad de la pareja en el reino animal".*

Se puso énfasis en la participación aunque no en forma excluyente, los aspectos que conciernen a la interacción del Mercosur por parte de científicos de la Argentina y del Brasil. Las exposiciones fueron moderadas por coor-

Lunes 1

(11 a 13 hs) Conferencias: Moderador: Ana María Hernández (CONAE, Ar) Conrado Varotto (CONAE, Ar): Plan Espacial Argentino Himilcom Carvalho (AEB, Br): Programa Espacial Brasileiro/O Programa Espacial Brasileiro	(11 a 12,40 hs) Panel: Matemáticas Pablo Amster: Pasos por el mercado Juan Carlos Dalmasso: Matemática y sociedad: el modelo húngaro	(11 a 12, 50 hs) La crisis de la deuda externa y los problemas del desarrollo de la economía regional Crise da dívida externa e os problemas do desenvolvimento da economia regional Moderador: Mario Rapoport (UBA) Eric Calcagno Mario Rapoport (UBA, Ar) Julio Gambina (FISYP, Ar)	11 hs. Introducción general: Tullio del Bono (SECTY, Ar) Presentación de los comités de ética en la ciencia de Argentina y Brasil Otilia Valinsk (UBA, Ar): Comité nacional de ética en la ciencia y la tecnología. 11:20 -13:30 hs. Presentación de experiencias nacionales Experiencia Argentina: El Comité Nacional de Ética en la Ciencia y la Tecnología (CECTE) responde a la sociedad: el tratamiento de casos Alberto Kornblith (UBACECTE, Ar): Caso Clonación Alda Karmelmaier (Corte Supr Mendoza/UNOCECTE, Ar) Caso Privacidad de datos genéticos Stella González Capes (UBACECTE, Ar): Caso Integridad en las relaciones en la comunidad científica Experiencias brasileñas Reinaldo Ayer de Oliveira (USP, Br): Conflictos de intereses. Intercambio de ideas y debate con el público	(11 a 12, 50 hs) Panel: Neurociencias y Educación Moderadores: Daniel Cardinali (UBA/CONICET, Ar), Carlos Alexandre Neto (UFRGS, Br) Antonio Battro (ANE/UBA, Ar): Neuroeducación: un proyecto en marcha Fernando Vidal (NPHS, Ar): El proyecto neuroeducativo y el sujeto cerebral Jorge Colombo (CEMIC, Ar): Políticas Públicas, Pobreza y Desarrollo Cognitivo
(14 a 15:00 hs) Conferencia: Moderador: Felix Menicocci (CONAE, Ar) José Monserrat Filho (SBPC, Br): Proposta Latino-Americana para o Direito Espacial na área de Sensoriamento Remoto	(14 a 15,50 hs) Panel: Matemáticas Jorge Zureblli (IMPA, Br): Impacto da matemática em bio-ciências (e vice-versa) Juan Pablo Pinasco: Weblogs y divulgación matemática en la red Pablo Ferrari (IME/USP, Br): O processo de exclusão simples e equação de Burgers	(14 a 15, 40 hs) Violencia, derecho y sociedad Violência, direito e sociedade Moderadores: Juan Pogoraro (UBA, Ar), José Vicente Tavares-dos-Santos (UFRGS, Br) Carlos Cárcova Juan Pogoraro (UBA, Ar) José Vicente Tavares-dos-Santos (UFRGS, Br) Alfredo Alejandro Gugliano (UFPol) Juan Felix Martozu (UBA, Ar) Marcelo Saenz	14:30 - 16:45 hs. Mesas redondas Mesa argentina: La ética en las instituciones de la ciencia Roberto Fernández Priuli (CNEA/UBACECTE, Ar) Fernando Ullao (UBACECTE, Ar), Noel Jitrik (UBACECTE, Ar) Ernesto Maqueda (CNEACECTE, Ar) Mesa brasileña: La ética de la investigación en seres vivos. Corina Freitas (CONEP/MS, Br): Investigación em seres humanos: Sistema operacional. Intercambio de ideas y debate con el público	(14 a 15, 50 hs) Panel: Neurociencias y Educación Moderadores: Daniel Cardinali (UBA/CONICET, Ar), Carlos Alexandre Neto (UFRGS, Br) Osvaldo Uchitel (UBA/CONICET, Ar): El Cerebro en Movimiento Ricardo Velluti (UR, Uy): ¿Es Posible el Aprendizaje Durante el Sueño? Jorge Medina (UBA/CONICET, Ar): Los Misterios de la Memoria
(16 a 17:00 hs) Panel: Misiones Satelitales Argentinas Moderador: Raul Colomb Fernando Raúl Colomb (CONAE, Ar) Alberto Giraldez (SENID/CONICET, Ar)	(16 a 17,50 hs) Panel: Matemáticas Javier Echeverry: Modelización matemática en la industria. André Nachbin (IMPA, Br): Modelagem matemática de ondas em múltiplas escalas Gregorio Malajovich (UFRJ, Br): Sistemas de polinômios em ciência e tecnologia	(16 a 18 hs) Protesta Social Moderador: Federico Schuster Maristella Svampa José Seoane Norma Giaracca	17:00 - 18:00 hs Para construir una opinión pública Informada sobre temas socialmente controvertidos: Lino Barañao (UBA/ANPCyT, Ar): Qué hay que saber sobre clonación. Comentaristas: Integrantes del CECTE y participantes brasileños. Intercambio de ideas y debate con el público	(16 a 17, 50 hs) Panel: Neurociencias y Educación Moderadores: Daniel Cardinali (UBA/CONICET, Ar), Carlos Alexandre Neto (UFRGS, Br) Aldo Lucion (UFRGS, Br): Efeitos da manipulação neonatal sobre o número de células no hipotálamo, hipocampo e amígdala de ratas Carlos Alexandre Netto (UFRGS, Br): Aprendizado e memória após isquemia cerebral experimental: plasticidade e recuperação funcional Esper Cavatinho (UNIFESP/EPM, Br): Modelos animais de epilepsia
(17 a 18 hs) Conferencia: Moderador: Raul Fernando Hissas (CONAE, Ar) Hugo Mascialino (CONAE, Ar): Satélite de Comunicaciones argentino			18:00 - 19:00 hs Un comité de ética en la ciencia y la tecnología argentino brasileño: un objetivo común: Discusión sobre la constitución de un comité de ética regional Presentación: Ennio Candotti, (SBPC, Br) y Otilia Valinsk (UBA/CECTE, Ar). Panelistas: Karen Hallberg (CNEA, Ar) Comité de Ética de la Asociación Física Argentina Samuel Finkelman (UBA, Ar): Comité de Ética de la Sociedad de Investigaciones Clínicas. Investigadores de ambos países Intercambio de ideas y debate con el público	CONFERENCIA 18 hs Eduardo Moacyr Krüger (Presidente da Academia Brasileira de Ciências): O perfil da ciência no Brasil
CONFERENCIA INAUGURAL Setón D. F. Semlerito (9,45 a 10,45 hs) Moderador: Dr. Enrique T. Segura (UBA/CONICET, Ar) Fabian Gabelli (CONICET, Ar): La Evolución de la Infidelidad en la Pareja en el Reino Animal	CICLO DE CINE La Ciencia: Ficción y el Espacio	(11-12,40 hs) Conferencias: Introducción: ¿Por que tan chiquito? Moderador: E.J. Calvo Roberto Salvarezza (UNLP, CONICET, Ar): Nanofabricación Hernán Pastoriza (CNEA, CONICET, Ar): Micromáquinas: controlando el movimiento en la microescala.	(14-15,40 hs) Conferencias: Moderador: Roberto Salvarezza Lia Pietrasanta (UBA, Ar): Microscopias y Nanoscopias en biología en la nanoescala Andrea Bragas (UBA, CONICET, Ar): Experimentos ópticos y vibracionales en nanoescala	(16-17,40 hs) Conferencias: Moderador: Fernando Galembek Laura Stern (CNEA, CONICET, Ar): ¿Cómo se utilizan los nanomateriales? Adalberto Fazzio (USP, Br): Nanohilos de Oro (18-19 hs) Mesa Redonda: Programas Nacionales y Actividades de Empresas en Nanociencia y Nanotecnología* Moderador: Ernesto Calvo, Fernando Galembek



CICLO DE CINE
SALUD
BIOTECNOLOGÍA
BIODIVERSIDAD
CAMBIO CLIMÁTICO
FUENTES DE ENERGÍA
CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES
INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA ESPACIAL Y SUS APLICACIONES
CIENCIAS EXACTAS
NANOTECNOLOGÍA
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES
COMUNICACIÓN Y CIENCIA
FINANCIACIÓN GUBERNAMENTAL Y PRIVADA DE LA CIENCIA
ÉTICA
CIENCIA: ESTADO Y EMPRESAS
ACTO INAUGURAL Y DE CLAUSURA

Martes 2

(14-15,40 hs) Conferencias: Moderador: Karon Hallberg (CNEA, CONICET, Ar) Gato Soler-Jilla (CNEA, Ar): Nanopartículas y Nanohuecos organizados en el nanospacio Alfredo Gontijo (UMG, Br): Materiales Nanoestructurados por CVD	(9 a 10,40 hs) Panel: Ciencia y empresa Moderador: Omar Pivetta (U Austral, CONICET, Ar) Sebastián Inchausti (U Austral, Ar): FACE: Un instrumento para el vínculo de la ciencia con la empresa Marío Genaro (GEMA/Biotec, Ar): Ciencia e Industria	(9 a, 9,40 hs) Conferencia Moderador: Michael Stanton (RNP, Br) Flórencio Utreras: CLARA: Las redes avanzadas de educación e investigación en Latinoamérica (9:45 a 10:45 hs) Mesa Redonda: Bibliotecas digitales y acceso a indicadores de producción científica Moderador: Lucía Melo (FJN, Br) Abel Packer (BIREME, Br) Roberto Pacheco UFSC, Br)	(9,00 a 10,40 hs) Moderadores: Luis Quesada Allué, Mari Clóido Sogayar Carlos Terrignoni (UFRGS, Br): Vacinas contra TICK. Mari Clóido Sogayar (USP, Br): Terapia celular de doenças degenerativas e o Centro de Terapia Celular e Molecular
CONFERENCIA 20 hs Samuel Pinheiro Guimarães Neto (Secretário Geral do Ministério das Relações Exteriores, Brasil): Política Internacional, ciência e tecnologia	(11 a 12,40 hs) Marcelo Taveira (UNLP/CONICET, Ar): Del laboratorio a la comunidad, una experiencia Universidad-Empresa. Mario Mariscotti (THASA, Ar): Si la ciencia es un buen negocio ¿por que no lo hacemos?	(11 a 12:00 hs) Mesa Redonda: Redes experimentales y la próxima generación de redes académicas Moderador: Carlos Frank (RETINA/CONICET, Ar) Flórencio Utreras (REUNA, Cl) Hugo Luis Fragnito (UNICAMP, Br) (12 a 13:00 hs) Conferencia: Moderador: Aníbal Gattone (RETINA, Ar) Marcelo Frías (UBA/UNLP, Ar): Estado de la Investigación en TICs en Argentina	(11,00 a 12,40 hs) Miguel Pedro Guerra (UFSC, Br): Células tronco e embriogénesis somática em plantas Luis Quesada Allué (FLCONICET, Ar): Biotecnología, ambiente y manejo integral de plagas del agro.
(14 a 15,40 hs) Conferencias: Moderador: Mario Nuñez (UBA, Ar) Carlos A. Norberto: Los bosques, las plantaciones y el cambio climático Héctor D. Ginzo: El cambio del uso de la tierra y su consecuencia climática Alberto Piola: El Atlántico Sur y el clima global Juan Carlos Giménez: El manejo de las inundaciones y el cambio	(14 a 15,50 hs) Relaciones Internacionales y el MERCOSUR Relações Internacionais e o papel do MERCOSUL Moderador: Gladys Lochini (UNR, Ar), Susana Soares (UFRGS, Br) Gladys Lochini (UNR, Ar) Tullio Vigovani (UNESP/CEDEC, Br) Monica Hirat (Univ. San Andres, Ar)	(14 a 15:40 hs) Mesa Redonda: El papel de las redes avanzadas de comunicación en la colaboración científica Moderador: Paulo Aguilar Rodríguez (UFRJ, Br) Lucía Melo (FJN, Br) Alberto Santoro (UERJ, Br) Marco Gutierrez (INCOR, Br) José Luis del Barco (UNL, Ar) Miguel Van Esao (UBA, Ar) Alberto Bandoni (CONICET, Ar)	(14 a 15,50 hs) Panel: Avances en las Investigaciones sobre el cáncer Moderador: José Mordoh (FLCONICET, Ar) Carlos David: Diseño de drogas personalizadas (Farmacogenómica) José Mordoh (FLCONICET, Ar): La biología molecular y el tratamiento del cáncer Gabriel Robinovich (CONICET-UBA): Los tumores desarrollan estrategias para evadir la respuesta inmune antitumoral Alberto Baldi (CONICET, Ar): La irrigación sanguínea como blanco terapéutico
(15 a 17,40 hs) Carlos Ezequiel: La Investigación del cambio climático en el Mercosur Carlos Nobre (INPE, Br): A Amazônia e o clima global Graciela Magrin (INTA, Ar): Impactos de los cambios climáticos en la agricultura del Mercosur.	(15 a 17,50 hs) Feminismo y ciudadanía, Ciencia, Sociedad y Género Feminismo e cidadania Moderador: Guila Grin Dobert (UNICAMP, Br) Dora Barrancos Guila Grin Dobert (UNICAMP, Br) Dora Barrancos Nélida Archenti Silvia Chojter, Elise Lopez	(15 a 17:40 hs) Mesa Redonda: El Impacto de la colaboración internacional en las redes de educación e investigación en Latinoamérica Moderador: Emma Pérez Ferrreira (RETINA, Ar) Flórencio Utreras (REUNA, Cl) Luis Fernando López (USP, Br) Carlos Frank (RETINA, Ar) Ida Holz (RAU, Uy)	(15 a 17,50 hs) Panel: ¿Por qué y cómo envejecemos? Moderador: Alberto Boveris (UBA/CONICET, Ar) Alberto Boveris (UBA/CONICET, Ar): La teoría mitocondrial del envejecimiento ¿nos ayuda a vivir más? Rafael Radi (UR, Uy): Oxido nítrico y radicales libres del oxígeno en los procesos neurodegenerativos asociados al envejecimiento Etelvino Bachara (USP, Br): Envenenamiento, envejecimiento y trastornos neurológicos
(18 a 19,00 hs) Panel: Megaciudades e cambios climáticos locales, regionales e globales Moderador: Carolina Vera (UBA, Ar) Augusto Pereira (IAG/USP, Br) – Impactos climáticos das megacidades Magda Lombardo (UNESP/Rio Claro, Br): Impactos climáticos das megacidades	(18 a 19,50 hs) Metamorfosis del trabajo y exclusión social Metamorfoses do trabalho e exclusão social Moderador: Sonia Larangeira (UFRGS, Br) Sonia Larangeira (UFRGS, Br) Julio Nela (CEIL, Arg) Héctor Palomino (IDES, Arg)	(18 a 19,30 hs) INAUGURACIÓN ENLACE CLARA EN ARGENTINA (Se lanzará oficialmente el enlace internacional entre RETINA y el consorcio latinoamericano CLARA) Emma Pérez Ferrreira, RETINA Michael Stanton, RNP Flórencio Utreras, REUNA	(18 a 19,50 hs) Panel: ¿Por qué y cómo envejecemos? Moderador: Alberto Boveris (UBA/CONICET, Ar) Rodolfo Goya (UNLP/CONICET, Ar): Terapia génica y nanomedicina: presente y futuro del abordaje del problema del envejecimiento cerebral Daniel P. Cardinalli (UBA/CONICET, Ar): Cronobiología, cómo mover los engranajes del reloj biológico humano Virginia B. Campos Junqueira (UNIFESP/Br): stress oxidativo no enclheço; seguimento de seis-ano
(19 a 20 hs) Mesa Redonda: Desafíos de una política ambiental integrada del Mercosul: adaptación ou mitigação dos cambios climáticos globais? Moderador: Carlos Nobre (INPE, Br) Vicente Barros (UBA, Ar) Lutz Gylven Molro Filho (IEA/USP, Br)	(19 a 20,50 hs) Panel: Desarrollo tecnológicos para el espacio. Moderador: Fernando Hissas (CONAE, Ar) Pablo Tognetti (INVAP, Ar) César Bolinco (CNEA, Ar)	(16,40 a 20 hs) PANEL Aplicaciones multimedia en redes avanzadas Moderador: Luis Fernando Gomes Soares Paulo Aguilar Rodríguez (UFRJ, Br) Guido Lemos (UFP, Br) Marcelo Zuffo (USP, Br)	(14 a 14:45) Panel: Información espacial para emergencias, sistema de alerta de la cuenca del Plata y sistema de evaluación del peligro de incendio Moderador: Laura Frulla Gabriel Platzack (CONAE, Ar) Alvaro Goldano (INA, Ar) María del Carmen Dentoni (Prog. Nac. Manejo del Fuego, Ar)
(9 a 10:30 hs) Conferencias: Moderador: Alejo Delmundo Carlos Jose Campelo (AEB, Br): Cooperación Internacional Brasileira / A Cooperação Internacional Brasileira na Área Espacial com Ênfase Brasil X Argentina Jose Raimundo Coelho (SBPC, Br): Cooperação Espacial Brasil X China no âmbito do CBERS	(11 a 11:45 hs) Panel: Desarrollo tecnológicos para el espacio. Moderador: Fernando Hissas (CONAE, Ar) Pablo Tognetti (INVAP, Ar) César Bolinco (CNEA, Ar)	(12 a 12:45 hs) Panel: Acceso al Espacio Moderador: Daniel Caruso C. Daniel Caruso (CONAE, Ar) Victor Torregliani (Instituto Universitario Aeronáutico, Ar) Edgardo Roggero (CONAE, Ar)	(15:00 a 18:00 hs) Conferencias: Moderador: Himilcon Carvalho Luis Augusto Machado (CPTEC/INPE, Br): Aplicações de Satélites Meteorologia por Satélites João Vianei Soares (INPE, Br): Aplicações de Satélites de Observação da Terra José Carlos Epiphânio (INPE, Br) Aplicações do CBERS
(9-11,20 hs) Conferencias: Moderador: Gato Soler-Jilla Henrique Toms (USP, Br): Electrónica Molecular Fernando Galambick (UNICAMP, Br): Nanodominios Eléctricos Karon Hallberg (CNEA, CONICET, Ar): Ingeniería y Física cuántica	(11,40-12,40 hs) Reunión de Trabajo: Evaluación sobre la Formación de una Red de Nanotecnología Nanociencia (NAN) para el Mercosur (Mercosur Extended) Moderadores: Roberto Silveira (INIFTA, Ar), Oswaldo Luiz Alves (UNICAMP, Br), Celso Pinto de Melo (UFPE, Br)	(15 a 17,40 hs) Conferencias: Moderador: Silvia Gutierrez Oswaldo Luiz Alves (UNICAMP, Br): Nanopartículas e Nanocompostos Elizabeth Jerez (UBA/CONICET, Ar): Mirando moléculas individuales dentro de una célula viva por técnicas con quantum dots	(15-19,40 hs) Conferencias: Moderador: Oswaldo Luiz Alves Emilio J. Gato (UBA/CONICET, Ar): Nanotecnología en biosensores y nuevas aplicaciones farmacológicas de nanopartículas Silvia Gutierrez (UFRGS, Br): Nanocapsulamiento de fármacos

Miércoles 3

(9 a 10,50 hs) Panel: Células-tronco e saúde humana Moderador: Carlos Alexandre Netto (UFRGS, Br) Rosália Mendes-Otero (UFRJ, Br): Células tronco em neurologia: estudos clínicos e pré-clínicos Lutz Eugenio Mehl (UNIFESP, Br): Células tronco em modelos experimentais de distúrbios neurológicos Carlos Alberto Moreira Filho (USP/IME, Br): Aplicações Terapêuticas das Células Progenitoras: Oportunidades e Desafios	(9 a 10,40 hs) Mesa Redonda: Mafias computacionais Moderador: Javier Díaz Bruno Schutze (LNGC, Br) Cláudio Geyer (UFRGS, Br) Mário Storti (UNL, Ar) Carlos García Garino (UNC, Ar) Mario Leandro Bertogno (UNCO, Ar)	(9 a 10,50 hs) Transformações culturais e las nuevas formas de religiosidad Transformações culturais e novas formas de religiosidade Moderador: Fortunato Mallmacci (UBA, Ar) Carlos Stoll (UFRGS, Br) Rubén Dri (UBA, Ar) Fortunato Mallmacci (UBA, Ar)	(9 a 10,50 hs) Conferencias: Moderador: Rubén Menhato: Evolución de la siembra directa y su impacto en el consumo de fertilizantes Juan Schnack: Las invasiones zoológicas y sus implicancias sanitarias	(9 a 10,45 hs) Panel Química: Moderadores: Marcelo Vermengo (UBA, Ar), Paulo César Vieira (UFSCar, Br), Walter E. Trlica (INIFTA/UNLP, Ar) Cadenas energéticas limpias Jairton Dupont (UFRGS, Br): Nanopartículas de metales transición estabilizadas através de líquidos iônicos: sínteses, caracterização e propriedades catalíticas... Alicia Fernández Cirelli (UBA, Ar): Las calidades de agua y su gestión
(11 a 12,50 hs) Conferencia: Neuroimágenes y Cognición Moderador: Daniel Cardinelli (UBA/CONICET, Ar) Facundo Manes (FLENI, Ar)	(11 a 12 hs) Mesa Redonda: Televisión digital: perspectivas para el Conosur Moderador: Carlos García Garino (UNC, Ar) Guido Lemos (UFPE, Br) Luís Fernando Gomes Soares (PUC, Br) José Simonetta (Intertel, Ar)	(11 a 12,50 hs) Globalización y cultura latinoamericana Globalização e cultura latino-americana Moderador: Eduardo Gruner (UBA, Ar) Alzira Alves do Abreu (CEPDOC/FGV, Br) Maria Arminda Nascimento Arruda (USP, ANPOCS, Br) Gustavo Lina Ribeiro (UnB, Br) Eduardo Gruner (UBA, Ar) EIXOS TRANSVERSAIS - Ejes Transversales APC - SBPC	(11 a 12,50) Gustavo Moscatelli: Aptitud vs. Uso, Impacto de la expansión agrícola sobre los suelos pampeanos Marina Sansosti Ratchford (USFWS, USA): Conservación de Vida Silvestre en Argentina y Brasil: programas apoyados por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de EEUU	(11 a 12,45 hs) Panel Química Norma Starbati Nudelman (UBA, Ar): La química al servicio de la sociedad Jailson B. de Andrade (UFBA, Br): Reações na Fase Gasosa em Câmaras do Teflon: Combustíveis e Monoterpenóides como Precursores e Sorvedouros de Ozônio. Collo Pasquini (UNICAMP, Br): Espectroscopia no infravermelho Próximo, Fundamentos, Instrumentação e Aplicações Analíticas
(14 a 18,00 hs) Panel: Efectos de contaminantes sobre el medio ambiente y la salud humana Moderador: Lutz Carlos de Lima Silveira (UFPA, Br) Lutz Carlos de Lima Silveira (UFPA, Br): Exposição mercurial e disfunção visual - necessidade de normas para a exposição Dom Fiz Ventura (USP, Br): Avaliações psicofísicas e eletrofisiológicas dos efeitos da intoxicação por vapor de mercúrio Jorge E. Marcovecchio (IAO, Ar): Níveis de mercúrio e su acumulación en organismos del mar argentino Olaf Malm: El mercurio en el embalse de Tucurú, Amazonas, Brasil: veinte años después de llenado. Silvia G. De Marco: Distribución de mercurio en estuarios y pantanos de la Argentina Maria da Conceição N. Pinheiro (UFPA, Br): Comparação dos níveis mercuriais em regiões com ou sem impacto da atividade garimpeira de ouro José Luiz Martins do Nascimento (UFPA, Br): Toxicidade mercurial estudada em cultura de células da retina S. E. Goffe (IAO, Ar): Níveis de mercurio y su acumulación en organismos del mar argentino	(12 a 13 hs) Conferencia: Moderador: Anibal Gattone (RETINA, Ar) Benjamin Kuchen (UNSJ, Ar): Avances en robótica y automatización (14 a 15,40 hs) Mesa Redonda: Redes Instâmblicas Moderador: Javier Díaz Antonio Loureiro (UFMG, Br) Lutz Claudio Schars Magalhães (UFF, Br) Gustavo Rossi (LIFIA/UNLP, Ar) Jorge Castilheira (UNMDelP, Ar) Pedro Julián (UNS, Ar)	(14 a 15,50 hs) Globalización, producción modular y diseño industrial Globalização, Produção modular e desenho industrial Moderador: Alessandro Ventura (USP, Br) Ricardo Alberto Ferraro (INTI, Ar) Paulo César Xavier Pereira (USP, Br) Alessandro Ventura (USP, Br) Silvio Grichener (UBA, Br)	(14 a 15,00 hs) Panel: Biodiversidade: Dimensões e desafios Moderador: Adalberto Luta Val (INPA, Br) Daniel Hogan (UNICAMP, Br): Demografia e biodiversidade: a dinâmica populacional nos principais biomas brasileiros (15 a 15,50 hs) Panel: Biodiversidade e expansão de atividades agrícolas Moderador: Charles R. Clement (INPA, Br): Biodiversidade e expansão de atividades agrícolas Lauro Berata (UNICAMP, Br)	(14 a 15,40 hs) Panel: Sistemas nacionales de innovación Moderadores: Jorge Fontanals (CECYT, Ar), José Eduardo Cassioleto (UFJF) Jorge Fontanals (CECYT, Ar): Plan Estratégico en Ciencia, Tecnología e Innovación. José Eduardo Cassioleto (FEA/UFJF, Br): O Sistema Brasileiro de Inovação: velhas verdades, novas lutas e desafios reais
(16 a 17,20 hs) Mesa Redonda: Infraestructura para aplicaciones de TICs en las universidades Moderador: Pablo Jacobovici (UBA, Ar) Oswaldo Carvalho (UFMG, Br) Ricardo Custódio (UFSC, Br) Hugo Scutini (UBA, Ar) Susana Finkelstein (UBA, Ar)	(16 a 17,20 hs) Mesa Redonda: Infraestructura para aplicaciones de TICs en las universidades Moderador: Pablo Jacobovici (UBA, Ar) Oswaldo Carvalho (UFMG, Br) Ricardo Custódio (UFSC, Br) Hugo Scutini (UBA, Ar) Susana Finkelstein (UBA, Ar)	(16 a 17,20 hs) Impactos de la innovación tecnológica y las políticas de desarrollo económico Impactos da inovação tecnológica nas políticas de desenvolvimento econômico Moderador: Ennio Gandolfi (SBPO) Carlos Lessa (BNDES) Luciano Coutinho (UNICAMP, Br) Dere Costa (BNDES, Br) Fábio Erber (BNDES, Br)	(16 a 20,00 hs) Conferencia: Roberto Cunningham (IAPG): Historia de la energía. Sus fuentes y transformación Mesa Redonda: Planeamiento Energético Graciela Díaz (EBISA, Ar) Lutz Pinguelli Rosa (COPPE/UFRJ, Br) Roberto D'Araújo (ILUMINA, Br) Conferencia: Enrique Malnaré (IAPG): El Petróleo y El Gas En Argentina Su Historia, Su Presente y Su Futuro	(16 a 17,40 hs) César Belinco (CNEA, Ar): Aspectos culturales de la transferencia de tecnología Georgina Gardé (INPE, Ar): La protección de las innovaciones industriales Helena Lastras (Br): Sistemas Locais de Produção e Inovação: novas estratégias para promover a geração, uso e difusão de conhecimentos
(17:45 a 19 hs) Mesa Redonda: Las tecnologías y los valores en la educación Moderador: Marcelo Menard (EDUTIC, Ar) Carlos Discery (UP, Ar) Ana Maria Andrade (UCA, Ar) Hugo Castellano (NAL, Ar) Marta Inés Leyría (EDUTIC, Ar)	(17:45 a 19 hs) Mesa Redonda: Las tecnologías y los valores en la educación Moderador: Marcelo Menard (EDUTIC, Ar) Carlos Discery (UP, Ar) Ana Maria Andrade (UCA, Ar) Hugo Castellano (NAL, Ar) Marta Inés Leyría (EDUTIC, Ar)	(18 a 19,50 hs) Moderador: Glencle, parlamento y política Glêncle, parlamento y política Moderador: Ingrid Barti (SBPO, Br) Carlos Strasser (FLAGSO, Ar) Ingrid Barti (SBPO, Br) Renato Lessa (IUPERJ, ANPOCS, Br) Marco Aurélio Nogueira (UNESP, Br)	(18 a 19,50 hs) Panel: Biodiversidade: programas para conservação e preservação Moderador: Vera Maria Fonseca de Almeida e Val (INPA, Br): Biodiversidade: programas de conservação e preservação Peter Mann Toledo (MPEG, Br): Processos evolutivos e estratégias de conservação da Biodiversidade Ricardo Ribeiro Rodrigues (EBAL/UNSP, Br): Políticas de Conservação da Biodiversidade	(18 a 19,40 hs)

	CICLO DE CINE SALUD
	BIOTECNOLOGIA
	BIODIVERSIDAD
	CAMBIO CLIMATICO
	FUENTES DE ENERGIA
	CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES
	INVESTIGACION Y TECNOLOGIA ESPAZIAL Y SUS APLICACIONES

	CIENCIAS EXACTAS
	INGENIERIA
	TECNOLOGIA DE LA INFORMACION Y LAS COMUNICACIONES
	COMUNICACION Y LENGUA
	FINANCIACION GUBERNAMENTAL Y PRIVADA DE LA CIENCIA
	ETICA
	CIENCIA: ESTADO Y EMPRESAS
	ACTO INAUGURAL Y DE CLAUSURA

Jueves 4

(9 a 10,50 hs) Mesa Redonda: Reforma da universidade Moderador: João Cláudio Todorov (UnB) Ronaldo Mota (MEC, Br)	(9 a 10,50 hs) Mesa Redonda: Los vacíos de la comunicación científica Moderador: Carlos Abeledo (Min Educ, Ar) Adrián Paenza (canal 7/UBA, Ar) María Lúcia Maciel (CHAUF RJ, Br) Luisa Massarani (FIOCRUZ, Br) Jorge Halperin (Radio Mitre, Ar)	(9 a 10,50 hs) Educación Física y las Ciencias del Deporte Educação Física e as Ciências do Esporte Moderador: Ana Márcia Silva (UFSC, Br) Valter Gracht (UFES, Br) Ana Márcia Silva (UFSC, Br) Adroaldo Gaya (UFRGS, Br) Ricardo Crisório (UNLP, Ar) Rodolfo Rosengardt (ULP, Ar)	(9,00 a 10,40 hs) Moderadores: Carlos Melo, Sérgio Verjovski-Almeida Célio Lopes Silva (USP, Br); Estratégias integradas para pesquisa e controle de tuberculose no Brasil. Sérgio Verjovski-Almeida (USP, Br); RNAs intrônicos antisense não-codificantes, uma nova ferramenta no estudo do câncer	(9,00 h. a 9,30 h.) Presentación de la actividad: el financiamiento de la ciencia y la tecnología en Brasil y Argentina Caio P. de Melo (UFPE, Br); Novos arranjos institucionais para as Atividades de Pesquisa Mario Albornoz (SECYT, Br); Tendencias y puntos de ruptura en el financiamiento de la I+D
(11 a 13 hs) Mesa Redonda: Educación de la Ciencia Moderadores: Hugo Tricárico (UNSAM, Ar), Rdeu de Castro Moreira (MCT, Br) Graciela Merino Alberto Matzkegui Lidia Galavosty	(11 a 12,50 hs) Mesa Redonda: Los desafíos sociales de la comunicación científica Moderador: Nora Bär (La Nación, Ar) Patricio Garrahan (UBA/CONICET, Ar) Diego Hurtado (UNSAMUBA, Ar)	(11 a 12,50 hs) Oportunidades de la integración de los sistemas educativos Oportunidades para a Integração dos Sistemas Educacionais Moderador: Alejandra Birgin (Min. Educación Ar) Ernesto Villanueva (CONEAU, Ar) Alejandra Birgin (Min. Educación Ar) Maíra Baumgarten (FURG, Br)	(11,00 a 12,40 hs) Alberto Kornblith (UBA/CONICET, Ar); Genoma Humano: aspectos biológicos y sociales. Carlos Melo (FUSM, Co/Panamá); Biotecnología y la medicina humana: de las proteínas recombinantes a la terapia génica	(10,00 h. a 10,30 h.) Mesa Redonda: El problema de financiar la I+D en el MERCOSUR Mario Sérgio Salerno (RFEA, Br) Fernando Porta (Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación Superior - Redes, Ar)
(9,00 a 10,40 hs) Conferencias: Moderadores: Carlos Melo, Sérgio Verjovski-Almeida Célio Lopes Silva (USP, Br); Estratégias integradas para pesquisa e controle de tuberculose no Brasil. Sérgio Verjovski-Almeida (USP, Br); RNAs intrônicos antisense não-codificantes, uma nova ferramenta no estudo do câncer	(14 a 16,00 hs) Mesa Redonda: Divulgación científica, un problema nacional Diego Golombek (UNQ/CONICET, Br) Ana María Vaz (UNSAM, Ar) Rdeu de Castro Moreira (MCT, Br) Antonio Carlos Lobo (MPEG, Br)	Conferencias: Alberto Kornblith (UBA/CONICET, Ar); Genoma Humano: aspectos biológicos y sociales. Carlos Melo (FUSM, Co/Panamá); Biotecnología y la medicina humana: de las proteínas recombinantes a la terapia génica	(14,00 a 15,40 hs) Moderadores: Miguel Guerra Alejandro Mentaberry (UBA/CONICET, Ar); Aplicaciones biotecnológicas en las cadenas agroalimentarias. Dr. Alejandro Vidai (Bio Sidus S.A., Ar); Tembo farmacéutico.	(12,00 h. a 12,30 h.) Panel: Los sistemas de financiamiento público de la I+D Los sistemas de financiamiento público de la I+D Evandro Marra de Paula e Silva (CGEE, Br) Lilia Puig (C. De Diputados, Ar) Barahao (ANPCTY, Ar) (14,30 h. a 17,00 h.) Panel: Financiamiento provincial o estatal Abraham Sicsu (FUNDAMBR) Marta Eugenia López Mórtila (CIC, Ar); "Política Científica en el Ambiente Provincial: La Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires". Panel: Conocimiento por deuda Lola Manuel Rebelo Fernández (MCT, Br); Divida por Conhecimento Arturo Prius (Fundación SALES, Ar); Cómo financiar la ciencia para crecer, aprovechando nuestra grave situación de endeudamiento Panel: La formación de ingenieros como acción estratégica Lutz Bevilacqua (UNCC, Br) Odilon Marcuzzo do Carmo (FINEP, Br)
(11 a 12,45 hs) Panel Física Oscar Martínez: ¿Qué es un fotón? Roberto Mandonça Faria (IFUSP, SC, Br); Polímeros avanzados. Instituto do Maréno	(14,00 a 15,40 hs) Conferencias: Moderadores: Alberto Kornblith, Miguel Guerra Alejandro Mentaberry (UBA/CONICET, Ar); Aplicaciones biotecnológicas en las cadenas agroalimentarias. Dr. Alejandro Vidai (Bio Sidus S.A., Ar); Tembo farmacéutico.	(16 a 17,50 hs) La responsabilidad social de los científicos en el desarrollo A responsabilidade social dos cientistas no desenvolvimento Moderador: Sergio Bampi (UFRGS, Br) Lívio Amaral (UFRGS, Br) Sérgio Bampi (UFRGS, Br)	(9 a 10,45 hs) Panel Física Moderadores: Elitel Peltzer (UNLP, Br), Adalberto Fazzio (USP, Br) Alberto Etcheberry (CNEA, Ar); Rayos Cósmicos Ultraenergéticos, Mensajeros del Universo Ronald Shellard (CBPF, Br); Projeto Auger: Grandes desafios da física: as astropartículas Pablo Gisone (ARN, AR); Radiaciones ionizantes: ¿cuanto temer y cuanto agradecer?	(14 a 15,40 hs) Panel Física Marta Rosen (UBA, CONICET); ¿Qué son las inestabilidades hidrodinámicas? Renata Zukavovich Funchal (IFUSP, Br); Física de Neutrinos: presente e desafios futuros

	SALUD
	BIOTECNOLOGÍA
	BIODIVERSIDAD
	CAMBIO CLIMÁTICO
	FUENTES DE ENERGÍA
	CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES
	INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA ESPACIAL Y SUS APLICACIONES
	CIENCIAS EXACTAS
	NANOTECNOLOGÍA
	TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES
	COMUNICACIÓN Y CIENCIA
	FINANCIACIÓN GUBERNAMENTAL Y PRIVADA DE LA CIENCIA
	ÉTICA
	CIENCIA: ESTADO Y EMPRESAS
	ACTO INAUGURAL Y DE CLAUSURA



Una vista de los asistentes a la reunión

dinadores temáticos que dieron cabida a aproximadamente 300 oradores. El público asistente a la reunión fue cercano a las 3000 personas que se distribuyeron particularmente sobre temas como Biotecnología, Sistema Nacional de Ciencia y Técnica, Salud Humana y Comunicación y Ciencia. Sin embargo, ningún tema dejó de ser objeto de interés y mas notoriamente, la asistencia, se mantuvo constante durante las cuatro extensas jornadas. La Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias en concordancia con el Ministerio de Educación Ciencia y Tecnología de la República Argentina, deseaban y ahora se sienten mas motivados a instituir un espacio anual de divulgación de conocimientos y estado de la ciencia y la tecnología, dirigido a toda la comunidad. La Reunión contó también con un ciclo de cine denominado la «Ciencia y el Cine de Ciencia Ficción» resultando de gran atracción para el público asistente, al cual le hemos dedicado también un espacio en esta nota. En su conjunto el éxito del evento puede valorarse en parte, por la notable y constante concurrencia del público ansioso de participar de las diferentes exposiciones; a tal punto que nos llevo a dilatar el inicio del acto de cierre al tener que cambiar a un salón mas amplio por haber estimado ítimamente el tamaño de la concurrencia. Como conferencia de cierre, el Dr.

Leonardo Salgado del Museo de Geología y Paleontología de la Universidad del Comahue disertó sobre "Los Dinosaurios del Cretáceo de la Patagonia".* Las autoridades de la AAPC agradecen la dedicación y esmero de un gran numero de colaboradores, coordinadores temáticos, expositores y muchos otros sin quienes dicho evento no hubiera podido llevarse a cabo.

Al día siguiente, en la Academia Nacional de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, tradicional sede de la AAPC y con el beneplácito del Sr. Presidente de dicha Academia Dr. Alejandro Arvía, se celebró la "XX Reunión de la Asociación Interciencias" que reunió a los representantes de las Asociaciones para el Progreso de las Ciencias del Continente Americano.

Es importante destacar que a los efectos de facilitar toda la información concerniente con el citado evento la, AAPC creó un sitio web: www.aapciencias.org/jornadas.

En conclusión, la Reunión Ciencia Tecnología y Sociedad marcó el inicio de una participación más activa con resultados prácticos positivos dado que las autoridades de ambos países firmaron acuerdos de cooperación científica y tecnológica que posibilitarán la conducción de proyectos bilaterales que estrechan más aun nuestras relaciones, cuyos objetivos deberán enfocarse en beneficio de nuestra sociedad. Da muestra de esto el pensamiento de ambos gobiernos, que se ve reflejado en las palabras de ambos Ministros, en particular las del Ministro Filmus cuando expresó: "estamos seguros y lo venimos debatiendo en nuestro país, que la posibilidad de ampliar el horizonte de la ciencia y la posibilidad de que todo el mundo se



Ministro de Ciencia y Tecnología de la República Federativa de Brasil Dr. Eduardo Campos, Ministro de Educación, Ciencia y Tecnología de la República Argentina Lic. Daniel Filmus y Secretario de Ciencia Tecnología e Innovación Productiva Ing. Tulio del Bono.

Información General del Evento

Total de asistentes al evento	2826 personas
Promedio de asistencia diaria	706 personas
Cantidad de temas abordados	14 +Ciclo de Cine
Cantidad de oradores	314

entere de por qué es importante invertir en ciencia y tecnología, por qué si no invertimos en ciencia y tecnología tendremos muchas dificultades para desarrollarnos como Nación y como región. Para lograr eso es imprescindible, y lo venimos logrando de a poco, que la ciencia esté abierta, tenga lenguajes, tenga códigos que permitan que todo el mundo pueda acceder a ella. Y sabemos que cualquier medida, cualquier acción que este gobierno en particular pueda tomar, no va a ver los resultados en el lapso de un período electoral.

No tiene ningún sentido invertir hoy en ciencia y tecnología si pensáramos que los resultados los vamos a ver a corto plazo. Tiene sentido si estamos, como con esta reunión, inaugurando, o por lo menos generando una **Política de Estado** que permita que, sea quien fuere el que continúe a cargo del Esta-

do Nacional, lleve adelante líneas y trazos similares”.

ACUERDOS DE COOPERACIÓN BINACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGIA

En la Conferencia de Apertura de la Reunión “CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD”, se anunciaron importantes lineamientos de cooperación bilateral entre Brasil y Argentina.

En el acto, el Ministro de Educación de la Nación, Licenciado Daniel Filmus, en compañía de otras autoridades nacionales y brasileñas manifestó que Argentina se encuentra firmemente decidida a trabajar en conjunto con Brasil para promocionar la generación de conocimiento científico y tecnológico útil para el desarrollo de la región. El esfuerzo de ambos países es llegar

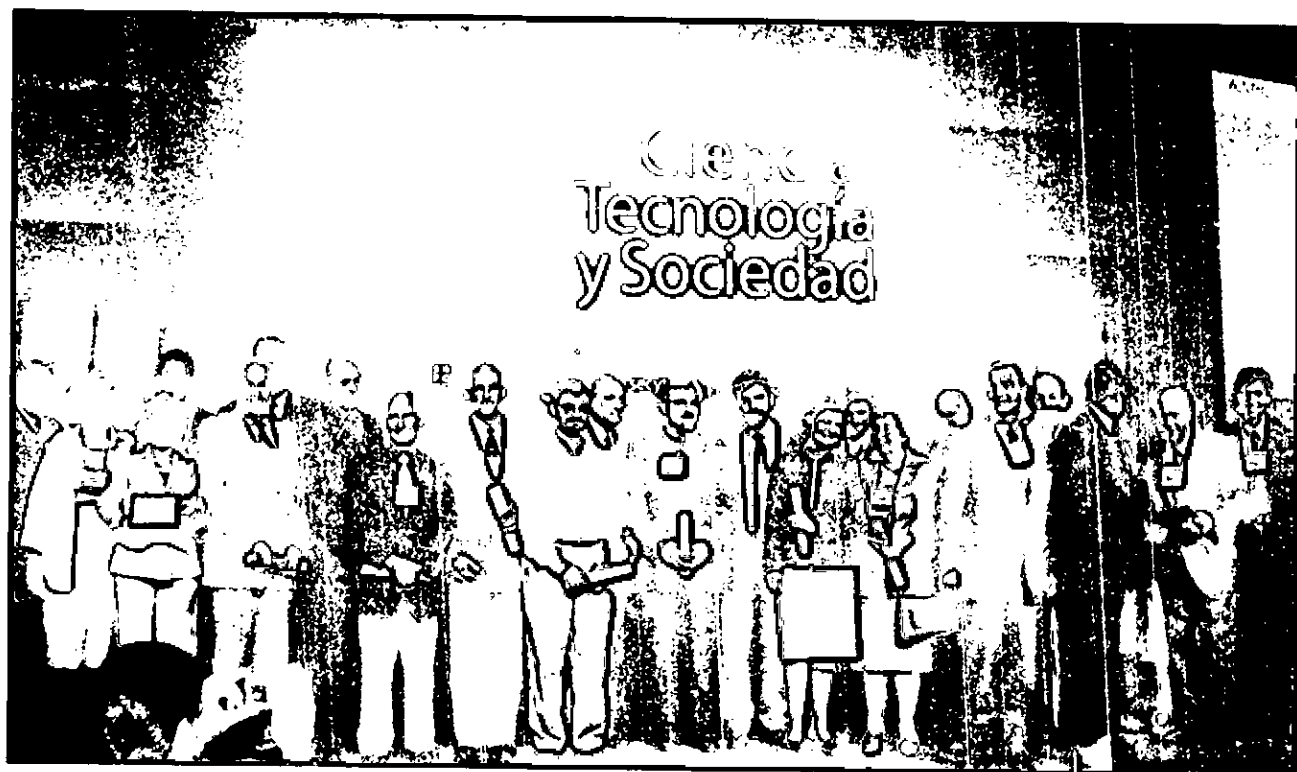
a que los asuntos del desarrollo científico se conviertan en asuntos de Estado, para lograr que sus resultados permanezcan en forma permanente.

Actualmente Argentina y Brasil trabajan en proyectos de cooperación científica en áreas de ciencias espaciales, altas energías y física nuclear.

Algunos de los proyectos bilaterales en discusión tienen que ver con la creación de una Agencia de Desarrollo Científico que se financie con un porcentaje del comercio bilateral, de la formación de un Comité Bilateral de Cooperación Científica y una amplia cooperación en el sistema universitario. Así como también las posibilidades de ambos países en ofrecer capacitación y desarrollo a los científicos de la región.

Se está trabajando en programas nucleares de importancia para reactores nucleares. Estas acciones van en conjunto con la reafirmación de tratados de no proliferación nuclear y desarme nuclear de manera tal de asegurar el trabajar por la paz.

Durante el transcurso de la reunión los ministros de Ciencia y Tecnología de Brasil, Eduardo Campos y de Educación, Ciencia y Tecnología de Argentina, Daniel Filmus, firmaron los siguientes acuerdos:



Los Premiados con el Ministro Lic. Daniel Filmus

- una Declaración Conjunta sobre a Cooperación Científica y Tecnológica entre la República Federativa de Brasil y la República Argentina
- un Programa Brasil-Argentina sobre Tecnologías de la Información y la Comunicación, y
- un Programa Brasil-Argentina sobre Ciencia y Tecnología para la Inclusión Social

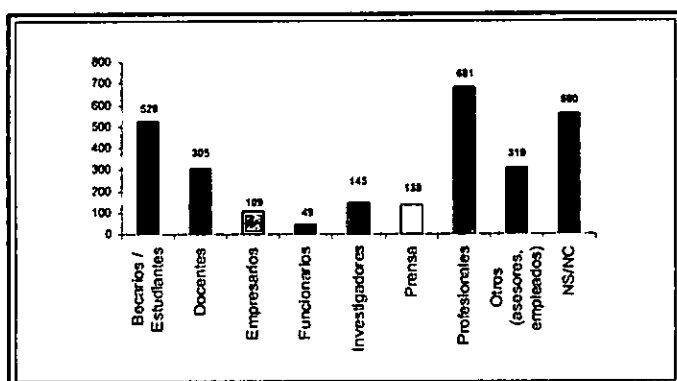
PREMIOS

En el acto clausura de la Reunión Ciencia, Tecnología y Sociedad, que fue presidido por el Señor Ministro de Educación Ciencia y Tecnología, Lic. Daniel FILMUS, se realizó también la ceremonia de entrega de premios. El Gobierno de Canadá, en colaboración con la Association francophone

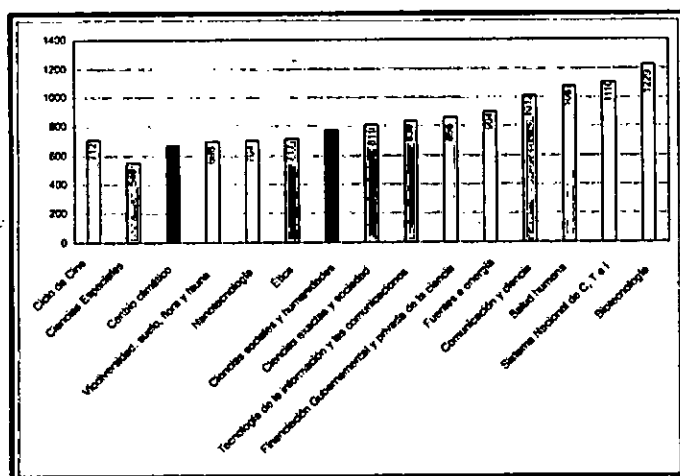
pour le Savoir, miembro de la Asociación Interciencia, entregó un premio referido a Ciencias de la Vida. Asimismo, la empresa Hydro-Québec en colaboración con las citadas Asociaciones, otorgó un premio relacionado con Energía. La AAPC premió con la entrega de un diploma y \$3000 a la presentación de paneles (posters) referidos a los temas de la Reunión, por parte de dos investigadores que no excedieran los cuarenta años de edad. Finalmente, se entregaron los Premios Bernardo Houssay de la SECYT a la Investigación Científica y Tecnológica-2004 y el Premio SECYT al empresario innovador.

El objetivo fue otorgar reconocimiento a las valiosas contribuciones de los investigadores argentinos a la producción de nuevos conocimientos, nuevas tecnologías y a la formación de recursos humanos. Los premios consistieron en una medalla, un diploma y la financiación de un viaje a un congreso internacional de la especialidad de que se tratara por un monto de pesos diez mil (\$ 10.000.-). En esta oportunidad, se otorgaron tres premios en cinco grandes áreas del conocimiento, destacando la labor de investigadores jóvenes, investigadores consolidados y la trayectoria de investigadores de renombre. En total, han resultado premiados catorce investigadores.

Clasificación de asistentes al evento



Distribución tema por tema



LA CIENCIA Y EL CINE DE CIENCIA FICCIÓN

Finalmente se presentó un ciclo sobre: «La Ciencia y el Cine de Ficción»: Un investigador introdujo al público en el tema, y luego se presentaron fragmentos seleccionados de distintas películas, centrada cada una en un tema diferente. Desfilaban así: «Ciencia Ficción y el Espacio», (Star Wars I, Apolo 13, Contacto); «Ciencia Ficción y la Vida», (Frankenstein, Alien 4, La Resurrección); «Ciencia Ficción, el Tiempo y las Maquinas», (La Maquina del Tiempo, Alien 1, Terminator 1); y por último «Ciencia Ficción y el Poder», (Metropolis, Brazil, Mercano el Marciano).

Este ciclo tuvo mucho público, que dejó llevar su imaginación en alas de los temas tratados.

*Estas presentaciones se reproducen en otra parte de esta publicación (pag. 5 y 14, respectivamente)

LA TRAMA DISCONTINUA

Rosa Nagel*

Se relatan en este artículo algunas de las investigaciones realizadas en el Instituto Nacional de Microbiología durante el período 1958-1964, así como acontecimientos ocurridos en ese período que muestran cómo se interrumpieron, por motivos ajenos al quehacer científico, los esfuerzos y logros alcanzados en ese momento por jóvenes científicos locales.

Se conmemoraron en el año 2001 los 100 años de la creación del Instituto Nacional de Microbiología (INM). Como investigadora de esa institución, en el período 1958-1963, fui protagonista de una pequeña parte de su historia. La sugerencia del Dr. Marcelo Dankert de relatarla me hizo pensar que tal vez valiese la pena tratar de recordar y registrar esos momentos, que constituyeron el inicio de la genética bacteriana en nuestro país.

Corría el año 1957, y el Dr. Ignacio Pirotsky, en ese momento director del Instituto, conocido por todos como «El Malbrán», había convocado a un número grande de recién graduados de carreras de las facultades de ciencias exactas y naturales (biología y química) y biomédicas (bioquímica y medicina) para ocupar cargos con dedicación exclusiva en distintas dependencias de esa Institución. Ésta se presentaba como una excelente oportunidad de trabajo ya que las becas de post-grado eran prácticamente inexistentes. Yo estaba a punto de completar mis estudios de licenciatura en

ciencias biológicas de la UBA, y junto con otros dos biólogos recién graduados, Juan Pablo Bozzini y Juan Puig, expresamos en la entrevista mantenida con el Dr. Pirotsky, con esa mezcla de entusiasmo e inexperiencia propios de la juventud, nuestro interés en dedicarnos a investigar en genética bacteriana. El Dr. Pirotsky nos escuchó y nos apoyó en la propuesta con gran entusiasmo, entusiasmo que fue siempre parte inseparable de su fogosa personalidad. Fue así como muy poco tiempo después nos encontramos ubicados en un laboratorio del

un período de unos 6 años a un entusiasta grupo de jóvenes graduados que se dedicaron a investigar en aspectos de bioquímica, fisiología y genética microbianas. El laboratorio, denominado Laboratorio de Genética Bacteriana, estaba ubicado en el primer piso y constaba de un amplio espacio, luminoso, rodeado de mesadas con revestimiento de mosaicos blancos, pero absolutamente vacío. Contábamos también con un área de lavado y preparación de material a compartir con los otros laboratorios del piso. Allí nos encontramos pues Puig, Bozzini y yo, procurando

curándonos lentamente desde banquetas, sillas, mecheros hasta tubos, pipetas, placas de petri, medios de cultivo, etc. Y comenzamos a elaborar planes de trabajo.

La genética bacteriana era, en ese momento, una disciplina relativamente incipiente. La bacteriología había ingresado al campo de la genética sólo poco más de una década atrás, fundamentalmente con los estudios de Luria y Delbrück [1] y Lederberg y Lederberg [2], que habían demostrado el origen mutacional de la variación bacteriana. Hasta ese momento la microbiología había cons-



E. L. Wollman (último a la derecha) durante su visita en 1959, con investigadores de la Sección Genética y de la División de Biología Molecular del Pabellón Pasteur en el Instituto Nacional de Microbiología (de izquierda a derecha: N. Zwaig, R. Nagel, J. Puig, y D.N. Antón)

Pabellón Pasteur del Instituto Nacional de Microbiología. El Pabellón Pasteur es un pabellón relativamente pequeño que terminó albergando durante

derberg y Lederberg [2], que habían demostrado el origen mutacional de la variación bacteriana. Hasta ese momento la microbiología había cons-

* Invst. prine. CONICET

ANMAT, Av. Caseros 2161 Tel. 4340-0800

Fax 4340-0853 e-mail: ronagel@mail.retina.ar



Los mismos investigadores junto a J.P. Bozzini, en el centro; en el fondo el Pabellón Pasteur.

tituido el último reducto del lamarckismo (teoría propuesta por Lamarck que postulaba la herencia de los caracteres adquiridos), pues se consideraba que las bacterias se modificaban en respuesta directa a las condiciones ambientales. También recientes eran las observaciones sobre la sexualidad bacteriana (que posibilita el intercambio de material genético entre bacterias), los estudios sobre el factor F (factor de fertilidad) y su efecto como agente causal de la fertilidad bacteriana, sobre la infección con los bacteriófagos o virus de las bacterias y la interpretación de la lisogenia (Ver glosario y leyendas de Figuras 1 y 2). Muy pocos laboratorios en el mundo encaraban estas temáticas. Se destacaba entre ellos, el equipo de genética bacte-

riana del Instituto Pasteur de París, constituido por Elie Wollman y Francois Jacob, quienes trabajaban en estrecha relación con otros investigadores de ese Instituto, entre ellos André Lwoff y Jacques Monod. Wollman, Jacob y Lwoff estaban llevando a cabo estudios sobre la lisogenia (Figura 2) y Monod sobre la inducción de la expresión de la enzima beta-galactosidasa (que degrada la lactosa o azúcar de la leche con producción de los monosacáridos galactosa y glucosa). Años más tarde (1965) Jacob, Lwoff y Monod recibirían el Premio Nobel de Medicina y Fisiología por sus trabajos, que fueron pioneros en las temáticas de control genético de la actividad enzimática y de la replicación viral. Se consiguió, a través del Dr. Pirotsky,

la conexión con el laboratorio de genética bacteriana del Instituto Pasteur. Se inició así una correspondencia con el Dr. Elie L. Wollman, que culminó con su venida al Instituto en el bimestre julio-agosto del año 1960. De la correspondencia mantenida con Elie Wollman pronto surgió la línea de trabajo a seguir: el estudio del control genético de la colicinogenia (capacidad de síntesis de colicinas) en la bacteria *Escherichia coli*. Esta bacteria, habitante normal de nuestro intestino, era el microorganismo modelo para los estudios de genética bacteriana. Las cepas colicinógenas son líneas de *Escherichia coli* que elaboran colicinas, sustancias de tipo antibiótico producidas por bacterias que tienen un rango de acción limitado, pues está restringido sólo a algunas cepas de la misma especie (Ver glosario). Jacob, Wollman y colaboradores (1958) habían estudiado el comportamiento del factor colicinógeno denominado colE1 durante la transferencia de material genético que ocurre en la conjugación bacteriana entre bacterias donantes F+ o Hfr y bacterias receptoras, F- (ver leyenda Figura 1). Los resultados de estos estudios los habían llevado a concluir que el factor colE1 era, al igual que el factor F de fertilidad, un episoma, o sea un elemento genético capaz de replicarse bajo dos condiciones alternativas y excluyentes, en forma autónoma o integrada al cromosoma. Una peculiaridad de estas conclusiones era que el factor colE1 se encontraba a) localizado en un sitio específico del cromosoma en las bacterias Hfr (que tienen el factor F integrado al cromosoma y presentan en la conjugación alta frecuencia de generación de recombi-

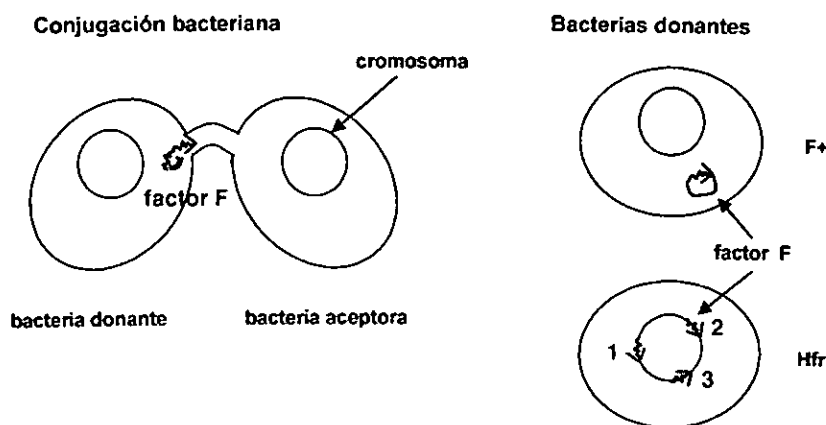


Figura 1. Conjugación bacteriana

Durante la conjugación bacteriana se transfiere el ADN, portador de las características genéticas, de bacterias donantes, F+ o Hfr (del inglés, High frequency of recombination), a bacterias receptoras, F- (no llevan el factor F). El factor F o factor de fertilidad se replica en la célula bacteriana en estado autónomo, es decir independientemente del cromosoma, en el citoplasma de la célula, en la bacteria F+ o integrado al cromosoma en la bacteria Hfr. Las bacterias F+ transfieren el factor F con alta frecuencia, a partir del sitio denominado oriT (por origen de transferencia) indicado con una flecha, al cromosoma con muy baja frecuencia. Las bacterias Hfr transfieren el cromosoma con alta frecuencia y en forma orientada, a partir del sitio ori del F integrado. De la localización y orientación del factor F en el cromosoma se originan distintos tipos de Hfr, pues llevan distinta información (indicados en el esquema como 1, 2 y 3). El círculo de línea fina indica el cromosoma; el factor F se indica con línea gruesa ondulada.

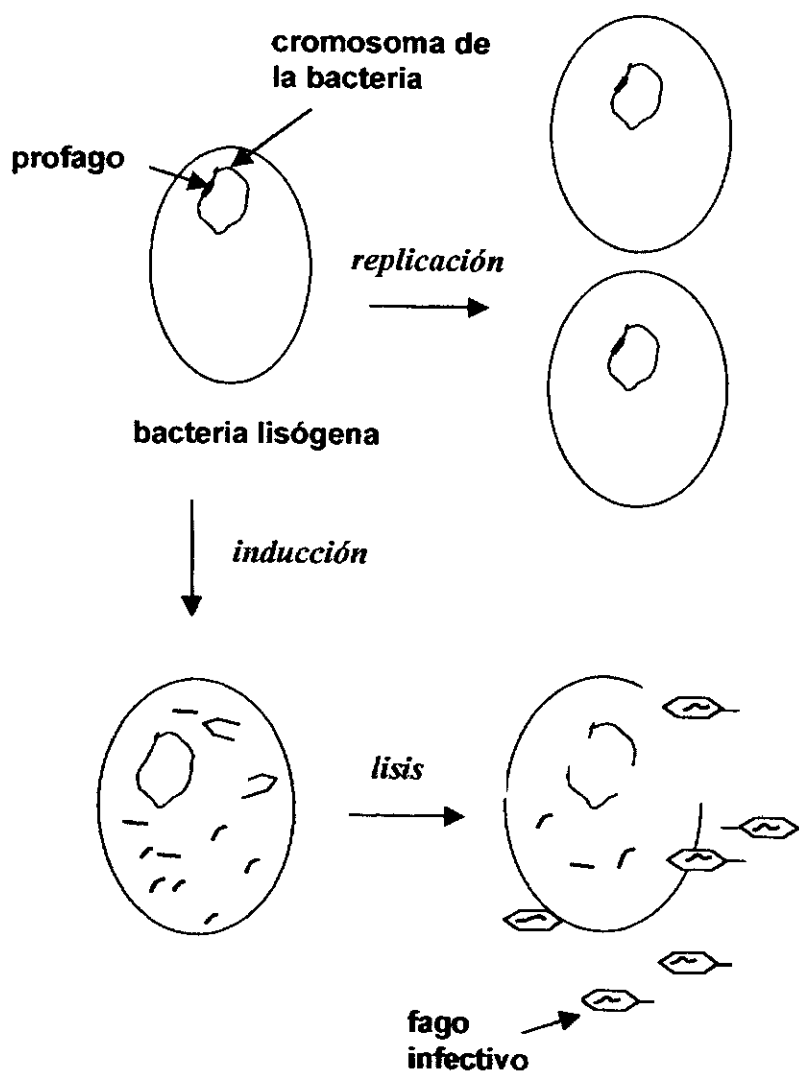


Figura 2. Ciclo de un bacteriófago atemperado

En la lisogenia, la bacteria, denominada lisógena, es portadora del ADN del bacteriófago o fago (virus bacteriano) en estado latente, o profago. El profago se replica al ritmo del cromosoma bacteriano y no expresa las funciones virales que llevan a su multiplicación. Con muy baja frecuencia o bajo ciertas condiciones ambientales, tales como la irradiación con luz ultravioleta, el profago, mediante un proceso denominado inducción, pasa a la fase autónoma, multiplicándose y formando numerosas partículas de fago infectivas, que pasan al medio luego de llevar a la destrucción y lisis de la bacteria huésped. Estos fagos se encuentran en condiciones de infectar nuevas células sensibles y de reiniciar un nuevo ciclo lisógeno o lítico. Los fagos denominados virulentos carecen de estado de profago. El ADN del fago se indica con línea gruesa ondulada.

nantes de genes cromosomales) y b) que se replicaba en forma autónoma, es decir independiente del cromosoma tanto en las bacterias F⁻ (carentes del factor F y aceptores en la conjugación) como en bacterias F⁺ (que llevan el factor F en forma autónoma y que en la conjugación presentan baja frecuencia de formación de recombinantes de genes cromosomales) (Figura 1).

Ya con metas claras de trabajo comenzamos en el laboratorio de genética del Instituto Malbrán a confeccionar un cepario con bacterias colicinógenas, la mayoría de ellas provenientes del laboratorio del Prof. P. Fredericq (Bélgica), considerado algo así como el padre de las colicinas y quien en esa época había aislado y caracterizado gran número de cepas productoras de

diferentes colicinas, y con bacterias de referencia F⁺, F⁻ y distintas cepas Hfr de una cepa de *E. coli* denominada K12, enviadas por el laboratorio de genética del Instituto Pasteur. Se caracterizaron las distintas colicinas y se transfirieron los respectivos factores colicinógenos a las cepas de *E. coli* de referencia.

En el interín Bozzini partió con una beca de la Universidad de Buenos Aires para realizar estudios de post-gradó rumbo a Caltech (donde se encontraba Max Delbrück, uno de los pioneros de los estudios de la genética de bacterias y fagos). Y se incorporó al equipo de trabajo Dora Antón, licenciada en química y auxiliar docente con dedicación exclusiva de la cátedra de genética de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA. Curio-

samente, había tenido ya un entrenamiento en genética bacteriana por un curso dictado por E. Balbinder en dicha Facultad de Ciencias, y en factores colicinógenos por una pasantía en el laboratorio de microbiología de la Facultad de Ciencias Veterinarias, a cargo del Dr. Monteverde.

A su llegada, Elie Wollman nos trajo como regalo su libro recién editado, escrito en francés en colaboración con F. Jacob sobre la conjugación y recombinación en bacterias [3]. Era el momento en que, en base a los resultados de sencillos experimentos de seguimiento de la transferencia de factores genéticos en la conjugación entre cepas Hfr que tienen distinto sitio de inicio de la transferencia del cromosoma (*oriT*) (Ver Figura 1) y una cepa F⁻ se había llegado a la conclusión que el cromosoma bacteriano no era una estructura lineal, sino circular. Poco más tarde fue editado en inglés [4]. En esa época la Society for General Microbiology había realizado en Londres un simposio sobre Genética Microbiana [5], poco después aparecieron los libros de Gunther Stent sobre genética de virus bacterianos [6] y de William Hayes sobre genética bacteriana [7], este último compendio de los experimentos y teorías de esta reciente ciencia, que sirvió en ese momento de fuente de consulta y estudio.

La venida de Elie Wollman fue sumamente estimulante. Hablaba perfectamente el castellano ya que siendo muy joven había vivido durante dos años en Chile pues sus padres, a la sazón investigadores del Instituto Pasteur de París, trabajaron durante un tiempo en ese país. Durante su estadía, además de su concurrencia al Instituto, dictó conferencias en Córdoba y en distintas instituciones en Buenos Aires. Elie era una persona inteligente y observadora y muy pronto percibió la realidad de nuestro país y de nuestra ciencia. Durante su breve estadía compartió nuestros avatares cotidianos en el trabajo, nos alentó y nos apoyó incondicionalmente. No ocultó su grata sorpresa por el ambiente de entusiasmo y trabajo que encontró en el Pabellón Pasteur. Eran vecinos de nuestro laboratorio, entre otros, Cesar Milstein, designado a su regreso de su beca en Cambridge director de la reciente División de Biología Molecular, que trabajaba sobre el centro activo de algunas enzimas, Jorge Churchich, que trabajaba en fisicoquímica de proteínas y que pronto partió a radicarse en los Estados Unidos. También estaban Moisés Burachik, que hacía detección de antibióticos, Inda y Abel Issaly, quienes estudiaban bajo la dirección de Stoppani aspectos del metabolismo de *Pasteurella multocida*,

M. Nazario, bioquímico, quien se integró más adelante al equipo de J.L. Reissig, profesor de genética de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, con investigaciones sobre la biosíntesis del aminoácido arginina en *Neurospora crassa*, Clara Krisman y Sara Goldenberg, quienes pasaron a trabajar a la Fundación Campomar, Noe Zwaig, Edith Varsavsky, que luego se especializó en micotoxinas, Roberto Celis, Celia Milstein, Marta Pigretti, etc.

La biología molecular estaba en sus comienzos. Ese período se caracterizó por la inteligencia y la elegancia en el empleo de métodos genéticos para responder a problemas de bioquímica y genética molecular y que actualmente se resuelven con métodos de biología molecular. Baste citar como ejemplo la demostración por Crick, Brenner y col.[8] que el código genético está constituido por codones de tres (o múltiplos de tres) nucleótidos consecutivos, no superpuestos, en base al análisis de experimentos genéticos con mutantes de desplazamiento del código (o frameshifts, que se originan por la pérdida o adición de uno más pares de bases en el ADN) en un gen (designado *rII*) del bacteriófago T4.

Los estudios genéticos sobre la colicinogenia llevados a cabo en el laboratorio del Instituto Malbrán revelaron que, contrariamente a lo esperado, los distintos factores colicinógenos estudiados, colE2, colV, colI, colB, y aún el mismo colE1, no evidenciaban tener una fase integrada al cromosoma en cepas Hfr, F+ o F-, sino que se replicaban en forma autónoma, sin mostrar integración al mismo. Se rescató para definirlos el término de plásmidos, que fuera propuesto por Lederberg en 1952. Era la época en que «la moda científica» era designar como episoma a todo elemento genético no cromosomal. En los años en que comenzamos a publicar nuestros trabajos sobre el comportamiento genético de la colicinogenia el grupo de Watanabe en Japón comenzaba sus publicaciones sobre los factores R, elementos genéticos que presentan resistencia múltiple a antibióticos y que se detectaron en cepas de la bacteria patógena *Shigella*, aisladas de brotes hospitalarios [9, 10]. Esos trabajos hablaban de episomas (elementos genéticos que podían encontrarse en el citoplasma o en el cromosoma), aún cuando los datos sugerían el estado extracromosomal, plasmídico, de estos factores de resistencia múltiple a antibióticos. Los plásmidos se definen como elementos genéticos que se replican en forma autónoma, es decir, independientemente del cromosoma. A la luz de los conocimientos actuales se sabe que las bacterias son portadoras

de múltiples tipos de plásmidos, los cuales codifican distintas funciones, entre ellas funciones de transferencia, de control de su replicación, de síntesis de bacteriocinas y otros factores de virulencia, tales como hemolisinas, otras toxinas, etc. Además, muchas de estas funciones y las de resistencias bacterianas a los antibióticos son codificadas por genes localizados en elementos genéticos móviles designados transposones (Ver: Ciencia e Investigación, 1989,55:244-252). Estos elementos son capaces de localizarse en distintos sitios del cromosoma, o en plásmidos, como es el caso de los factores R identificados en Japón.

Nuestros estudios también revelaron que cada factor colicinógeno se transmite en la conjugación bacteriana con una frecuencia determinada que le es característica, independientemente del tipo de célula donante involucrada (distintas Hfr o F+), que uno de los factores estudiados, colB, interfiere con la expresión del factor de fertilidad F y que el factor colV se comporta como un factor de fertilidad, pues se transfiere entre bacterias F-. Estos trabajos dieron lugar a una primera presentación en la Sociedad Argentina de Biología (1961), a varias publicaciones [11-13] y a trabajos de Tesis Doctoral [14,15]. Expresaron su consideración por estos estudios prestigiosos investigadores como Bruce Stocker, George Streisinger y Donald Helinski.

Es interesante hacer notar que el factor colE1, que estudiamos en 1962 y que incluimos dentro de la categoría de plásmidos, constituye aún hoy en día uno de los vectores más empleados en los estudios de biología y genética molecular. El sitio del factor colE1 desde donde se inicia su replicación autónoma (designado *ori* de replicación) es parte constitutiva de los vectores ampliamente empleados (y comercializados) en los trabajos de genética molecular y de biotecnología, tales como pBR322, pUC18, pUC19, etc. Es decir que nuestros estudios se vincularon estrechamente con el ulterior desarrollo alcanzado por la ingeniería genética y la biotecnología moderna.

En el año 1962, luego de cambios ocurridos en el Ministerio de Salud Pública asociados a la caída del gobierno de Arturo Frondizi, Ignacio Pirotsky fue separado de su cargo bajo la acusación de malversación de fondos. Muchos años más tarde la justicia lo consideró libre de tales cargos. En el año 1963, ocho investigadores del Instituto fueron separados de sus cargos, según la resolución ministerial que limitaba sus servicios. Entre los ocho, nos encontrábamos J. Puig y la firmante, en

ese momento los dos únicos investigadores a cargo de la sección genética y R. Celis, quien trabajaba en el mismo departamento. Ello resultó en la práctica en la disolución de la sección genética. Irónicamente, ese era un momento de excelente productividad académica, con interesantes perspectivas de trabajo futuro, y se contaba ya con un laboratorio adecuadamente equipado, que hasta incluía un autoclave horizontal automático de origen francés!. Esta situación llevó a César Milstein, director de la División de Biología Molecular y a la mayoría de los restantes integrantes de la misma a la renuncia de sus cargos. César Milstein, en su nota de renuncia, expresó su malestar por la limitación de funciones de personal de su división sin su previa consulta y manifestó, aludiendo a las expresiones del Ministro de Salud Pública de ese momento, Dr. T. Padilla, que «se sentía personalmente involucrado entre los que provocan el malgasto de los fondos del Estado». Poco tiempo después regresó a Cambridge, Inglaterra. En 1984 recibió junto con G. Kohler el Premio Nobel de Fisiología y Medicina por su trabajo en hibridomas (líneas celulares híbridas permanentes derivadas de una línea neoplásica y una línea normal con potencial inmunitario específico). En el fax que enviara con fecha 28-12-01 al INM, en oportunidad de celebrarse el acto de conmemoración de su centenario, C. Milstein escribió, refiriéndose, entre otras consideraciones, al trabajo en el Instituto de su propio grupo: «todavía estoy sorprendido que desde que montamos el laboratorio con temas nuevos y a lo largo de sólo dos años, publicamos seis artículos en revistas internacionales, uno de los cuales mereció el elogio de un competidor americano, nada menos que el ya entonces Premio Nobel Fritz Lipman. Otro artículo mío salió en la revista de la Asociación Química Argentina del cual todavía me siento orgulloso».

Otros integrantes de la División de Biología Molecular fueron reubicándose en otras instituciones o países. Así, R. Celis fue a trabajar a New York University, C. Krisman y S. Goldenberg permanecieron en la Fundación Campomar, Celia Milstein partió con su esposo a Cambridge, los tsaly se trasladaron al laboratorio del Dr. Stoppani, en la Facultad de Medicina.

J. Puig luego de presentar su tesis de doctorado partió rumbo a Marsella donde montó y dirigió durante varios años el laboratorio de genética bacteriana dependiente del CNRS. Años más tarde se estableció en la Universidad de Mérida, Venezuela, donde desarrolla proyectos de transferencia biotecnológica.

Al salir del Malbrán, la Facultad de Cien-

cias Exactas y Naturales me dio cargo y lugar de trabajo en el Departamento de Genética, en la cátedra del Ing. Juan Valencia. Volví a compartir el laboratorio con Dora Antón. En ese momento ambas estábamos terminando nuestras respectivas Tesis de Doctorado y aprovechamos la convivencia para estudiar algunas interesantes interacciones de incompatibilidad entre el factor colV y el factor F [16]. Eran las primeras observaciones sobre incompatibilidad plasmídica (incapacidad de permanecer juntos en la misma célula), que se observa entre plásmidos relacionados, y que constituye actualmente uno de los criterios básicos para la clasificación de los plásmidos. En el caso del factor colV y el factor F la incompatibilidad de permanencia de ambos en la célula bacteriana se debía a la presencia de un factor de tipo F en la estructura del factor colV, como pude demostrarlo en estudios posteriores [17,18]. Los resultados de los estudios de colicinogenia fueron presentados en el Congreso Internacional sobre Mutagénesis y Cáncer, que tuvo lugar en Buenos Aires en diciembre de 1964 [19]. Finalizado el Congreso yo partí rumbo al Massachusetts Institute of Technology (MIT, Cambridge, USA), pues gracias a mis trabajos y al apoyo de E. Wollman tenía otorgada una posición postdoctoral en el laboratorio de Salvador Luria (quien recibiera en 1969 junto a Max Delbrück y Alfred Hershey el premio Nobel de Fisiología y Medicina). Pocos meses después, Dora Antón partió con una beca al laboratorio de Philip Hartman (Baltimore, USA) para trabajar en la regulación del metabolismo de la histidina en *Salmonella typhimurium*. A su regreso a la Argentina se incorporó a la Comisión Nacional de Energía Atómica donde realiza investigaciones sobre mutantes de envoltura en *S. typhimurium*.

La temática de trabajo iniciada en el INM fue continuada en el MIT (1965-1968) y más tarde en la Universidad Central de Venezuela (1968-1973). Proseguí realizando algunos estudios sobre colicinogenia, trabajé en el aislamiento y caracterización de un nuevo tipo de mutantes resistentes a las colicinas, denominadas tolerantes, y en el estudio del modo de acción de algunas colicinas. Las colicinas son proteínas que ejercen su acción letal afectando distintos blancos bioquímicos. El primer paso de su acción es la adhesión a receptores específicos ubicados en la superficie de la bacteria. La resistencia a las colicinas, la cual es debida a la falta de absorción de las mismas por la modificación o pérdida del receptor específico localizado en la cubierta bacteriana es la base de su clasificación (colicinas E, K, I, etc). Las mutantes tolerantes se hacen resistentes al efecto letal de las colicinas no por pérdida del receptor sino por otras modificacio-

nes de la envoltura celular. Estos estudios también dieron lugar a presentaciones a congresos y a varias publicaciones [20-25].

De mi actividad de investigación y docente en Venezuela se generaron dos equipos de trabajo que continuaron estudios sobre plásmidos, factores colicinógenos y colicinas, uno en la UCV bajo la dirección de V. Rodríguez Lemoine y otro en la Universidad de Los Andes con M.E. García.

Volviendo a nuestro país, en el año 1966, el evento conocido como la noche de los bastones largos llevó al alejamiento de un gran número de docentes de la Facultad de Ciencias. Valencia y su equipo y varios colaboradores de J.L. Reissig (Nazario, Terenzi, Jobaggy) renunciaron a sus cargos. Poco después también lo hizo Reissig. Nada quedaba ya, ni en la facultad ni en el Malbrán, de los grupos que realizaban investigaciones en genética humana, microbiana y molecular. La trama del tejido se había quebrado. Muchos años más tarde, dados los espectaculares avances en la investigación en USA y Europa en las áreas de biología y genética molecular, investigadores con formación bioquímica, fundamentalmente en la Fundación Campomar, (ahora Fundación Instituto Leloir), comenzaron a llevar adelante en nuestro país proyectos de biología molecular. El primero de ellos fue I. Algranati, quien trabajó en New York University con Severo Ochoa (Premio Nobel de Medicina de 1959) sobre síntesis proteica y código genético, para luego continuar en la Fundación sus estudios sobre biosíntesis de proteínas.

Los finales del siglo XX y comienzos del siglo XXI han sido testigos de una explosión de conocimientos en genética y biología molecular y celular. La evolución de estos conocimientos ha sido vertiginosa. Sin embargo importa recuperar la memoria de los trabajos realizados en el país y de los avatares a los que estuvieron sometidos. Ello debería servir, al menos, para conocer y comprender parte de nuestra historia. Es difícil predecir cómo irán evolucionando las investigaciones en las distintas áreas de la ciencia. Pero, lo que sí es indiscutible que la continuidad de la tarea de investigación tiene un enorme valor. Viene a mi memoria la frase de Newton, recordada por el paleontólogo J. Gould, «puedo ver más lejos porque me apoyo sobre los hombros de gigantes». Se va avanzando en el conocimiento sobre la plataforma que constituye lo ya conocido.

En este momento hay en el país grupos de generaciones jóvenes e intermedias que trabajan con muy buen nivel. De todos modos causa mucha tristeza el hecho de que relevantes aportes de muchísimos científicos argentinos se hayan perdido para la ciencia del país, aunque

afortunadamente en modo alguno para la ciencia en general. César Milstein es buen ejemplo de ello.

El tejido de la investigación continúa en nuestro país a pesar de las contingencias ajenas a su quehacer. Son de lamentar los numerosos huecos que, a consecuencia de ello, muestra su trama. Sería deseable que eso no volviese a ocurrir. Las universidades siguen actualmente generando nuevas camadas de jóvenes científicos talentosos y entusiastas. Desafortunadamente, muchos de ellos se van al



exterior en busca de oportunidades que su propio país no les ofrece.

Elie Wollman, en una parte de la carta enviada en 1962 al Presidente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas (CONICET), en oportunidad de la destitución de Pirofsky de su cargo de director del Instituto Nacional de Microbiología, escribió: «La actividad científica más que cualquier otra actividad humana requiere seguridad y estabilidad. La interferencia de los problemas políticos o de las cuestiones personales en la estructura y el funcionamiento de la ciencia son mortales para ella, como se ha visto en tiempos recientes en países totalitarios. Reconstruir la tarea científica lleva más de una generación. Si no se toma un gran cuidado en preservar las instituciones científicas de las contingencias políticas, esto significa la muerte de la ciencia con todas sus implicancias en el desarrollo humano, educacional y técnico de un país» (en [26]).

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Luria S.E., Delbrück M (1943) Mutations of bacteria from virus sensitivity to virus resistance, *Genetics* 28, 491.
- 2- Lederberg J. y Lederberg E.M (1952) Replica plating and indirect selection of bacterial mutants, *J. Bacteriol.* 63, 399.
- 3- Jacob, F, Wollman, E. (1959) La sexualité des bactéries. Masson et Cie. Éditeurs
- 4- Jacob, F, Wollman, E (1961) Sexuality and the genetics of bacteria. Academic Press. N. York

5- Microbial genetics (1960) Tenth Symposium of the Society for General Microbiology. Cambridge University Press.

6- Stent, G (1963) Molecular biology of bacterial viruses. W.H. Freeman and Co.

7- Hayes, W (1964) The genetics of bacteria and their viruses. John Wiley & Sons Inc. N York

8- Crick, F.H.C., Barnett, L., Brenner, S., Watts-Tobin, R.J. (1961) The general nature of the genetic code. Nature 192, 1227.

9- Watanabe, T. 1963. Infective heredity of multiple drug resistance in bacteria. Bacteriol. Rev. 27, 87.

10- Watanabe, T., Nishida, H., Ogata, C., Arai, T., Sato, S (1964) Episome-mediated transfer of drug resistance in Enterobacteriaceae. VII Two types of naturally occurring R factors. J. Bacteriol. 88, 716.

11- Nagel R., Antón D.N., Puig J. (1962). The genetic control of colicinogenic factors E2, I and V. J. gen. Microbiol. 29, 473.

12- Nagel R., Puig J. (1964). Genetic behaviour of colicinogenic factor E1. J. gen. Microbiol. 36, 311.

13- Puig J., Nagel R. (1964). Etude génétique d'un facteur colicinogène B et de son influence sur la fertilité des croisements chez *Escherichia coli* K12. Ann. Inst. Pasteur 107, 115.

14- Puig, J. (1963) El factor colicinógeno B y la fertilidad bacteriana. Tesis UBA (1963).

15- Nagel, R. (1963) Comportamiento genético de los factores colicinogénicos E1 y V-I en *Escherichia coli* K12. Tesis UBA.

16- Nagel R., Antón D.N. (1964). Interactions between colicinogenic and fertility factors. Biochem. Biophys. Res. Comm. 17, 358.

17- (Nagel R., (1966) Colicinogenic factors V and I and bacterial fertility. Genetic Microbial Bull. 23:13-15; Association between colicinogenic and fertility factors. Genetics 54, 381.

18- Negrotti T., Nagel R., 1972 Interactions between colicinogenic factor B and fertility factors. Isolation of

a mutant F-lac factor insensitive to the effect of ColB. Genetics 70, 205.

19- Nagel R., Antón D.N. Genetics aspects of colicinogeny. National Cancer Inst. Monograph. 18, 53.

20- Nagel R., Luria S. E. (1967) Genetics and physiology of colicin-tolerant mutants of *Escherichia coli*. J. Bacteriol. 94, 1112.

21- Nagel R., Luria S. E. (1969) New class of conditional colicin-tolerant mutants. J. Bacteriol. 99, 78.

22- Nagel R. (1969) Mode of action of colicin A. J. Bacteriol. 99, 913.

23- Nagel R., Vitelli-Flores J. (1973). Mode of action of a new colicin. FEBS Letters 29, 318.

24- Nagel R. (1975). Las colicinas y su interacción con la membrana. III Jornadas Argentinas de Microbiología. Universidad Nacional de Tucumán.

25- García M. E., Nagel R., Puig J. (1982). Mode of action of colicin S8. J. gen. Microbiol. 128, 973.

26- Pirotsky, I. (1986) 1957-1962, Progreso y Destrucción del Instituto Nacional de Microbiología. Eudeba.

GLOSARIO

ADN (Acido Desoxiribo Nucleico): Molécula portadora de la información genética, con capacidad de autoduplicación, constituida por secuencias de desoxinucleótidos.

Aminoácido: unidad fundamental de las moléculas de proteínas. Consiste en un ácido orgánico portador de un grupo amino. Existen unos 21 aminoácidos (AA) diferentes que, formando cadenas constituyen las proteínas.

Bacteriófago: partícula viral que infecta a las bacterias. Pueden ser de dos tipos:

Bacteriófago temperado: tiene la capacidad de establecerse y perpetuarse en la bacteria huésped en estado de profago, como un carácter más de la misma, sin matar a la bacteria.

Bacteriófago virulento: infecta la bacteria sensible multiplicándose en el interior de la misma con producción de numerosas partículas infectivas iguales a sí mismo, llevando a la muerte de la bacteria.

Bacteriocina: sustancia producida por cepas de bacterias que puede ser letal para otras cepas.

Codón: secuencia consecutiva de 3

desoxinucleótidos del ADN que codifica un aminoácido.

Colicina: bacteriocina producida por cepas de *Escherichia coli* que tienen efecto letal sobre otras cepas de esta especie.

Colicinogenia: capacidad de producir colicinas.

Conjugación: unión de dos células bacterianas durante la cual se transfiere ADN de la bacteria donante a la bacteria aceptora, por acción de un elemento genético auto-transmisible, como por ejemplo el factor F.

Cromosoma: estructura superenrollada de la molécula de ADN asociada a proteínas, portadora de la mayoría de los genes necesarios para el crecimiento y mantenimiento celular.

Desoxinucleótido: es la unidad básica de la cadena de ADN constituida por una base nitrogenada (adenina, guanina, citosina o timina), desoxiribosa y fosfato.

Factor de fertilidad: factor genético que confiere a la bacteria la capacidad de conjugarse con otra bacteria, como el factor F.

Genoma: constitución genética de un organismo.

Híbrido: línea celular permanen-

te producida por la fusión de una línea neoplásica, es decir cancerígena, con células linfocitarias normales.

Incompatibilidad plasmídica: no coexistencia de dos tipos de plásmidos en la célula

Lamarckismo: teoría propuesta por Lamarck que sostiene la herencia de los caracteres adquiridos.

Lisogenia: capacidad del bacteriófago de sobrevivir dentro de la bacteria en estado de profago, como componente de la misma.

Monosacárido: la unidad más simple de los polisacáridos constituida por un poli-alcohol con un grupo aldehído o cetónico.

Plásmido: molécula de ADN que se replica independientemente del cromosoma capaz de regular su propia replicación.

OriT (Origen de Transferencia): secuencia del factor F desde donde se inicia la transferencia de caracteres genéticos durante la conjugación bacteriana.

Transposón: molécula de ADN móvil que puede localizarse en distintos sitios del genoma.

JUGANDO A LOS DADOS

Dino Otero*

¿Cuál es la probabilidad que llueva esta semana? ¿Qué probabilidad tengo de ganar al bingo? ¿Llegará el vuelo a horario? ¿Saldrá el Sol mañana? ¿Chocará un asteroide con nuestro planeta en los próximos 10 años? La relación causa efecto es la base del determinismo. ¿Cómo podemos reconciliar, si eso es posible, el azar con el determinismo? ¿Existe alguna relación profunda entre ambos? ¿Son diferentes aproximaciones matemáticas a fenómenos que están más allá de estas aproximaciones? Este problema que inquieta a los científicos desde hace años ha recibido contribuciones importantes de la moderna teoría de caos pero todo parece indicar que la mecánica cuántica sería un reducto inexpugnable del azar.

Cuál es la probabilidad que llueva esta semana? ¿Qué probabilidad tengo de ganar al bingo? ¿Llegará el vuelo a horario? ¿Saldrá el Sol mañana? ¿Chocará un asteroide con nuestro planeta en los próximos 10 años? El problema que se nos plantea frente a cada proceso cotidiano consiste en saber cuánto tiene de azaroso o cuánta seguridad puedo tener de observar un suceso esperado. En las preguntas iniciales algunas de ellas están claramente asociadas a procesos azarosos. En otras no nos queda otra posibilidad que asignar una probabilidad. Finalmente estamos muy convencidos que el Sol saldrá mañana ... Esta situación también se da recurrentemente en la solución de los problemas científicos. Pero el concepto de probabilidad está reñido con la suposición fundamental del pensamiento científico: la relación causa efecto base del determinismo. ¿Cómo podemos reconciliar, si eso es posible, el azar con el determinismo? ¿Existe alguna relación profunda entre ambos? Son diferentes aproximacio-

nes matemáticas a formalismos que están más allá de estas aproximaciones. En ciencia se utiliza frecuentemente el concepto de azar. Pero la ciencia, se basa en la posibilidad de establecer relaciones causa efecto confiables. ¿Podemos usar el azar de comodín para resolver los problemas? ¿Qué papel juega realmente el concepto de probabilidad? Por un lado existen leyes muy generales propuestas por Newton, Schrödinger y Einstein, en las cuales se utilizan variables dinámicas como la posición o la velocidad, rigidamente relacionadas por las ecuaciones propuestas. Nada es "aproximado" o "probabilístico". Sin embargo estas leyes tan precisas requieren del auxilio de la probabilidad para describir completamente los fenómenos físicos observados. Por ejemplo el electrón en el átomo de hidrógeno tiene la propiedad de "acompañar" al protón. Para ello se ubica en estados de energía con certeza absoluta. Esta propiedad se verifica fácilmente excitando átomos de hidrógeno y analizando la luz que emiten los átomos cuando el electrón pasa de un estado a otro estado de energía. Hasta aquí se sabe que el electrón estuvo muy cerca del protón con una muy bien determinada energía. Una interacción ("interna" o "externa") puede cambiar el "estado de energía" en el que se encuentra el electrón por un "estado" en el cual el electrón va moviéndose por el espacio. La ecuación de Schrödinger permite evaluar probabilísticamente el acceso a ese

nuevo estado. Por otro lado un dado es un cuerpo rígido con un centro de gravedad bien definido para el cual no existe ningún impedimento (en principio) en "predecir" su evolución futura luego de arrojarlo sobre un tapete ... ¡pero nadie juega a los dados utilizando las leyes de Newton!

Veremos conceptos íntimamente relacionados conceptualmente pero, sin leyes fundamentales que los ligen: el azar (ausencia de causa efecto), la probabilidad (estimación de posibilidad de ocurrencia cuando predomina el azar), la información (datos disponibles para estimar la probabilidad), el determinismo (relación causa efecto clara), la entropía (medida del desorden, falta de información, azar), irreversibilidad (desarrollo natural de los eventos en una dirección hacia la cual crece el desorden y por lo tanto el azar) y la flecha del tiempo (orientación del eje temporal sostenida por la irreversibilidad).

Pero ¿es el concepto de probabilidad un concepto intrínsecamente contenido dentro de las leyes físicas o su uso se origina en "aproximaciones" o dificultades técnicas o la ausencia de una teoría más completa como reclamaba Einstein?

1. AZAR Y DETERMINISMO

El estudio del azar comienza con "De Alea Geometriae" de Blaise Pascal (1650) fundamentando la teoría de probabilidades. También Fermat contribuyó a la fundamentación y poste-

*dinootero@fibertel.com.ar

-Unidad de Actividad Instituto de Estudios Nucleares, Comisión Nacional de Energía Atómica, Libertador 8250, Bs.As. Argentina.

-Dirección de Posgrado, Facultad Regional Bs.As., UTN, Medrano 951, Bs. As. Argentina.

-Departamento de Ciencias Básicas y Experimentales, Universidad Nacional del Noroeste de la Pcia de Bs. As., Roque Saenz Peña 456, Junín, Argentina.

riormente en 1854, la teoría se consolidó con el trabajo de George Boole: *Laws of Thought, on Which Are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities*. La motivación tuvo razones muy prácticas: el análisis de los juegos de azar y la administración del estado de la nación (¡que es, no cabe duda, un sistema físico muy complejo!), justamente mediante el uso de las estadísticas.

La relación entre azar y determinismo se plantea en las ciencias físicas en 1870, cuando Ludwig Eduard Boltzmann publica una serie de trabajos en los cuales establece que la segunda ley de la termodinámica tiene un origen estadístico. Se sientan así las bases de una mecánica que usa la estimación estadística como herramienta básica. Sus trabajos fueron muy combatidos por los físicos de su época y posteriormente a su muerte, en 1900, con el estudio del movimiento de Brownian de las partículas^a, tuvo el merecido reconocimiento. En la descripción del movimiento de Brownian, el uso del azar y del determinismo están íntimamente mezclados. Entre choques la partícula realiza una trayectoria libre, pero en cada choque resulta imposible predecir la próxima evolución y por lo tanto las condiciones iniciales luego de cada choque deben elegirse al azar.

El concepto de entropía termodinámica, conectado al azar y las estimaciones estadísticas, fue propuesto por Rudolf Clausius en 1850 en relación al segundo principio^b de la termodinámica y fue Boltzmann que estableció la primera expresión estadística para la entropía:

$$S = k \ln W \quad (1)$$

donde k es una constante que puede relacionarse con la constante de Planck y W representa el número de configuraciones microscópicas (no observables, caracterizadas por la velocidad y posición de cada partícula) compatibles con el estado macroscópico del sistema (por ejemplo la temperatura, la presión, la densidad, etc.). En realidad el número W sólo puede ser de-

terminado cuánticamente (clásicamente resulta infinito) y, por ejemplo, para un centímetro cúbico de gas a presión y temperatura ambiente es del orden de 10^{170} , es decir existe ese número de posibilidades para las variables de todas las moléculas. Para cada molécula el número de posibilidades es menor pero, aún es un número descumunalmente grande: en dicho volumen de gas hay 1.6×10^{21} átomos y cada átomo tendrá 6×10^{18} posibles estados microscópicos (posición, velocidad, giro) compatibles con la temperatura y presión ambiente. Por configuración microscópica se entiende que cada partícula tiene propiedades dinámicas particulares que son distintas en cada configuración. Por ejemplo, en la configuración microscópica "a" pueden existir 192300 partículas con velocidad comprendida entre 198 y 312 metros/segundo, mientras que en la configuración microscópica "b" del mismo estado macroscópico pueden existir 158432 partículas con la velocidad comprendida entre esos mismos valores. Como dijimos el número de configuraciones microscópicas es clásicamente infinito y cuánticamente queda acotado a un número muy grande, pero finito, debido al principio de incerteza (los valores de las variables dinámicas no se diferencian dentro de un intervalo fijado por el principio de incerteza). Todas las posibles configuraciones que respetaran esa condición serían igualmente probables pero los vínculos macroscópicos del sistema (volumen que ocupa, energía interna, momento angular total, etc.) imponen restricciones a las probabilidades de cada configuración microscópica particular del sistema, determinando que la posibilidad de darse alguna de ellas es superior a la de otras. La observación del estado macroscópico (midiendo la temperatura, la densidad, etc) da información sobre dichos vínculos. Los valores de cada configuración microscópica (velocidad y posición de cada partícula) pueden considerarse "señales" que contienen información sobre el sistema. Planteado en estos términos se puede usar para la entropía, la definición más sofisticada relacionada con la información:

$$S = - \sum p_i \ln p_i \quad (2)$$

donde las p_i son las probabilidades

correspondientes a que se observe la señal "i" (correspondiente a una dada configuración microscópica), $\ln p_i$ representa la falta de información que se tiene de la señal y α es una constante de proporcionalidad que mide la falta de información. La entropía así definida es el valor promedio de la falta de información sobre las señales esperadas. Un ejemplo simple de mezcla de gases permite relacionar esta expresión con la definición termodinámica (entropía de Clausius). Se unen en (2) los conceptos de, probabilidad, información, y termodinámica. Sin embargo esta expresión de la entropía no posee una ecuación dinámica asociada que explique su crecimiento, normalmente asociado a la flecha del tiempo. El segundo principio incluye la idea que la entropía crece en cualquier proceso espontáneo pero no nos dice a qué velocidad... El desorden (entropía) y la necesidad de inferir estadísticamente el estado del sistema están allí pero el formalismo no nos dice nada del futuro. El método científico apunta a la predictibilidad de la evolución de los sistemas. Esto explica la resistencia a la teoría de Boltzmann. El ser humano no se siente cómodo frente al azar. La religión planteó originalmente el determinismo como la planificación divina de la evolución del universo. Luego el mecanicismo reemplaza esta idea por el pensamiento cartesiano expresado por Pierre-Simon Laplace. En su obra "Ensayo Filosófico sobre las probabilidades" de 1814 afirmó que "una inteligencia que conociera en un instante todas las fuerzas de la naturaleza y la situación de los seres que la componen y fuera suficientemente poderosa para someter esos datos al análisis matemático, entonces nada sería incierto y el futuro y el pasado estarían presentes ante sus ojos". Para el mecanicismo todo es predecible y el concepto de probabilidad queda asociado más bien a la imposibilidad real de acceder a toda la información requerida para poder realizar una predicción acertada. El problema era así más cuantitativo que cualitativo. Se suponía que la dificultad radicaba en acopiar un número desmedido de datos con una precisión aceptable. En la moderna teoría de caos se establece que el problema no sólo proviene de la imposibilidad de realizar el acopio de datos, sino tam-

^a Se denominan así cualquiera de los fenómenos físicos en los cuales alguna magnitud está constantemente sometida a fluctuaciones al azar.

^b Recordemos la expresión para la entropía termodinámica: $dS = dQ/dT$, donde dQ es el calor transferido y T la temperatura absoluta.

bién de la infinita precisión con que deben conocerse esos datos. Sin embargo hasta aquí Dios podría jugar a los dados y ¡ganaría siempre! El poseería la infinita precisión para conocer el resultado.

Fijemos ideas respecto de lo que entendemos por determinismo y azar. Para un sistema determinístico, dada una situación (condición inicial) A se tiene otra situación (estado final) B:

Dado A $\rightarrow$ se tiene B (3)

En cambio en los procesos azarosos:

Dado A $\rightarrow$ se tiene $\{B_i\}$, con $i > 1$ (4)

Es decir se tiene un conjunto de estados finales y a cada i se asociará un número real p_i que representa la probabilidad de, dado A, obtener un particular B_i tal que,

$0 \leq p_i \leq 1$ y $\sum p_i = 1$ (condición de normalización) (5)

las condiciones (5) aseguran aún un cierto grado de determinismo en el sentido que algún B_i debe suceder¹¹. El proceso azaroso definido en (4) corresponde a un sistema cerrado (el número de posibilidades B_i se mantiene constante), típico de los sistemas termodinámicos de equilibrio. Los procesos azarosos abiertos, en los cuales no es posible una exacta normalización, como la que se plantea en (5), tienen un grado menor de determinismo y son de un tratamiento más complejo. Corresponden a la termodinámica del no equilibrio, estrechamente ligada a la disipación.

En ciencia, el determinismo se manifiesta como ecuaciones constitutivas, ecuaciones diferenciales o a diferencias finitas, reglas y/o principios. Ejemplos típicos son el sistema solar (¡con restricciones!), el juego de billar, el péndulo con pequeñas oscilaciones, las reacciones químicas (en general), los sistemas termodinámicos y su evolución mediante procesos de cuasi-equilibrio (evoluciones suficientemente lentas como para que en cada instante se pueda asegurar que el sistema recupera el estado de equilibrio). Cuando se trata de la evolución dinámica de sistemas simples se plantean ecuaciones diferenciales para las cuales hay teoremas locales que aseguran la existencia de una solución única. Pero, por poco que el problema se complique (Sol-Tierra-satélite) el conocimiento de la solución de la ecuación para

una determinada condición inicial dice poco o nada para otra condición inicial muy cercana a la anterior. Al respecto, Max Dreden²¹ hace una interesante acotación: *"No está muy en claro si los físicos y los astrónomos han sido conscientes de las tenues bases matemáticas (frecuentemente no dichas) de sus creencias, pero es muy claro que no se han preocupado demasiado por eso"*.

En el determinismo microscópico las ecuaciones de la física (ya sean clásicas o cuánticas) son reversibles temporalmente. Las leyes que rigen el determinismo macroscópico en general no lo son. Puede decirse que la segunda ley de la termodinámica asegura la dirección de una flecha del tiempo y establece en ese contexto un determinismo irreversible. El determinismo macroscópico sigue la dirección de esa flecha. Los procesos espontáneos suceden en esa sola dirección: esta es la base de la irreversibilidad. Obsérvese que la segunda ley tiene una base esencialmente probabilística [ver (1), y (2)]. La irreversibilidad y la probabilidad son conceptos enlazados al segundo principio de la termodinámica. Existen sistemas para los cuales el mejor tratamiento es el estadístico: la ruleta, la lotería, la distribución de velocidades de las partículas de un gas a temperatura ambiente, las tasas de fallas de equipos electromecánicos, la distribución de errores de una medición, etc. También existen otros sistemas semiestadísticos como el comportamiento del clima, el resultado de eventos deportivos, la caída de aviones, los torbellinos de la estela de una nave, las volutas de humo, el comportamiento de una llama, etc. Para los sistemas considerados puramente estadísticos es posible proponer distribuciones de probabilidad que permiten predecir propiedades del sistema: distribución binomial, distribución de Poisson, distribución normal, etc. Para los sistemas semiestadísticos el problema es muy complicado y cada caso requiere un estudio particular.

Para asegurar que la información relacionada con un sistema es puramente estadística suelen usarse estimadores, por ejemplo: el valor promedio de los observables y la desviación estándar, la evaluación de la variable x^2 , etc. ¿Será posible definir una "medida" del grado de aleatoriedad que deben poseer

las variables que describen un proceso? Algo como el reloj de Figura 1:

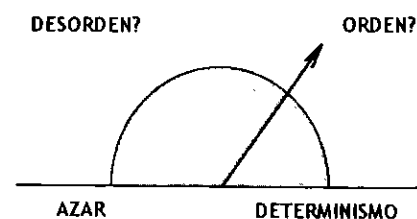


Figura 1

A continuación veremos que los tratamientos matemáticos de sistemas no lineales dan una razonable respuesta a esta pregunta.

2. FÍSICA CLÁSICA

El estudio de los sistemas dinámicos que pueden describirse utilizando ecuaciones diferenciales lineales no ofrece grandes dificultades. Si se hallan dos soluciones de la ecuación, por ejemplo $f(x)$ y $g(x)$, entonces la combinación lineal de ellas: $h(x) = a f(x) + b g(x)$ [donde a y b pueden ser número complejos], también es solución de la ecuación diferencial.

En los problemas que deben ser descritos mediante ecuaciones diferenciales no lineales el problema se complica pues si se conocen dos soluciones la combinación lineal de ellas no es necesariamente solución de la ecuación. El primero que estudió el comportamiento complejo en el estudio de sistemas dinámicos no lineales fue Poincaré. Realizó (1890) una sustancial contribución a la teoría de órbitas de planetas y estrellas, en particular el problema Sol-Luna-Tierra. Este era el problema de " n " cuerpos para el cual el Rey Oscar II de Suecia creó un premio de 10000 coronas. Poincaré ganó el premio en 1889 aunque no llegó a resolver totalmente el problema para todo el sistema solar. La solución llegó recién entre 1960 y 1962 con los aportes de Kolmogorov, Arnold y Morse (teorema KAM). Para el estudio de trayectorias complicadas Poincaré propuso un plano (mapa de Poincaré) sobre el cual la trayectoria del sistema determina un punto x_n cuando lo atraviesa. Para comprender en que consiste este plano podemos imaginarnos el vuelo de una mosca en una habitación y un plano imaginario que divide la habitación en dos.

Cada vez que la mosca atraviesa dicho plano deja una marca (un punto) sin que su vuelo se perturbe. Luego de un rato se observa dicho plano. Si sólo se ven dos puntos se concluye que el vuelo ha sido una reiterada vuelta sobre sí mismo, en cambio si es un conjunto errático de puntos se concluye que la mosca voló al azar. El uso de dicho plano es importante aún en la actualidad, en particular para el estudio de los denominados atractores extraños, justamente ligados a los sistemas que tienen comportamientos semiestadísticos. Si la trayectoria es cíclica el conjunto de puntos en el plano de Poincaré es un conjunto pequeño. Para sistemas no lineales, el conjunto de puntos puede cubrir homogéneamente una región o distribuirse según extrañas figuras denominadas fractales (atractores extraños), generadas por un conjunto infinito de puntos; la trayectoria no vuelve a pasar por los mismos lugares aunque se encuentre restringida a una región del espacio. Para calificar este tipo de trayectorias existen dos importantes conceptos matemáticos: los exponentes de Liapounoff y la dimensión de Hausdorff. Mediante estos conceptos es posible establecer si las herramientas más adecuadas son las provistas por la dinámica determinística o por la estadística (o una mezcla de ambas). Los exponentes de Liapounoff permiten establecer cuándo una trayectoria será caótica (y en consecuencia puede que sea razonable realizar estimaciones estadísticas). En la introducción vimos que para un sistema determinístico rige la condición (3): dado A existe un B asociado y sólo un B (A y B son variables dinámicas, como la posición y velocidad). Una pequeña perturbación en el valor de A: $A \pm \delta A$ tendrá un valor asociado B', que podrá diferir poco o mucho del anterior o tener poco que ver con él. La condición determinista no dice nada sobre este aspecto.

Aunque como en (3) por ser determinista aún se cumple que

Dado A $\rightarrow$ se tiene B (6)

sin embargo, por ser un sistema no lineal, puede suceder que

Dado $A \pm \delta A \rightarrow$ se tiene un conjunto $\{B_i\}$, con $i > 1$ (7)

Obsérvese la fuerte analogía con la condición (4). Como δA puede ser tan

pequeño como técnicamente se pueda, a los efectos prácticos (7) y (4) son equivalentes. En las ecuaciones diferenciales lineales el valor asociado B' difiere poco del anterior B: $B' = B \pm \delta B$ y se pueden utilizar aproximaciones con pequeñas perturbaciones. El conjunto $\{B_i\}$ queda acotado a un entorno de valores muy similares. En cambio en las ecuaciones no lineales el valor de B' puede tener poco que ver con el previo B y por ello la evolución del sistema se denomina caótica. Cuando la solución se aparta de valor previo con un comportamiento $\delta B > e^{\lambda \delta A}$ (λ un número real denominado exponente de Liapounoff), entonces se dice que el sistema es particularmente sensible a las condiciones iniciales y que su comportamiento es caótico. Se pueden evaluar tantos exponentes como variables dinámicas independientes describan al sistema. Algunos pueden ser negativos, otros nulos y otros positivos. Si el exponente es negativo o nulo el comportamiento del sistema es no caótico. Sin embargo estos exponentes dan sólo una idea cualitativa del comportamiento de la solución. La distribución de posibles valores de B puede ser parcial o levemente predecible aunque el exponente sea positivo. La evolución de A podrá entonces considerarse parcialmente azarosa, faltando aclarar ese grado de aleatoriedad. Los exponentes de Liapounoff permiten decidir si la aguja del reloj mostrado en la figura 1 se mueve hacia la izquierda o hacia la derecha. Pero aún no sabemos exactamente cuanto vale ese movimiento (cuán predecible o impredecible es la evolución del sistema). La dimensión de Hausdorff permite "medir" el desplazamiento de la aguja del reloj. El matemático Hausdorff introdujo un criterio de dimensión para un conjunto de puntos³¹. Estas definiciones coinciden con el concepto usual de dimensión que tenemos, por ejemplo, para: Un punto o conjunto de puntos aislados, dimensión cero, $D_H = 0$. Una línea, dimensión uno (medida en metros), $D_H = 1$. Una superficie, dimensión dos (metros cuadrados), $D_H = 2$. Un volumen, dimensión tres (metros cúbicos), $D_H = 3$. Pero existen conjuntos de puntos cuya dimensión no es entera. Por ejemplo el conjunto o polvo de Cantor donde se van eliminando secciones de un segmento según una regla por la cual desaparece un tercio de cada segmento: (Figura 2)



Figura 2

La medida de Hausdorff establece que este conjunto tiene en el límite (iterando el proceso infinitamente) una dimensión dada por $D_H = \ln 2 / \ln 3 = 0.6309297 \dots$. Este límite está entre cero y uno y es lo que se denomina dimensión fractal. El "polvo" de Cantor, compuesto por un conjunto infinito de segmentos infinitesimales, no llega a ser una línea (conjunto infinito y continuo de puntos de dimensión uno) pero tiene una dimensión superior a un conjunto de puntos localizados por los números naturales, 1, 2, 3, ... que son también infinitos pero tienen dimensión cero. La suma de infinitos ceros da cero, pero para el conjunto de Cantor se tiene una suma de infinitos segmentos que no tienen dimensión cero aunque tienden a ese límite cuando la iteración tiende a infinito. Las formas en la naturaleza están muy lejos de consistir en triángulos, círculos o planos y cubos. Los más bellos paisajes consisten de sistemas montañosos, arboledas, cielos parcialmente nublados y arroyos turbulentos. Hoy en día todas estas expresiones geométricas y dinámicas de la naturaleza pueden ser imitadas por computación mediante programas muy simples que generan estructuras fractales.

Volvamos ahora a las trayectorias que describe un sistema no lineal. Si la trayectoria se desarrolla sobre una línea, por más vueltas que dé, tendrá una dimensión igual a uno. Sin embargo si la trayectoria se enrosca lo suficiente como por ejemplo la figura que tiende al perfil de un cristal de nieve donde cada punta de la estrella original se desdobra como indica la parte superior de la figura 3:

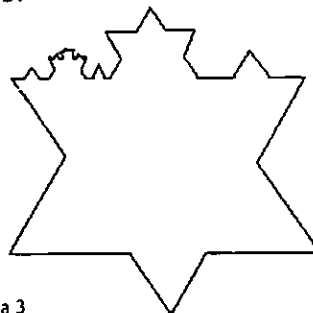


Figura 3

la dimensión D_H será mayor que 1 aunque menor que 2. Si se enroscara más aún podría llegar a cubrir realmente la superficie. Para que todos los puntos del espacio en el cual puede desarrollarse la trayectoria tengan igual probabilidad de ser visitados, D_H tiene que alcanzar la dimensión de dicho espacio^c.

máticamente el comportamiento de la partículas de gas chocando contra las paredes y entre ellas, cubriendo de esta forma todo el espacio desordenadamente.

Si un sistema tiene los exponentes de Lyapunov positivos y D_H es igual a la dimensión del espacio accesible (determinados por ejemplo por

el del otro^d. Este es el fundamento de la simulación por Monte Carlo por la cual un proceso complicado del mundo real es simulado por una ecuación muy simple totalmente caótica que genera números al azar. Mediante esos números se simulan las alternativas que puede seguir la evolución real. Toda la artesanía del "simulador" consiste en plantear adecuadamente los vínculos externos asegurándose que la evolución se da sobre el mismo espacio accesible.

La conclusión importante es que, aunque la dinámica clásica es determinística, la evolución futura del sistema puede caer en una región grande del espacio de fases y la aparición en ese lugar es extremadamente sensible a las condiciones iniciales. Lo más que se podrá hacer en esos casos es asignar una probabilidad de encontrar al sistema en algún elemento de volumen de esa región.

Esta conclusión refuerza el concepto de que la probabilidad no es una propiedad de los sistemas, sino más bien una estimación numérica de los valores que pueden tomar las propiedades de los sistemas. Se restituye así la formulación objetiva de la ciencia.

Hasta aquí sólo Dios aún juega tranquilamente a los dados ... y gana siempre!

3. MECÁNICA CUÁNTICA

El problema del azar en las ciencias físicas se replanteó entre 1925 y 1940 en las famosas discusiones entre Einstein y Bohr sintetizadas en la frase famosa: "¡Dios no juega a los dados!". Para los físicos de entonces el azar era claramente una herramienta auxiliar que en algún momento sería reemplazada por alguna teoría poderosa. La posición pragmática de la escuela de Copenhague y los resultados espectaculares del uso de la mecánica cuántica se impusieron a los argumentos de Einstein y el problema quedó relegado durante años. Sin embargo la idea de Einstein de que la teoría de la mecánica cuántica no es completa mantuvo partidarios. Un trabajo relativamente olvidado de Einstein de 1917 sobre las el análisis de la teoría cuántica del ión H_2^+ (compuesto por dos protones y un electrón), pone de mani-

^d El espacio de fases tiene entonces dimensión 2 dada por la variable posición y la variable velocidad de la partícula.

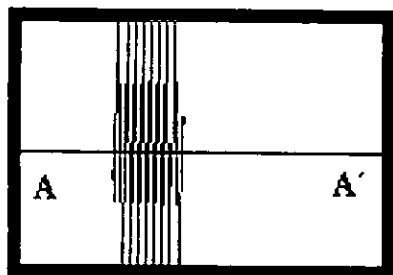


Figura 4a. AA' representan un posible plano de Poincaré.

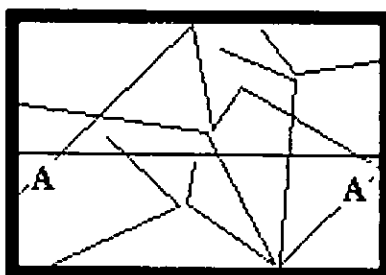


Figura 4b: Planos de Poincaré de las trayectorias de la figura 4

En la Figura 4b se observan los puntos marcados por la trayectoria sobre dicho plano.

Obviamente no es suficiente que D_H coincida con la dimensión del espacio pues existen trayectorias que ordenadamente pueden, en el límite, cubrirlo como se muestra en la primera caja (figuras 4a). En la segunda caja (figura 4b) se representa esque-

las paredes que contienen a un gas y su temperatura), entonces el sistema mostrará un comportamiento caótico para el cual se podrán realizar hipótesis estadísticas. En ese caso la aguja de nuestro reloj estará totalmente acostada sobre la izquierda. Dos sistemas, cuya evolución dinámica obedecen a ecuaciones dinámicas distintas pero sujetos a los mismos vínculos externos y que tienen acceso a la misma región del espacio, con exponentes de Lyapunov positivos y D_H igual a la dimensión del espacio correspondiente, tienen el mismo comportamiento azaroso. Por ejemplo en una trayectoria sobre una línea recta de longitud L en la cual el sistema sólo puede ir y venir, la dimensión de D_H debería ser igual a dos para ser totalmente aleatoria. Si la trayectoria se da sobre un arco de parábola también de longitud L y $D_H = 2$ y el exponente de Lyapunov es positivo, ambos sistemas son igualmente aleatorios y puede usarse el comportamiento de uno de ellos para simular

^c El estudio de las evoluciones dinámicas se realiza analizando el comportamiento temporal de la posición (r) y la velocidad (v) de las partículas. Se construye así un hiperespacio denominado espacio de fases en el cual se analizan las trayectorias del sistema. Por ejemplo para ecuaciones en una dimensión, $F(x,t) = m(dv/dt)$, se define un "espacio de fases" que tiene dos dimensiones dadas por las variables x y mv . Este espacio permite visualizar tanto las posiciones como los impulsos (mv) de la partícula. Un oscilador lineal describe en dicho espacio una elipse y por lo tanto tiene dimensión uno. Un conjunto grande pero finito de osciladores dará un conjunto de elipses también con dimensión total uno (la longitud total de dichos elipses se podrá medir en metros y no en hectáreas!). La trayectoria de una partícula de gas en el espacio de fases tiene que tener una dimensión igual a 6 ($x, y, z, mv_x, mv_y, mv_z$) para que se pueda suponer que todas las regiones del espacio de fases tengan igual chance de ser visitadas.

fiesto la dificultad que tiene el formalismo (esencialmente lineal) en explicar el comportamiento dinámico de la interacción de más de dos cuerpos (esencialmente no lineal). Hoy día, con la moderna teoría de la física no lineal, esta dificultad ha recobrado interés científico y dio origen a los estudios de "caos cuántico" que trata de superar las dificultades señaladas por Einstein. El estudio del caos cuántico podría contribuir a la unificación del uso de la probabilidad en la física clásica (originada en una insalvable dificultad técnica) y la mecánica cuántica (donde el uso de la probabilidad aparece como un resultado del proceso de la medida).

La estructura matemática sobre la que se apoya la teoría de mecánica cuántica otorga una riqueza más profunda que la simple evaluación de probabilidades. Todas las posibilidades de interferencia, difracción y polarización de la luz están también presentes en la descripción cuántica del comportamiento de partículas con masa. De hecho esta similitud inspiró a De Broglie para postular una longitud de onda (similar a la longitud de onda de un rayo de luz) asociada a las partículas.

Con la ecuación de Schrödinger, de la mecánica cuántica, el problema sobre el comportamiento estadístico de los sistemas es más sutil que en la física clásica. El primer postulado del formalismo establece que toda la información a medir en un sistema está "contenida" en la denominada *función de onda*, solución de la ecuación de Schrödinger. La solución de la ecuación provee las funciones y los estados en los cuales puede encontrarse el sistema que se estudia. Respecto de dichos estados no existe necesidad de recurrir a conceptos estadísticos: hay certeza de que si el problema fue correctamente planteado, el sistema está con seguridad en algún estado, o mezcla cuántica de estados (que desde la teoría cuántica es, en realidad un nuevo estado y el sistema está con certeza en ese "estado"). La mezcla cuántica de estados no es una mezcla estadística. Si en un proceso de medición se utiliza un aparato que sólo detecte individualmente los estados, se deberá recurrir al concepto estadístico para describir los resultados de la medición. En muchos sistemas físicos de interés, como por ejemplo en el átomo de hidrógeno, al realizar una medición se encuentra un valor de energía bien definido y se concluye que el sistema

estaba con certeza en dicho estado de energía. Sin embargo resulta común analizar los sistemas cuánticos en términos probabilísticos. Esto se debe a dos situaciones típicas:

1. La detección de un gran número de partículas sin poder identificar cada sistema. Cada sistema pasa por diferentes estados de energía y sólo se puede hacer una estimación estadística o evaluar un valor promedio.

2. El sistema se encuentra en un estado cuántico particular que es, en realidad "mezcla cuántica" de estados de energía. Cuando la medición se realiza utilizando un detector de los estados individuales de energía, cada medición da un valor diferente. En definitiva luego de muchas mediciones se obtiene un resultado de observación de estados que puede asociarse a la probabilidad que en una próxima medida, se observe alguno de ellos.

La formulación de la mecánica cuántica se basa en definir un espacio funcional con vectores y operadores lineales. Ese espacio permite construir la evolución dinámica de la partícula. El elemento clave para definir ese espacio funcional surge de la energía total del sistema: suma de la energía cinética más la energía potencial. Ese espacio funcional conducirá al planteo de una ecuación diferencial lineal. Como ya dijimos, la mecánica cuántica tiene asociada una noción de probabilidad muy distinta (al menos por ahora) de la que puede surgir de un comportamiento caótico del sistema. Experimentalmente se ha verificado que los átomos y núcleos atómicos están en estados estacionarios de energía. En dichos estados carece de sentido localizar los electrones o los nucleones en "movimiento". La descripción de la partícula puede realizarse según diferentes representaciones pero en estos casos (átomos, núcleos) la representación natural es la de estados de energía que tendrán asociada una función ψ_{nlk} donde n, l, j, k son números cuánticos (correspondientes a los observables físicos invariantes del sistema: energía, momento angular, etc) que identifican los valores de los estados de energía. Si alguna interacción natural o provocada por un experimentador induce la localización de la partícula, la función ψ_{nlk} permite evaluar la probabilidad de encontrarla en alguna región del espacio. La interacción cambiará el estado de la partícula a otro estado de energía o a un estado libre.

La probabilidad aparece entonces como una consecuencia directa de interacciones que inducen la transición de la partícula de un estado cuántico a otro. Dicha interacción puede ser un proceso natural, por ejemplo los radiactivos como la conversión interna, el decaimiento alfa, el decaimiento beta, etc o el resultado de una medida, como la experiencia de Stern-Gerlach (en la cual se detectan los posibles estados de spin de un conjunto de núcleos), la detección de radiación gamma o de una partícula. Justamente el decaimiento de núcleos radiactivos es un ejemplo paradigmático de procesos estadísticos de origen cuántico. Midiendo el número de decaimientos se pueden generar una serie de números completamente al azar, mucho mejor que cualquier algoritmo de computación (¡e incluso una ruleta!).

El uso de la probabilidad en mecánica cuántica de sistemas simples está asociado entonces al resultado de una interacción que saca al sistema del estado en que estaba y lo pasa a otro estado. También aparece como fruto del desconocimiento acerca del estado en que se encuentra el sistema: probabilidad clásica. El problema se complica cuando no sólo se desea describir un estado estacionario sino también las evoluciones dinámicas en sistema de más de dos cuerpos. Como ya señalamos esto ha abierto un nuevo capítulo en la física denominado "Caos Cuántico"³⁾ Detrás de la probabilidad clásica no existe ninguna función de onda. La relación (si existe) entre ambas probabilidades no es clara por ahora.

Trataremos de dar una imagen muy simplista de lo que significaría un dado "cuántico". Supongamos que un par de astronautas comienzan una partida de dados antes de ser puestos en órbita. El juego se desarrolla normalmente hasta el momento de partida. Entonces por razones de seguridad lo deben interrumpir. Ya en el espacio, en las horas de esparcimiento deciden continuar la partida. Pero ahora ya no está la gravedad que obliga al dado a caer sobre la mesa y que luego de algunas vueltas lo vuelca sobre una posición estable ofreciendo la cara "superior" como resultado del juego. Al ser arrojado en ausencia de la gravedad, el dado rebotará sobre la mesa y sobre las paredes de la nave espacial hasta que al perder energía cinética se detenga en algún lado del interior de la nave espacial, apoyado so-

bre una arista o sobre un vértice. Ahora no hay cara de arriba, el dado se encuentra en una "mezcla" de posibles resultados muy similar a la mezcla cuántica. Obsesionados por obtener un valor los astronautas podrían "apretar" al dado sobre la superficie en la cual se apoyó y obligarlo a "proyectar" un resultado que, tendrá mayor o menor probabilidad según haya sido la inclinación en la cual quedó el dado. La diferencia entre este ejemplo y un dado con comportamiento cuántico real es que ¡Es intrínsecamente imposible saber como quedó apoyado el dado para evaluar el resultado cuando se lo obligue a "proyectarse" sobre una de sus caras! Usando los dados "cuánticos", Dios posiblemente pueda jugar sin riesgo de aburrirse!

4. TERMODINÁMICA Y MECÁNICA ESTADÍSTICA

La termodinámica estudia el comportamiento de variables macroscópicas en un sistema en estado de equilibrio. La definición de estado de equilibrio se basa en las siguientes condiciones:

- a) El sistema debe ser cerrado y aislado
- b) El número de variables dinámicas tiene que ser suficientemente grande ($>> 10$)^{*}
- c) La dinámica de las variables tiene que ser completamente "desordenada" (caos molecular).[†]
- d) El sistema no debe tener "memoria" de cómo alcanzó el estado de equilibrio.

La condición a) suele sortearse cuando por ejemplo, en un volumen entran tantas partículas como salen. Si esa entrada y salida de partículas no induce algún tipo de "orden", el sistema se trata como si estuviera en equilibrio. La condición b) asegura la interacción de muchas partículas y por lo tanto el caos molecular[‡]. También asegura la validez de las aproximaciones matemáticas en la evaluación estadística de los prome-

dios. La definición de variables macroscópicas, como por ejemplo la presión, requiere que no existan direcciones privilegiadas en el movimiento de las partículas. El caos molecular asegura entonces la condición c). Finalmente la condición d) es una consecuencia de c) pero resulta útil cuando no se puede comprobar exteriormente el desorden interno.

Insistiremos una vez más en que una hipótesis fundamental que le permitió a Boltzmann sentar las bases de la mecánica estadística, se basaba en el caos molecular, pero por otro lado la descripción de un gas puede hacerse desde el formalismo de la mecánica cuántica, mediante observables que mantiene su valor promedio constante, dentro de un formalismo absolutamente lineal ¡lo cual, en principio, excluye el caos! Hay opiniones dispares sobre la importancia que tiene la restricción de la linealidad para la observación de caos cuántico[§], pero ¡no cabe duda que con un sistema lineal no se obtiene caos! El tratamiento de un gas basado en estados cuánticos de energía, se basa en encontrar cuál es la probabilidad de que cada partícula esté en un estado, tal que la suma de todos sea compatible con ciertos vínculos: los valores promedio de los observables que mantienen constante su valor promedio. En un recipiente real que contiene un gas, las partículas están en muchos estados, algunos de los cuales pueden ser razonablemente descriptos por los estados "ordenados"[¶] de

energía. Resulta paradójico que, utilizando estados estacionarios, muy lejos del concepto de caos molecular, se obtengan las ecuaciones termodinámicas que también pueden deducirse a partir de la teoría cinética basada en el movimiento caótico de las moléculas.

En realidad la solución cuántica que nos dan los estados "ordenados" de energía permite construir un conjunto (infinito) de trayectorias de medida nula (es decir que son irrelevantes respecto de todas las posibles trayectorias). Todas las posibles trayectorias incluyen, por ejemplo, la colisión entre partículas que no son tenidas en cuenta en el cálculo de los estados de energía pero son importantes para "desordenar" el sistema, lo mismo que la interacción con las partículas de las paredes del recipiente[¶]. El subconjunto de órbitas no caótico generado cuánticamente es, sin embargo, suficiente para hallar las ecuaciones de estado. Un buen ejemplo de la relación entre todas las órbitas posibles y las órbitas ordenadas provistas por la cuantificación la ofrece el estudio de las trayectorias en el billar con forma de estadio[§]. La trayectoria de una pelota dentro de un rectángulo es, afortunadamente predecible. En cambio si el recinto termina en dos semicírculos (estadio) las posibles trayectorias pueden ser caóticas o regulares. Las trayectorias predecibles (regulares) constituyen un conjunto infinito pero de dimensión menor al infinito conjunto de trayectorias caóticas o imposibles de predecir (ver figura 5).

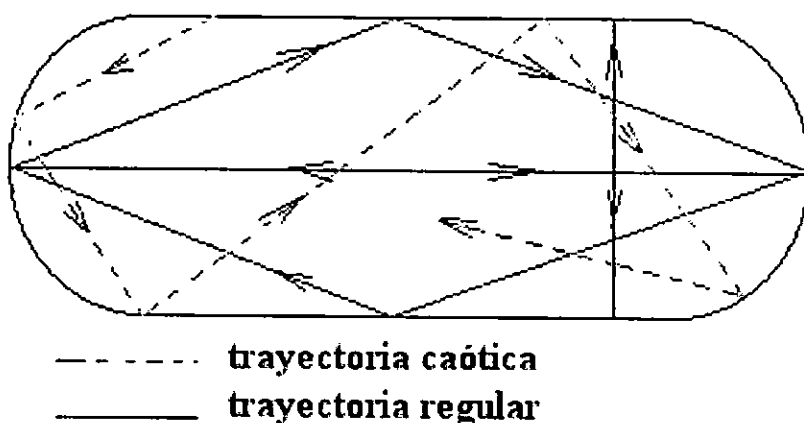


Figura 5

* Este número que puede parecer arbitrario se origina en las aproximaciones matemáticas que permiten obtener las fórmulas termodinámicas a partir de los posibles estados microscópicos de las partículas, en particular la fórmula de Stirling que permite reemplazar el factorial, $N!$, por una aproximación exponencial buena para $N > 10$. Desde el punto de vista de la dinámica no lineal, este número es sobradamente grande para permitir la existencia de trayectorias caóticas.

† La hipótesis de caos molecular fue introducida por Boltzmann, sin demasiada justificación, a los efectos de realizar las estimaciones estadísticas en un gas.

‡ Cuando se resuelve en forma exacta un problema cuántico con partículas ligadas, se obtienen estados de energía denominados autoestados. Estos autoestados son las soluciones de la ecuación Schrödinger y constituyen un conjunto fundamental que permite construir por combinación lineal cualquier otro estado de energía que cumpla con las condiciones de contorno dentro de las cuales se encuentra el sistema (las condiciones de contorno no pueden incluir fácilmente el choque poco predecible de una partícula con otra). Por simplicidad denominamos a estos autoestados de energía, estados "ordenados" pues no incluyen las trayectorias que involucren choques con las otras partículas.

La indistinguibilidad de las partículas introduce un importante ingrediente adicional. Este es un tema más que interesante, que fue puesto de manifiesto por la paradoja de J. Willard Gibbs (1839-1903), antes de la formulación de la mecánica cuántica. La paradoja mencionada se origina en tratar implícitamente las partículas como distinguibles y se pone de manifiesto en predecir un crecimiento de entropía, ya sea que se mezclen gases iguales o gases distintos. A partir de la solución de dicha paradoja quedó claro que no tiene sentido especular sobre la probabilidad de encontrar una partícula microscópica en un cierto lugar del espacio o con una cierta velocidad sino que sólo se puede establecer cuántas partículas (idénticas!) pueden tener la misma energía. Para gases a temperatura ambiente cada partícula tiene muchos estados posibles a su disposición.

El problema se corrige, para temperaturas altas y gran número de partículas, introduciendo un factor que compensa el error de considerar distinguibles a las moléculas (dos moléculas de oxígeno son perfectamente idénticas)⁶¹. Pero esta solución sólo es válida cuando el número N es grande y las temperaturas son altas. A temperaturas muy bajas, cercanas a 0° Kelvin, la aproximación ya no vale y la solución de este problema requiere de un tratamiento especial. Implícitamente, se supuso en el tratamiento clásico que era posible "contar" exactamente el número de partículas en cualquier subregión del sistema. Pero, debido a la indistinguibilidad, sólo es posible evaluar el valor promedio del número de partículas. Imaginémonos tratando de establecer el número promedio de chinios por km² con los chinios moviéndose constantemente de lugar y ¡todos ellos idénticos para nosotros! La determinación de la probabilidad de cada configuración microscópica depende entonces del valor promedio del número de partículas. En el tratamiento clásico bastaba con utilizar la energía media del sistema. Este nuevo enfoque significa que es imposible determinar cuál es el número exacto de partículas en un cierto volumen del espacio. Nuestra máxima información es sólo $\langle N \rangle$ y no el valor exacto de N (la densidad fluctúa alrededor de un valor promedio). La indistinguibilidad impide seguir la trayectoria de cada una de las partículas. Desde un punto de vista cuántico la indistinguibilidad es esencial. Como dijo Erwin Schrödinger en 1950⁶²:

"Cuando observas una partícula de un tipo determinado, pongamos por caso un electrón, aquí y ahora, debes considerarlo, en principio, como un acontecimiento aislado. Incluso si observas, muy poco tiempo después una partícula

la similar en un punto muy próximo al primero, y hasta si tienes toda la razón para encontrar relación causal entre la primera y la segunda observación, no tiene auténtico e inequívoco sentido afirmar que es la misma partícula la que has observado en los dos casos. Puede que las circunstancias sean tales que aconsejen y hagan deseable que te expreses de esa manera, pero no es sino una limitación; ..."

Este nuevo enfoque permite establecer que las partículas son de dos tipos: fermiones (electrones, protones, neutrones) y bosones (helio, fotones). La manifestación de las características fermiónicas o bosónicas de las partículas sólo aparecen a temperaturas cercanas al cero absoluto. A tan bajas temperaturas no es para nada claro cómo pueden manifestarse las trayectorias caóticas que aseguren el estado de equilibrio pues, el comportamiento de las partículas está bien establecido por los estados estacionarios de la mecánica cuántica que no tienen nada de caótico. Más bien debe aceptarse que la indistinguibilidad lleva a asignar probabilidades de origen cuántico que permiten formular una "termodinámica" de bajas temperaturas. El punto de unión entre ambos conceptos, el caos de trayectorias y la probabilidad cuántica, es aún un problema abierto.

5. CONCLUSIONES.

Resumiendo, hemos desarrollado los siguientes conceptos:

Lo que entendemos por azar clásico representa la falta de información de cómo está el sistema o de cuál será su futura evolución. Las evoluciones dinámicas son determinísticas aunque en general incontrolables. La transición entre estados cuánticos es intrínsecamente estadística. La relación entre la descripción cuántica de un sistema y una posible evolución caótica es aún un problema abierto, pero el azar parece tener poco que ver con este tema.

PROBLEMAS ABIERTOS: ¿Por qué o cómo aparece el concepto de probabilidad clásica en el formalismo cuántico? ¿Cómo se asimila la indistinguibilidad de las partículas en el comportamiento caótico? ¿La solución de los problemas planteados permitirá establecer un formalismo cuántico que describa procesos caóticos? Los problemas radican, fundamentalmente, en la imposibilidad de establecer si, el concepto probabilístico es esencial o accesorio. El crecimiento de la entropía asociado a la flecha del tiempo es, hasta ahora, un principio independiente de las leyes dinámicas fundamentales. Queda entonces otra cuestión pendiente: ¿Cuál es el significado del crecimiento entrópico previs-

to por el Segundo Principio en ese contexto?

La moderna teoría del caos responde algunas de las preguntas iniciales. La predicción de las condiciones meteorológicas es intrínsecamente sensible a las condiciones de regiones del planeta muy lejanas entre sí y más allá de unos días las múltiples posibilidades sólo permiten una estimación estadística. En algunos casos incluso respecto de la posibilidad de lluvia para mañana. Para los juegos de azar, si el montaje de los bolilleros está en buenas condiciones, resulta imposible adivinar el resultado, aunque el movimiento de bolilleros y bolillas es determinístico. El vuelo de un avión es de esperar que también sea un proceso determinístico pero, debemos recordar que depende de muchos vínculos externos, entre ellos el comportamiento meteorológico. Lo más inquietante, el choque de un asteroide con la Tierra resulta muy difícil de evaluar, justamente debido al teorema KAM. Su trayectoria es extremadamente sensible a dónde se encuentre en este momento. Los movimientos cíclicos y ordenados en el sistema solar están reservados a los planetas y grandes satélites. En ese sentido podemos apostar que el Sol saldrá mañana ...

En conclusión, clásicamente, el determinismo se impone ya sea por leyes estrictamente conservativas, ya sea por promedios macroscópicos (termodinámica) realizados sobre la distribución estadística de los grados de libertad microscópicos. Así el concepto del azar no sería más que otra forma de atacar con una aproximación, problemas esencialmente determinísticos.

Pero la transición entre autoestados cuánticos sigue siendo, sin embargo, un reducto inexpugnable para el azar.

¿Estaría Einstein equivocado y la decisión última de Dios estaría gobernada por su juego con dados cuánticos?

BIBLIOGRAFÍA

- 1- G. Careri, "Order and Disorder in Matter", Benjamín (1984).
- 2- M. Dresden, "The Physics Teacher", vol 30 (1992).
- 3- H.G. Shuster, "Deterministic Chaos", Physik Verlag, Weinheim [1984].
- 4- M. Gutzwiller, Scientific American, Jan 1992.
- 5- E. D. Sélér and S. Tomsovic, Physics Today, July 1993, 38.
- 6- M. Morse, Thermal Physics, W.A. Benjamín, 1965.
- 7- E. Schrödinger, Ciencia y Humanismo, Tuquets, Barcelona, 1985.

PERSONALIDADES RELEVANTES DE LA CIENCIA ARGENTINA

Manuel Sadosky, Profesor de matemática y administrador científico.

Ricardo Miró*

A mediados de 1964, cuando cursaba el cuarto año en el Instituto San Román - un viejo colegio del Bajo Belgrano-, tomé la decisión de dedicarme profesionalmente a las matemáticas. No me interesaba la música de *The Beatles*, casi recién llegados al Río de la Plata por aquella época, pues desde unos cinco años antes, vivía hipnotizado con el sonido y el swing de los también ingleses *Cliff Richard and The Shadows*.

Dos años después realicé el curso de ingreso anual a la facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires, donde dolorosamente descubrí que no sabía nada de matemática. Al año siguiente, la sensación fue aún peor, ya que la clásica cursada del primer cuatrimestre para la carrera elegida, consistente en *Álgebra y Análisis I*, tuvo el efecto de un verdadero choque mental contra una viga de hormigón pretensado. No pude con la primera materia en el primer cuatrimestre, pero el *Sadosky Guber* me salvó la vida con la segunda. Simplemente, aprendí a integrar con esa obra casi cualquier función que admitiera una primitiva expresable en funciones elementales.

Mucho tiempo después, egresado, y desempeñándome en el campo de la estadística aplicada, conocí y traté fugazmente al Dr. Sadosky en varias oportunidades.

Recuerdo que durante su gestión como Secretario de Ciencia y Tecnología durante el gobierno del Dr. Alfonsín, participó de un panel de homenaje a Julio Cortázar, convocado por la distinguida lingüista argentina Ana María Barrenechea. El aporte, la calidez y los recuerdos del Dr. Sadosky para con el autor de *Los Premios* fueron extraordinarios, muy festejados, y también sumamente aplaudidos.

Por pura casualidad, unos meses más tarde, al coincidir en una recepción dada por el embajador argentino Rafael Vázquez, pude hablar personalmente por primera vez con el Dr. Sadosky. Tuve entonces una referencia de primera mano acerca de las enormes dificultades burocráticas, financieras y técnicas que se suscitaron durante el proceso de construcción del observatorio de El Leoncito, en San Juan, que comenzó a prestar servicios a la comunidad astronómica mundial durante su paso por la administración pública. Con un poco de humor, respetuosamente expresado, recuerdo haberle descrito mi experiencia personal con su clásico texto de análisis, y que también al mis-

mo tiempo, nunca logré encontrar jamás, en ninguna parte, ni el *Rey Pastor*, ni en el *Courant*, ni en ninguno de los textos conocidos de la materia, por qué había que aceptar graciosamente que $\exp(-x^2)$ no es integrable en términos de funciones elementales. Me contestó más o menos así: *no se preocupe, quédese tranquilo, porque la respuesta es muy difícil. El desarrollo hay que buscarlo fuera del análisis, en una disciplina que se llama álgebra diferencial.*

A pesar de la fina exactitud de la respuesta que obtuve en aquel momento, es verdad lo que ha comentado Hugo Scolnik acerca del Dr. Sadosky: él no se consideraba un matemático en el sentido académico y contemporáneo del término, sino más bien un *profesor de matemática, un humanista*. La grandeza moral que encierra esta declaración transmite un mensaje clarísimo, en un mundo perturbado por supuestos expertos en casi cualquier disciplina, real o imaginaria.

Clementina ya no existe: sus gigantes válvulas termoiónicas se han quemado. Pero la herencia intelectual, administrativa, y pedagógica que dejara el padre de la computación científica argentina, sigue tan vigente como nunca, honrando la memoria de quien la trajera desde Inglaterra hasta las pampas, y hoy se ha ido.

INNOVACIÓN Y PATENTAMIENTO

Por Pablo Paz*, y Pablo Sierra**

La producción y transferencia de nuevos conocimientos a los bienes y servicios se convirtió, para los Estados, en un aspecto central en la carrera por crear riqueza. La dotación relativa de recursos naturales, es una condición necesaria pero ya no suficiente para el éxito en la competencia con otros países. El énfasis está puesto en el conocimiento, a saber: sus fuentes "la investigación científica" y sus aplicaciones "la tecnología". Los gobiernos invierten en ciencia y en desarrollo de tecnología, sin esperar que las fuerzas del mercado concurren con recursos a su financiamiento.

De ahí que ha cobrado auge el concepto de "Sistema nacional de Ciencia Tecnología e Innovación", en cuanto a una hipotética capacidad que tienen los gobiernos para articular la producción de conocimientos y garantizar que estos sean incorporados a la producción de bienes y servicios.

Si esta actividad se cumple eficientemente los resultados benefician de manera directa ó indirecta al sistema científico-tecnológico y a sus investigadores; a la Industria, que obtiene conocimientos para mejorar su producción de bienes o su prestación de servicios mejorando su competitividad; al Estado, que eleva la productividad de la inversión presupuestaria en CyT; y a la Sociedad, que acrecienta su calidad de vida. Pero para valorizar las invenciones, y transformarlas en innovaciones pasibles de ser incorporadas a la producción de bienes y servicios, es necesario mejorar las prácticas y los marcos legales que requieren. Importa por ende, fortalecer la capacidad del Sistema para poder identificar las creaciones susceptibles de

ser protegidas y determinar las formas de protección que deben emplearse.

CREATIVIDAD-INVENCIÓN-DISEÑO- INNOVACIÓN: DE LO INDIVIDUAL A LO COLECTIVO

La creatividad contribuye en todos los campos de la actividad humana, produciendo ideas que exceden el marco de información y conocimientos disponible. A veces, dando lugar a cambios o rupturas en la manera de concebir ciertos procesos.

La invención es complementaria, ya que utiliza la idea para instrumentar una solución en base a un proceso de investigación y/o experimentación. Generalmente, las invenciones implican un alto grado de actividad mental, y quienes inventan son bien considerados por la comunidad, incluso si esa invención no alcanza el éxito comercial.

Por su parte, el Diseño como disciplina, estructura una respuesta creativa basada en una visión de conjunto o "plan", de las múltiples cualidades de los obje-

tos, procesos, servicios, y sus sistemas en todos sus ciclos de vida, desde la producción primaria hasta las formas de expansión y llegada a los mercados.

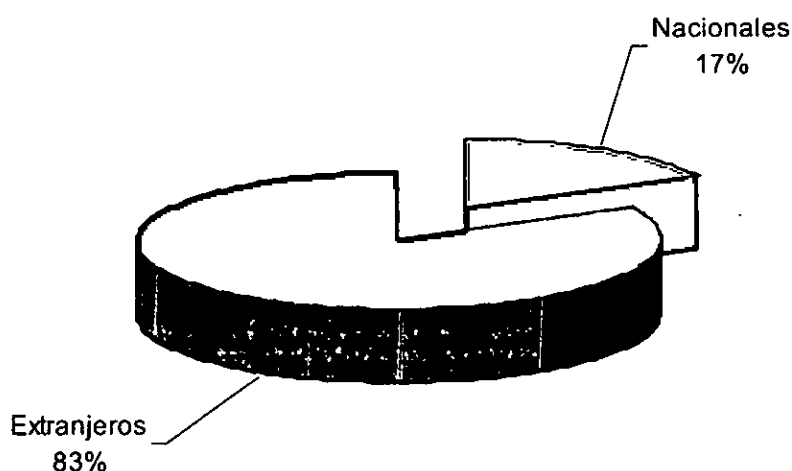
La innovación se corporiza a través de emprendimientos que logran producir un éxito comercial contribuyendo con nuevas soluciones a problemas existentes. Las mercancías portadoras de esas innovaciones desplazan el uso de otras mercancías que ofrece el mercado. Las sociedades más competitivas son aquellas en las que ese proceso no se interrumpe, y adicionalmente se reducen los tiempos que requiere una invención para que se difunda como innovación en el mercado. Un indicador muy aceptado en este sentido es la cantidad de patentes que generan los países año tras año. En Argentina, en los últimos dos años, un 17% de las solicitudes de patentes corresponde a presentaciones efectuadas por empresas o personas nativas. Por supuesto, la mayor parte de las patentes solicitadas son Europeas o norteamericanas.

Los temas o campos técnicos de aplica-

Publicaciones de solicitudes de patentes en Argentina

Nacionales / Extranjeros

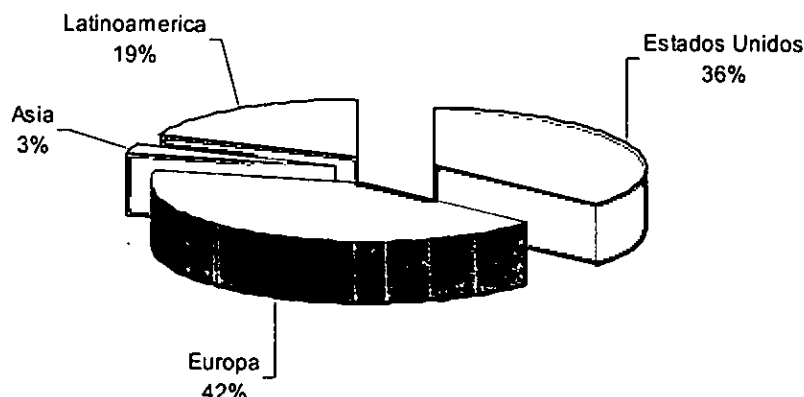
Julio 2003 a Julio 2005



* Ingeniero, especialista en instrumentos del derecho de propiedad industrial

** Director de la SECYT y Coordinador del Programa INNOVAR

**Publicaciones de solicitudes de patentes en Argentina
Por país y/o Continente
Julio 2003 a Julio 2005**



CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS (C.O.N.I.C.E.T.)	40
UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO	25
COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA (CNEA)	22
UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES (UBA)	17
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA AGROPECUARIA (INTA)	12
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS DE LAS FUERZAS ARMADAS (CITEFA)	10
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE	9
INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGÍA INDUSTRIAL (INTI)	7
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES (ITBA)	5
UNIVERSIDAD NACIONAL DE QUILMES, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL y UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUYO	4
UNIV. NAC. DE LA PLATA, INVAP SOCIEDAD DE ESTADO, e INST. NAC. DE INVESTIG. Y DE SARROLLO PESQUERO (INIDEP)	3
INST. NAC. DE CIENCIA Y TÉCNICA HÍDRICAS INCYTH, UNIV. NAC. DE ROSARIO, FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIV. NAC. DE LA PAMPA, y FUND. UNIVERSIDAD DE CUYO	2
UNIV. NAC. DE CÓRDOBA, UNIV. NAC. DEL SUR, UNIV. DE SAN LUIS, FACULTAD REGIONAL AVELLANEDA, UTN, UNIV. DE MISIONES, UNIV. DEL NORDESTE, UNIV. NAC. DE GENERAL SAN MARTÍN, UNIV. CATÓLICA DE CUYO, ASOCIACIÓN COOPERADORA DEL INST. DE INVESTIG. MINERAS DE LA U.N. DE SAN JUAN, UNIV. NAC. DE CUYO	1

ción de estas solicitudes, muestran la predominancia de la sección de productos que atienden necesidades corrientes de uso cotidiano; y la producción y el transporte.

Los Centros de Investigación Estatales y las Universidades de mayor dinamismo en materia de patentamiento, considerando la década del período 1995 a 2005, muestran la predominancia del CONICET, y mucho más abajo, las universidades e institutos nacionales. Esto se vincula en gran medida con un gran dinamismo de la oficina de transferencia de tecnología del CONICET, que en los últimos años a desplegado una importante labor.

En efecto un gran porcentaje de las publicaciones de patentes corresponden a los últimos años, indicando ello la toma de conciencia por parte de las Instituciones con relación a las oportunidades comerciales, tanto en Argentina como en el exterior, otorgadas por la exclusividad que brinda una patente de invención.

PORQUE ESTIMULAR EL PATENTAMIENTO

Los derechos de propiedad industrial, en combinación con otros instrumentos de comercialización permiten:

1. Distinguir sus productos y servicios y hacerlos fácilmente reconocibles;
2. Promover sus productos o servicios y crear una clientela fiel;
3. Diversificar su estrategia de mercado para dirigirla a distintos grupos de clientes; y

4. Comercializar sus productos o servicios en el extranjero

A efectos de estimular estas buenas prácticas, el Programa INNOV-AR se plantea como un espacio permanente de soluciones a los problemas que deben enfrentar los emprendedores en el campo del diseño y las nuevas tecnología, sean o no microempresas, para que sus creaciones se difundan en el mercado. La primera iniciativa del Programa fue el Concurso Nacional de Productos Innovadores (www.innovar.gov.ar).

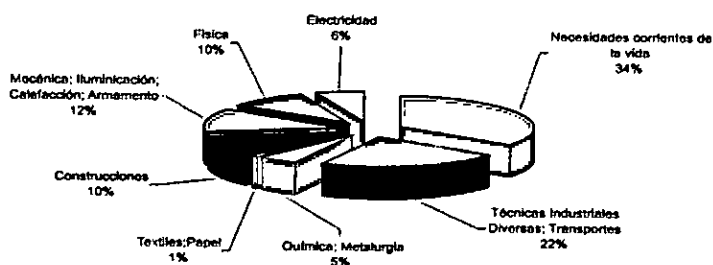
Con el Concurso, quisimos animar a los emprendedores a enfrentar las incertidumbres naturales que genera invertir esfuerzos y recursos, en el desarrollo de un proyecto. Entre los beneficios que obtuvieron quienes concursaron se cuenta:

1. Un análisis y evaluación de su proyecto;
2. La posibilidad de publicarlo, una vez concluido el concurso en nuestro sitio web;
3. Participar de la exposición de productos innovadores que tuvo lugar este año en el mes de septiembre;
4. Y, por supuesto, ganar algunos de los premios en efectivo planteados.

El concurso premia productos o procesos registrados o registrables, o sea aquellos que por su originalidad son pasibles de brindar a su autor la exclusividad de la explotación. Las creaciones originales, los nuevos diseños las invenciones, que representan oportunidades comerciales, pueden llegar a ser innovaciones mucho más fuertes si logramos primero proteger los derechos de propiedad de sus autores y luego introducirlas en el mercado. Con el tiempo, queremos consolidar un centro de apoyo a las Innovaciones que actúen como espacios articuladores de distintas ofertas, para la asistencia permanente de los creativos de todo el país.

Se trata de una iniciativa de Los Ministerios de Educación Ciencia y Tecnología y el Ministerio de Economía, a través de distintas áreas vinculadas al tema.

**Publicaciones de solicitudes de patentes por campo técnico
Julio 2003 a Julio 2005**



CUMPLEAÑOS NUMERO 29 DE INVAP S.E

Una empresa dedicada al desarrollo y comercialización de tecnologías de punta, cumple 29 años de labor ininterrumpida en nuestro país, con una proyección internacional extraordinaria. Un legítimo orgullo argentino.

Con este texto dirigió el Lic. Héctor Otheguy, Gerente General de INVAP S. E. una carta a todo el personal de la empresa, con motivo del cumpleaños numero 29 de la misma.

En ella se describe brevemente la situación actual de la empresa, así como sus perspectivas a futuro.

Un cumpleaños siempre es una ocasión para revisar lo hecho, determinar dónde se está parado y tratar de vislumbrar el futuro. Tratemos de hacerlo.

El cumpleaños número 29 encuentra a una empresa madura, sólidamente implantada en el mundo de varias ramas de la tecnología, conocida y respetada tanto dentro como fuera del país.

Tenemos detrás nuestra una sucesión de éxitos tecnológicos que nos enorgullecen: el enriquecimiento de uranio, seis reactores nucleares para investigación (dos de ellos hechos como subcontratistas de CNEA), varias plantas químicas – entre ellas una para tratamiento de residuos peligrosos – tres satélites, uno de los cuales vuela todavía, y dentro de poco habrá llegado al año suplementario al período de cuatro de su vida prevista.

También hemos superado situaciones difíciles, momentos en los cuales por razones financieras la misma supervivencia de la empresa estuvo en peligro. Y las hemos superado con la ayuda y la solidaridad de nuestra gente.

En el presente, estamos creciendo. Estamos ya en las etapas finales de la construcción del reactor australiano, que incluyen su puesta en marcha y su entrega al cliente, cosa que estimamos ocurrirá a mediados de 2006. Estamos construyendo dos satélites más, uno de ellos elegido por la NASA como plataforma de un instrumento de alta complejidad cuyo valor es de cerca de 200 millones de dólares; y el otro llevará un sistema de radar mucho más complejo que los que se emplean en el control del espacio aéreo. Estamos exportando 18 centros de radioterapia a Venezuela, los cuales cubrirán el 90% de las necesidades médicas de ese país en el rubro del tratamiento del cáncer. Estamos a punto de inaugurar el primer radar secunda-

rio monopulso argentino (RSMA) para el control de la aeronavegación civil, y hemos comenzado a trabajar en el desarrollo del primer equipo nacional de Radar 3D para la supervisión y protección del espacio aéreo nacional.

Continúa la consolidación en el área de Petróleo y Gas, y estamos comenzando a afianzarnos en el importante mercado de la Industria Química, ofreciendo Ingeniería de Procesos, provisión de plantas piloto y plantas industriales, sobre todo en lo relativo a Tratamientos de Efluentes y de Residuos. En lo que respecta a Energía Eólica estamos consolidándonos en el mercado de baja potencia, y en lo relativo a alta potencia, pareciera que comienza a encaminarse nuestro proyecto de desarrollo de aerogeneradores de 1,5 MW y 2 MW, con miras a la instalación de parques eólicos interconectados, sobre todo en las zonas de mejor recurso de la Patagonia. El desarrollo de tecnología propia en eólica de potencia, permitirá dar inicio una importante industria nacional.

En la bisagra entre el presente y el futuro está el inminente comienzo de las obras en nuestra nueva Sede empresarial. La conclusión de esta obra nos verá, por fin, reunidos (casi) todos en un solo local, por segunda vez en la historia de nuestra empresa: la primera fue cuando éramos media docena e INVAP nació como tal en una habitación de uno de los pabellones del Centro Atómico Bariloche.

La reevaluación de la relación entre riesgo y beneficio –a favor del segundo– de la energía nuclear en todo el mundo como consecuencia del ya innegable cambio climático abre nuevas posibilidades para nuestras actividades: incrementará la necesidad de formación de nuevos especialistas en reactores, que

se formarán en reactores de investigación, como los que nosotros proveemos; aumentará la necesidad de extender la vida de muchas centrales que ya han cumplido la vida útil prevista originalmente, la cual presenta oportunidades para nuestra participación en función de nuestra experiencia y las tareas que ya estamos llevando adelante con importantes empresas internacionales. En nuestro país a la extensión de vida de las dos centrales en operación se suma nada más y nada menos que la finalización de Atucha II, en las cuales aspiramos a jugar un rol significativo junto con NASA y CNEA.

Estamos saliendo al exterior del país con nuestra oferta espacial, tan particularmente apta para países de importancia y desarrollo medianos que quieren trabajar con alguien que entienda mejor sus necesidades específicas y les pueda proponer soluciones a su medida. Y estamos ingresando en nuevas áreas, gracias a la decisión del Estado –tanto nacional como provincial– de desarrollar localmente tecnologías que antes se importaban. Estamos mostrando como el trabajo conjunto entre el Estado y las empresas contribuye a mejorar la competitividad del país perfeccionando desarrollos tecnológicos. Este es un factor clave, tanto en el aumento de sus exportaciones como en el mercado interno, para posibilitar el crecimiento económico sustentable tan anhelado. Esto se refiere sobre todo al Plan Nacional de Radarización, pero también a diversos trabajos que hemos hecho y estamos haciendo para los organismos encargados de velar por nuestros derechos y por el cuidado de nuestro medio ambiente. Esto incluye temas tan diversos como el suministro de computadoras “robustas” para uso militar como el control de la pesca en el Golfo San

Matías o el desarrollo de simuladores para la instrucción de pilotos navales, o instrumentos para la detección temprana de los incendios de bosques.

Siempre hemos gozado del apoyo de las autoridades, tanto nacionales como provinciales, y ésta es una buena ocasión para recordarlo y agradecerlo. Además, nuestro tradicional reconocimiento a la CNEA, de donde nacimos, y a la CONAE por seguir confiando en INVAP como brazo ejecutor de sus programas. Y también es una buena ocasión para

dar nuevamente la bienvenida a los numerosos nuevos compañeros que se han incorporado recientemente a la comunidad invapiana, y que habrán encontrado en INVAP un lugar de trabajo con muchas peculiaridades pero que les ofrece reales posibilidades de desarrollo profesional. Ellos son la prueba viviente de aquello de lo que en INVAP siempre hemos estado convencidos: de la necesidad de un mejor aprovechamiento de la materia gris que el país posee en abundancia y cuya formación

constituye su mejor inversión en un futuro mejor.

El futuro se ve promisorio, no sólo por el nivel tecnológico adquirido sino además porque otra vez la Argentina está confiando en la capacidad de sus científicos y tecnólogos como elementos clave para el desarrollo del país.

H. E. Otheguy

1° de Septiembre de 2005

PREMIOS INTERCIENCIA

Una vez más la Asociación Interciencia, que agrupa a todas las Asociaciones para el Progreso de las Ciencias del hemisferio, ha canalizado premios que, con el objeto de enfatizar la importancia de la Ciencia en el desarrollo intelectual del individuo, así como el desarrollo económico de los países de nuestro hemisferio y el bienestar de los pueblos de las Américas, otorga el gobierno de Canadá.

Ello ocurre, por una parte, a través de la Association Francophone pour le Savoir (ACFAS) que, para el año 2005, ha instaurado un premio en el área de la Biodiversidad y Ecología. Ha sido asignado al Dr. Rodrigo Gamez Lobo, natural de Costa Rica, por su sobresaliente contribución en estos campos. La nominación se basó en tres ejes principales del quehacer de este científico, su trabajo de investigación en el campo de la virología de plantas,

su gestión en materia de biodiversidad, así como la conducción del desarrollo institucional, científico y tecnológico en varias instituciones, entre estas algunos centros de investigación de la Universidad de Costa Rica y el CONICIT, del cual es miembro fundador. Debe aclararse que al premio Interciencia se suman otros reconocimientos como el Premio Interamericano Dr. Bernardo Houssay 1983 otorgado por la OEA por la investigación básica desarrollada en virus del maíz y de leguminosas.

Por otra parte, a través de la empresa canadiense Hydro-Quebec, Interciencia ha nuevamente otorgado un premio en el área de Energía.

En este caso ha sido favorecido otra vez un argentino, Dr. Miguel Angel Laborde (el año pasado fue el Lic. José Fink). El Dr. Laborde es Profesor Titular de Ingeniería Química, en la Uni-

versidad de Buenos Aires, e investigador del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). La tarea del Dr. Laborde se ha centrado últimamente después de 5 años de trabajo, en la producción de hidrogeno a partir de bioetanol (obtenido de fuentes renovables) en estado gaseoso para, en celdas de combustible, transformarlo en energía eléctrica. El Señor Jaques Lepage, Director General de la empresa de generación eléctrica Fortuna S.A ha destacado que «Hydro-Quebec otorga una gran importancia a la investigación y al avance de las ciencias, y reconoce el valor del trabajo de investigadores como el Dr. Laborde.»

A ambos investigadores la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias los felicita efusivamente y muy en especial al Dr. Laborde, a quien propusiera para este Premio.

Fundación Instituto de Biología y Medicina Experimental

La Fundación Instituto de Biología y Medicina Experimental (IByME), fue creada en 1949 por el Dr. Bernardo A. Houssay para impulsar la investigación científica, estrechar vínculos con instituciones con fines análogos y acrecentar la formación de recursos humanos. Este espíritu de excelencia perdura hasta nuestros días.

La Fundación IBYME constituye además, la primer Unidad de Vinculación Tecnológica aprobada por la Secretaría para la Tecnología, la Ciencia y la Innovación Productiva, posibilitando su interacción con empresas privadas y organizaciones no gubernamentales.

Vuelta de Obligado 2490 (1428), Buenos Aires, Tel.: 4783-2869, Fax: 4786-2564
Correo electrónico: ibyme@dna.uba.ar

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

CIENCIA E INVESTIGACIÓN

Ciencia e Investigación, órgano de difusión de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, es una revista de divulgación científica y tecnológica destinada a educadores, estudiantes universitarios y público en general. La temática abarcada por sus artículos es amplia y va desde temas básicos hasta biográficos, actividades desarrolladas por científicos y tecnólogos argentinos, reuniones nacionales e internacionales, historia de las ciencias y comentarios bibliográficos.

PRESENTACIÓN DEL MANUSCRITO

El manuscrito deberá presentarse por triplicado, escrito en castellano, en hojas tamaño A4, de un solo lado a doble espacio, con márgenes de por lo menos 2,5 cm a cada lado, letra Times New Roman, tamaño 10.

Las páginas deben numerarse en forma corrida, incluyendo el texto, bibliografía y las leyendas de las figuras. Colocar las ilustraciones al final en páginas sin numerar.

La versión corregida del manuscrito (luego de arbitrado) debe ser enviada por los autores en forma impresa y dis-

kette, con extensión .txt, .doc o .rtf, en procesador de texto de uso corriente y acompañado por los originales de las figuras.

La primera página deberá contener en el orden siguiente: Título del trabajo, nombre de los autores, dirección postal completa, correo electrónico, número de Fax, teléfono y lugar de trabajo. La segunda página incluirá un resumen del trabajo con un máximo de 250 palabras. El texto del trabajo comenzará en la tercera página y finalizará con la bibliografía.

El material gráfico se presentará como figuras (incluye dibujos y fotografías) y tablas, numerados correlativamente y citados en el texto. Colocar el número, título y autores en el margen de cada figura. Se recomienda que las figuras tomen todo el ancho de la caja (18 cm) o el de una columna de texto (5,5 cm). Se deberá respetar siempre el formato de la caja (18 x 24 cm) o sus proporciones. Preferiblemente el material gráfico deberá incluirse en el diskette. Las fotografías podrán ser remitidas en blanco y negro o color. Las ilustraciones en color solo se publicarán si contribuyen a la mejor comprensión del texto. Las figuras preparadas con computadora deberán ser ca-

lidad láser o similar, a 300dpi y 65 lpi como mínimo, en el tamaño de publicación.

La lista de trabajos citados en el texto, deberá ordenársela alfabéticamente de acuerdo con el apellido de los autores, seguido por las iniciales de los nombres, año de la publicación, título completo de la misma, título completo de la revista o libro donde fuera publicado.

La extensión de los artículos que traten temas básicos no excederá las 10.000 palabras, incluyendo la lista de trabajos citados en el texto. Otros artículos relacionados con actividades científicas, biografías, historia de las ciencias, etc., no deberán exceder las 6.000 palabras. Los derechos de autor que devenguen de la publicación de Ciencia e Investigación serán propiedad de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias. Por cada artículo publicado se entregará al autor, cinco separatas sin cargo.

Se debe enviar el manuscrito a:
Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias
Ciencia e Investigación
Comité Editorial
Av. Alvear 1711, 4° piso, (1014AAE)
Ciudad Autónoma de Buenos Aires
Argentina

ASOCIACION ARGENTINA PARA EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS

COLEGIADO DIRECTIVO

Presidente

Dr. Alberto Baldi

Vicepresidente

Dr. Marcelo Dankert

Secretario

Dr. Máximo Barón

Tesorero

Dr. Horacio H. Camacho

Protesorero

Dr. Carlos Rinaldi

Miembros Titulares

Ing. Juan Carlos Almagro

Dra. Nidia Basso

Dr. Eduardo H. Charreau

Dra. Isabel Luthy

Dr. Sadi U. Rifé

Lic. Ricardo D. Miró

Dr. Renato Radicella

Dr. Marcelo VERNENGO

Dr. Juan R. de XAMMAR Oro

Sociedades Científicas que participan del Colegiado

Sociedad Argentina de Biología

Sociedad Argentina de Farmacología Experimental

Sociedad Argentina de Investigación Bioquímica y Biología Molecular

Sociedad Argentina de Investigación Clínica

Unión Matemática Argentina

Miembros Fundadores

Dr. Bernardo A Houssay

(1887 - 1971)

Dr. Eduardo Braun Menéndez

(1903 - 1959)

Avenida Alvear 1711-4° Piso
(C1014AAE) Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina



**BECKMAN
COULTER**

• **phenomenex**

**Hanson
Research**

HORIBA

4 GILSON

 **TELEDYNE
INSTRUMENTS**
Tekmar

**La calidad de nuestras
representadas definen nuestra
calidad.**

**Nuestros profesionales
la ratifican.**

 **TELEDYNE
INSTRUMENTS**
LeemansLab


Arizona Instrument

Usted ya sabe.

DANI
Cromatógrafo de gases

BIOESANCO

Bio Esanco S.A. Tacuarí 615 - C1071AAM Buenos Aires - Argentina
Teléfono: (011) 5237-1111 - Fax: (011) 5236-6638
Email: info@bioesanco.com.ar - Página web: www.bioesanco.com.ar

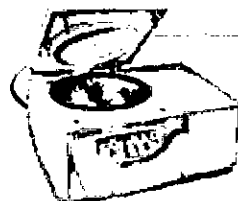
Nikon

ECLIPSE

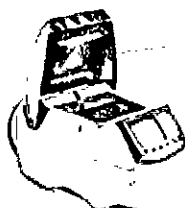


MICROSCOPIOS

Thermo Labsystems
Micropipetas Finn pipette
Lectores de ELISA



Thermo IEC
Centrífugas



Thermo Hybaid
Termocicladores

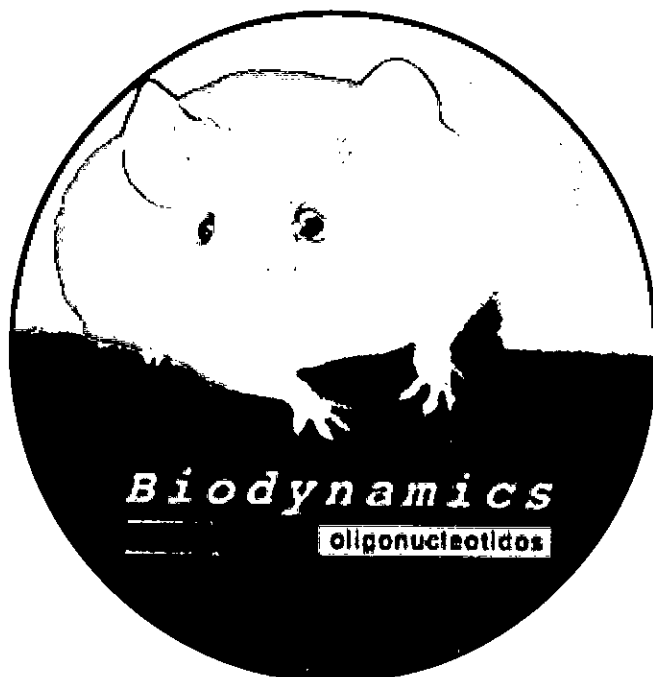
Thermo Forma
Flujo laminar - Estufas CO2
Agitadores orbitales
Ultrasonidos
Criopreservación



Visite nuestra nueva página web: www.microlat.com.ar

MICROLAT S.R.L.

Carlos Pellegrini 755 - 9° Piso - 1009 - Capital Federal
Tel./Fax: 4326-5205 / 4326-2128 / 4322-6341 - e-mail: info@microlat.com.ar



Biodynamics

oligonucleótidos

MICROARRAYS

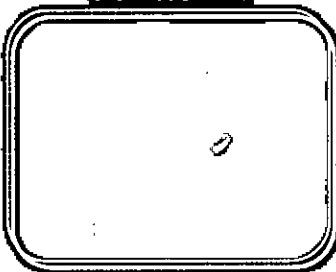


GeneChip® System

Una Solución Integral para Estudiar
la Expresión y Análisis del DNA.
Diseñados con técnica fotolitográfica

GENOMICA

Mapeo de genoma total

GeneChip®
Mapping ArrayMapeo de un sector
cromosómicoGeneChip®
Tag Array

Resecuenciación

GeneChip®
Resequencing Array

CALIDAD

ETC Internacional se complace en anunciar
la disponibilidad de los Microarrays, Instrumentos
y Reactivos de AFFYMETRIX® en los territorios
de Argentina, Paraguay y Uruguay.

ETC_{INT. S. A.}

Asesoramiento y Ventas:

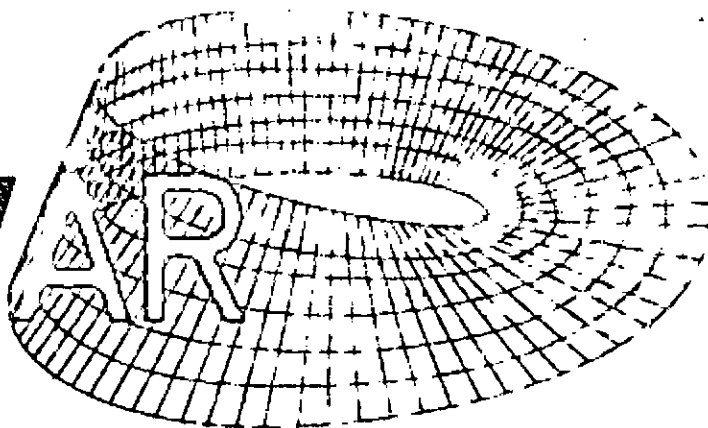
Allende 3274 (C1417BMV) Buenos Aires. Argentina
Tel. (54 11) 4639 3488 - etcventa@etcint.com.ar

AFFYMETRIX®



www.affymetrix.com

INNOVAR 2006



**2do. Concurso Nacional
de Innovaciones 2006**

PREMIOS 2005

1er Premio \$30.000

2do Premio \$15.000

3er Premio \$10.000

Premios INET \$30.000

Premios OMPI U\$d 1000

6 Menciones honoríficas

20 créditos FOMICRO del Banco Nación

CATEGORIAS 2006

1. Premios "INNOVAR": altura inventiva/potencial comercial productos o procesos Patentados o patentables; en Argentina o en el extranjero. **\$50.000**

2. Premios "Ciencia y Tecnología Aplicada": Productos o procesos patentados o patentables derivados de una investigación científica o tecnológica; con potencial de mercado en Argentina o en el extranjero. **\$50.000**

3. Premio "INET": creaciones de alumnos de escuelas técnicas y agrotécnicas **\$30.000**

4. Premios "Diseño Industrial": Diseño innovador aplicado a la industria **\$ 30.000**

5. Premio "INTA": Innovaciones en materia agrícologanadera **\$30.000**

6. Premio "Futuro": producto o proceso de tipo futurista, para universidades.

Mención honorífica y producción de prototipo a cargo Secyt.

Jurado

Hugo Kogan

Amalia Koss

Valeria Melón

Leonardo Ostroff

José Valentini

