

# CIENCIA E INVESTIGACION

*Medio Ambiente y Energía Nuclear*

*El Gen dCREB2 y la Memoria*

*La Glándula Pineal y el Reloj Biológico*

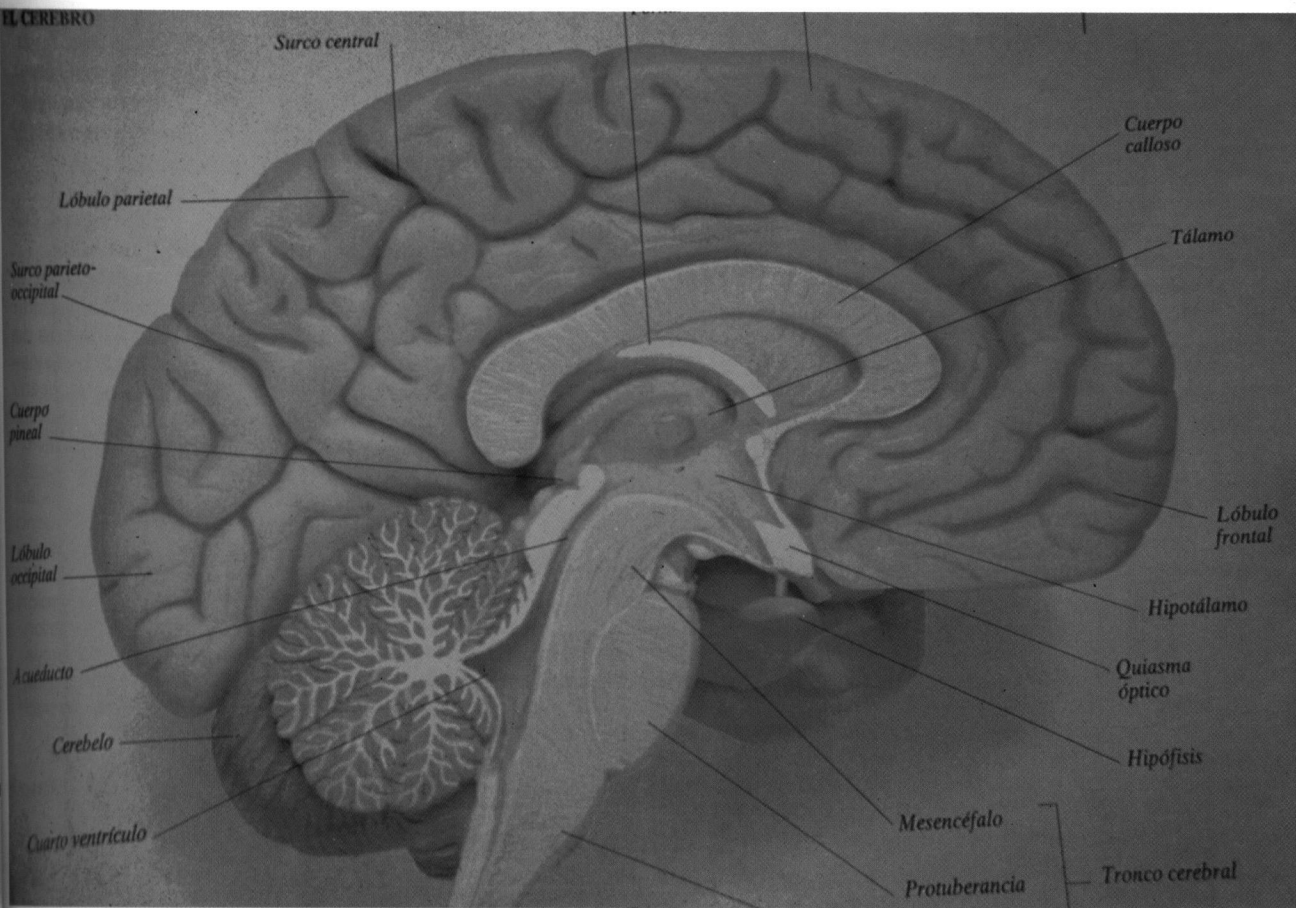
*Detección de un Fraude por el Test Tau*

*Ecología de Malezas y Preservación Ambiental*

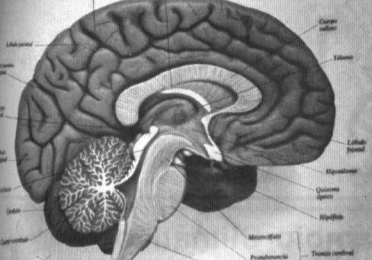
ASOCIACION ARGENTINA PARA  
EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS

TOMO 51 n° 3 y 4

\$ 4.00



Esta edición de **CIENCIA E  
INVESTIGACIÓN** es editada con  
un subsidio de **YPF S.A.**



Corte sagital del cerebro y ubicación anatómica de la glándula Pineal.

## CIENCIA E INVESTIGACIÓN

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

Tomo 51 n° 3 y 4 Correspondiente a los meses de julio-diciembre de 1998. Impreso en marzo 1999.

### COMITÉ EDITORIAL

Director

Dr. Horacio H. Camacho

Editores Asociados

Ing. Juan C. Almagro

Dr. Alberto Baldi

Dr. Máximo Barón

Dr. Demetrio Boltovskoy

Dr. José E. Bonaparte

Dr. Juan C. Calvo

Dr. Marcelo Dankert

Dr. Julio Gratton

Ing. Arturo Martínez

Ing. Renato Radicella

Dr. Sadi U. Rifé

Dr. Carlos Rinaldi

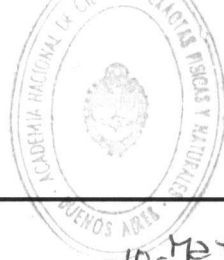
Dr. Carlos Segovia Fernández

Ing. Roberto B.A. Solanilla

Editorial

## CIENCIA E INVESTIGACIÓN

# SUMARIO



## 52

### MEDIO AMBIENTE Y ENERGÍA NUCLEAR

**Medio Ambiente, Energía Nuclear y Transmutación de Residuos Nucleares.** Por *Roberto Solanilla*. La Energía Nuclear por ser completamente limpia y de alta disponibilidad, puede considerarse apta para satisfacer la demanda creciente en calidad de vida de la humanidad.

## 64

### GENÉTICA

**dCREB2, el Gen que decide la Formación de la Memoria.** Por *Rubén M. Pinus*. Experiencias realizadas con la mosca común de la fruta (*Drosophila melanogaster*) proporcionan una valiosa información sobre la formación y el mejoramiento de la memoria.

## 69

### CRONOBIOLOGÍA

**La Glándula Pineal y el Reloj Biológico. Luz y Sombras, rigen nuestras Vidas.** Por *Carlos Aníbal Ruffini*. La Glándula Pineal, al producir sustancias activas como la melatonina, cumple una importante función en los procesos que afectan al ser humano debido a la alternancia de los días y las noches, y las diferentes estaciones del año.

## 82

### INVESTIGACIONES HOY

**Detección de un Fraude mediante el Test Tau de Correlación de Kendall.** Por *Ricardo D. Miró*. Interesante aplicación de la Estadística a la resolución de un hecho delictivo.

## 87

**El rol de la ecología de malezas en la preservación ambiental, manejo del raigrás en cultivos invernales.** Por *María A. Martínez-Ghersa* y *Claudio M. Ghersa*. Es importante desarrollar estrategias, no basadas en herbicidas, que permitan controlar el manejo de las poblaciones de malezas.

**CIENCIA E INVESTIGACION:** Revista de información científica. Es el órgano oficial de difusión de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, Av. Alvear 1711, (1014) Capital Federal. Teléfono: 4811-2998. Está permitida su reproducción total o parcial citando la fuente. Editor responsable: Editorial Ciencia e Investigación. Registro Nacional de la Propiedad Intelectual N° 82.657. Realización gráfica: Estudio Sigma S.R.L. Tel.: 4824-9431. Precio por ejemplar: \$ 4.00. Números atrasados: se abonan igual al último precio de tapa. Distribuidor en Capital Federal: Vaccaro Hnos. S.A., Entre Ríos 919, Piso 1°, (1080) Capital. Teléfono: 4305-3908/3854. En el interior: D.I.S.A. Distribuidora Interplazas S.A., Pte. L.S. Peña 1836 (1135) Capital Federal. Teléfono 4304-9377/4973

## COLEGIADO DIRECTIVO

Presidente

**Dr. Alberto Baldi**

Vicepresidente

**Dr. Marcelo Dankert**

Secretario

**Dr. Máximo Barón**

Tesorero

**Dra. Clara K. Fishman**

Protesorero

**Dr. Horacio H. Camacho**

Miembros titulares

**Dra. Nidia Basso**

**Dr. Eduardo Charreau**

**Dr. Augusto García**

**Dr. Eduardo L. Palma**

**Dr. Sadi U. Rifé**

**Dr. Carlos A. Rinaldi**

**Dr. Carlos Segovia Fernández**

**Dr. Alberto C. Taquini (h)**

**Dra. Susana E. Trione**

**Dr. Marcelo Vernengo**

Sociedades Científicas que  
participan del Colegiado

**Sociedad Argentina de Biología**

**Sociedad Argentina de**

**Farmacología Experimental**

**Sociedad Argentina de**

**Investigaciones Bioquímicas**

**Sociedad Argentina de**

**Investigaciones Clínicas**

**Unión Matemática Argentina**

Miembros Fundadores

**Dr. Bernardo Houssay**

(1887-1971)

**Dr. Eduardo Braun Menéndez**

(1903-1959)

AV. ALVEAR 1711 - 4° PISO  
TEL. 4811-2998  
(1014) BUENOS AIRES - ARGENTINA

ISSN - 0009 - 6733

## Conferencia sobre Cambio Climático

Del 2 al 13 de noviembre de 1998 se celebró en Buenos Aires la 4ª reunión de la Conferencia de las Partes (COP) del Convenio Marco de Cambio Climático y la 1ª reunión del Protocolo de Kioto aprobado por los gobiernos el año pasado en Kioto, Japón. El hecho de que Buenos Aires haya sido la sede de una reunión internacional de este nivel coincide con la política de protagonismo nacional que la Argentina ha seguido en forma creciente desde el inicio de la década del 90. Dentro de este protagonismo, uno de los temas internacionales que sobresalen en esta década son los ambientales, debido a la creciente preocupación que en la materia tienen los países del mundo.

El tema ambiental tuvo el primer gran impulso a nivel intergubernamental con la Conferencia El Ambiente Humano, celebrada en Estocolmo en 1972, cuando se estableció el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). La creación de este Programa fue la respuesta política a las crecientes evidencias científicas que mostraban el deterioro del ambiente, en particular, la contaminación de la atmósfera, el deterioro progresivo del agua potable, la desertificación, la deforestación y la pérdida de especies por el uso indiscriminado del ambiente y la contaminación de la atmósfera y los recursos naturales.

Sin embargo y a pesar de los esfuerzos del PNUMA para que el tema ambiental fuera apoyado por todos los países, la preocupación por el ambiente se mantuvo en el ámbito de los países desarrollados, mientras que los en desarrollo reaccionaban con una fuerte desconfianza, ya que interpretaban que las demandas presentadas por los científicos y expertos de los países desarrollados era una nueva excusa de estos últimos para introducirse en el manejo de los ecosistemas frágiles de dichos países, especialmente de los tropicales como las selvas amazónicas y del sudeste asiático, comprometiendo la posibilidad de su desarrollo futuro. La solución política a esta falta de confianza fue en parte superada por el Informe Brundtland, Primera Ministra de Noruega, quien introdujo el concepto de "desarrollo sustentable" gracias al cual, se reconoció que el desarrollo económico y social era imposible acordar estrategias adecuadas para el manejo ambiental que resultaran en un equilibrio dinámico de desarrollo con preservación del ambiente para las futuras generaciones.

Este nuevo concepto de conservación y uso sustentable del ambiente fue aprobado por la mayoría de los gobiernos en 1992, en la Cumbre Mundial sobre el Ambiente en Río de Janeiro. En esta ocasión se adoptó el Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo conocido por la Agenda 21. Adicionalmente se firmaron dos tratados internacionales que ya son ley en nuestro país: 1) Convenio sobre la Diversidad Biológica (ratificado en noviembre de 1994 por la ley 24.375) y 2) Convenio Marco de Cambio Climático (ratificado en julio 1994 por la ley 24.295). A estos dos tratados se suma la Convención de Lucha contra la Desertificación, ratificado por la Argentina en enero de 1997 por la ley 24.701. La Agenda 21 y los tres tratados mencionados inician un proceso en el cual los países reconocen que todos son responsables del deterioro ambiental del planeta pero las responsabilidades son diferenciadas, ya que los países desarrollados se han beneficiado más por el deterioro del ambiente que los en desarrollo. Esto fue reconocido por los países desarrollados, los cuales aprobaron la creación de un fondo denominado Fondo para el Medio Ambiente Mundial implementado por el Banco Mundial, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Quizás, el tema más difícil en este proceso internacional iniciado en 1992 sea la búsqueda de consenso para la cooperación dentro del Convenio de Cambio Climático, porque obliga a una transformación tecnológica amplia y profunda, tal como cambiar las fuentes de generación y uso de la energía para cumplir con las metas de reducción de las emisiones, especialmente la de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El compromiso de disminución no sólo se limita al mencionado gas sino que también incluye al metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O),

hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). Dentro de los gases identificados por el Convenio como perjudiciales, el metano resulta el segundo en importancia después del dióxido de carbono, porque es generado principalmente por los desechos incluso los domiciliarios y por los rumiantes de manera que los países productores de carne, como la Argentina y el Uruguay, deberán tomar medidas para controlar su emisión.

La voluntad política para lograr una reducción especialmente de dióxido de carbono ya fue demostrada en la 1° reunión de la Conferencia de las Partes celebrada en Berlín en 1995, donde los países aprobaron la negociación de un protocolo que incorporara compromisos de reducción de emisión de gases de efecto invernadero, períodos de tiempo para hacerlas efectivas y mecanismos de cooperación internacional para cumplir con las metas acordadas. Estos compromisos de reducción de la emisión son obligatorios para los países del Anexo A del Convenio, que incluye a todos los desarrollados y a los países de economía en transición (este grupo está formado por países del este europeo pertenecientes al ex pacto de Varsovia y miembros de la ex-Unión Soviética). Cabe destacar, que debido a las consecuencias económicas que significa la reducción de emisiones, desde la 1° COP se intentó desautorizar las evidencias científicas sobre las consecuencias del incremento de los gases efecto invernadero en la atmósfera. Este comportamiento obstructivo es característico de los países petroleros, los cuales trataron de obstaculizar el avance de dicho proceso desde su inicio. Sin embargo, los países desarrollados, particularmente la Unión Europea, lograron que en la 3° COP realizada en Kioto, Japón, se aprobara el protocolo que incorporó los porcentajes de emisión, las metas de cumplimiento y los mecanismos de transacción de los excedentes de emisiones de dióxido de carbono.

El Protocolo de Kioto establece como año base para su aplicación las emisiones generadas a partir de 1990 y los resultados de las actividades para reducirlas, a partir del quinquenio 2005-2010. Esta decisión fue clave para aprobar el Protocolo ya que permite a los países, que tienen compromisos obligatorios, una transformación progresiva de su economía energética. Para algunos países desarrollados como Alemania, Dinamarca, Finlandia, Francia, Holanda, Italia y Suecia, la respuesta ha sido una importante inversión para el mejoramiento de fuentes de energía como la hidráulica y la proveniente de gas fósil, así como el desarrollo de nuevas fuentes como la eólica, solar incluyendo la investigación y desarrollo en producción y uso de hidrógeno líquido. Asimismo, Alemania desde el comienzo de este proceso apoya financieramente desde el sector público, esfuerzos científicos y técnicos para mejorar e innovar los sistemas de transportes "ambientalmente limpios". Otros países como Estados Unidos, cuya industria y su población en general se basa principalmente en fuente de energía proveniente de derivados del petróleo, prioriza el aumento de fuentes de absorción de carbono, propiciando la transacción con países en desarrollo de créditos para emitir en programas para el uso sustentable de bosques implantados y nativos, especialmente en las pluvioselvas.

La Argentina, propiciando y financiando una conferencia internacional de esta envergadura, como ya lo hiciera en 1996 al ser sede para la 3° reunión de la Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica, demuestra su decisión de ser protagonista a nivel internacional del proceso iniciado en 1992. Esta voluntad de participar en los nuevos marcos de política ambiental abre nuevas oportunidades en el ámbito científico, técnico, económico y comercial que se analizarán en otra oportunidad.

**Ing. Arturo Martínez**

## MEDIO AMBIENTE, ENERGÍA NUCLEAR Y TRANSMUTACIÓN DE RESIDUOS NUCLEARES

Por Roberto Solanilla\*

*El desafío de compatibilizar la conservación del medio ambiente y el progreso material, ambos requeridos por las sociedades modernas, puede ser resuelto con la Energía Nuclear, debido a su naturaleza limpia –ausencia de emisiones de efluentes gaseosos– y alto nivel de confiabilidad (seguridad) y disponibilidad (operatividad). Sin embargo la comunidad científica-técnica internacional preocupada en eliminar todo riesgo potencial futuro derivado de una eventual descarga de material radiactivo proveniente de los Repositorios Nucleares, desarrolla un concepto de Reactor Nuclear surgido del acoplamiento entre un Acelerador de partículas, como los usados en la Física para investigar la naturaleza de la materia y un Reactor Nuclear Subcrítico. Con este concepto es posible en términos prácticos incinerar y transmutar los materiales radiactivos de larga vida formados en el combustible nuclear extraído de las Centrales Nucleares de la presente generación.*

### EL MEDIO AMBIENTE Y LA ENERGÍA NUCLEAR

La preservación del medio ambiente, sin lugar a dudas una de las

preocupaciones más apremiantes de los tiempos que corren, se ha transformado en el desafío del siglo XXI.

El deterioro que surge de las actividades humanas es la consecuencia por un lado de una demanda en el mejoramiento de la calidad de vida de una población mundial que está en crecimiento sostenido (en miles de millones, se prevé que pase del valor actual de 5.5 a 8.0 para el año 2050, igual a cuatro veces la población mundial a principio del siglo XXI, y de la cual 6.5 –el 80%– correspondería a los países denominados en desarrollo) y que exige fuertes ritmos

de producción de bienes y servicios y por el otro lado, del descuido en la emisión de los efluentes y en la eliminación de los desechos que inevitablemente resultan de los procesos tecnológicos correspondientes a la transformación.

En un país industrializado como el Reino Unido, la cifra de los residuos industriales anuales para el año 1970 representaban el 34% del total de los residuos, que equivale a unos 10 millones de metros cúbicos y de una magnitud que los residuos domésticos; los correspondientes a la extracción del carbón, que es una actividad muy importante para la economía

\* R. Solanilla es Ingeniero egresado hace más de 40 años de la Universidad Nacional de Córdoba y especializado en Energía Nuclear, habiendo desarrollado sus actividades de Investigación, Desarrollo y Aplicación en el área de los Reactores y Centrales Nucleares en la CNEA, en la Empresa ENACE hasta su disolución en 1996 y posteriormente en Nucleo Eléctrica Argentina. Realizó estudios de su especialidad y se desempeñó en el exterior, particularmente en Francia (1958-1962) y Alemania (1969-1972). Cuenta con numerosas publicaciones sobre temas de su especialidad.

ese país, era un 23% mientras que los "terridos" residuos radiactivos solamente un 0.04% (46030 m<sup>3</sup>) con casi 40 centrales nucleares en operación que proveen el 27% de la energía eléctrica total del Reino Unido.

La demanda próxima en energía es un típico caso donde se espera una gran expansión, en particular la correspondiente a la energía eléctrica en los países no industriales que aspiren (por lo menos) "acercarse" en los próximos 50 años desde los actuales pobres niveles de menos de 1000 Kwh de energía per capita al registro presente entre 8000-12000 Kwh de energía eléctrica consumida por habitante de los países industriales con alta capacidad de desenvolvimiento humano.

La armonización del progreso necesario y la conservación del medio ambiente requiere que la calificación respecto a la limpieza en la producción, tratamiento y confinamiento de los efluentes y residuos sea un parámetro prioritario a la hora de la selección del tipo de instalación generadora de energía.

Es conocida, aunque no muy divulgada en el público en general, la ausencia de emisión de los gases responsable de las lluvias ácidas (óxido nítrico y de azufre fundamentalmente, responsable de la muerte de la vegetación) y los del efecto invernadero que acompaña al funcionamiento de las centrales nucleares. El popularmente denominado efecto invernadero o calentamiento paulatino de la superficie de la Tierra, surge de la imposibilidad de mantener la temperatura promedio del planeta Tierra. Esta temperatura es el resultado del equilibrio entre la energía recibida por la Tierra en forma de radiación solar (que es la que permite por absorción calentar mares, atmósfera y tierra), el calor generado por la propia Tierra (por procesos transformadores naturales o inducidos por el hombre) y la re-emisión del mismo por radiación infrarroja ascendente al exterior. La capa de gases en la atmósfera, que por reflexión y absorción retiene parcialmente el calor emitido, determina la magnitud de esa última componente y por tanto el

## EFEECTO INVERNADERO

La producción y liberación del efluente gaseoso CO<sup>2</sup> en las Centrales Eléctricas que queman carbón es el responsable que el efecto neto sobre el calentamiento de la Tierra debido a la contención del calor en la atmósfera sea mayor al correspondiente a una Nuclear a pesar que los rendimientos de los ciclos térmicos son varios puntos superiores en las primeras. Cálculos realizados<sup>1</sup> muestran que para 1000MW(e) instalados, la emisión del CO<sup>2</sup> cada 8 meses y durante 100 años, produce un incremento anual del calentamiento a la atmósfera equivalente a la cantidad de calor neta liberada anualmente a la atmósfera en forma constante por una Central Nuclear de igual potencia!.

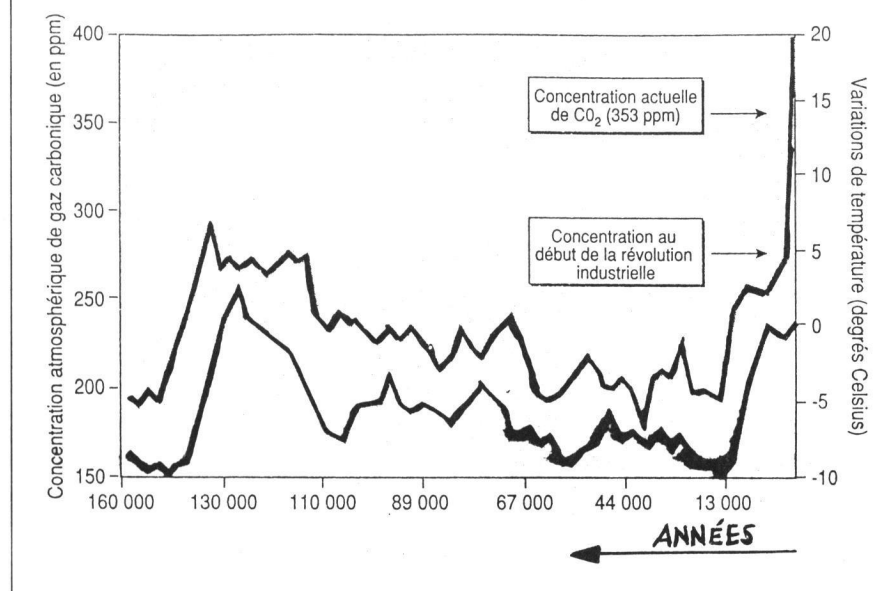
equilibrio señalado. En el supuesto caso que la atmósfera fuera totalmente transparente a esa radiación, la Tierra sería fría (con una temperatura promedio aproximadamente cercana a -18 grados centígrado). En el otro caso extremo, cuando la retención es total, la temperatura promedio crecería desde el valor medio de aproximadamente +15 grados que es la temperatura promedio que corresponde al equilibrio energético.

Los gases que en la atmósfera contribuyen a una mayor reflexión de la radiación térmica emitida por la Tierra y por lo tanto rompen dicho equilibrio son el bióxido de carbono o anhídrido carbónico (CO<sup>2</sup>), vapores y otros gases.

El CO<sup>2</sup> es un gas producido en la Tierra particularmente por la combustión del Carbono de los combustibles fósiles (carbón, fuel-oil, gas) usados en la producción de energía primaria y electricidad y tiene una importante contribución en el calentamiento de la Tierra.

Es un dato científico incuestionable que la variación de la temperatura promedio de la Tierra y la concentración del anhídrido carbónico en la atmósfera guardan una relación definida. En la figura presentada en el magnífico libro del Dr. George Charpak, Premio Nobel francés de Física (referencia {1}), copiada textualmente en el Cuadro 1 de este artículo, se recopila la variación de la temperatu-

Cuadro 1. Correlación entre la concentración de gas carbónico en la atmósfera y la temperatura media sobre la superficie de la tierra.  
(Reproducción de la figura 12 de la referencia{1})



ra promedio terrestre durante 160000 años obtenida mediante mediciones en la capa de hielo de los glaciares en la Antártida a distintas profundidades y la concentración de CO<sup>2</sup> en ese mismo periodo medida por otro método independiente. Ambas variaciones, del tipo diente de sierra, muestran un comportamiento correlacionado. Cuando aumenta (disminuye) el contenido en CO<sup>2</sup>, mayor (menor) incremento de la temperatura es observado como efecto diferido y prolongado. La concentración de CO<sup>2</sup> actual (del orden de 0.035% en volumen) está por arriba de todos los registros anteriores como así también la tendencia marcadamente ascendente en estos últimos cincuenta años, por lo que la predicción del calentamiento terrestre en los años venideros será una amenaza real, a menos que haya un fuerte cambio en las prácticas humanas mundiales de consumo del CO<sup>2</sup> por medio de una mayor forestación (la masa de plantas juntamente con el agua de los océanos cumplen una importante función reguladora del contenido en anhídrido carbónico en la atmósfera) y una menor producción de CO<sup>2</sup>, gravando, por ejemplo el costo de la generación eléctrica cuando hay emisión de CO<sup>2</sup> (propuesto en EEUU mediante la fijación de una tasa de 50 U\$S por cada tonelada de CO<sup>2</sup> liberado, equivalente a 15 mills de U\$S por Kwh generado que representa el 60% del costo de la energía nuclear en Argentina !!). Así se harían realidad las recomendaciones encarecidas y resoluciones de los acuerdos internacionales (reuniones de Toronto -1988-, Rio -1992-, y la reciente -1997- de Kioto).-

Considerando los valores anuales de CO<sup>2</sup> producidos por la combustión de combustibles fósiles (3.4 millones de tn para gas natural, 6.8 millones de tn para el fuel oil y 7.3 millones de tn para el carbón, suponiendo en cada caso una unidad de 1300Mw de potencia y 75% de factor de utilización) y la participación de cada una de ellas en la producción mundial de electricidad resulta

que la emisión mundial anual de CO<sup>2</sup> fue en el año 1995 de alrededor 7000 millones de toneladas mientras que 50 años atrás, antes del comienzo de la segunda guerra mundial, esa tasa era casi 10 veces menor.

El valor correspondiente a la emisión total debido a todas las fuentes de energía además de la eléctrica, es tres veces superior al indicado!

Este peligro a mediano plazo en el calentamiento de la Tierra con los perjuicios serios que arrastraría a las condiciones de vida (aumento del nivel de los mares, incremento de las áreas desérticas, cambio de los climas, etc) debería ser un poderoso mandato para el uso de otras fuentes de energía primarias que no quemem esos combustible fósiles (que en los tiempos presente es predominante con un aporte en la energía total mundial del orden del 70%), particularmente recurriendo a la generación nucleoelectrónica resultante de la conversión de la energía producida por la fisión del Uranio en energía eléctrica y a otras opciones de energía renovable limpia disponibles como por ejemplo la energía hidroeléctrica, solar, eólica, etc. Pero exceptuando la hidroeléctrica, la mayoría de las otras fuentes de energía renovables están en una etapa de desarrollo y se estima que aun con un criterio optimista no podrían llegar a superar en promedio el umbral del 15% del total de la energía requerida en los próximos 50 años, aunque en algunas regiones con características especiales podría superar ese nivel.

La Energía Nuclear, por lo tanto, que ingresó al campo industrial en la década del 60 como una alternativa energética que permitía desafiar el siempre presente peligro de la escasez de las fuente de aprovisionamiento energético mundial (particularmente el petróleo), hoy puede responder positivamente al nuevo desafío de evitar catástrofes ambientales irreversibles por emisión de gases contaminantes a la atmósfera, sin impedir

el necesario progreso material de los pueblos<sup>1</sup>.

Sin embargo, esta visión optimista de la Energía Nuclear no es compartida en general por la gente que tiene una percepción no favorable la misma.

Encuestas realizadas a principios de la década del 90 por la Universidad de Colonia -Alemania- mostrarían que la estimación del daño en salud debido a la Energía Nuclear a sus residuos radiactivos percibida por la gente (en este caso los alemanes pero debido a la gran intercomunicación mundial de preferencias rechazos los resultados son extrapolables a otras poblaciones)) es netamente superior a la estimación de daño real obtenido por métodos científicos. Por el contrario, el daño en salud ocasionado por el hábito de fumar o el del consumo de alcohol muestra también esa encuesta (Cuadro 2) marca una relación inversa. La opinión publica estima que ese daño es inferior al obtenido siguiendo criterios científicos.

Por falta de información correcta por deficiencia en la comunicación social de los científicos y técnicos con los concedores de los riesgos reales los beneficios de la Energía Nuclear en la calidad de vida de cada uno de nosotros, la opinión pública si bien percibe que esa tecnología le brindaría beneficios en su calidad de vida le atribuye al perjuicio una magnitud que no guarda relación con la realidad.

Este artículo no intenta cubrir un vasto dominio de la Seguridad Nuclear de las instalaciones nucleares y la protección de las radiaciones ionizantes en el público, que es un ingrediente importante en la reticencia de la gente a la generación de energía eléctrica, pero si señalar algunos aspectos relevantes relacionados

<sup>1</sup> Este debería ser un motivo adicional para que la Energía Nuclear sea considerada como una actividad estratégica y no simplemente como "mercancía" que el "mercado" regula su precio de acuerdo al precio del día de la energía o de los combustibles fósiles, pensamiento este último además de ser limitado puede conducir a la deserción de la opción nuclear en nuestro país



Cuadro 2. Estimación de la amenaza a la salud de ciertos hábitos y tecnologías. (Extraído del Estudio del Instituto de Investigaciones Sociales Aplicadas de la Universidad de Colonia-Alemania- año 1994)



cumplimiento estricto de los requisitos de la Seguridad de las Centrales Nucleares, como es la incorporación de equipos y sistemas de seguridad adicionales a los requeridos para la operación desde el día mismo de la Central Nuclear (a modo de ejemplo mencionamos los criterios aplicados de redundancia, diversidad e independencia en el Diseño de los Sistemas Electromecánicos vinculados a los procesos térmico-nucleares de la central) y en la ubicación de sus componentes (mantenimiento entre otras cosas en el cumplimiento de procedimientos y normas de calidad rigurosas) o en la minimización del impacto al medio ambiente de la eventual liberación de materiales irradiados (basada en la protección según el concepto de las varias barreras físicas).

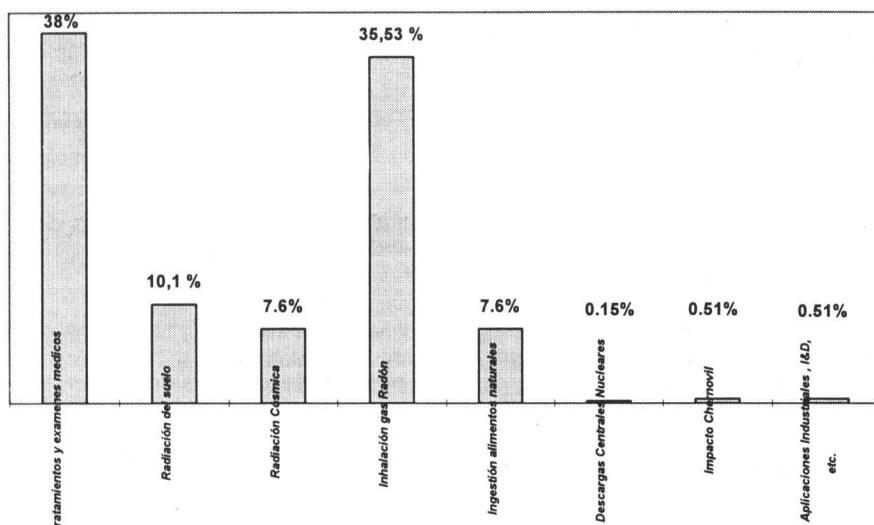
Esta filosofía de la seguridad incluida desde los "Principios y Objetivos del diseño y operación de las Centrales Nucleares" no está siempre incorporada en otras fuentes de energía ni tampoco por cierto en sus costos asociados. Por ejemplo, la liberación de materiales radiactivos al medio ambiente de las centrales convencionales debido al contenido en el carbón natural de materiales radiactivos, no es un hecho considerado ni conocido por el público pero es real a diferencia de las Centrales Nucleoeléctricas no hay ningún recaudo en el diseño o en la explotación para

minimizarlo. La exposición radiactiva al público durante la operación de una Central a Carbón es 100 veces superior, por las cenizas del Carbón quemado, a la que correspondería a una de igual potencia del tipo nuclear. Si se considera además, todas las operaciones de transformación necesarias en el ciclo de combustible para ambos tipos de centrales (es decir exploración, explotación, transporte y finalmente almacenamiento del combustible, de las cuales las dos primeras son de fuerte impacto debido a los grandes volúmenes de residuos de minerales envueltos en particular en la opción nuclear), la exposición radiactiva al público es aun tres ve-

ces inferior en una Central Nuclear. Pero esta exposición no es finalmente significativa si se la relaciona con la radiactividad natural y/o la proveniente de prácticas médicas a que están corrientemente sujetos los individuos pues esa exposición representa sólo un 0.15% del total (Ver Cuadro 3-a). Sin embargo la filosofía del Diseño y Operación de las Centrales Nucleares es la de hacer tan bajas como posible esas descargas radiactivas. (Principio denominado ALARA: "As Low As Reasonable Achievable").

La industria nuclear ha conocido en estos cuarenta años de existencia, dos grandes accidentes. El primero de ellos ocurrió en Marzo de 1979 en USA, no produjo escape incontrolado al exterior de la radiactividad liberada al contenedor por la rotura del combustible nuclear en una situación accidental ocasionada por una deficiente refrigeración del reactor, e impulsó desde 1980 un cambio profundo en el enfoque de los accidentes a considerar en los diseños nucleares. El segundo accidente tuvo lugar en Ucrania en 1986 y lamentablemente hubieron pérdidas en vidas humanas (alrededor de una treintena de muertes directas) y un fuerte incremento en la probabilidad de contraer cáncer de las poblaciones cercanas por liberación del material radiactivo a la atmósfera (daño por otro que también

Cuadro 3(a). Origen de la dosis radiactivas medias recibidas por un poblador de Europa occidental (%) (Extraído de ref. 1 y 6b)



lo provoca la emisión de productos químicos), el que es incorporado al organismo humano por inhalación (es el camino del Iodo radiactivo -I129-responsable de la mayoría de los cánceres a la tiroides que se registran principalmente entre la población de los niños de la región circundante al reactor accidentado, que no ingirieron la pastilla de Iodo cuyo objetivo era de evitar la posterior incorporación del Iodo radiactivo) y por exposición desde la superficie (como en el caso del Cesio radiactivo-Cs137-que se deposita sobre el suelo y antes de penetrar unos centímetros en el mismo produce un alto flujo de exposición). Este accidente que es calificado como severo según los niveles internacionales, se produjo como consecuencia de graves errores combinados y simultáneos de operación (alejamiento de los procedimientos establecidos y errores humanos cometidos por los operadores) y de diseño básico de la central (la que fue concebida en la década del 50 y no tuvo revisión hasta después del accidente) y ha infligido un fuerte golpe a la credibilidad de la Energía Nuclear en todo el mundo que es difícil, aun todavía hoy, de superar, a pesar que el impacto mundial radio-lógico promedio del accidente no representó más que un incremento del 1-2% de la radiactividad natural recibida por las poblaciones de ciertas regiones (por ejemplo Europa Central, del Sud-Este y del Norte)<sup>2</sup> y prácticamente nula en otras regiones como América y por cierto también Argentina.

Este accidente severo también ha dejado su lección. Actualmente la tendencia es hacia diseños de Centrales Nucleares que garanticen aun

en estos accidentes de muy baja probabilidad de ocurrencia, un impacto radiológico nulo en la población mediante la inclusión de Sistemas Pasivos de Emergencia y Procedimientos de Gestión del Accidente.

Aparte de estos accidentes, que en general siempre acompañan a las tecnologías en la etapa anterior a su consolidación, la Energía Nuclear muestra altos índices de madurez y penetración en el mercado eléctrico mundial en estos 40 años de operación comercial con un parque de 430 Centrales Nucleares en operación en aproximadamente 40 países y con altos factores de disponibilidad y confiabilidad que se reflejan en el aporte promedio del 17% de la energía eléctrica total (en algunos países como Francia llega al 75%) y con una experiencia operativa acumulada de más de 2400 años reactores. Nuestro país contribuye en esos registros mundiales con dos centrales en operación con casi 25 años de experiencia exitosa en una de ellas y 15 años en la otra, aportando con tan solo el 5% de la potencia total instalada en el país más del 12% de la energía total debido a la baja indisponibilidad técnica de sus equipos y sistemas. La tercera Central Nuclear argentina proyectada elevaría esa contribución a casi un 9% pero su construcción ha sido de hecho sorprendentemente interrumpida por razones no técnicas

desde el año 1994, a pesar que no un avance de construcción superior al 80% y una altísima inversión en equipamiento e ingeniería realizada.

Es de esperar que esos indicadores, juntamente con la tendencia actual hacia diseños más seguros, hagan desaparecer definitivamente la desconfianza en el funcionamiento de las Centrales Nucleares de opinión pública, producto fundamentalmente de una percepción pesimista en la valorización de los riesgos más que en los hechos reales (Cuadros 3-b y 3-c) asociados a la seguridad de la generación nuclear eléctrica.

Toda actividad natural o humana tiene un riesgo de naturaleza probabilística sobre la vida y algunas de ellas, además, una utilidad. La generación de energía no es una excepción: presenta un riesgo y también un beneficio para la sociedad. Y la Energía Nuclear, típica aplicación pacífica de la fisión nuclear, comparándola con todas las otras fuentes de energías disponibles y consideradas en su conjunto desde la extracción de las materias primas necesarias, es una de las actividades productivas disponibles con un riesgo acotado en la vida de la especie, en contraposición con cierta aceptación popular errónea que la emparenta con aplicaciones bélicas y sus consecuencias.

Cuadro (3b): Riesgos promedios (por persona y por año) de accidentes mortales para distintos sucesos en USA  
(Extraído de la referencia {1}-1997-y sin considerar errores humanos, catástrofes naturales y casos de guerra)

Suceso Accidental	Probabilidad de deceso debido a ese suceso (por persona y año)
Accidentes de automóvil	1/4 000
Incendios	1/25 000
Inundaciones	1/30 000
Armas de fuego	1/100 000
Accidentes de aviación	1/100 000
Caída de objetos	1/160 000
Electrocución	1/160 000
Tornado	1/2 500 000
Huracán	1/2 500 000
Conjunto de Accidentes "convencionales"	1/1 600
Accidente Nuclear(parque de 100 Reactores)	1/5 000 000 000

<sup>2</sup> Según el Organismo Internacional de Energía Atómica-OIEA- 20% de los casi un millón de trabajadores registrados que intervinieron durante el accidente y posteriormente en la mitigación de sus consecuencias, absorbieron una dosis equivalente a la permitida como dosis ocupacional promedio en la industria nuclear para un período de cinco años, umbral que se estima causaría un incremento del orden del 5% en la declaración de cáncer de ese grupo humano sobre los valores históricos promedios en la región.

Cuadro 3(c) Catástrofes naturales y provocadas  
Número de personas afectadas (extraído de la referencia {1})

Tipo, lugar y fecha	Personas fallecidas
Explosión química, Canada, 1917	1 654
Erupción volcánica, Indonesia, 1815	160 000
Aberración climática, Bangladesh, 1970	300 000
Inundaciones, China, 1931	3.7 millones
Hambre, Norte de China, 1876-1879	alrededor de 10 millones
Peste, Europa, 1347-1351	25 millones
Accidente de Chernovill, Ucrania, 1986	30 000*
Primera guerra mundial, 1914-1918	20 millones
Segunda guerra mundial, 1939-1945	40 millones
Guerra Nuclear mundial, ?	Estimación 1000 millones (20% población mundial)

\*Estimación de decesos indirectos probables causados por el accidente durante un plazo de decenas de años de producido el mismo y según hipótesis intermedias entre las optimistas y pesimistas.

### ALGUNAS DEFINICIONES

- El núcleo de un átomo se caracteriza entre otras cosas por el número de partículas que contiene el núcleo y su masa. Las propiedades se identifican con el número atómico Z y el número de masa A. Por ejemplo los isótopos del uranio, el U-235 y el U-238 difieren en el número de masa A pero tienen igual número atómico Z (=92), por lo tanto mantienen las propiedades físicas y químicas del elemento Uranio.

Las desintegraciones radiactivas beta por ejemplo, generan elementos que difieren en el número Z mientras que la captura neutrónica cambia solamente al número A.

-Se denomina radiactividad a las desintegraciones por unidad de tiempo que tiene lugar en el núcleo de un átomo inestable. La unidad es el Becquerel (1 desintegración por segundo e igual a  $0.2688 \cdot 10^{-10}$  curies).

Estas desintegraciones dan origen a radiaciones ionizantes de diversos tipos: radiación gamma o de fotones portadores de energía muy penetrante en la materia, radiación alfa o núcleo del átomo de Helio de muy poca extensión, radiación beta o emisión de electrones, etc. La emisión beta es típica de los Fragmentos de Fisión inestables, mientras que la alfa corresponde a la desintegración de los materiales pesados como el Uranio.

La captura de un neutrón y la posterior emisión de una radiación gamma es una de las más frecuentes Reacción Nuclear con los materiales de estructura en los Reactores Nucleares.

-El daño por radiación ionizante o toxicidad radiológica viene expresada por la energía depositada por la radiación ionizante en las células de los organismos vivos. La unidad de la dosis física o de la biológica (que es la dosis física multiplicada por el factor de "calidad" o de eficiencia biológica que depende del tejido u órgano irradiado) es el Sievert que equivale a 1 Joule por kilogramo de materia y es igual a 100 rem siendo el rem igual a los rad (Roentgen o dosis física recibida a 1 metro de distancia de una fuente de Radio de 1 curie en 1 hora) por el factor de calidad biológica. La tasa de dosis es la dosis por unidad de tiempo.

Quedaría el riesgo y la percepción de la peligrosidad asociada de los residuos de las Centrales Nucleares. Estos residuos, a diferencia de otros, se caracterizan por requerir poco vo-

lumen de almacenamiento y decaer completamente, es decir convertirse en inofensivos después de un cierto tiempo, y son clasificados según la actividad que tienen. Los de baja y

media actividad corresponden a elementos radiactivos que decaen al cabo de unas decenas de años y pueden ser almacenados con riesgos muy bajos y controlados con alta confiabilidad en instalaciones especiales. Esos residuos corresponden a los materiales de descarte de las Centrales Nucleares (por ejemplo, resinas y filtros, concentrado de los evaporadores de los residuos líquidos, componentes fallados irradiados, etc) que son tratados y condicionados en la misma central o provienen de los descartes de las aplicaciones médicas, industriales o de investigación nuclear que manejan también material radiactivo.

Al presente hay repositorios operativos o en construcción para esos residuos en varios países (en Argentina funcionan desde hace algunos años instalaciones controladas por la CNEA) y su concepto se basa en uso de trincheras, cavidades en minas de sales, repositorios subterráneos con barreras que eviten el contacto con el medio exterior. Aun más, hay instalaciones que luego de 30 años de uso han sido desmanteladas y el sitio convertido en superficie "verde" (por ejemplo en Nevada, EEUU).

Los residuos nucleares de alta actividad y larga durabilidad son aquellos productos resultantes de la irradiación del combustible nuclear a base del Uranio y están confinados en el mismo elemento combustible. En el ejemplo mencionado más arriba del Reino Unido de los 46030 m<sup>3</sup> de residuos radiactivos, 30 m<sup>3</sup> solamente corresponden a los de alta actividad y el resto corresponde a los de baja actividad (alrededor de 44.000 m<sup>3</sup>) y mediana. Esos residuos son los que presentan el temor más difundido en la gente, a pesar de lo riguroso y estudiado de la solución técnica que se ofrece para su futuro almacenamiento permanente, que recién será necesario implementarlo cuando el volumen acumulado de los mismos sea lo suficientemente grande para justificar la construcción de repositorios especiales. El concepto de esa solución propuesta, se basa en el depósito, previo acondicionamiento,

en cavidades profundas -700 metros de profundidad -de estructuras geológicas estables y libre de todo contacto con movimientos de líquidos.

Sin embargo, la realidad nos está mostrando que la gran confiabilidad en la contención que tiene esta tecnología de repositorios nucleares no siempre es suficiente para eliminar la desconfianza de naturaleza emotiva en la gente.

Un gran paso en la neutralización de esa percepción negativa que impide la aceptación definitiva de la Energía Nuclear, será sin lugar a dudas la posibilidad cierta de disponer a mediano plazo, de otra tecnología probada que en lugar del acondicionamiento y depósito de residuos de alta actividad en repositorios seguros durante cientos de miles de años, permita la eliminación definitiva de esos elementos radiactivos particularmente los elementos de larga durabilidad, que son los que hipotecarían a las próximas generaciones humanas.

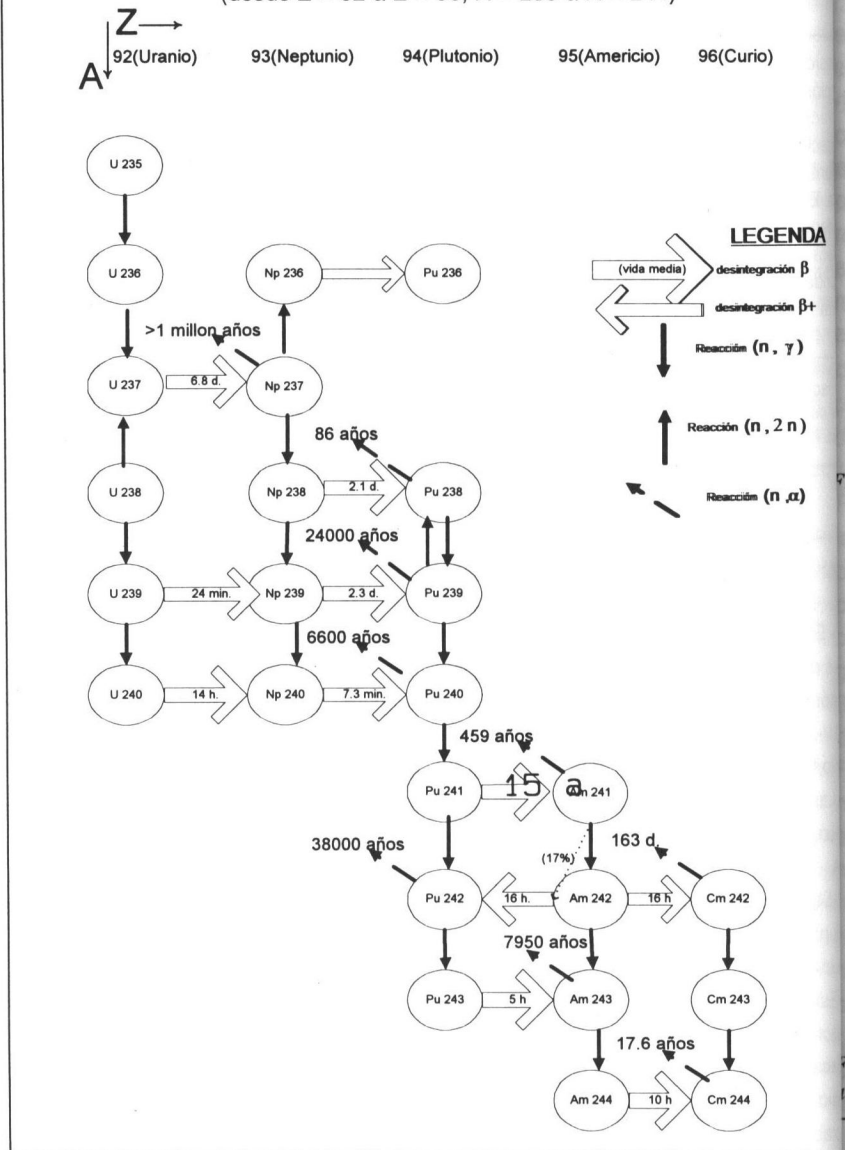
Hoy es posible por medio de un Transmutador especial basada su concepción en el de un Reactor Nuclear "híbrido", irradiar los residuos de alta actividad e incinerarlos o transformarlos en elementos radiactivos de vida mucho menor y volúmenes más reducidos.

El beneficio resultante de esta especie de "alquimia nuclear" que presenta esta nueva tecnología basada en la transmutación de los residuos nucleares de alta actividad y el estado de su desarrollo es lo que se presentará a continuación.

## RESIDUOS NUCLEARES Y SU TRANSMUTACIÓN BENEFICIOSA

Los Reactores Nucleares con que están equipadas las Centrales Nucleares de la presente generación son básicamente Transmutadores, pues mediante los procesos nucleares de absorción neutrónica de los núcleos atómicos y posterior decaimiento radiactivo que tienen lugar en un Reactor Nuclear, logran transformar el Uranio inicial contenido en los elementos combustible del reactor en otros elementos radiactivos transurá-

Cuadro 4. Formación de los principales Transuránicos de la familia de los actínidos (desde Z = 92 a Z = 96; A = 235 a A = 244)



nicos (Cuadro 4) que son elementos de la familia de los Actínidos denominados a los elementos químicos desde el Actinio (Z=89) hasta el Laurencio (Z=103)), que tienen una vida media larga y en elementos más livianos, los Fragmentos o Productos de la Fisión con una vida media menor, que son subproductos obtenidos por la destrucción del material nuclear fisionable.

En las Figuras 1a y 1b<sup>3</sup> se representan las variaciones durante 2.4

<sup>3</sup> Los resultados que se muestran en estas figuras y las subsiguientes Figuras 2, 3 y 4 fueron obtenidos por el autor {4} mediante el cálculo con el código de computación digital proveniente de EEUU "ORIGEN" adaptado para éstos cálculos.

años efectivos que corresponde tiempo promedio (3 años) que durante la permanencia de una carga de combustible en un reactor moderno tipo PWR (Uranio enriquecido 3.2%, refrigerante y moderador neutrones a base de agua con presión) de 1200 Mw eléctrico, realiza un quemado medio de extra del orden de 33000 Mwd/tN.

La masa de Uranio por un reactor disminuye para transformarse en energía (en esos reactores solares 1.5% de la masa total logra transformarse a diferencia de los reactores reproductores donde llega a la conversión al 70-80%) y por otro

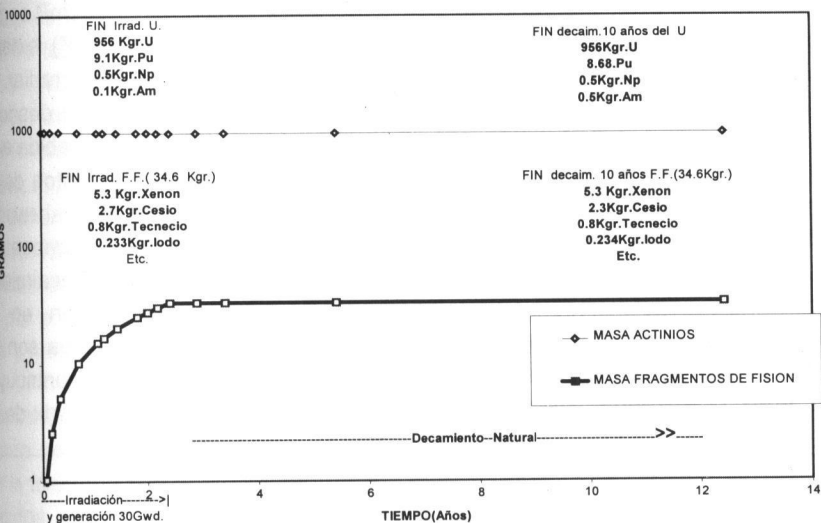


Fig. 1a.- Irradiación en un Reactor Nuclear y posterior decaimiento de 1tn de Uranio

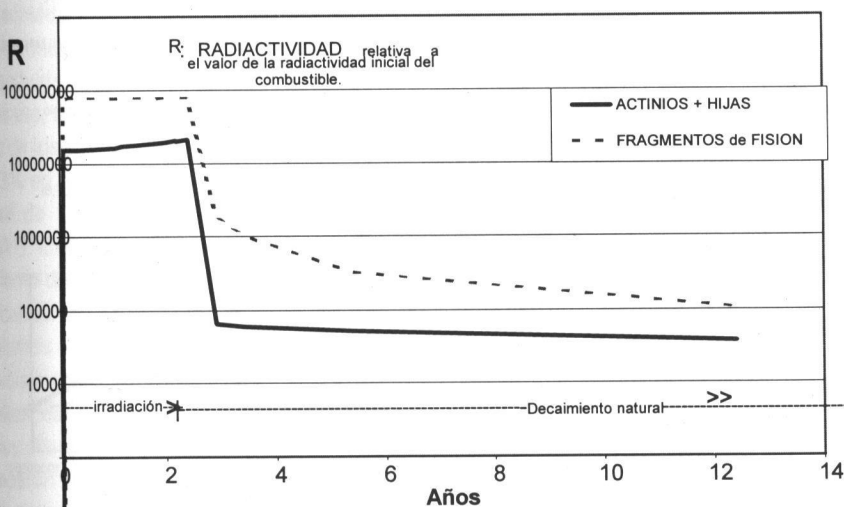


Fig. 1b.- Irradiación en un Reactor Nuclear y posterior decaimiento. (Correspondiente a 1tn de Uranio inicial).

repartición de los distintos materiales que se forman se altera debido a los diferentes procesos nucleares intervinientes en la irradiación. Pero a la par de esta generación energética, se produce una actividad de la irradiación o radiactividad que es creciente al principio de la irradiación y luego permanece casi constante. En la Figura 1b se presenta la relación de la radiactividad con la inicial que es la que tiene el Uranio al estado natural.

Es una práctica corriente que el combustible nuclear extraído luego de su ciclo productivo en el Reactor Nuclear, sea depositado durante unas decenas de años para su enfriamiento y decaimiento, en instalaciones

propias de la misma central (silos refrigerados por aire y/o piletas de agua común). Cuando hay una decisión nacional de recuperar el material fisionable del combustible nuclear quemado, luego de un corto enfriamiento de aproximadamente 1/2 año en la central dicho combustible es trasladado a las plantas de reprocesamiento quedando el material remanente en ellas.

Las mismas Figuras 1a y 1b muestran las variaciones del contenido del combustible después de la irradiación en el reactor. Mientras que la masa total permanece constante, la proporción de los distintos elementos se altera debido al decaimiento radiactivo que se produce. Se destaca la gran

variación de la actividad radiactiva cuando se termina la irradiación en el reactor y eso es debido al decaimiento rápido de algunos elementos radiactivos que tienen corta vida media. Luego la actividad como así también el calor que sigue generándose aun si no hay más fisiones, disminuyen pero muy lentamente. Después de 10 años de espera, la actividad del combustible sigue manteniendo varios órdenes de magnitud superior a la que tenía originalmente. Habrá que esperar un tiempo que excede largamente a la vida de varias generaciones humanas, para que esos elementos activos, particularmente los Actínidos, vuelvan a tomar los valores de radiactividad inicial.

El riesgo potencial que está presente durante cientos de miles de años por una eventual y poco probable fuga radiactiva al medio ambiente desde el depósito de esos residuos de alta actividad específica motiva el esfuerzo de la comunidad nuclear científica-técnica internacional para encontrar soluciones definitivas y aun más satisfactorias que las actuales, para el futuro almacenamiento a largo plazo de los mismos. La crítica honesta de algunos se concentra en la dificultad del aseguramiento del control humano de las eventuales fugas debido a los largos plazos involucrados.

Hace ya un tiempo que se estudia una técnica para reducir a niveles muy bajos o aun más, eliminar ese riesgo potencial definitivamente. Esa técnica se basa en la transmutación por irradiación (absorción neutrónica de los núcleos atómicos) de esos residuos nucleares en lugar de depositarlos en estructuras geológicas profundas y especiales esperando el decaimiento natural.

Recientemente con las investigaciones en los laboratorios de Oak Ridge en Estados Unidos(2) o los estudios avanzados en Europa del «Amplificador de Energía», encabezado por el Profesor Italiano (Premio Nobel) doctor Carla Rubbia(3), la posibilidad de destruir los residuos nucleares en un Reactor Nuclear avanzado del tipo Híbrido ha ingresado en

la fase de la demostración con el proyecto avanzado para la próxima construcción de un prototipo de 100 Mw de potencia.

El Reactor Nuclear Híbrido que se considera es la combinación de un Reactor Nuclear subcrítico y un acelerador de partículas elementales -protones- del tipo utilizado por la Física de Alta Energía para investigar la naturaleza de la materia. La aceleración del protón a energías altas del orden de los 1000-1500 Mega Electrón Volts posible en la actualidad y la posterior colisión con núcleos pesados como el Plomo o el Tungsteno, permite la destrucción de esos núcleos y la liberación de varias decenas de neutrones (proceso denominado de ESPALACIÓN). Ese alto flujo de neutrones que se consigue es además amplificado en el conjunto nuclear subcrítico adosado al acelerador, produciendo intensidades de flujo varias veces a las conseguidas actualmente en los Reactores Nucleares convencionales. En esta configuración además la excursión nuclear incontrolada es totalmente eliminada debido al uso de conjuntos subcríticos.

La energía que es extraída en este Transmutador especial es bastante mayor que la requerida para operar al acelerador debido al aporte por la Energía de Fisión del conjunto subcrítico y la producida por la fisión de los transuránicos que se irradian. Además los diseños actuales compactos de aceleradores de partículas elementales disponibles permiten incorporar en el reactor híbrido aparatos con alta confiabilidad y de alto rendimiento energético. El análisis de algunos resultados teóricos aproximados que se muestran a continuación en las Figuras 2, 3 y 4 confirman que la realimentación en un Transmutador especial de los residuos nucleares de alta actividad producidos en las Centrales Nucleares permite la destrucción (incineración) de los Actínidos y la transmutación de sus hijas y algunos Fragmentos de Fisión (los de larga vida) en elementos de vida media considerablemente inferior.

Dichas gráficas, elaboradas en escala logarítmica por los órdenes de magnitud en juego, han sido construidas con los valores calculados para un combustible irradiado en un reactor moderno del tipo PWR mencionado más arriba y reinsertado el residuo resultante en un Transmutador nuclear consistente en un conjunto subcrítico del tipo FBR (siglas que se refieren a los reactores reproductores con neutrones de alta energía) con un flujo neutrónico del orden de

$3.0 \cdot 10^{16}$  neutrones/cm<sup>2</sup>·segundo y un manto ("blanket") exterior conteniendo el residuo a irradiar.

La Figura 2 muestra el desdoblamiento de la actividad total en la debida a Actínidos y a los Fragmentos de Fisión (FF) correspondiente al residuo nuclear resultante del combustible irradiado, en función del decaimiento natural previa re inserción en el Transmutador. Los Actínidos son los únicos que prácticamente contribuyen en la radiactividad total a partir de

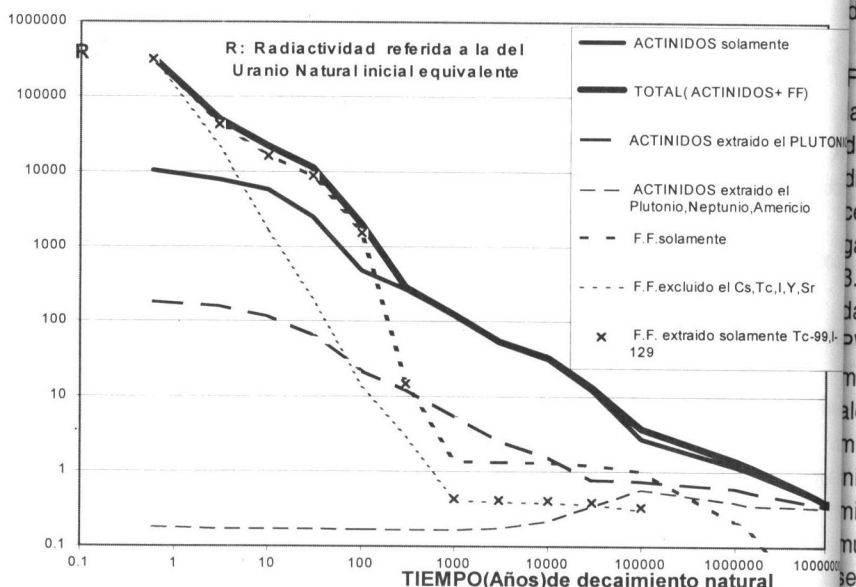


Fig. 2.- Decaimiento natural de los actínidos y F.F. del combustible quemado (330 tnU) con varias estrategias.

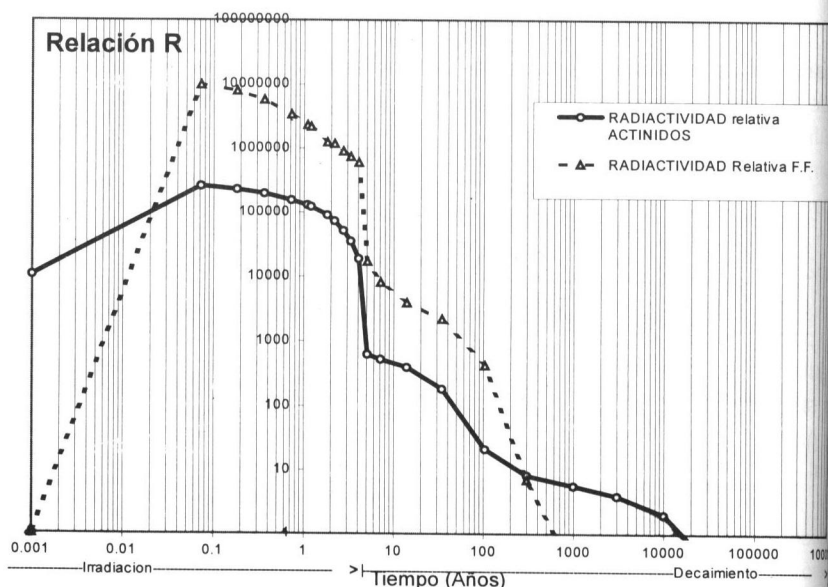


Fig. 3.- Irradiación de los actínidos y algunos F.F. en un transmutador tipo FBR. combustible quemado de un PWR.

500 años, mientras que la radiactividad de los Fragmentos de Fisión es la contribución significativa en el intervalo de tiempo anterior. Algunos elementos tales como por ejemplo el Cesio, Iodo, Tecnecio, Itrium y Estroncio, tienen una gran importancia en la radiactividad aportada por los Fragmentos de Fisión. De lograr separarlos por procedimientos químicos /físicos y luego transmutarlos como con los Actínidos, la actividad radiactiva resultante y los intervalos de tiempo donde se manifiesta la peligrosidad por la toxicidad son sensiblemente reducidos.

Los valores representados en las Figuras 2 y 3 son los calculados de la actividad para distintos tiempos de decaimiento relacionados con la radiactividad que provee el Uranio necesario, al estado natural, para la carga de los combustibles enriquecido al 3.3% en el isótopo U-235 de una unidad de 1200 Mw eléctrico del tipo PWR. Cuando no hay ningún tratamiento del residuo, es necesario para alcanzar un estado inofensivo de los mismos (igual radiactividad que la inicial) esperar muchos cientos de miles de años, pero un escenario muy diferente se visualiza cuando se separan (por medio de las técnicas de separación química), de los residuos algunos fragmentos de fisión de larga vida como por ejemplo el Iodo-129- que tiene una vida media de 15 millones de años y el Tecnecio-Tc99- de 213000 años (ambos son muy solubles en agua y no deseables por la cadena de acceso al ciclo alimenticio del hombre) o algunos Actínidos o transuránicos del combustible irradiado, los cuales están constituidos por materiales nucleares de alto valor económico y estratégico como el Plutonio (el isótopo Plutonio 239 es obtenido por captura neutrónica en el isótopo U238 del Uranio) que es un material fisionable que posee características similares al Uranio 235 y que ha dado origen a tantas controversias y acciones de control por ciertos países. Al decir del Premio Nobel de Física Dr. Charpak "el Plutonio despierta muchas reflexiones encon-

tradas: Para un Contador una tonelada de plutonio tiene un valor negativo equivalente a 25 millones de dólares, para un Ingeniero vale 1000Mw eléctricos durante un año, para un Planificador equivale a 2000horas

años de un trabajador y para un dictador esquizofrénico la posibilidad de amenaza con 250 bombas atómicas a sus adversarios"

La Figura 4 muestra los resultados de nuestros cálculos, cuando se irra-

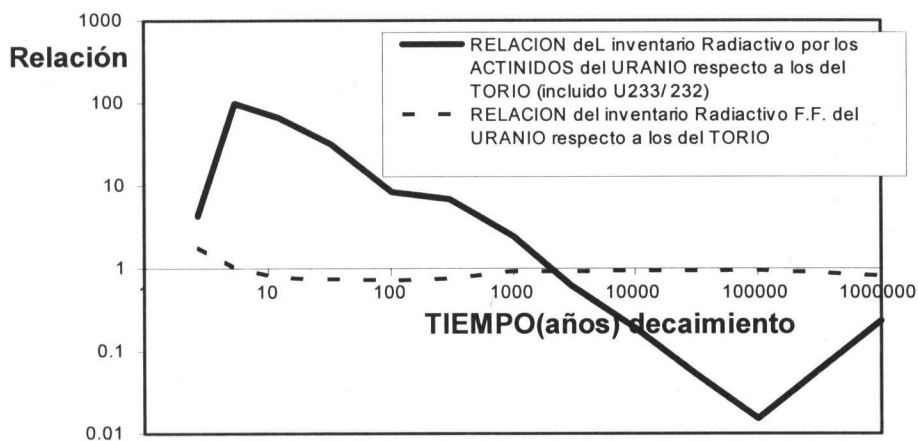
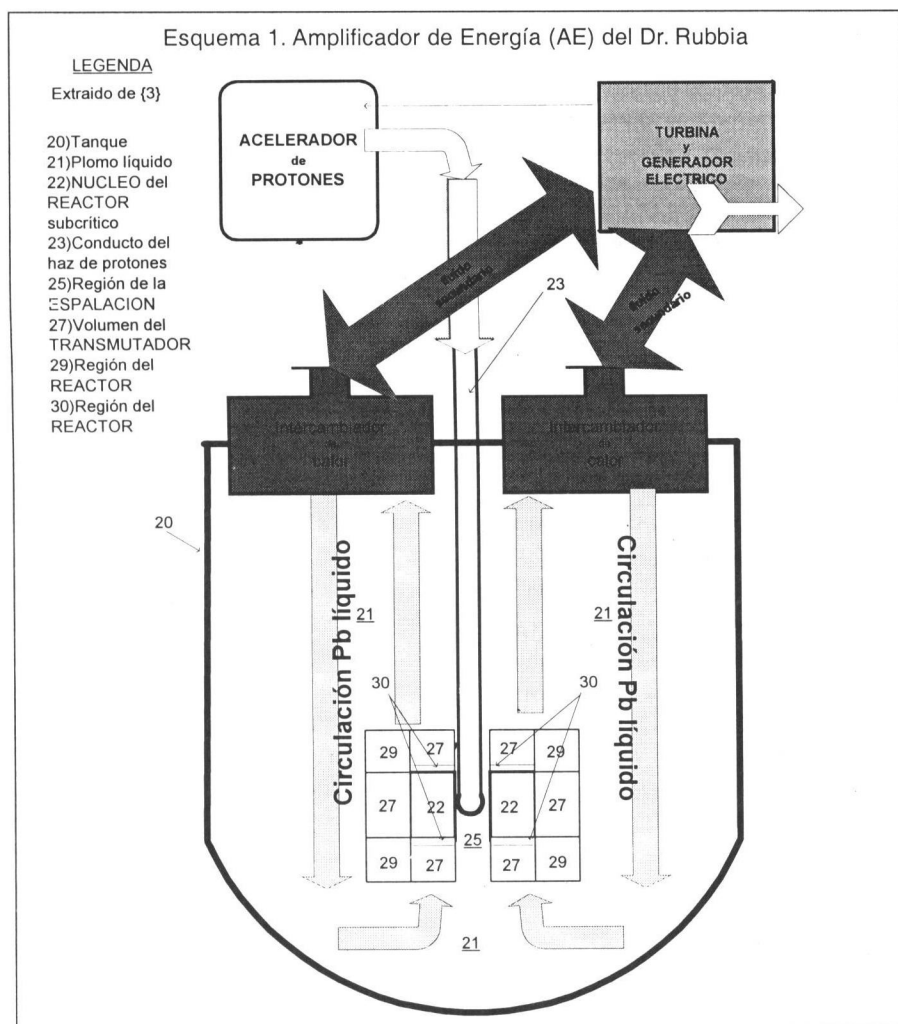


Fig. 4.- Ciclo Torio. Comparación con el ciclo del Uranio



dia durante 4 años en el transmutor un residuo constituido por los Actínidos y los Fragmentos de Fisión lodo 129 y Tc99 separados de los residuos nucleares originales y luego de la irradiación en el transmutor se los deja decaer naturalmente al nuevo producto formado.

Nuevos Fragmentos de Fisión son generados por destrucción de los Actínidos pero debido a la intensidad del flujo neutrónico éstos están degradados en Tc y I. La radiactividad final muestra una variación muy diferente a la anterior. En este ejemplo, a partir de un momento que es 200 veces más temprano que en el caso anterior, se ha conseguido una reducción de la actividad a niveles naturales (La reducción de la toxicidad radiológica a estados inofensivos es aun mucho más temprana).

Esta reducción de la escala de tiempo donde pierden peligrosidad los residuos nucleares viene acompañada por un balance energético positivo y por una apreciable disminución de los volúmenes de almacenamiento posteriores y es muy sensible al tipo de Transmutor elegido y al modo de la irradiación y puede alcanzar magnitudes superiores a las calculadas en este ejemplo que tiene un carácter solamente ilustrativo.

Es fundamental sin embargo, alimentar al conjunto subcrítico del Transmutor con un material "fresco" que no tenga Uranio "fértil" (ausencia del U-238) que es el que origina por sucesivas capturas neutrónicas, a los transuránicos.

El Torio, que es un material nuclear que tiene una abundancia natural de tres veces superior a la del Uranio, es un magnífico reemplazante pues no transmuta en Plutonio y sus Actínidos e hijas no son más radiactivos que los del Uranio (Figura 4). El Torio, previo pasaje por el Protactinio se transforma en el Uranio 233, isótopo del Uranio que tiene característica de fisión similar a las del U-235 y Plutonio. Los Fragmentos de Fisión que se originan a partir del Torio presentan una variación con el tiempo de decaimiento similar a los del Uranio (Figura 4).

## DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS PRESENTES DE TRANSMUTADORES NUCLEARES

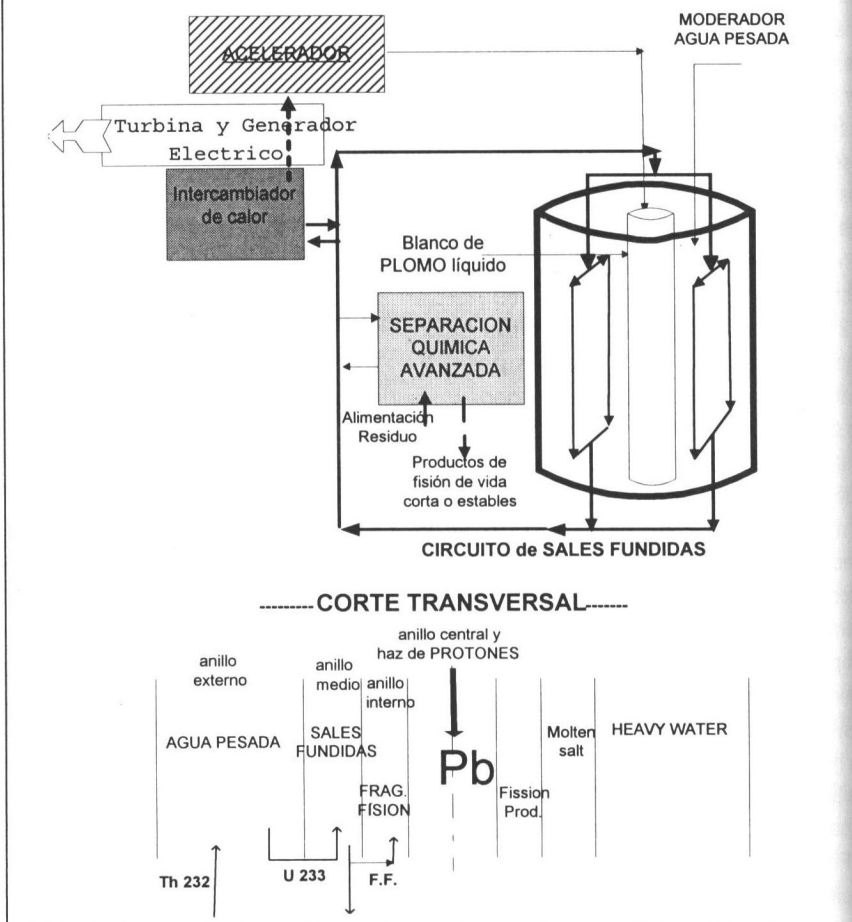
Actualmente se pueden diferenciar dos proyectos de Reactores Nucleares híbridos usados como Transmutadores.

Ambos tienen acoplados Reactores Nucleares subcríticos al acelerador de protones de tecnología conocida como la del acelerador «de baja corriente» SATURNE de Saclay -Francia- usado para mediciones de producciones de neutrones por espalación de diversos materiales. Como blanco se emplea el Plomo líquido o placas de Tungsteno y una energía de los protones entre 1000-1500 Mev.

La diferencia importante entre estos diseños reside en el tipo de Reactor Nuclear elegido. En el caso del Amplificador de Energía (AE) es un conjunto subcrítico rápido con Plomo

líquido (600-700 grados) como moderador refrigerante. Un tanque contiene un conjunto subcrítico constituido por Torio -U233 y Plomo. Los residuos nucleares a irradiar son colocados en las partes laterales, superiores e inferiores del conjunto. En la parte central y superior hay una cavidad donde está colocado el blanco de plomo que actúa como fuente externa de neutrones. (Esquema 1). En la parte superior del tanque está ubicado el ciclotrón compacto y el o los intercambiadores de calor que transfieren al circuito secundario de vapor-agua el calor generado por las fisiones, cual es impulsado a través del plomo líquido al intercambiador de calor. En caso de emergencia, la remoción de calor residual es asegurado por convección natural que se establece en el tanque de 10 metros de altura (Sistema pasivo de seguridad). El diseño prevé una carga y extracción discontinua cada cinco años del co

Esquema 2. Croquis del Reactor Reprodutor térmico híbrido. Extraído de la referencia {2}





bustible y residuos nucleares a irradiar para una potencia de 1500 Mw térmicos (transformado en 675 Mw(e) debido al alto rendimiento del ciclo térmico -45%- por las altas temperaturas en juego), requiriendo la alimentación del Acelerador con una intensidad del haz de 12mA, solamente de 30 Mw(e).

Recientemente<sup>5</sup> ha sido anunciada la próxima iniciación de la construcción de un prototipo de 100 Mw térmicos en Zaragoza (Aragón), España, por una Sociedad Española (LAESA: Laboratorio Amplificador Energía S.A.) con colaboración europea que costaría alrededor de 270 millones de dólares y necesitaría de un periodo de construcción de cinco años.

El proyecto en EEUU (denominado ATW: Advanced Transmuter Waste) y también el de Japón, tiene variantes respecto al AE diferenciándose en el tipo de Reactor Nuclear y en el material del blanco. Hay dos versiones, una con el blanco de Plomo y la otra con Tungsteno. En ambos casos el Reactor Nuclear es térmico, pero en un caso el reactor genera neutrones térmicos bien moderados por el grafito en una configuración típica de los reactores hetero-géneos mientras que en el otro es una solución acuosa con agua pesada. Este proyecto está basado en la tecnología del Reactor con circulación-reprocesamiento continuo de sales de Fluor fundidas construido en la década del 60 y operado durante algunos años por el laboratorio de Oak Ridge-EEUU- como parte del proyecto de los Reactores Reproductores Térmicos (Proyecto que fuera impulsado por el Profesor Weimberg). La velocidad de extracción /reposición de los FF de la sales fundidas que contienen Th-U233 por la planta química adosada al reactor permite el control de la multiplicación. Es un reactor sin elementos combustibles y con un reprocesamiento «on-site». En este proyecto de Reactores Híbridos se ha incorporado una cavidad central a un viejo diseño conoci-

do y que estuvo en operación en EEUU, que es la que aloja al blanco del acelerador. Contigua a esa cavidad central se depositan los materiales a ser irradiados y en la periferia al medio multiplicativo sub-crítico, inicialmente «fresco», constituido por Torio-U233 y agua pesada (Ver Esquema 2) o grafito. Esta disposición por anillos y con reflectores y «blanket» laterales facilita una buena utilización de los neutrones minimizando el escape neutrónico. El dominio de la tecnología de la impulsión de las sales, que son las que transportan el calor de fisión, y el reprocesamiento en línea con el circuito primario, ha esperanzado a los promotores de este diseño en EEUU y en Japón. Se prevé extraer del orden de 340Mw eléctricos (840 Mwt), de los cuales 66 Mw son los necesarios para hacer funcionar el acelerador de 1600Mev y 250mA. que está ubicado en la parte superior del reactor.

### COMENTARIOS FINALES

Como todas las tecnologías transformadoras, la nuclear se enfrenta permanentemente con un desafío: satisfacer los requerimientos del progreso de la humanidad sin dañar al medio ambiente con la descarga y/o acumulación de sustancias tóxicas producidas en los procesos transformadores.

Respecto a la emisión de efluentes gaseosos que contribuyen en forma importante en el calentamiento paulatino de la Tierra (se estima en 50% aproximadamente la incidencia del anhídrido carbónico en el deterioro de la capa atmosférica) y en las lluvias ácidas, ambos producidos por la combustión de los combustibles fósiles, la Energía Nuclear cumple plenamente con los requerimientos de energía completamente limpia; además, después de 40 años de su ingreso en la etapa industrial, es altamente confiable y con alta disponibilidad necesarios para satisfacer la demanda creciente en calidad de vida de la humanidad.

Subsisten sin embargo percepciones negativas derivadas de los riesgos potenciales sobre la salud a largo plazo debido a una eventual e improbable rotura de las barreras de contención del repositorio definitivo de los residuos nucleares de alta actividad, que genera la Energía Nuclear durante un intervalo de tiempo que excede largamente al que pueden controlar razonablemente las generaciones humanas.

Los estudios que se describen y se fundamentan brevemente en este artículo, emprendidos principalmente en EEUU, Europa y Japón, han ingresado a la etapa promisorio de las realizaciones y permitirán devolver al medio ambiente, luego del uso productivo y en un plazo de tiempo manejado por el hombre, materiales nucleares con una toxicidad despreciable o al menos no mayor a la que tenían originalmente. Y utilizando el mismo proceso físico que los genera.

### BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Charpak Georges, Garwin Richard L. "Feux follets et Champignons nucleaires" Editions Odile JACOB 1997.
2. Bowman CD y otros. "Nuclear energy generation and waste transmutation using an accelerator-driven intense thermal neutron flux" publicado en "Instruments methods in Physics Research 1992.
3. Rubbia Carlo. "Resonance enhanced neutron captures for element activation and waste transmutation" European organization for nuclear research CERN/LHC/97-04 1997.
4. Solanilla R. "Impacto de los transmutadores nucleares en la aceptación de la energía nuclear" a ser publicado en la Reunión anual ATN 1998.
5. Frischengruber K, Solanilla R. "Protección ambiental y la energía nuclear" Revista Ciencia e Investigación. Tomo 46 N° 1 Enero-Junio 1993, Impreso en el año 1994.
6. Nucler Engineering International - Julio 1997.  
ATW 41, Jg, (1996), Helf 3, seite 168 marz.  
Conferencia del Dr. Kowsaky en CNEA en agosto 1997.  
Conferencia del Dr. Rubio del LAESA en la CNEA en abril 1988

## dCREB2, EL GEN QUE DECIDE LA FORMACIÓN DE LA MEMORIA

---

Por Rubén M. Pinus\*

---

*Ingeniosos experimentos realizados con la mosca común de la fruta (*Drosophila melanogaster*) han permitido adquirir una valiosa información relacionada con la formación y el mejoramiento de la memoria*

Todo ser vivo cumple una función en el ecosistema, que es necesaria para el mantenimiento de su equilibrio. No obstante, con frecuencia uno se pregunta cómo es posible que ciertos insectos, en especial aquellos muy molestos como las moscas, pueden en verdad servir de algo. Seguramente, y aunque cueste trabajo creerlo, las moscas deben cumplir algún rol útil en el ecosistema. Cualquiera que éste sea, los científicos del Cold Spring Harbor Laboratory, en Nueva York, han logrado que las moscas presten a la humanidad un servicio de inestimable valor: han hecho posible la identificación de un gen que puede mejorar la memoria.

El famoso caso de un epiléptico, conocido como HM, demostró uno de

los aspectos más notables del almacenamiento de memoria. A fin de aliviar sus ataques de epilepsia, en 1953 HM fue sometido a una operación en la cual le quitaron porciones del hipocampus, amígdalas y lóbulo temporal de su cerebro. Si bien los efectos de la epilepsia se atenuaron, la operación dejó al hombre incapaz de incorporar información nueva a su memoria permanente. Es decir, si bien podía recordar información nueva durante unas horas, al día siguiente el pobre hombre ya no lo recordaba. Lo más asombroso del caso es que los recuerdos que tenía de su vida *antes* de la cirugía permanecieron intactos en su memoria. Recordaba perfectamente anécdotas del servicio militar treinta años atrás, pero no podía recordar lo que había almorzado ayer.

De este modo, parece que lo que constituye la memoria permanente (en el caso de HM los recuerdos de su vida previa a la cirugía) es física-

mente distinto a lo que constituye el aprendizaje y la memoria a corto plazo (la información nueva por ejemplo en el caso de HM).

En el proceso de formación de la memoria duradera (o memoria a largo plazo) intervienen dos aspectos generales: 1) la resistencia a la pérdida de información por amnesia o interrupción por anestesia (es decir, aquellos recuerdos que persisten en la memoria más allá de un período de inconsciencia), y 2) su dependencia de la síntesis de proteínas.

Este último aspecto, la síntesis de proteínas, se ha comprobado en experimentos con animales que muestran que un recuerdo se almacena en la memoria como un *cambio permanente*, del mismo modo en que las neuronas se comunican con otras partes del cerebro (este proceso se denomina *sinapsis*). Las proteínas, que son sintetizadas dentro de las neuronas, constituyen el material bruto necesario para la realización de este proceso. El experimento clásico que

---

\* Rubén M. Pinus es Licenciado en Comunicación Social, egresado de la Universidad Nacional de Córdoba. Desempeña sus actividades en el Instituto Privado de Especialidades Médicas, en la ciudad de Córdoba.

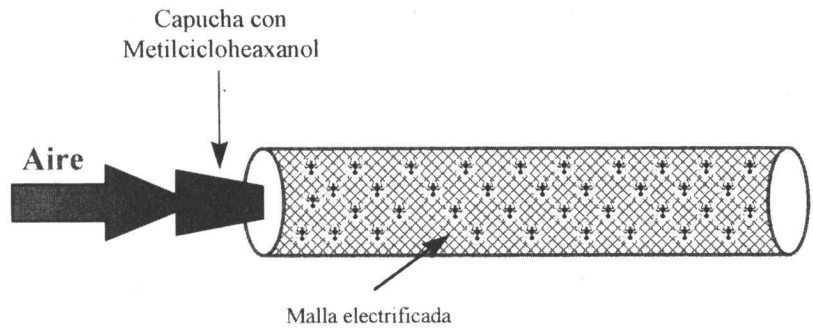
muestra la necesidad de la síntesis de proteínas para la formación de memoria duradera es el realizado en 1963 por el psiquiatra Wesley C. Digma y el farmacólogo Michael B. Sporn, quienes inyectaron ratas con una droga que no permite (*inhibe*) la síntesis de proteínas. Cuando se inyectó a las ratas *antes* de ser entrenadas para manejarse en un laberinto, olvidaron rápidamente lo que habían aprendido sobre el laberinto. Pero cuando se inyectó a las ratas *después* del período de entrenamiento, sus recuerdos sobre el manejo del laberinto eran excelentes; y mientras más prolongado era el período entre el entrenamiento y la inyección mejores eran sus recuerdos. En resumen, después de cierto intervalo, lo que las ratas aprendieron sobre el laberinto fue "encomendado a la memoria", y la subsecuente administración de la droga inhibidora de la síntesis de proteínas no tuvo efecto alguno sobre lo que habían aprendido.

Ambos aspectos de la formación de la memoria permanente, su resistencia a la interrupción por anestesia y su dependencia de la síntesis de proteínas, están presentes en las moscas que Connolly y Tully utilizaron en sus investigaciones.

En primer lugar, los científicos entrenaron a las moscas para establecer una asociación entre un estímulo neutro (inofensivo) y otro estímulo que produce un cambio de comportamiento. Este entrenamiento consiste en colocar unas cien moscas en una cámara cilíndrica parecida a un tubo de ensayo, cuya superficie interior está cubierta con una malla eléctrica. En una de las puntas de la cámara se coloca una capucha de olor que produce uno de dos aromas: octanol, que tiene un olor más bien dulzón, o metilciclohexanol, que tiene un olor muy parecido al de los botines de fútbol en verano. Luego se pasa aire a través de la cámara, exponiendo a las moscas a uno de los olores y, al mismo tiempo, se electrifica la malla sobre la cual las moscas están apoyadas. A continuación se airea la cámara con el otro olor sin electrificar la malla (Figura 1).

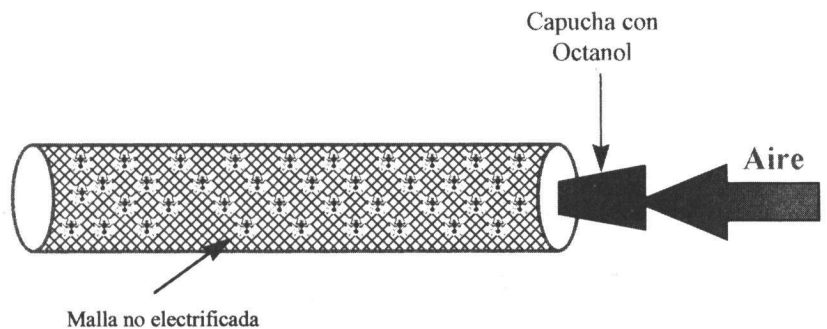
### Primer Paso:

#### **Entrenamiento para asociar Metilciclohexanol - Estímulo Eléctrico**



### Segundo Paso:

#### **Entrenamiento para asociar Octanol - Estímulo Neutro**

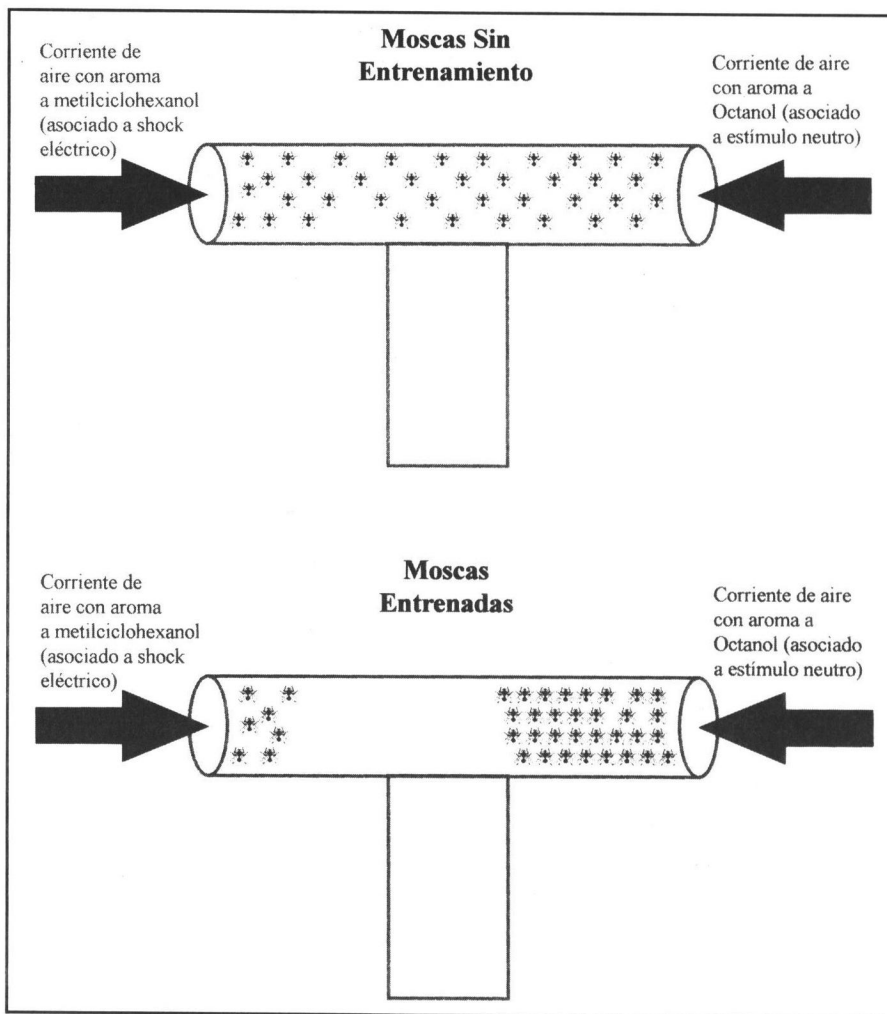


**Fig. 1.- Entrenamiento para crear recuerdos en la memoria de las moscas.** Durante el primer paso se airea la cámara con olor a metilciclohexanol y, simultáneamente, se electrifica la malla que cubre el interior de la cámara. En el segundo paso, la cámara se airea con octanol y la malla permanece sin electrificar. De este modo, se entrena a las moscas para relacionar el olor a metilciclohexanol con shock eléctrico, y el olor a octanol con "paz y tranquilidad".

La siguiente etapa consistió en averiguar si las moscas podían recordar lo aprendido durante su entrenamiento, y observar por cuánto tiempo podían recordarlo. Para ello, los investigadores utilizaron un laberinto con forma de T. Colocaron las moscas en la intersección donde se unen las dos líneas que forman la T, donde convergían dos corrientes de aire: por un brazo de la T el aroma dulzón y, por el otro, el olor de los botines de fútbol después de un partido de tres horas. De este modo fue posible observar que las moscas no entrenadas no mostraron preferencia por ninguno de estos olores (se repartieron por mitades aproximadamente iguales en ambos brazos de la T), mientras que

por su parte las moscas entrenadas se distribuyeron de un modo muy diferente: el 90 por ciento de ellas evitaron el olor asociado al shock eléctrico dirigiéndose hacia el brazo opuesto en la T (Figura 2). No obstante, con el paso del tiempo la memoria de estas moscas decaía lentamente y, al cabo de un día, se volvían indiferentes a uno u otro olor. Se observó entonces que en las moscas así entrenadas no se formaba la memoria permanente.

Si bien un día es mucho tiempo en la vida de una mosca, el hecho de que olvidaran tan pronto sus lecciones era más bien desalentador. Los científicos intentaron entonces crear memoria permanente mediante la



**Fig. 2.- Prueba para comprobar la memoria desarrollada por las moscas.** Se observa que las moscas sin entrenamiento no presentan preferencias por ninguno de los olores, mientras que las moscas entrenadas prefieren el olor que no está asociado al shock eléctrico (salvo unas pocas masoquistas).

aplicación de un principio tomado del libro *Über das Gedächtnis* (Sobre la Memoria, 1885), de Ebbinghaus. Este psicólogo alemán descubrió que una lista de sílabas sin sentido puede memorizarse mejor si se realizan varias sesiones espaciadas de entrenamiento que si se lo hace en una sola sesión larga. En otras palabras, es más efectivo memorizar diez palabras en alemán si se las estudia en, digamos, tres sesiones de diez minutos cada una separadas por un período de descanso de quince minutos, que si se lo intenta en una sola sesión de treinta minutos. Siguiendo este principio, Connolly y sus colaboradores entrenaron las moscas en el laberinto T durante diez sesiones, con un

intervalo de diez minutos de descanso entre cada sesión. Los recuerdos creados en la memoria de las moscas mediante este tipo de entrenamiento persistieron indefinidamente.

A fin de comprobar si, tras este entrenamiento (con intervalos de descanso), las moscas desarrollaban memoria resistente a la anestesia, los investigadores les suministraron "shocks de frío" a intervalos cada vez más largos después de una sesión de entrenamiento. El shock de frío consiste en colocar a las moscas en un tubo de ensayo y a continuación sumergirlo en agua helada hasta que queden inconscientes. Después de dos minutos de siesta helada, se calienta el tubo hasta que las moscas

recobren el conocimiento, y tres horas después se controlan sus recuerdos en el laberinto T. Los científicos descubrieron que si aplicaban un shock de frío inmediatamente después del entrenamiento, tres horas después la memoria de las moscas no era efectiva. Sin embargo, a medida que el intervalo entre entrenamiento y shock de frío (período de consciencia) se hacía más prolongado, tres horas después del shock de frío los recuerdos perduraban en las memorias. De este modo pudo comprobarse que, tras el entrenamiento con sesiones separadas por períodos de descanso, se formaba la memoria resistente a la anestesia (aquella que perdura más allá de un período de consciencia, una siesta, por ejemplo).

Los investigadores provocaron la formación de memoria duradera mediante la repetición espaciada de sesiones de entrenamiento. Asimismo, también fue posible demostrar que para la formación de este tipo de memoria es necesario que se produzca la síntesis de proteínas. Esto lo comprobaron mediante un experimento similar al realizado por Dignam y Sporn en ratas. Nuestros investigadores sometieron un grupo de moscas a una dieta en cuyo alimento estaba mezclada una droga que inhibe la síntesis de proteínas, y luego las entrenaron en la asociación olor metilciclohexanol-shock eléctrico, o a octanol-nada. No obstante, al comprobar los recuerdos de estas moscas en el laberinto T, observaron que con el correr del tiempo las moscas olvidaban la asociación aprendida. Por lo tanto, en moscas cuya síntesis de proteínas estaba inhibida no se formó la memoria permanente. En consecuencia, la síntesis de proteínas es necesaria para la formación de la memoria a largo plazo.

Los investigadores dieron con un hallazgo inesperado y sorprendente al comprobar que, en moscas que habían recibido un entrenamiento intensivo (sin intervalos de descanso) la inhibición de la síntesis de proteínas no afectó la memoria que habían desarrollado. Por tanto, la droga que

de la síntesis de proteínas sólo funcionaría con sesiones de entrenamiento espaciadas, y entonces la formación de memoria resistente a la anestesia no necesitaría de esta síntesis. Esto indicaría que la memoria resistente a la anestesia y la memoria a largo plazo son *físicamente distintas*, lo cual estaría en contradicción con la hipótesis según la cual para la formación de memoria a largo plazo es necesaria la formación de memoria resistente a la anestesia y la síntesis de proteínas (posición que durante treinta años han defendido neurologos y psicólogos).

¿Cómo comprobar que la memoria resistente a la anestesia y la memoria duradera son físicamente distintas? Con la intervención de la genética. Un gen es la unidad funcional de información más pequeña del organismo, que almacena datos hereditarios del mismo. Ahora bien, existe un tipo de mosca que posee una copia mutante defectuosa de un solo gen, conocido como *radish*. En otras palabras, hay una clase de mosca que tiene un gen llamado *radish*, y otras moscas del mismo tipo que tienen una copia "impostora" de este gen, que cambia de una generación a la siguiente (por eso lo de "mutante"). Al experimentar por separado con estas moscas los científicos encontraron que aquellas con el gen *radish* intacto (sin mutaciones) desarrollaron memoria resistente a la anestesia, mientras que aquellas con el gen *radish* mutante (o defectuoso) no lo hicieron. Por lo tanto, el gen *radish* es necesario para la formación de memoria resistente a la anestesia.

Numerosas investigaciones indicaban la existencia de un procedimiento secuencial, a nivel genético, de las diferentes fases de la memoria: la memoria a corto plazo induce memoria a mediano plazo. De este modo, la formación de una de estas fases influiría sobre la formación de las demás (un recuerdo no podría ser parte de la memoria a largo plazo sin antes haber sido un recuerdo resistente a la anestesia, así como no se puede jugar en primera división sin haber pasado por las inferiores).

Sin embargo, los experimentos desarrollados con el mutante *radish* probaron que en este proceso hay una importante excepción. A pesar de que las moscas con el gen *radish mutante* no desarrollaron memoria resistente a la anestesia, después de un entrenamiento espaciado sí desarrollaron memoria a largo plazo. Es decir, que estas moscas (portadoras del gen *radish mutante*), que no son capaces de formar memoria resistente a la anestesia, sí pudieron desarrollar memoria a largo plazo tras el entrenamiento espaciado. Esto demostraría que para la formación de la memoria permanente *no* es necesaria una fase previa de memoria resistente a la anestesia. No obstante, cuando se alimentó a estas moscas (portadoras del *radish* mutante) con una droga inhibitoria de la síntesis de proteínas, el entrenamiento espaciado no pudo crear memoria a largo plazo.

Se observa entonces que el gen *radish mutante* no permite la formación de memoria resistente a la anestesia, pero no influye sobre la formación de memoria a largo plazo. Pareciera entonces que la formación de memoria resistente a la anestesia depende del gen *radish*, lo cual no ocurre con la formación de memoria a largo plazo, que sí depende de la síntesis de proteínas. En consecuencia, las fases de la memoria resistente a la anestesia y la memoria a largo plazo parecen ser más bien procesos paralelos y no secuenciales.

Sabemos entonces que el gen *radish* interviene en la formación de la memoria resistente a la anestesia, pero ¿cuál es el gen que interviene en la formación de la memoria a largo plazo?

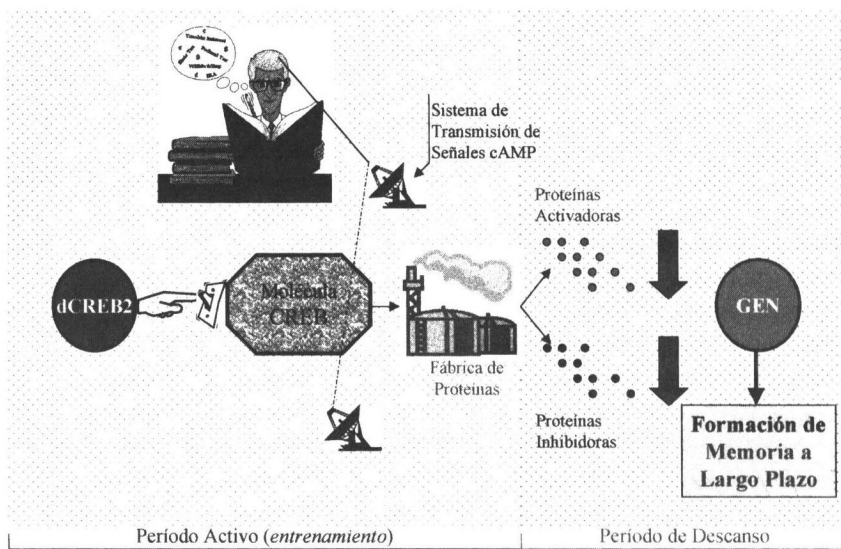
Mientras que el entrenamiento espaciado dio lugar a la formación de ambas memorias, la resistente a la anestesia y la a largo plazo, el entrenamiento intensivo sólo dio lugar a la formación de memoria resistente a la anestesia (y *no* a memoria permanente). Por tanto, para la formación de memoria a largo plazo es fundamental que se produzca un intervalo de descanso entre sesiones de entre-

namiento. ¿Por qué es tan importante este descanso?

Durante el período de descanso aumenta la concentración de proteínas, que es controlada por el grado al cual se expresa el gen que codifica esas proteínas. Cuando un gen "codifica" lo que hace es "manipular para", el gen "programa" a un microorganismo para que actúe de determinada manera. A su vez, quienes controlan la expresión de un gen son otras proteínas, *activadoras* o *inhibidoras*, que permiten o impiden que la información portada por un gen sea copiada. Es razonable pensar entonces que la formación de la memoria está relacionada al *copiado* de información, y el hecho de que haya proteínas que permiten o inhiben este proceso hace suponer que la actividad de las mismas aumenta en el período de entrenamiento. Entonces, durante el período de descanso (cuando la actividad de estas proteínas desciende), la actividad de las proteínas inhibitoras (que no permiten el copiado de información) debe descender más rápidamente que la actividad de las proteínas activadoras (que sí lo permiten).

En un proceso de aprendizaje se producen ciertos cambios químicos en el organismo. En estos cambios, que se producen en el interior de las células, interviene un sistema de transmisión de señales, llamado AMP cíclico (o cAMP). Investigadores han demostrado que cualquier interferencia en el sistema cAMP afecta el proceso de aprendizaje o la formación de memoria en animales como el molusco *Aplysia* o la mosca *Drosophila melanogaster*. Ahora, bastante más abajo en el curso de señales cAMP se encuentra una molécula de fundamental importancia en el proceso de formación de la memoria, ya que la misma es quien decide si una célula fabricará proteínas nuevas en respuesta a una señal recibida a través del cAMP. Esta molécula es conocida como CREB, y el gen que la codifica se denomina dCREB2.

Lo que hasta aquí tenemos es un gen (dCREB2) que "enciende" o "apaga" la actividad de la molécula



**Fig. 3.- Proceso de Formación de la Memoria a Largo Plazo.** Durante el período activo el gen dCREB2 "enciende" la molécula CREB la cual, al recibir una señal del sistema de transmisión de señales cAMP, ordena la fabricación de proteínas (activadoras e inhibidoras) que hacen posible el "copiado" de información a un gen. Durante el período de descanso la actividad de las proteínas inhibidoras desciende más rápidamente que la de las activadoras, permitiendo el copiado de información nueva, formándose así la MLP (cambio físico).

CREB, que a su vez decide si una señal recibida a través del sistema cAMP merece o no la fabricación de proteínas, de cuya existencia depende la formación de la memoria a largo plazo (Figura 3).

Los investigadores hallaron que las moscas en las que el gen dCREB2 "apagó" la actividad de la molécula CREB no pudieron desarrollar memoria a largo plazo, aunque sí pudieron formar memoria a corto y mediano plazo, y memoria resistente a la anestesia. Más espectacular fue el resultado de un experimento que mostró que, mientras las moscas normales necesitaron diez sesiones espaciadas de entrenamiento para desarrollar memoria a largo plazo, las moscas con niveles activadores de la molécula

la CREB más altos de lo normal desarrollaron este mismo tipo de memoria en una sola sesión de entrenamiento.

Por todo ello, parece ser que la molécula CREB es el conmutador maestro de la memoria en moscas, ratones y, por implicación genética, las personas.

Estas investigaciones, y las que puedan desarrollarse a partir de aquí, podrían aportar importantes beneficios para la humanidad. La comprensión del funcionamiento de las proteínas codificadas por genes relacionados a la memoria puede hacer posible el desarrollo de drogas para tratar pacientes con desórdenes mentales vinculados a la pérdida de la memoria. De todos modos, estos hallaz-

gos deben tomarse con pinzas. El descubrimiento del conmutador maestro de la memoria no revela nada con respecto a cuáles son los recuerdos que se almacenarán o en qué forma tomarán al ser almacenados. Rara vez se trata de sucesos experimentados aisladamente, generalmente una persona conlleva buena parte de su pasado en su presente. La memoria que se forma en la actualidad indudablemente es afectada por la memoria ya establecida. El efecto más inmediato de las píldoras para la memoria, si estuviesen disponibles, es que la mayoría de sus efectos serían impredecibles.

A la vez, pocas experiencias en la vida cotidiana son tan frustrantes como el olvido. Por tanto, cuántas angustias podrían evitarse si se logra desarrollar un remedio para los problemas de memoria. Muchas drogas se han desarrollado a partir del descubrimiento de los genes involucrados en el desarrollo de una dolencia. Es una esperanza, no muy lejana, para tener en cuenta.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bailey CH, Kandel ER. 1994. Structural changes underlying long-term memory storage in *Aplysia*: a molecular perspective. *Semin Neurosci* 6: 35-44.
- Davis RL, Cherry J, Dauwalder B, Hanouk Skoulakis F. 1995. The cyclic AMP system and *Drosophila* learning. *Mol Cell Biochem*; 149-150, 271-278.
- Davis RL y colaboradores. 1996. Physiology and biochemistry of *Drosophila* learning mutants. *Physiol Rev* 76: 299-317.
- Yin JC, Del Vecchio M, Zhou H, Tully T. 1995. CREB as a memory modulator: induced expression of a dCREB activator isoform enhances long-term memory in *Drosophila*. *Cell* 81: 115.

## LA GLÁNDULA PINEAL Y EL RELOJ BIOLÓGICO. Luz y Sombras rigen nuestras Vidas

Por **Carlos Aníbal Ruffini\***

*La alternancia de los días y las noches, y las diferentes estaciones del año, afectan de diversas maneras a los seres vivos. En este proceso adquiere particular importancia el funcionamiento de la glándula Pineal, a la que siempre se le había negado función alguna en el ser humano, pero que actualmente se la reconoce, ya que cumple una función endocrina al producir sustancias activas, como la melatonina.*

### A LA LUZ DE LOS CONOCIMIENTOS

"En el principio creó Dios los cielos y la tierra. Y la tierra estaba desordenada y vacía, y las tinieblas estaban sobre la faz del abismo, y el espíritu de Dios se movía sobre la faz de las aguas. Y dijo Dios: Sea la luz; y fue la luz. Y vio Dios que la luz era buena; y separó Dios la luz de las tinieblas. Y llamó Dios a la luz Día, y a las tinieblas llamó Noche".

Con estas frases comienza la Santa Biblia; y nos presagia que

como la totalidad de la creación, todo tiene su sentido. No fue un capricho de Dios la existencia del día y de la noche; y tanto la luz como la oscuridad, crean un orden en nuestras vidas.

El planeta Tierra, posee un movimiento de translación alrededor del Sol que nos brinda las estaciones con sus respectivos climas característicos; y un movimiento de rotación alrededor de su eje, que nos da la secuencia de los días y las noches.

Como es sabido, la fuente lumínica se ve alterada en las dos circunstancias. En los polos durante los inviernos, las noches pueden durar seis meses y lo mismo ocurre con los días durante el verano; mientras que en el plano Ecuatorial la noche dura siempre doce horas en las cuatros estaciones del año. En el resto del planeta los días se alargan en el ve-

rano y se acortan en invierno, cambiando sustancialmente los períodos de luminosidad.

Ambos fenómenos rigen nuestras vidas de una forma mucho más sofisticada de lo que sospechábamos.

### REPERCUSIÓN EN LA NATURALEZA

Los seres vivos se ven notablemente afectados por los cambios del ciclo noche/día, y los cambios estacionales.

Las plantas requieren de la luz solar para la síntesis de hidratos de carbono por medio de la clorofila, a partir de elementos inorgánicos.

Durante el día utilizan el anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) y eliminan oxígeno (O<sub>2</sub>), siendo verdaderos pulmones de nuestro planeta. Sin embargo, por la

\* El Dr. Carlos Aníbal Ruffini es Médico Cirujano General y de Cirugía Videolaparoscópica, Jefe del Servicio de Terapia Intensiva y Unidad de Emergencias del Sanatorio de la Unión Obrera Metalúrgica, regional Avellaneda, y del Sanatorio Profrío de Itoiz de Avellaneda.

noche actúan a la inversa, utilizando el O<sub>2</sub> y eliminando CO<sub>2</sub>.

A este proceso se le denomina "fotosíntesis", que como su nombre lo indica es dependiente de la luz; y a tal punto la necesitan, que algunas especies como el girasol poseen fototropismo. Sus tallos y flores siguen al Sol permanentemente; y cuando llega la noche, se inclinan hacia abajo simulando dormir.

Los salmones nacen en ríos de aguas frías, corrientes rápidas, y de fondos pedregosos. Permanecen en el río durante los primeros tres años de su vida, y después emigran hacia el mar y toman un aspecto plateado.

Allí pasan su vida adulta y al cabo de uno a cuatro años de vida marina, vuelven a su lugar de origen nadando contra la corriente con el único fin de procrear; y una vez que desovaron, fallecen.

En 1955, Hasler y Larsen demostraron que el ciclo vital del salmón y su rara aptitud de migración, se debe a que tienen receptores sensibles a la luz en su piel, y cuando jóvenes evitan el brillo de las aguas con corriente de baja profundidad.

Las truchas tienen un ciclo similar, dado que pertenecen a la misma familia que el salmón y el acortamiento del día en otoño las estimula a remontar la corriente y desovan. En los criaderos de peces cuando se acorta artificialmente la duración del día en primavera, puede lograrse que las truchas desoven antes del tiempo normal. En su habitat natural la duración del ciclo puede representar una gran ventaja, ya que permite una temporada más prolongada de crecimiento de las truchas recién nacidas, antes de que éstas pueblen las corrientes al año siguiente.

El cambio en la duración de los días, ejerce influencias semejantes en otros animales.

En las aves se producen cambios hormonales con la mayor duración de la luz solar en la primavera. Esto hace que las gónadas (testículos y ovarios) produzcan esperma o huevos maduros. Hace también que hormonas sexuales ejerzan influencia sobre una serie de fenómenos como

el cambio de plumaje, y crecimiento de uno más colorido y brillante en la época de celo; la construcción de nidos y otras actividades que estimulan al ave a someterse al largo y complicado proceso de criar una familia.

Otras especies migran en otoño a regiones más cálidas, con días más largos y viven constantemente en una eterna secuencia primavera/verano.

Algunos mamíferos y especialmente los de regiones polares, pasan inactivos las frías y largas noches invernales. Entran en un letargo y pasan meses durmiendo; bajan su metabolismo basal, al igual que su ritmo cardíaco y respiratorio. A este mecanismo de adaptación, se le denomina "hibernación" y les es absolutamente necesario para poder sobrevivir en el medio hostil y falto de alimentos en que habitan.

Evidentemente se hallan relacionados la falta de luz, el metabolismo, y los períodos de descanso. Muy pocos son los animales que están orgánicamente preparados para permanecer constantemente en actividad y sin dormir. Ejemplo de ello son el tiburón y el delfín.

Los ciclos de luz y oscuridad tienen especial protagonismo en las funciones orgánicas, y los sistemas vitales requieren de ellos para mantener un equilibrio homeostático.

## ROL DE LA GLÁNDULA PINEAL

Ancestralmente, en las creencias orientales los monjes tibetanos forman desde la infancia a sus Lamas Médicos. Estos adquieren los conocimientos médicos, la clasificación y utilización de hierbas y plantas curativas, profundas técnicas de concentración mental, y la interpretación del "Aura" o campo de energía que rodea a los seres vivos. El aura es un halo energético, semejante a la "aureola" con que se representa las imágenes de Jesús, de las vírgenes o de los santos; sólo que rodea todo el cuerpo.

El aura cambia de espesor y de colores, de acuerdo al estado de salud y equilibrio emocional de la persona; por lo tanto los Lamas Médicos

al percibirlo e interpretarlo, logran hacer un diagnóstico.

Como culminación de su formación médico-religiosa, les practican una trepanación en la frente en ambas cejas, con la finalidad de estimular una parte del cerebro a la cual llaman "el tercer ojo": la glándula Pineal. Esta intervención, tiene como objeto incrementar la percepción y la aura; la herida la cicatrizan con hierbas medicinales, y el orificio resultante lo cubren con una piedra preciosa.

Si se presta atención en grabados y estatuas, la mayoría de las deidades hindúes, tibetanas, y especialmente en el budismo, se hallan representadas con el tercer ojo.

Esta simbología del tercer ojo confiere a la glándula Pineal la función de sumarle un sexto sentido a la visión, a la cual estaría conectada en alguna forma. Todo esto no tenía ningún sentido para los científicos.

Descartes en sus escritos, o en los hallazgos de un médico amigo, descubrió vías de conducción que conectaban a la glándula Pineal con el nervio óptico. Vías de conducción que luego no fueron halladas en investigaciones posteriores realizadas por disectores y anatomistas de su nombre.

La glándula Pineal o epífisis, es una glándula ubicada: delante y arriba del cerebro, arriba de los tubérculos cuadrilobulados anteriores (entre ambos) arriba y detrás del extremo posterior del tercer ventrículo, y por debajo y atrás del cuerpo caloso. (Foto 1).

La mayor parte de la epífisis se encuentra envuelta por la piamater, de la cual penetran a la glándula vasos sanguíneos, fibras nerviosas mielínicas, y tabiques de tejido conjuntivo, que la dividen en lóbulos.

Su tamaño es pequeño, y en el adulto alcanza de 5 a 10 mm de longitud, de 3 a 6 mm de ancho y de 3 a 5 mm de diámetro; y pesa aproximadamente 120 mg.

Su nombre que proviene del latín "pineae" (significa piña, o con forma de piña), se debe a su forma cóncava aplanada y su color rojizo. También se la denomina: cuerpo pineal, órgano pineal, epífisis, o conarium.



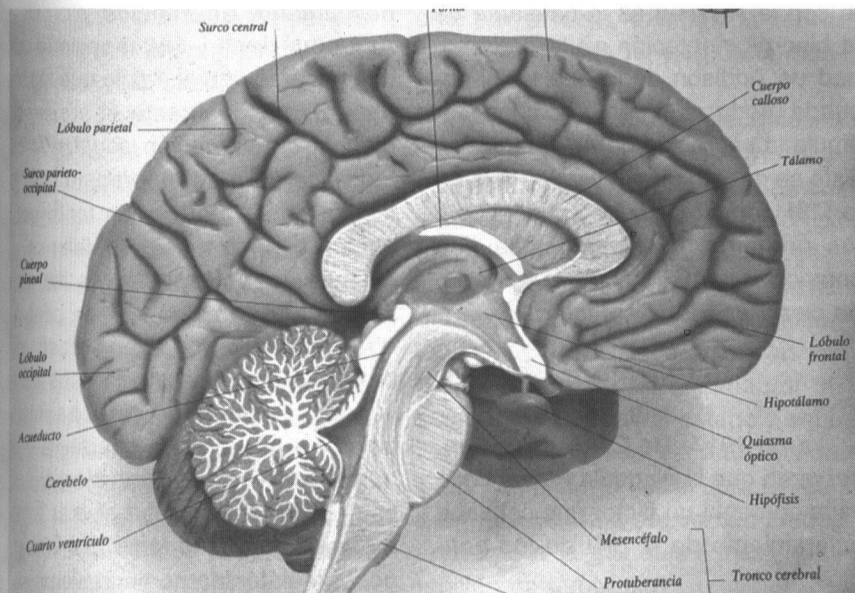


Foto 1.- Corte sagital del cerebro que permite apreciar la ubicación anatómica de la glándula o cuerpo Pineal.

Histológicamente, está constituida por: células endoteliales, células de la neuroglia, y un estroma de tejido conectivo laxo, que incluye nidos de células de origen epitelial, propias de la glándula, denominadas "pinealocitos".

Los pinealocitos son células voluminosas y con protoplasma homogéneo muy semejantes a las del lóbulo anterior de la hipófisis. Las células pineales parenquimatosas o glandulares sobre la periferia del lóbulo tienen una forma alargada, mientras que las de la zona central son ovoideas. Contienen numerosos cuerpos granulares que pueden corresponder a depósito de secreción, y dan lugar a procesos que terminan junto al endotelio capilar.

Embriológicamente la glándula Pineal se forma de una evaginación epitelial del epéndimo que recubre el techo del tercer ventrículo y parte posterior del techo del diencefalo, que luego penetra en el tejido mesodérmico, y permanece conectada con esta región por el tallo de la pineal. Las células nerviosas pasan del epítalamo a la pineal a lo largo de su pedículo.

Proviene, y es homóloga de un "tercer ojo" u ojo parietal de los vertebrados inferiores, que empieza a desarrollarse en fase temprana en el embrión y más tarde degenera per-

sistiendo las células epiteloides hasta la vida adulta, y éstas serían las encargadas de la secreción hormonal.

La función de esta glándula era una incógnita, y como en más del 30% de los adultos se calcifica por completo, sin ningún cambio fisiológico aparente, hizo sospechar que no poseía función alguna. Sin embargo, el modo en que se desarrolla y la estructura que presenta en el adulto, no apoyaban la idea de que fuera sólo un órgano vestigial.

Los conocimientos se basaban en los síntomas originados en pacientes portadores de tumores en este órgano, y los efectos más frecuentemente atribuidos han sido una supuesta estimulación del crecimiento y de la sexualidad.

Las únicas lesiones de importancia en esta glándula son las neoplasias, y los tumores hallados en el cuerpo pineal han sido: carcinomas, alveolosarcomas, psamomas, corioepiteliomas, gliomas, sarcomas y angioblastomas. Los más comunes pueden ser de tres tipos: pinealomas (neoplasia derivada de los pinealocitos), tumores neuróglícos, y teratomas. Todos ellos son más frecuentes en la infancia y en el sexo masculino.

Los pinealomas presentan un aspecto histológico muy semejante al

seminoma testicular con células grandes y claras.

En 1910, Pellizi describió un síndrome en los niños varones, caracterizado por macrogenitosomia precoz y tumor pineal, cuyos rasgos son: síndromas de tumor cerebral con hipertensión endocraneana; síntomas de los pares craneales (por compresión); disturbios de los pedúnculos cerebrales y del haz piramidal, perturbaciones pupilares (generalmente con pupilas inmóviles y dilatadas), precocidad en la madurez psíquica y mental, insomnio, y más tarde somnolencia. Además presentaban gran desarrollo corporal (macrosomía) y desarrollo sexual anormal (pubertad precoz, gran desarrollo del pene y de los testículos, monte de venus cubierto, cambio de la voz, aparición de vello en axila y barba).

En 1916, Time describió otro cuadro que denominó "miopatía pineal", caracterizado por debilidad progresiva (con o sin atrofia), precocidad mental, y sombra pineal en la radiología del cráneo.

Hay casos descritos que presentaron obesidad excesiva, especialmente en pecho y abdomen; pero el denominador común es la madurez psíquica.

En presencia de estos casos, se pensó que la epífisis secretaba una hormona estimulante del crecimiento y de la actividad sexual.

Desgraciadamente los estudios iniciales al respecto, tuvieron conclusiones disímiles y opiniones desencontradas.

Foa, Clemente y Sarteschi comprobaron desarrollo prematuro y exagerado de testículos y caracteres sexuales secundarios, en gallos y algunos mamíferos sometidos a la extirpación de la epífisis. Mientras que Exner, Boese y Dandy, en experiencias similares no encontraron alteraciones. Lo mismo les ocurrió a Kolmer y Lowy, que destruían el órgano con termocauterío.

Mientras que Mc Cord, mediante alimentación o inyección de sustancia pineal en animales jóvenes, evidenció que presentaban un rápido crecimiento, y que este efecto era

más notorio en animales machos que en las hembras. Actualmente la pubertad precoz se considera como resultado de un déficit de la función de la glándula Pineal determinado por el tejido tumoral. Por lo tanto, la glándula secretaría alguna hormona con efectos opuestos; o sea, que en realidad inhibiría el crecimiento y la actividad sexual.

Pese a estos resultados contradictorios, los hechos sugerían una función y patogenia endocrina; pero durante muchos años se intentó aislar hormonas sintetizadas por esta glándula, sin lograrlo.

### INTERMEDINA

La Intermedina u hormona estimulante de los melanocitos (MSH), es secretada por la pars intermedia de la hipófisis. Los melanocitos son células que contienen un pigmento negro denominado melanina, y que es muy abundante en la dermis y la epidermis.

En algunos anfibios y reptiles, la melanina dentro de los melanocitos forma pequeños gránulos denominados "melanosomas". En ausencia de MSH, estos gránulos se concentran cerca del núcleo, dándole al melanocito la facultad de ser transparentes a la luz.

La MSH hace que los melanosomas se dispersen por todo el citoplasma y muy rápidamente la célula se torna oscura.

En el humano, la única diferencia notable es que gran parte de la melanina suele salir de los melanocitos y se dispersa entre los elementos de la epidermis. De todos modos, la exposición a la MSH durante varios días provoca oscurecimiento de la piel, teniendo mayor efecto en individuos de piel genéticamente oscura; y además aumenta el depósito de melanina en los melanocitos de la piel humana.

La secreción de MSH es inhibida por: la hidrocortisona, la cortisona, la epinefrina y la norepinefrina, en forma similar a la que lo hace con la adrenocorticotrofina (ACTH). Por otro lado, es secretada casi conjuntamente

te con la ACTH y es la causante de la hiperpigmentación en la enfermedad de Addison dado que la inadecuada producción de corticoides, estimula la secreción de ACTH y MSH. Esto se debe a que la versión Alfa de la MSH, en su fórmula, es idéntica a los primeros 13 aminoácidos que componen la ACTH; y por lo tanto tiene cierta actividad corticotrófica.

### MELATONINA

Ya en 1917, Mc Cord y Allen observaron que la glándula Pineal de la vaca contenía un factor que causaba aclaramiento de la piel de los anfibios.

Recién en 1958, Lerner y colaboradores lograron extraer de la glándula Pineal de los bovinos, varias sustancias neurohumorales, como la Serotonina, la Histamina, y una hormona denominada "Melatonina". Este descubrimiento fue la mejor prueba de que la epífisis no es un vestigio sino un componente importante del sistema de control neuroendocrino.

En la rana, la melatonina provoca que la melanina se concentre cerca del núcleo del melanocito de manera que la piel se vuelve más clara que en otras circunstancias, y por ende bloquea el efecto de la MSH.

La glándula Pineal se halla más desarrollada en seres inferiores, es-

pecialmente en anfibios y reptiles. Algunos tienen la capacidad de mimetizarse con el medio que los rodea. Específicamente el camaleón cambia su coloración adoptando un tono acorde a su entorno, lo cual facilita pasar inadvertido tanto para atacar, o como medio de defensa.

Aunque estos cambios se dan para que el camaleón pueda confundirse con el fondo a modo de camuflaje, muchas otras cosas influyen en el cambio de color. La intensidad de la luz, la temperatura y el humor del lagarto (por ejemplo, está asustado) pueden afectar totalmente al color que tome. Sin embargo, la melatonina no tiene efecto sobre los melanocitos encargados de dar pigmentación normal de la piel de los humanos.

La Tatuara (Foto 2) es un verdadero "fósil viviente" porque es el único sobreviviente de un grupo de animales extinguidos, ya que sus parientes más cercanos desaparecieron hace millones de años.

La palabra indígena Tatuara de origen maorí, significa "picos en la espalda" y hace referencia a la cresta que recorre su dorso y cola. Por ese motivo es un reptil que si bien sólo mide 60 centímetros, se parece mucho a algunos dinosaurios. Actualmente habita en unos pocos islotes de la costa de Nueva Zelanda y



Foto 2.- Tatuara, reptil primitivo, aún Viviente en Nueva Zelanda, en el gen presente en el tercer ojo, que cumple funciones de termostato y regulación del reloj biológico.

caracteriza por una serie de particularidades que lo diferencian de otros reptiles. Son capaces de funcionar bien a temperaturas mucho menores que el resto de los reptiles, tienen una tasa metabólica baja y un ritmo de crecimiento extremadamente bajo (llegan a la madurez sexual a los veinte años; continúan creciendo hasta los 50 ó 70 años; y pueden vivir más de ciento veinte años). Un "tercer ojo" sensible a la luz, es visible en la frente de los animales jóvenes, pero no en los adultos, ya que la piel se espesa sobre ese punto. Puede regular el "reloj biológico" del Tatua-ra, y probablemente también actúa como termostato.

Se le adjudica a la glándula Pineal estas particularidades, y eso implica una conexión de la vía óptica con esta glándula.

Como ya fue expresado, la epífisis experimenta calcificación o concreciones calcáreas (acervuli) con la edad y que tienen comienzo a partir de los 16 años; pero hay estudios que indican que a pesar de ello, no disminuye la actividad secretora de la glándula. Autores, como Askanazy, Krabbe, Marbug y Volkmann, coincidieron en que la glándula conserva su aptitud funcional hasta edades avanzadas. En investigaciones posteriores, De Martino y colaboradores indican que la actividad hormonal incluso aumenta durante la etapa adulta.

## CONOCIMIENTOS ACTUALES

En 1960, Kappers hizo el importante descubrimiento de que la innervación primaria de la Pineal en los mamíferos no se origina dentro del cerebro, sino de las neuronas simpáticas de los ganglios cervicales superiores. En estudios realizados con microscopía electrónica se advirtió que las terminaciones nerviosas simpáticas llegan directamente a las células parenquimatosas de la epífisis en una relación anatómica que recuerda a una sinapsis. La innervación simpática de las células glandulares de la Pineal viene a ser una nueva adaptación evolutiva y puede ser única en el organismo. Este he-

cho por sí solo, invalida la teoría vestigial sobre la función de la glándula.

También en 1960, el electrotécnico e investigador ruso Semyon Davidovich Kirlian, logró fotografías por contacto directo bajo la fulguración de una bobina tipo Tesla de alta frecuencia. Las imágenes obtenidas eran las del "aura". Tal como lo proclamaban los Lamas desde hace siglos, las características del aura variaban siguiendo un patrón del estado y equilibrio psico-físico del ser fotografiado.

Si se confirmó que el aura es real; ¿por qué no iba a ser verdad todo lo referente a la glándula Pineal, y su función de tercer ojo?

Había pruebas de que una función de la Pineal de los mamíferos puede intervenir en algunos de estos efectos de la luz; y finalmente se halló la vía de conducción que mencionó Descartes.

La información luminosa viaja hasta la Pineal por una vía que comprende:

- La vía óptica accesoria inferior.
- Centros en el cerebro y en la médula espinal, que regulan el sistema nervioso simpático.
- Los nervios simpáticos que llegan a la Pineal, y que se originan en los ganglios cervicales superiores.

Desde el descubrimiento de la melatonina, se han acumulado pruebas de que la glándula Pineal funciona como un transductor neuroendocrino. Recibe una entrada cíclica de información nerviosa simpática que se genera por efectos retinales de la luz ambiental, y en respuesta a esta información, la glándula Pineal secreta o no melatonina a la sangre.

Las condiciones ambientales de iluminación ejercen varios efectos importantes sobre el aparato neuroendocrino de los mamíferos. La luz actúa como un inductor, que modifica la rapidez de la maduración sexual; las muchachas que se han visto privadas de la percepción de la luz desde el nacimiento, pueden presentar pubescencia precoz.

Hasta hace no mucho tiempo, se creía que la Hipófisis era la glándula que regulaba la secreción de todas

las otras glándulas ectoras por la gran variedad de hormonas que sintetiza, o por los mecanismos de retroalimentación. Hoy se sabe que la glándula Pineal es un órgano neuroendocrino (secreta serotonina y melatonina), y que posee muchas más funciones que las sospechadas.

Actualmente, se han hallado infinidad de sustancias constituidas por polipéptidos que no llegan a ser hormonas propiamente dichas, pero que estimulan o inhiben una secreción glandular determinada. Se las denominó "Hormonas o Factores de Liberación" y "Factores de Inhibición" (según su función específica), agregando el nombre de la hormona que regula. Estos factores de regulación, tienen origen en diferentes partes del hipotálamo o del epítálamo. Los cuerpos celulares de las neuronas secretorias hipotalámicas no están agrupadas en núcleos, sino que se hallan distribuidos por toda el área hipofisotrófica del hipotálamo (Fig. 1).

Las neuronas secretorias del hipotálamo son estimuladas por impulsos provenientes de otras áreas del encéfalo, especialmente del epítálamo.

Además se descubrieron numerosos neuropéptidos que tienen función de neurotransmisores, a saber: somatostatina, encefalinas, endorfinas, dinorfina, neuropéptido PYY, sustancia P, calcitonina y angiotensina.

La secreción de hormonas por las neuronas hipofisotróficas está regulada por los neurotransmisores procedentes de neuronas intermediarias y por los efectos de la retroalimentación negativa y positiva de las hormonas de las glándulas ectoras. (Figura 2).

Tratando de clarificar estos conceptos, todo comenzaría con la presencia o no de luz, actuando como gatillo para la actividad de la glándula Pineal, hecho que se podría comparar con un interruptor de encendido o apagado (teoría "ON/OFF"). Luego se producen una serie de reacciones en cadena o "efecto cascada" de estimulación y/o inhibición, pasando los diferentes niveles del sistema neuroendocrino. Cada paso se

HORMONAS O FACTORES		LOCALIZACIÓN ANATÓMICA DE LAS NEURONAS SECRETORIAS
DE INHIBICIÓN	DE LIBERACIÓN	
de Prolactina (PIF) de Somatotrofina o Somatostatina de Tirotrófina		(Locus aún en investigación) Hipotálamo Anterior. Epitálamo
	de Prolactina de Somatotrofina de Tirotrófina	(Locus aún en investigación) Núcleos Arcuatos Ventromediales Núcleos Arcuatos. Hipotálamo Anterior.
	de Corticotrofina	Area Paraventricular

Fig.1.- Factores de inhibición y de liberación de hormonas hipofisitróficas, y la localización anatómica de sus neuronas secretorias.

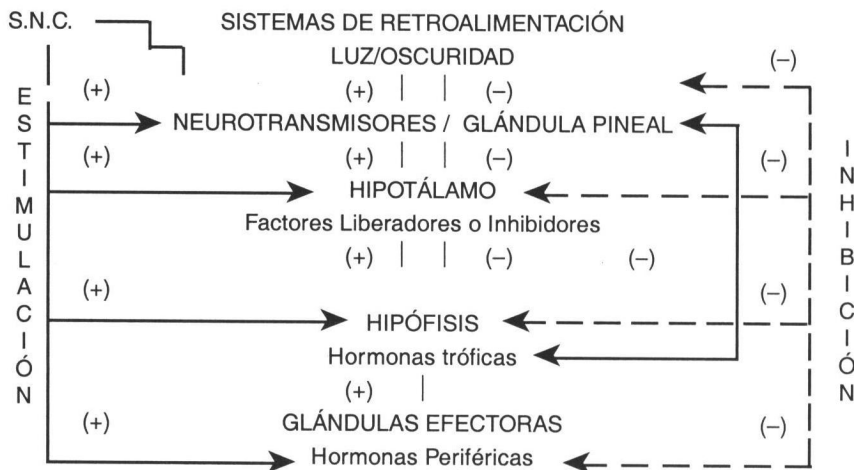


Fig. 2.- Esquema de la teoría "ON/OFF" dependiente del nivel lumínico; y a partir de ahí se desencadenan los mecanismos de retroalimentación positiva y negativa del sistema neuroendócrino (efecto "cascada").

riges por los mecanismos de retroalimentación positiva y negativa del sistema.

Las hormonas periféricas suelen provocar una retroalimentación negativa en forma directa sobre la hipófisis, o mediante la modificación de la secreción de neurotransmisores.

Entre los neurotransmisores, podemos citar:

- Catecolaminas (dopamina, adrenalina y noradrenalina).
- Neuropéptidos (ya mencionados).
- Indolaminas (serotonina y melatonina).

La glándula Pineal es la encargada de segregar las indolaminas. La melatonina (N-metil-5-metoxisero-tonina; o 5-metoxi, N-acetiltriptamina) es

un derivado de la serotonina, y por ende del triptofano.

La Epífisis capta el aminoácido triptofano de la circulación, y éste es hidroxilado para formar 5-hidroxitriptofano; el que después es convertido en la amina serotonina (5-hidroxitriptamina) por una enzima aromática descarboxilasa de L-aminoácidos.

La serotonina es un indol ampliamente distribuido y almacenado en cantidades muy grandes en la Pineal de los mamíferos. Difiere de todos los indoles previamente identificados, en que contiene un grupo metoxi.

Esta sustancia no es sólo sintetizada en la epífisis; y parte de la serotonina formada en la Pineal y en otros sitios del organismo es destrui-

da por desaminación oxidativa. Es fácilmente degradada por la monoaminoxidasa, y aumenta su concentración con la administración de inhibidores de esa enzima (I.M.A.O.).

La serotonina tiene un efecto vasoconstrictor, estimulante de la contracción del músculo liso, y regula la actividad cerebral.

El déficit de serotonina tiene una respuesta calmante, y en casos graves lleva a la depresión. Por eso los I.M.A.O. son utilizados en el tratamiento del síndrome depresivo.

Si bien la serotonina no se encuentra sólo en la glándula Pineal, este órgano es el único que tiene la capacidad de acetilar la serotonina de O-metil el producto para formar la hormona melatonina.

La glándula Pineal en la elaboración de melatonina utiliza la serotonina mediante N-acetilación, sirviendo la acetil-CoA como donadora de acetato; y da como resultado la N-acetilserotonina. Este sustrato, luego sufre la metoxilación gracias a la enzima hidroxil-indol metil-transferasa (HIOMT), que cataliza esa reacción. Esta enzima se encuentra altamente localizada en la glándula Pineal de los mamíferos, es sumamente importante porque puede ser dosada y utilizarse como marcador en los pinealomas, y para prevenirlos de tumores de otro origen (Figura 3).

Además de su efecto sobre los melanocitos, la melatonina inhibe la función gonadal en la rata. Cuando se implantan diminutas cantidades de melatonina en la eminencia media del hipotálamo o en la formación reticular mesencefálica, se bloquea el aumento de la hormona luteinizante (LH) en la hipófisis, que normalmente sigue a la castración. La melatonina también reduce en el líquido cefalorraquídeo su nivel y reduce la secreción de LH hipofisaria, aumentando la secreción de prolactina actuando por mediación de los factores inhibidores y liberadores, respectivamente.

La melatonina interviene en la estimulación de la secreción del factor liberador de adrenocorticotrofica en los períodos de oscuridad; por

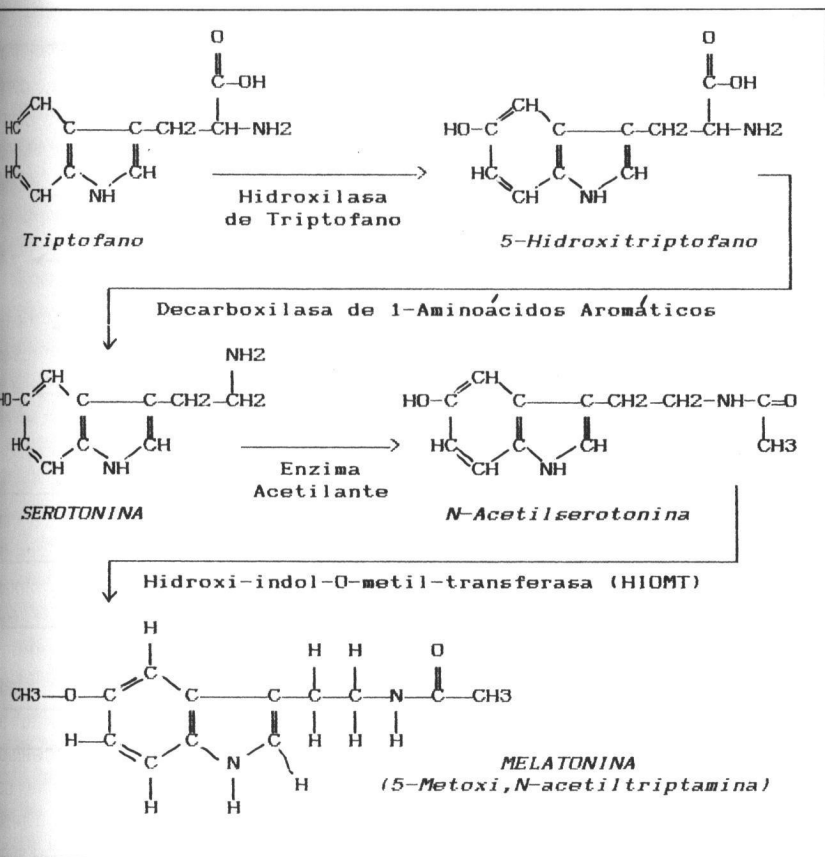


Figura 3

Este factor se libera en pulsos y son más frecuentes durante el día, y que originan el aumento del ritmo de la secreción de ACTH. Por consiguiente en horas de la mañana estimularía indirectamente la secreción de: mineralocorticoides, glucocorticoides y andrógenos (lo que explicaría los síntomas en casos de hiperandrogenismo).

Se ha postulado que la glándula hipófisis también segrega una hormona adrenotrófica que estimula la secreción de aldosterona, pero aún no ha sido demostrado.

La melatonina sería la responsable del aumento nocturno de la secreción del factor de liberación de la hormona del crecimiento y de la prolactina misma, dado que sus niveles descienden después de secar el tallo hipófisario. Además, la melatonina ejerce efectos fisiológicos inhibidores sobre la función tiroidea.

La síntesis y secreción de melatonina varía con una periodicidad de casi 24 horas, y provee al organismo una especie de "reloj" biológico. Esto pudo ser demostrado gracias a

que actualmente se puede dosar la melatoninuria (melatonina urinaria), y parece que los mismos factores que controlan la síntesis y excreción de esta hormona en animales experimentales, lo hacen también en el hombre.

Las variaciones diurnas en los niveles de melatonina por la Pineal, descubiertas en el hombre se encuentran bajo el control directo del medio luminoso.

La secreción de melatonina se ve bloqueada por el estímulo de la luz solar; mientras que su máxima liberación se logra en condiciones de oscuridad.

La administración de melatonina también cambia los niveles de serotonina en el cerebro, modifica la conducta y la actividad electroencefalográfica. Se le considera un efecto sedante o depresor, ocasionado por su consumo de serotonina, por lo que se la llamó "hormona del sueño".

La secuencia del día y la noche influyen también para generar ciertos ritmos biológicos de 24 horas, o para sincronizar ritmos similares que son

producidos por señales provenientes del interior del cuerpo.

Se cree que la melatonina no es la única hormona secretada por la hipófisis; pero igualmente debido a sus características funcionales, la glándula por sí sola es capaz de intervenir en todo el eje neuroendocrino hipotálamo-hipofisario y sus glándulas blanco, teniendo el dominio de las principales funciones hormonales de la economía.

## RITMOS CIRCADIANOS

Ya en 1934, Forsgren postuló que existen ciclos diurno-nocturno en la composición química de la sangre, en la actividad del hígado, riñones y glándulas endocrinas.

Strughold en 1952, expuso que la temperatura corporal generalmente llega a un máximo en la parte final de la tarde, y a un mínimo al comienzo de la mañana.

Kleitman comprobó en 1963, que la respiración se retarda por la noche y la presión de  $\text{CO}_2$  aumenta.

Muchos hallazgos como los mencionados, se fueron sumando para llegar a la conclusión de que las funciones orgánicas tienen íntima relación con el momento temporal del día. Muy recientemente, en septiembre de 1997, se identificó en los roedores el primer gen involucrado en el reloj biológico de los mamíferos. Gen que fue bautizado con el nombre de "Clock" en homenaje a dicho reloj.

Los Ritmos Circadianos son ciclos vitales caracterizados por su periodicidad y repetición cíclica. Estimulan glándulas endocrinas y exocrinas, determinan cambios fisiológicos, e influyen en la conducta y respuesta del individuo frente a estímulos externos.

Todas las glándulas de secreción interna interactúan entre sí, manteniendo un equilibrio homeostático, y en condiciones experimentales constantes, los ritmos circadianos no tienen períodos exactos de 24 horas (Marler y Hamilton, 1966). Tienen íntima relación con la exposición a la luz, existiendo un ciclo diurno-nocturno.

El estudio de estas relaciones cíclicas y su impacto en la salud, dio lugar a una nueva ciencia, la Cronobiología.

El eje neuroendocrino normalmente funciona con la precisión de un reloj y la organización de una orquesta; y la glándula Pineal es su director. La epífisis sería la única glándula que recibe impulsos desde los fotorreceptores de la retina, y que le permite mantener su ritmo de secreción dependiendo de la cantidad de luz que hay en el exterior. Esta actividad rítmica y cíclica estimula o inhibe al resto del sistema endocrino.

Si bien este reloj biológico se rige por los períodos de exposición a la luz, no tiene que ver específicamente con la percepción de la misma.

Esto queda demostrado en tanto que las personas no videntes no sufren alteraciones del ciclo circadiano. La información temporal básica nos llega a través de los ojos, pero curiosamente no tiene nada que ver con la visión. Varios estudios realizados en el Centro de Cronobiología de la Universidad de Virginia (E.E.U.U.), demuestran que algunos ratones completamente ciegos son también capaces de regular sus ciclos de luz y oscuridad.

Las funciones biológicas responden a este reloj interno, y presentan períodos de mayor actividad denominados acrofases, que se corresponden con el aumento de secreción de determinadas hormonas. (Figura 4).

El reloj biológico interno no es tan exacto, pero tiene una periodicidad de 25 horas; y es uno de los responsables de que nuestra especie haya sabido adaptarse a la rotación de la Tierra.

Durante el sueño normal ocurren cambios significativos en la secreción hormonal. La secreción de hormona de crecimiento (HC) o Somatotrofina, presenta una importante elevación durante las primeras dos horas de sueño nocturno, asociada al sueño de ondas lentas. Durante el período de máximo crecimiento en la adolescencia, esta descarga nocturna de HC llega a ser hasta del 60% del total secretado en 24 horas.

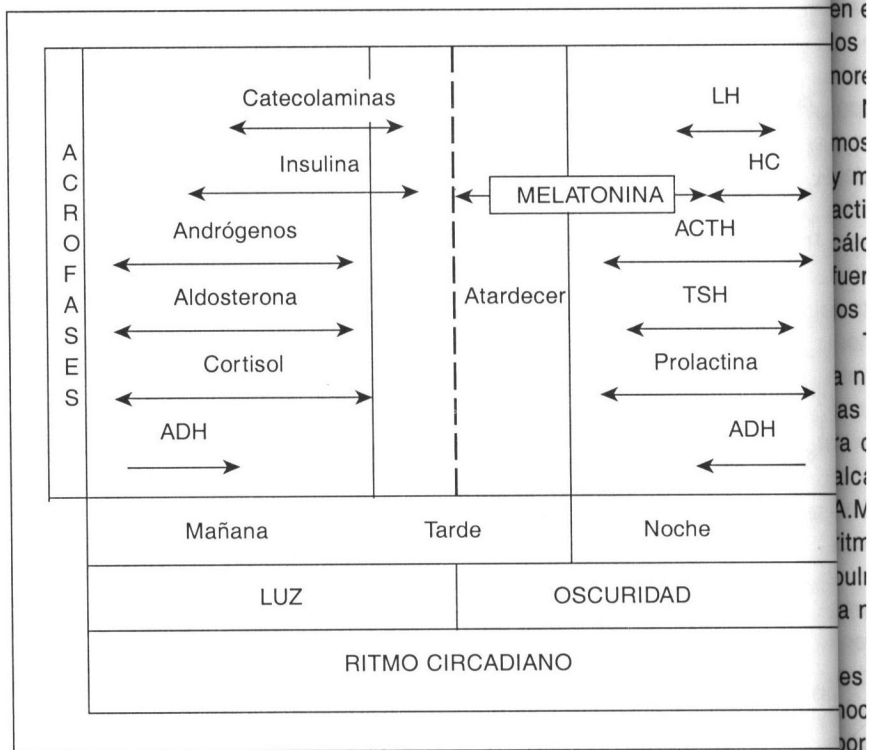


Fig. 4. Ritmo Circadiano y sus Acrofases

Otras hormonas como: la prolactina, la adrenocorticotrofina (ACTH) y la hormona estimulante de la tiroides o tirotrófina (TSH), se secretan en mayores cantidades durante las últimas etapas del sueño nocturno. Y el incremento de la ACTH durante este lapso, causa la variación diurna de la función hipófisis-suprarrenal, haciendo que sea durante la mañana la mayor secreción de las hormonas de la corteza suprarrenal: glucocorticoides (cortisol, hidrocortisona), mineralo-corticoides (aldosterona), y andrógenos (testosterona, etc.).

El inicio de la pubertad se asocia a un incremento nocturno significativo en los niveles séricos de hormona luteinizante (LH).

Los niveles sanguíneos de la hormona antidiurética (ADH) fluctúan, exhibiendo sus concentraciones máximas durante las últimas horas de la noche y las primeras horas de la mañana, y sus concentraciones mínimas durante el período vespertino temprano.

Las catecolaminas (dopamina, noradrenalina y adrenalina), secre-

tadas por la médula suprarrenal y las células cromafines (distribuidas en diferentes partes del organismo), terminaciones nerviosas simpáticas en realidad son hormonas y neurotransmisores. Son verdaderos promotores del organismo para hacer frente a una situación de urgencia de alarma. Tienen acción sobre la actividad cardíaca (inotrópico y cronotrópico), vasos sanguíneos (vasoconstricción) elevando la presión arterial, aumentan el consumo de oxígeno, y aumentan la velocidad y profundidad de la respiración, entre muchos otros efectos.

Los niveles tisulares de catecolaminas son relativamente constantes, pero la actividad glucocorticoide ejerce un potente efecto estimulante y fundamentalmente son liberadas ante situaciones de stress.

Según los biólogos, nuestro organismo está diseñado o adaptado para descansar durante la noche. Aparecen las luces del día, empieza a disminuir la secreción de todas las hormonas que nos mantienen alerta (cortisol, noradrenalina, adrenalina).

en el amanecer los niveles de glóbulos blancos y anticuerpos son menores.

Normalmente por la noche tenemos menos poder de concentración y menor capacidad de desarrollar actividades complejas y tareas de cálculo mental; poseemos menos fuerza muscular, coordinación y reflejos motores.

También se manifiestan cambios a nivel de los signos vitales. Entre las 18 y las 20 horas, la temperatura corporal comienza a disminuir, y alcanza su mínimo a las 5 horas A.M. También la tensión arterial, el ritmo cardíaco y la capacidad vital pulmonar empiezan a disminuir por la noche.

Pese a que las costumbres sociales promueven la actividad sexual nocturna, la libido masculina decae por los bajos niveles de testosterona, siendo la mañana el momento más propicio.

Todo esto tiene repercusión en la producción o agravamiento de ciertas enfermedades. Las dislipemias aumentan con el anochecer; del mismo modo se agravan las enfermedades cardiovasculares y respiratorias siendo más frecuentes las crisis de insuficiencia cardíaca y de asma bronquial. El infarto agudo de miocardio es menos probable en las primeras horas de la noche, pero es mucho más factible tras el amanecer.

También por la noche aumenta la secreción gástrica (independientemente de lo ingerido y de las horas de ayuno), haciendo mayor la incidencia sintomática de gastritis y úlceras pépticas.

En el atardecer o durante la noche, son más frecuentes los episodios de impotencia sexual.

Los ataques epilépticos pueden ser precedidos de alucinaciones visuales (paradójicamente denominados "aura"), y ocurren más frecuentemente por la noche.

## **FORMAS EN QUE EL HOMBRE ALTERA EL RELOJ BIOLÓGICO**

Ya desde el descubrimiento del fuego, el hombre primitivo quiso luchar

contra la oscuridad. El advenimiento de la luz eléctrica o artificial ha provocado que el hombre prolongue su actividad y reste horas al sueño.

Las estadísticas demuestran que especialmente en el mundo occidental cada vez se duerme menos, ya sea por motivos laborales como de divertimento. Cada vez se extiende más la modalidad de servicios nocturnos y actividad durante las 24 horas del día. En esta sociedad de consumo, las horas se hicieron elásticas y no se respetan los tiempos de sus componentes.

Los trastornos del ciclo sueño-vigilia aparecen cuando no se puede mantener el ritmo circadiano normal de 24 horas. El afectado nota incapacidad para sincronizar su ciclo con las necesidades sociales y conciliar el sueño, de forma que se atrasa constantemente nuestro reloj biológico. Esto, sumado a un tiempo normal de sueño total, produce un atraso en el despertar matutino.

Con frecuencia, la conciliación del sueño también se retrasa progresivamente hasta el punto que se duerme de día y se permanece despierto por las noches. Esto trae aparejado períodos de hipersomnia e insomnio.

Ahora bien; en lo que respecta al insomnio, no se trata meramente de una reducción del término medio destinado al sueño en cada período nictemeral. Según Hauri, implica esencialmente "una incapacidad crónica para lograr la cantidad de sueño necesaria para mantener un rendimiento cotidiano eficiente", y esa cantidad tiene una amplia variación interindividual. Implica también falta de bienestar posterior y otra serie de perturbaciones de la salud física y mental.

Estas circunstancias se ven más frecuentemente en personas que tienen trabajos con turnos rotativos, médicos de guardia, enfermeras, choferes de larga distancia, etc.

La revista "The Lancet", realizó una revisión de estudios recopilados durante cuarenta años sobre el descenso de la eficacia en horarios nocturnos. En base a controles electroencefalográficos, electromiográficos y prospecciones de la actividad ocular,

queda demostrado que hay un importante aumento de la fatiga de operarios nocturnos en comparación con los de horario diurno.

Por la noche existe una marcada reducción del estado de alerta y esto conlleva a: menor concentración, retraso en contestar llamadas (operadores de radio, telefonistas, etc.), errores en la transcripción de datos, y que sean más frecuentes los accidentes. En aquellos que tengan turnos rotativos, se agregan disturbios gastrointestinales, trastornos del ritmo evacuatorio, alteran las relaciones familiares (afectivas) y sociales.

Otro fenómeno particular ocurre con los cambios que no sólo trasladan el ciclo sueño-vigilia, sino que se agregan cambios ambientales como los inducidos por viajes: por ejemplo en el caso de azafatas, pilotos de vuelos internacionales, viajeros, etc.

El ritmo circadiano siempre busca el equilibrio, y trata de sincronizar su reloj; pero esto puede llevarle varios días.

Una vez estabilizados los cambios producidos, el reloj biológico reorganiza sus tareas y restablece el orden fisiológico. Esto se logra, en la medida que los desórdenes no sean repetitivos.

Una forma mucho más placentera de alterar el reloj biológico son las salidas nocturnas, o "el culto a la noche".

Hace unas décadas, en "Fiebre del sábado por la noche" el cine expuso las vivencias de la hoy denominada cultura "light".

En el reino animal, existen muchos ejemplos de especies con hábitos nocturnos (tejones, topos, armadillos, lechuzas, buhos, murciélagos, algunos roedores, y primates como los lemures, etc.). En general estos animales suelen ser más pequeños, de comportamiento más primitivo y producto de cambios generacionales adaptativos generados por la selección natural y la evolución.

El hombre participa de los lentos mecanismos evolutivos, pero gracias a su intelecto se adaptó a diferentes climas, exigencias y situaciones.

Estudios realizados en el Instituto Max Planck, determinaron que existe un sector de la población que es más apto para trabajar en horarios nocturnos y disfrutar a pleno de la noche. Este grupo tiene un comportamiento fisiológico y psicológico adaptado a dicho hábito; se manifiesta desde la infancia (puede detectarse a los 6 años de edad) y tiene relación con las costumbres maternas. Sin embargo no se puede hablar de factores hereditarios, porque un individuo de hábitos nocturnos es capaz de cambiar a una vida diurna y viceversa.

## ASPECTOS PSICOLÓGICOS DEL CICLO LUZ/OSCURIDAD

Mientras el hombre no lo modifica artificialmente, el reloj biológico mantiene un equilibrio casi perfecto; pero se puede ver alterado por estímulos externos, y las secreciones se activan a través de estímulos nerviosos originados en centros cerebrales superiores.

Ante el stress agudo ya sea físico o emocional, además de estimular la secreción de ACTH, induce también la liberación de prolactina y somatotrofina. Y el stress crónico o repetido conduce a graves trastornos de la función endocrina.

Si a un niño pequeño lo privan del afecto materno le provocará un retraso del crecimiento. El stress en la adolescente o en una mujer joven, puede causarles trastornos del ritmo menstrual y amenorrea.

Existen miles de ejemplos en los cuales una situación emocional altera las funciones biológicas.

El stress también aumenta desmesuradamente la secreción gástrica llevándola a situaciones patológicas. Las úlceras de Curling en los quemados, y las úlceras de Cushing en los operados y traumatizados, son ejemplo de ello.

Si bien el perfil psicológico de un individuo depende de múltiples factores (genéticos, educación, entorno familiar, experiencias de vida, etc.), hay elementos que generan cambios más sutiles, y dentro de ellos se establece la influencia del ciclo luz/os-

curidad. La glándula Pineal es la receptora de los estímulos lumínicos y su hormona, la melatonina secretada especialmente en la oscuridad, es la promotora de grandes cambios orgánicos en dicha circunstancia, y en los períodos de descanso.

Woodburn Heron, en su artículo "the pathology of boredom" publicado en Scientific American detalló un experimento en el cual un voluntario debía permanecer en una cámara de privación sensitiva. Se trataba de un aislamiento total, en el que mediante diversos dispositivos se trató de mantener al individuo en una situación que no recibiera estímulos de ninguna índole (percepción visual, auditiva, táctil, etc.).

Según Bexton (1954), luego de horas de estar aislados y con los ojos cubiertos, los sujetos se tornan más susceptibles a la persuasión; tienen más inestabilidad emocional, mayor dificultad de concentración, y pueden presentar alucinaciones. Shurley (1960) coincide y expone una baja tolerancia al aislamiento sensitivo y social por más de unas cuantas horas; y posteriormente se correlacionó con las experiencias derivadas de los viajes espaciales.

La falta de descanso influye en la psiquis; hecho que demostró Williams Dement en 1960, cuando realizó una experiencia sobre la privación del sueño, que consistía en dejar dormir al individuo y despertarlo cada vez que comenzaba a soñar, tomando como referencia el movimiento ocular rápido o M.O.R. (R.E.M. del habla inglesa), y registrando los cambios en el electroencefalograma (E.E.G.).

Los resultados demostraron un aumento de la ansiedad, agitación, irritabilidad y dificultad para la concentración. Dement interpreta estos hechos como que es necesaria una cierta cantidad de sueños; la cual si no es saciada, produce síntomas psiquiátricos. De allí que el sueño sea un proceso fisiológico relacionado fundamentalmente con otros ritmos orgánicos. Estas conclusiones fueron corroboradas con aparatos más modernos y métodos como la polisom-

nografía. Este instrumental se conecta al paciente y mientras duerme es capaz de registrar: trazado electroencefalográfico, monitoreo cardíaco, medición de frecuencia cardíaca, temperatura respiratoria, oximetría de pulso, etc., y es útil para el estudio de trastornos como la apnea del sueño.

Durante las horas de supresión del descanso se pueden producir otras alteraciones, rotuladas como "trastornos del sueño" o "parasomnias"; tal es el ejemplo: los calambres musculares nocturnos, la enuresis (orinarse en la cama), los vértigos durante el sueño, el soliloquio (hablar estando dormido), y el sonambulismo (levantarse a caminar dormido).

Todos ellos suelen ser considerados como cuasi-naturales en diferentes etapas de la infancia, y pueden ser un barómetro de la agitación o tensión familiar; pero que superan un límite de edad, habitualmente tan relacionados con trastornos psicóticos. Algo similar ocurre con pesadillas frecuentes y/o reiterativas, las ilusiones, las alucinaciones y las cataplexias; que son predominantemente fenómenos nocturnos.

Cuentos y leyendas populares que luego la literatura y el cine encargaron de difundir mundialmente, emparentaron al terror con la oscuridad de la noche. Es así que surgen las "Noches de Brujas", "La Culebra", y el "Hombre Lobo" o "Lobos" que atacaban por las noches.

Todo esto que tiene que ver con el folklore de cada región, posee un fundamento real. El hombre siempre le tuvo miedo a la oscuridad y por ende a la noche.

Los niños no tienen tantos conceptos, sin embargo la oscuridad representa soledad y se sienten solos. Quieren dormir en la cama con los padres; que les relaten cuentos antes de dormir; no pueden contar el sueño si les falta el muñeco favorito (al cual abrazan para sentirse menos solos). Finalmente a la cama se torna toda una ceremonia y la mayoría de los niños necesitan dormir con la luz encendida. El miedo a la oscuridad tiene relación con su activa imaginación.



En el adulto persisten estas... y el uno por ciento de la población padece de una versión exacta de ese temor; es el llamado "Insomnio Nocturno". Esta es una enfermedad relacionada con la fatiga y la edad crónica; y se manifiesta por un insomnio injustificado y patológico al ir a la noche.

La psicóloga Natalie Schor, directora del Centro Roosevelt para el Tratamiento de la Ansiedad, dice que: "La rutina diaria y la actividad nos impiden pensar en nuestros problemas, pero de noche nos encontramos solos con nosotros mismos, e inevitablemente aparece el miedo".

Los biólogos expresan que el insomnio nocturno se debe al descenso de las hormonas que nos permiten enfrentar situaciones de peligro, y de la serotonina, al igual que la liberación de melatonina.

La doctora Judith J. Wurtman del Instituto Tecnológico de Massachusetts (M.I.T.), concluye que: "en las actividades de la noche nos hallamos en nuestro peor momento para pensar y reaccionar con rapidez, y eso nos hace "torpe", aunque reconoce que no sabemos exactamente por qué.

En los países de clima tropical y subtropical la gente se caracteriza por un mejor humor, son más proclives al baile y la camaradería. En cambio, entre los esquimales es muy común padecer un tipo de "depresión estacional" derivada de la falta de luz.

Existe depresión con la disminución de la luz solar, y esto puede ser causado por el descenso de los niveles de serotonina o por efecto directo de la melatonina.

Una persona que curse una enfermedad tiene cierto grado de depresión con más razón un paciente insomne. Ni que hablar, si se halla en un servicio de terapia intensiva o un coronario. En estos centros de atención médica, es muy común ver llegadas las últimas horas de la tarde y por las noches se magnifica el cuadro depresivo que llamamos "síndrome del Atardecer".

Por la tarde luego del horario de actividades y durante la noche, surgen síntomas regresivos, de gran depen-

dencia, en las que ocurren episodios de confusión y desorientación, originados por la privación sensorial y por la depresión vespertina. Aptitudes terapéuticas sencillas como permitir el acceso de un familiar directo, o la presencia de una luz suave por la noche y un sonido a bajo volumen mediante auriculares (radio, pasa-casette, o música funcional), pueden ser de mucha utilidad; y a veces requiere medicación.

Estos fenómenos se producen especialmente en gerontes; y en pacientes portadores de patología neurológica se pueden apreciar alteraciones durante el ciclo día/noche.

En la Enfermedad de Parkinson se dan frecuentemente trastornos de la vigilia y el sueño. Este último se ve a menudo perturbado por sensaciones corporales apremiantes, particularmente por el estado ansioso que les suele aquejar.

En los procesos orgánicos como las atroñas cerebrales se observa con frecuencia la inversión de las fases, con vigilia durante la noche y el paciente dormita o permanece en estado pre-hípnico durante el día.

En la Enfermedad de Alzheimer se da un quehacer de manos que no cumple ninguna finalidad, las mismas se revuelven entre ellas tomando entre sí la ropa de la cama (actitud de la lavandera); y esta actividad sólo cesa con el dormir.

En la arteriosclerosis, se pone de manifiesto un estado ansioso que podría explicarse por el compromiso de ciertas regiones de función vegetativa, no tratándose de una ansiedad psicógena, sino de una manifestación instintiva que frecuentemente aparece durante la noche, generalmente luego de un corto sueño a menudo imperioso. Durante este estado de ansiedad, el paciente comienza a manifestar una intranquilidad creciente, donde se queja de sentir calor, tener deseos de orinar o defecar. Deseos a los cuales no puede darles curso, pues la vejiga y el recto se contraen hiperestésicamente pero vacíos; el

enfermo suspira y llama a sus allegados, quienes al acudir y encender la luz, observan como desaparecen todos los síntomas y el paciente se calma. De esta sintomatología se pueden dar todos los grados; desde un simple insomnio con ligera intranquilidad, hasta tomar el carácter de una psicosis grave con agitación y reacciones violentas.

En psiquiatría y neurología, incluso antes de los conocimientos actuales, ya se habían percatado de cuadros que hacían eclosión en el atardecer. Muchas patologías se describieron como "Estados Crepusculares", que consisten en trastornos psiquiátricos transitorios en el que el individuo ejecuta actos inconscientemente, sin que luego los recuerde y sin perder del todo el conocimiento (por ejemplo: la emoción violenta). El nombre hace referencia al crepúsculo, que es la claridad que hay desde que raya el día hasta que sale el Sol y desde que éste se pone hasta que es de noche (dicho en otras palabras, se refiere al amanecer y al atardecer); y los estados crepusculares predominan en esos horarios y son efímeros como ese momento del día.

Volviendo a los mitos, el hombre lobo presentaba su metamorfosis y atacaba sólo en las noches de luna llena. También se relacionó a la Luna como culpable de desequilibrios psiquiátricos, y a los locos se los llamó "lunáticos".

Hubo varios intentos de relacionar nuestros actos con las fases de la Luna, argumentando que nuestro cuerpo se compone de agua en una proporción mayor al 70-80%, y que la fuerza de gravedad de la Luna lo afecta del mismo modo que provoca las mareas con las masas líquidas de nuestro planeta. Incluso, un estudio realizado por la policía de Miami, relacionó las fases lunares con los crímenes; pero esta investigación carecía de rigor científico.

Estudios posteriores, no lograron demostrar que la Luna afecte al estado de ánimo de las personas.

Estadísticamente no hay relación entre la Luna y los suicidios; pero los datos siempre se tomaron sobre suicidios concretados.

Posiblemente los resultados serían distintos si relacionáramos a la noche (y no la Luna) con los suicidios frustrados. Dentro de ellos habría que incluir: los intentos o tentativas de suicidio, amenazas de suicidio, las ideas suicidas, y algunos equivalentes (conducir a alta velocidad, provocar maniobras o situaciones de riesgo, toxicomanías).

Sería casi imposible lograr semejante estadística; pero un hecho demostrativo es que en los "centros de asistencia al suicida", los llamados telefónicos en busca de ayuda, aumentan por la noche.

## TECNOLOGÍA Y FOTOESTIMULACIÓN

Aunque es incipiente, considerando lo que hoy se sabe, y asociando al ciclo día/noche con fenómenos y ciertas patologías relacionadas, es lógico pensar que la luz o la oscuridad (según el caso) serían el remedio más apropiado.

El "electro-hipnotizador" es un dispositivo electrónico capaz de inducir la hipnosis, y llevar al paciente a un estado pre-hipnótico. Produce destellos de velocidad variable de una fuente de luz direccional monocromática y pulsos de audio sincronizados complementarios con control de tono. La unidad está pensada para que el sujeto esté expuesto a pulsos de luz y sonido.

El sistema posee un par de anteojos en los cuales titilan diodos o leds sobre un fondo negro, que destellan una luz roja sedante a una velocidad variable prefijada (habitualmente 1 a 20 destellos por segundo) de energía óptica. Al mismo tiempo, unos auriculares emiten un "bip" o un tono electrónico como un metrónomo.

Se ajusta el aparato a las frecuencias normales (en reposo) de ciertos parámetros vitales del organismo, a saber:

Ondas Alfa Cerebrales: 6 a 12 por segundo.

Frecuencia Respiratoria: 20 a 40 por minuto.

Frecuencia del Pulso: 70 a 90 por minuto.

Una vez calibrado el instrumental, al cabo de aproximadamente diez minutos, las funciones del cuerpo tienden a sincronizarse alrededor del estímulo que coincide con su frecuencia.

Luego, se baja progresivamente la frecuencia de los estímulos, y los parámetros vitales acompañan ese descenso llevando al paciente a una sensación de bienestar, relajación, descanso y sueño; preparándolo para las variadas órdenes y técnicas de hipnosis que no son motivo de análisis. Sin embargo esto demuestra la importancia del estímulo lumínico a nivel de sistema nervioso central.

La "Fototerapia" es el tratamiento de ciertas afecciones mediante la administración de luz.

Si tenemos en cuenta que la principal fuente de luz es el Sol, éste nos proporciona aproximadamente 150.000 lux.

Un Lux es la unidad de iluminación, equivalente a la producida por el flujo de 1 lumen sobre cada metro cuadrado de la superficie iluminada; y un lumen es la unidad de intensidad o flujo luminoso (es la cantidad de energía luminosa que emite en cada segundo un foco de 1 candela o bujía de intensidad por unidad de ángulo sólido).

Existen pantallas electrónicas que proveen 3.000 Lux y también visceras luminosas. Estos son dispositivos que pretenden engañar a nuestro organismo para modificar artificialmente los ritmos circadianos.

La luz regula la secreción de melatonina, manejando niveladores del cansancio y la actividad. Se cree que con este invento se pueden tratar ciertos desórdenes del sueño, especialmente el insomnio y la fatiga mental.

El aporte de iluminación antes de ir a dormir, concilia el sueño y lleva a un despertar más temprano, descansado.

Se considera que el aporte de fototerapia, en dosis mayores de 2.500 Lux durante por lo menos 2 horas al día, tiene efecto terapéutico y actualmente está siendo utilizada en diferentes patologías.

## MIREMOS AL FUTURO

Los conocimientos actuales relacionan a la glándula Pineal de su función de órgano en involución; y por el contrario, le brindan un protagonismo situado. La Cronobiología brinda un nuevo enfoque a la neuroendocrinología y la psiquiatría; y a su vez plantea una serie de interrogantes que generarán novedosas líneas de investigación.

Hoy, se acepta que un paciente coma (con criterios de reversibilidad) reciba estímulos externos, como ejemplo: que le hablen familiares directos, música que haya sido de su agrado en tiempos de lucidez, etc. La intención es que estos estímulos ayuden al paciente del mundo interior en que se haya inmerso.

Entonces, ¿por qué no ofrecer una hiperestimulación lumínica?

Un aparato que trabaje a la imitación del electro-hipnotizador, para activar y modificar las características y rapidez de las ondas cerebrales. Esto sería fácil de demostrar mediante controles electroencefalográficos de potenciales evocados.

Los escaner modernos son capaces de mostrarnos en colores las regiones del cerebro más afectadas en diversas circunstancias (por ejemplo la fatiga) utilizando la radiación ultravioleta de las áreas de actividad cerebral realizando una especie de tomografía cerebral.

Por otro lado, cabría preguntarse que pasaría si además de estimular con luz, se intentara con imágenes. En esta era informática, en donde las computadoras están realizando tareas más insólitas, se desarrolla un sistema denominado Realidad Virtual (RV).

La RV consiste en complicados programas de computación que con elevada resolución gráfica y de audio aportan al operador un entorno virtual totalmente creíble, pero creado por un ordenador.

El individuo se coloca dispositivos especiales (lentes, auriculares y sensores) que le proveen imágenes tridimensionales, sonido estéreo y estímulos táctiles. Dependiendo

programa, la máquina produce un ambiente virtual en el cual la persona interactúa incorporándolo a su consciente como verdadero, pero que en realidad es cibernético (ciberespacio).

Considerando el efecto causado en aquellos que operan el sistema y la forma en que se desconectan de la realidad, no es descabellado comparar a la RV con una hipnosis consciente y lúcida.

Si bien en sus inicios se utilizó como simuladores de vuelo y con fines militares, posteriormente se difundió como sofisticados video-juegos y actualmente se está desarrollando en variados campos científicos.

En medicina hay simuladores para adiestramiento de cirujanos en cirugía videolaparoscópica y además posibilidad alta tecnología como la "Telecirugía" y la "Telepresencia quirúrgica".

Mediante programas apropiados para cada caso en especial y utilizados en el momento oportuno, podría actuar a la inversa e inducir realidad (situaciones, emociones, vivencias, etc.) aunque sea virtual y provocar respuestas o reacciones controladas en una mente carente de ella.

La realidad virtual sería el mejor método para estimular a pacientes depresivos, fóbicos, en coma vigil e infinidad de cuadros neuropsiquiátricos. Incluso como tratamiento anti-stress, disfrutando de "vacaciones virtuales" mediante argumentos agradables y paisajes holográficos.

No faltará mucho para la creación de una nueva ciencia, que ya se perfila, y que podría llamarse "Cronopsicopatología". Sería la encargada de estudiar y tratar las alteraciones del ciclo circadiano originadas por disturbios psicológicos; o a la inversa los trastornos conductuales secundarios a cambios del ritmo biológico provocados por el entorno.

Mientras tanto, nuestro reloj biológico seguirá funcionando sin cesar y la glándula Pineal se encargará de que su maquinaria no se detenga.

La luz y las sombras se sucederán; tal vez sin saber que rigen nuestras vidas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alcalde, J.: *Cómo nos transforma la noche*. Muy Interesante, Editorial García Ferré, 144: 12-18, 1997.
2. Alonso, V. y Sibila, P.: *Realidad Virtual*. Compumagazine, 1994, 76: 149-157.
3. Anderson, W. and Scotti, T.: *Sinopsis de Patología*. 2° Edición, López Libreros Editores, Buenos Aires, 1976.
4. Burnie, D., Parker, S., McCarthy, C., et al.: *Enciclopedia Visual*. Biblioteca Visual de los Animales, Volumen II, Aguilar Altea, Buenos Aires, 1993.
5. Calvet, J.: *L'épiphyse (glande pineale)*. Edit. Française, París, 1934.
6. Danche, C.: *Psicología Médica*. 2° Edición, Editorial Norte, La Plata, Argentina, 1976.
7. Darling, L. y Darling L. (e): *La ciencia de la vida*. Editorial Acme, Buenos Aires, 1966.
8. Del Castillo, E.B.: *Semiología de las glándulas de secreción interna*. 2° Edición, Editorial El Ateneo, Buenos Aires, 1939, Capítulo VIII, página 162.
9. De Martino, C. et al.: *Electron microscopic study of impuberal and adult rats, pineal body*. *Experientia*, 20: 556, 1964.
10. Dunea, G.: *Chronobiology*. *British Medical Journal*, N° 6894, 3 de Septiembre de 1994.
11. Editorial: *Hipnotizador Electrónico*. *Electrónica TV Computación Hoy*, Editorial Panamericana, Vol. VI, 54: 6-9, 1997.
12. Falta, W.: *Tratado de las enfermedades de las glándulas de secreción interna*. 2° Edición, Editorial Labor, Buenos Aires, 1936.
13. Gladstone, R. and Wakeley C.: *The Pineal Organ*. Bailliere, Tindall and Cox, London, 1940.
14. Guyton, A.C.: *Tratado de Fisiología Médica*. 4° Edición, Editorial Interamericana, México, 1976.
15. Hamilton, W, Boyd J. and Mossman, H.: *Embriología Médica*. Editorial Intermédica, Buenos Aires, 1964.
16. Hauri, P.: *The sleep disorders*. *Current Concepts*, Michigan, Upjohn, 1977.
17. Kirlian, S.D. and Kirlian, V.: *Photography and visual observations by means of high frequency currents*. *Russian Journal of Scientific and Applied Photography and Cinematography*, Volumen 6, Nov-Dic. 1961.
18. Kitay, J. and Altschule, M.: *The Pineal Gland*. Harvard Univ. Press, Cambridge, 1954.
19. Lavroff, N.: *Mundos virtuales: Realidad virtual y Ciberespacio*. Edit. Anaya Multimedia, España, 1994.

20. Lynch, J.H., et al.: *Daily rhythm in human urinary melatonin*. *Science*, 187: 169, 1975.
21. Magaz, A. y Campos, E.: *Emergencias Psiquiátricas*. En: Lasala, F., Sagasta, C. y Gherardi, C: *Temas de Terapéutica Clínica*. Bases farmacológicas y orientación fisiopatológica. Librería Akadia Editorial, Buenos Aires, 1982, Vol. II, pág. 11-51.
22. Martin, J.B.: *Hipotálamo y hormonas liberadoras*. En: Harrison: *Medicina Interna*. 5° Edición, La Prensa Médica Mexicana, México, 1979, Tomo I, Parte 4, Capítulo 89, pág. 549-556.
23. Marshall, J.C.: *Gonadotropin-releasing hormone: role of pulsatile secretion in the regulation of human regulation*. *N. England J. Med.*, 315: 1459, 1986.
24. Pastoriza, N.A., y Vitale, E. de: *Escalas para la evaluación del sueño (EES) en la investigación clínica de drogas hipnóticas*. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas de La Plata*, Volumen VI 2: 51-63, Segunda época, 1983.
25. Rampa, L.: *El Tercer Ojo*. Editorial Troquel, Buenos Aires, 1976.
26. Ramsey, H.J.: *Ultrastructure of a pineal tumor*. *Cancer*, 18: 1014, 1965.
27. Relkin, R.: *The pineal gland*. *New Eng. J. Med.*, 274: 944, 1966.
28. Relkin, R.: *Pineal function relation to absolute darkness and sexual maturation*. *Amer. J. Physiol.*, 213: 999, 1967.
29. Renaud, J.: *Problemas del niño normal*. Instituto Parramon Ediciones, Barcelona, España, 1981.
30. Ruffini, C., Izzula, M. y Niro, M.: *Realidad Virtual y Telepresencia Quirúrgica: Cirugía Cibernética*. Presentado en las Jornadas del Hospital de Quilmes, 1° de Diciembre de 1995.
31. Ruffini, C.A.: *Avances Tecnológicos en la Cirugía*. *Ciencia e Investigación*, 1998, en prensa.
32. Scanlon, M.E.: *Neuroendocrinology*. *Clin. Endocrinol. Metab.*, 12: 467, 1983.
33. Tramonte, A.S.: *El Efecto Kirlian*. 1° Edición, Editorial Kier, Buenos Aires, 1983.
34. Whittaker, J.O.: *Psicología*. 2° Edición, Editorial Interamericana, México, 1971.
35. Wolstenholme, G.E.W. and Knight, J. (Eds.): *The pineal gland*. Churchill-Livingstone, Edimburgo, 1971, pág. 401.
36. Wurtman, R.J. and Cardinali, D.P.: *The pineal organ*. In: Williams, R.H. (Ed.): *Textbook of endocrinology*. W.B. Saunders, Filadelfia, 1974, pág. 832.
37. Wurtman, R.J.: *Enfermedades de la glándula pineal*. En: Harrison: *Medicina Interna*. 5° Edición, La Prensa Médica Mexicana, México, 1979, Tomo I, Parte 4, Capítulo 101, pág. 726-728.

Otras Fuentes:

Internet: Biological Rythm Research  
<http://www.swets.nl/sps/journals/brr.html>

## DETECCIÓN DE UN FRAUDE MEDIANTE EL TEST TAU DE CORRELACIÓN DE KENDALL

Por **Ricardo D. Miró\***

### INTRODUCCIÓN

El caso analizado en este artículo se suscitó durante el transcurso de mi labor cotidiana en el ámbito judicial, y puede resumirse como sigue.

En una repartición M perteneciente a uno de los tres Poderes de la Nación, se realizan prestaciones médicas de carácter asistencial y laboral. Los auditores del Poder citado, afectados a la repartición M sospechaban —sin poderlo determinar con certeza—, que los profesionales allí destinados, firmaban sistemáticamente el registro de asistencia para luego retirarse y efectuar el mismo tipo de labor en una empresa de medicina privada P. Todo esto realizado de manera verosímil mediante un esquema de "protección corporativa" muy bien montado, que dificultaba además la obtención *in situ* de ningún tipo de dato verbal útil que permitiera corroborar de manera complementaria la sospecha instalada. Antes bien, todo lo contrario.

En esta etapa, fui requerido por mis superiores en el ámbito de la Justicia con el objeto de colaborar en la auditoría oficial afectada a la repartición citada M.

Luego de analizar el sistema de registros vigente en el lugar estudiado, detecté de inmediato la existencia de un libro de prestaciones muy difícil de falsificar, porque mostraba tanto la firma del profesional actuante como también la firma del agente estatal atendido. Fue entonces posible construir una muestra numérica mensual con una extensión de casi cinco años de longitud,

$$X_1, X_2, \dots, X_{60} \quad (1)$$

en donde cada  $X_i$  señaló la cantidad de prestaciones médicas efectuadas en la repartición M durante el mes  $i$ . Ahora bien: mediante una orden judicial, se obtuvieron los registros magnéticos de prestaciones acaecidas en la empresa privada P, hecho que permitió desarrollar una muestra equivalente de las prestaciones análogas allí realizadas

$$Y_1, Y_2, \dots, Y_{60} \quad (2)$$

Los disquetes incautados no con-

fesionales allí actuantes, tal como fue posible determinarlo en el primer caso. Al urgir el tiempo —y dudando de la utilidad que pudieran ofrecer las identidades faltantes—, decidí proporcionar enseguida la información disponible, con el objeto de experimentar de inmediato con el resultado que se obtendría. Para empezar, utilicé un juego de transparencias en donde superpuse las dos muestras obtenidas, (Fig. 1), observando en seguida una llamativa correspondencia en los valles de una con picos de la otra. Luego, al estudiar la cuestión con más detalle en el libro de Rohlf (1984), pude redactar y aplicar el algoritmo de correlación presentado por Maurice Kendall hacia 1935.

Al finalizar el trabajo asignado tuve la posibilidad de potenciar las inferencias obtenidas con el recuerdo que en Estadística se conoce como "contrastación de hipótesis". Básicamente, la pregunta clave emerge

\* Ricardo Demetrio Miró es Licenciado en Ciencias Matemáticas y Jefe de Trabajos Prácticos en Análisis Matemático (Ciencias Económicas), en el CBC de la UBA. Sus actividades profesionales las ejerce en el Área de Procesamiento de Datos dependiente de la Corte Suprema de Justicia de la Nación.

\* Existe en la literatura técnica castellana una expresión sinónima válida "docimasia de hipótesis" que he preferido no utilizar aquí por razones de claridad. Por otra parte, el término "contrastación" es rechazado por el corrector automático de Word 97, pero su uso está sumamente extendido en la práctica cotidiana. Estas consideraciones se reflejan en las referencias bibliográficas dadas al final (Corominas-Pascual, 1992).

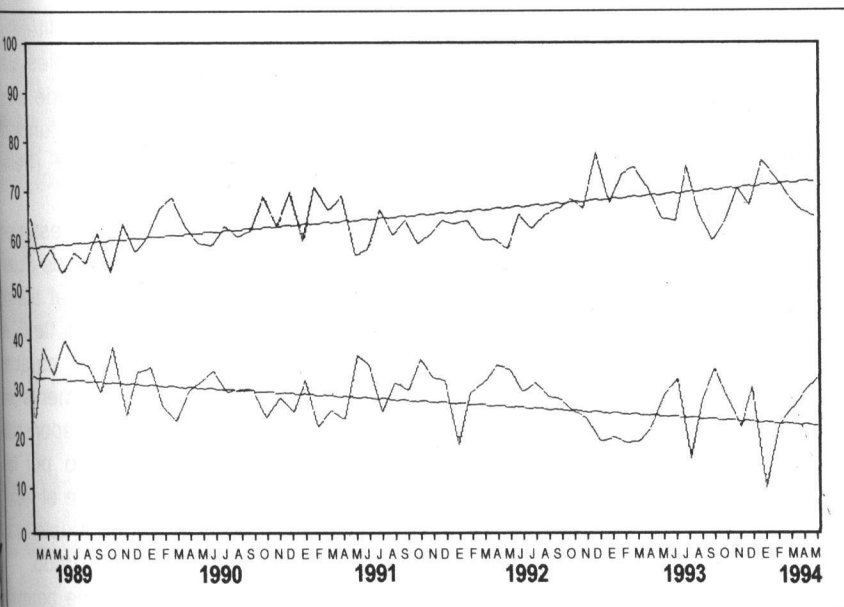


Fig. 1.- Superposición en transparencias de las dos muestras procesadas según la descripción realizada en el texto. La poligonal inferior corresponde a los totales mensuales de prestaciones  $X_i$ , realizadas en la repartición oficial M. La poligonal superior, corresponde a las cantidades homólogas  $Y_i$  realizadas en la empresa de medicina privada y prepaga P. Las rectas son las tendencias mínimo cuadráticas, que claramente confirman un crecimiento de la actividad en P, en desmedro fraudulento del trabajo oficial realizado en M. Obsérvese a simple vista, la muy buena correspondencia entre valles de una muestra y picos de la otra.

en este caso es ésta: ¿Cuál es la probabilidad  $p$  de que se produzca un gráfico como el expuesto en la Fig. 1, suponiendo con legítima ingenuidad que  $X$  y  $Y$  sean variables independientes? La respuesta que obtuve para  $p$  es sumamente baja, con lo que la obtención "por casualidad" de un gráfico como el citado, equivaldría a la consumación y consecuente testificación ocular de un milagro estadístico, casi como los señalados por Fortet en un clásico artículo de divulgación (Le Lionnais, 1962).

Estas consideraciones se incorporaron al informe final producido por la auditoría, a la que asesoré adecuadamente sobre los alcances y confiabilidad de los resultados numéricos calculados. En consecuencia, los responsables del fraude que pudo entonces comprobarse de manera fehaciente, fueron sometidos al sumario administrativo que tuvo lugar de acuerdo con lo establecido por las normas vigentes para estas circunstancias.

Las técnicas empleadas se describirán a continuación con todos los detalles pertinentes.

### LA CORRELACIÓN RHO DE PEARSON

El coeficiente de correlación definido por Pearson mide el grado de asociación lineal entre dos muestras como (1) y (2) a través de un número real designado clásicamente como  $\rho$  (rho).

El proceso para obtener el coeficiente  $\rho$  a partir de las dos muestras dadas es como sigue:

i) Se determinan los promedios muestrales  $m_x$  y  $m_y$  de la manera habitual. Por ejemplo, para  $X_i$  durante un año será:

$$\mu_x = \left( \sum_{i=1}^{12} X_i \right) / 12$$

ii) Se establece el producto escalar entre los vectores modificados

$A = X - \mu_x$  y  $B = Y - \mu_y$  mediante la manera usual, que para la misma longitud será

$$\langle A; B \rangle = \sum_{i=1}^{12} A_i B_i$$

iii) Se define ahora el coeficiente de correlación  $\rho$  de Pearson como

$$\rho = \frac{\langle A; B \rangle}{|A| |B|} \quad (3)$$

donde, según se recordará, la notación  $|A|$  designa a la norma euclídea del vector  $A$ , definida como

$$|A| = \left( \sum_{i=1}^{12} A_i^2 \right)^{.5}$$

Se podrá observar de inmediato ahora que (3) designa al coseno del ángulo determinado por los vectores  $A$  y  $B$ , por lo que entonces se verificará necesariamente que

$$\rho \in [-1; +1]$$

Supóngase ahora que  $\rho$  arroja un valor máximo de +1. Esto dirá inmediatamente que los vectores muestrales modificados son colineales. A partir de (3), es fácil una manipulación algebraica sencilla para mostrar que esta última hipótesis permite escribir

$$Y = kX + C \quad (4)$$

para un cierto escalar  $k$ , y un vector determinado constante  $C$ . Al respecto, he observado que los físicos llaman a  $k$  el "factor de escala vinculante" (Duhau y Martínez, 1996). Según el léxico usado por ellos, dos muestras altamente correlacionadas ( $\rho$  muy próximo a  $-1$  o a  $+1$ ) son "lo mismo salvo un factor de escala vinculante". Es innecesario aclarar lo oportuno de esta interpretación, que personalmente nunca había utilizado antes. Lo que sigue es consecuencia de esa interpretación.

Si por ejemplo  $\rho = +1$ , el "factor de escala vinculante  $k$ ", determinará que

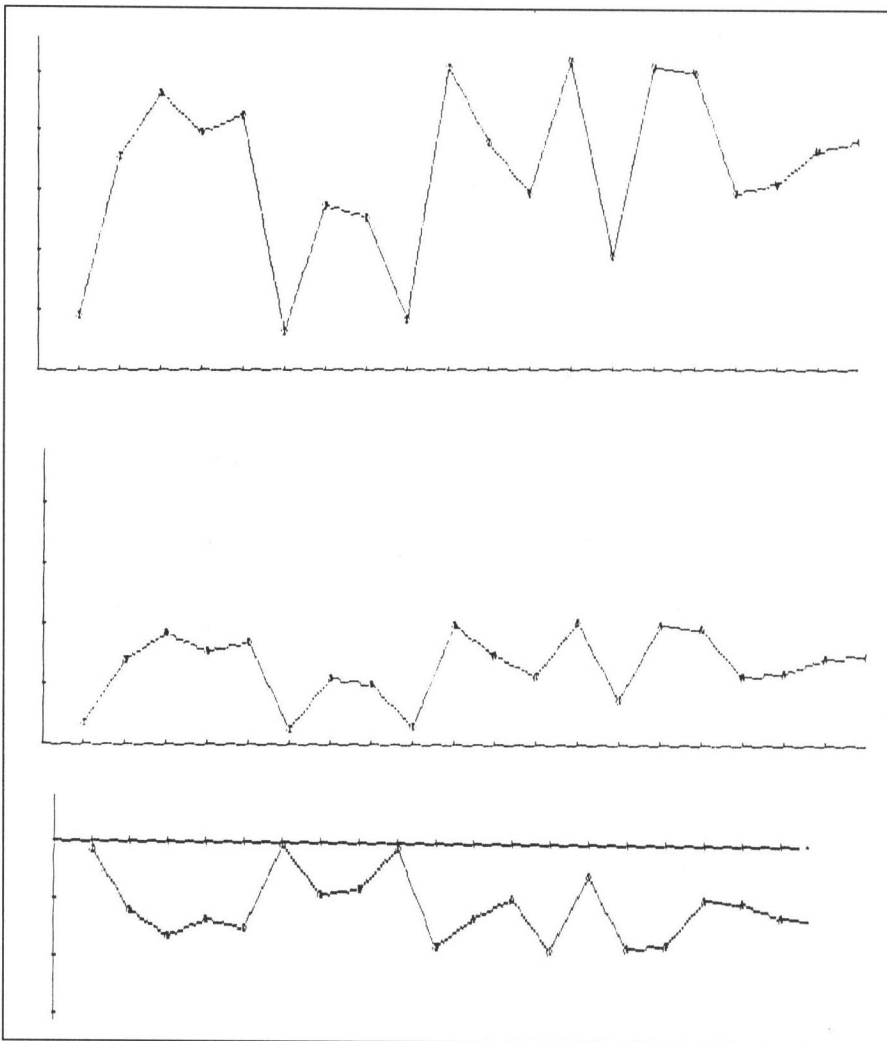


Fig. 2.- Ejemplos extremos de correlación  $\rho$ : la muestra  $Y_i$  superior está directamente correlacionada con la muestra exhibida en la parte media  $X_i$ , donde el factor de escala que vincula a  $X$  con  $Y$  es alrededor de  $5/3$ . A su vez, la muestra inferior  $Z_i$  está inversamente correlacionada con la muestra en el medio  $X_i$ .

una de las muestras dadas (por ejemplo  $X_i$ ) será homotéticamente equivalente a la muestra  $Y_i$  desplazada simultáneamente en una constante  $c$ . Si por el contrario,  $\rho = -1$ , una muestra será la imagen especular de la otra respecto del eje horizontal, con la posible incidencia de desplazamiento vertical constante  $c$ . Ambos casos quedan ilustrados en la Fig. 2.

¿Qué sucederá si las muestras  $X_i$  y  $Y_i$  están asociadas de manera no lineal?

Al respecto, los especialistas en inferencia estadística tienen serios reparos acerca del uso indiscriminado de  $\rho$  como medida de la asociación

general entre los vectores muestrales  $\mathbf{X}$  e  $\mathbf{Y}$  (Rohatgi, op. cit). La situación es precisamente como sigue:

a) Si  $\mathbf{X}$  e  $\mathbf{Y}$  son independientes, entonces no habrá ninguna dependencia funcional entre  $\mathbf{X}$  e  $\mathbf{Y}$ . Por lo tanto,  $\rho = 0$ .

b) Si  $\rho = 0$  y si  $\mathbf{X}$  e  $\mathbf{Y}$  tienen una función de distribución subyacente normal bivariada, entonces  $\mathbf{X}$  e  $\mathbf{Y}$  serán independientes, por lo que no existirá ninguna asociación funcional entre  $\mathbf{X}$  e  $\mathbf{Y}$ .

c) La propiedad en b) es falsa si se quita a las muestras la exigencia que las subordina a una función nor-

mal bivariada. Es decir, la literatura muestra ejemplos de variables aleatorias  $\mathbf{X}$  e  $\mathbf{Y}$  con  $\rho = 0$ , donde existe no obstante una asociación funcional bien definida entre  $\mathbf{X}$  e  $\mathbf{Y}$  (Fe 1968).

Al comenzar con el procesamiento de los datos disponibles, de acuerdo con lo ya comentado, el tiempo apremiaba. No pude por lo tanto dudar acerca del posible carácter normal asociado hipotéticamente a la función de distribución responsable del comportamiento dado por las muestras (1) y (2) mediante el método habitual de bondad de ajuste dado por la distribución chi cuadrada.

La urgencia del caso me permitió estudiar en cambio el criterio de correlación de Kendall, que produce un coeficiente  $\tau$ . Este criterio puede usarse de manera universal, y en este sentido, conviene aclarar que  $\tau$  detecta necesariamente asociaciones lineales, sino de la clase que se detallada más abajo. Debe señalarse que el tiempo de su cómputo es considerablemente mayor que el exigido para la determinación del coeficiente  $\rho$ , calculable de manera muy veloz. Para dar una idea al lector sobre este aspecto, las series muestrales usadas por Duhau y Martínez, cuya longitud promedio es de 200 componentes, exigieron para su procesamiento completo\* a base de  $\rho$ , apenas un par de minutos. Para el procesamiento a base de  $\tau$ , necesitaba un cambio la disponibilidad de 6 horas de trabajo continuado.

## LA CORRELACIÓN TAU DE KENDALL

El criterio de correlación propuesto por Kendall para correlacionar muestras que provienen de dos variables aleatorias  $X$  e  $Y$ , detecta dependencias de comportamiento

\* Este comentario adicional alude tanto a las pruebas experimentales utilizando varios pares de muestras extensas con el aditamento de retardos. Pude entonces comparar a continuación, el tiempo de ambos algoritmos. Lo expresado no es para nada la conclusión final del presente trabajo.

monótono sectorial homólogo entre las muestras dadas como (1) y (2).

Sean  $(X_i; Y_i)$  y  $(X_j; Y_j)$  un par de pares de elementos homólogos tomados de (1) y (2). Kendall llama a los pares dados "concordantes" si

$$(X_i - X_j) * (Y_i - Y_j) > 0 \quad (5)$$

y discordantes si

$$(X_i - X_j) * (Y_i - Y_j) < 0 \quad (6)$$

Es importante observar que en pares concordantes, las dos componentes de un par son mayores que las dos componentes del otro par, y al revés si son discordantes. Cabe consignar además, la posibilidad de que los dos pares dados no sean ni concordantes ni discordantes: en este supuesto, alguna de las muestras dadas verificará un "empate" entre dos de sus componentes. Se verificará entonces en este último caso, con toda claridad que

$$(X_i - X_j) * (Y_i - Y_j) = 0 \quad (7)$$

En las muestras (1) y (2) no se verificaron pares como en (7), y tal como observa Rohatgi, la ocurrencia de estos "empates" tiene probabilidad 0 si la función de distribución subyacente bivariada es continua.

De modo que en el caso general, Kendall propone su parámetro de correlación como

$$\tau = \frac{N_c - N_d}{N_c + N_d}$$

donde  $N_c$  es la cantidad de pares concordantes y  $N_d$ , la cantidad de pares discordantes. La literatura consultada demuestra de manera muy simple, mediante el empleo de identidades combinatorias clásicas, que siempre se verificará además

$$\tau \in [-1; +1]$$

Entonces, para dos muestras dadas, se dirá en general que a) Si  $t \sim -1$ , ambas estarán muy correlacionadas directamente en el sentido

Kendall y b) Si  $t \sim +1$ , entonces estarán muy correlacionadas inversamente en el mismo sentido.

Desde el punto de vista gráfico, si se da el primer caso, entonces los picos de una muestra coincidirán "bastante bien" con los picos de la otra. Si por el contrario, se verifica el segundo caso —que es el que motivó el presente trabajo—, los picos de una muestra tenderán a coincidir con los valles de la otra. Es posible decir también que para  $t \sim +1$ , una muestra será como una deformación óptica continua de la otra.

## ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD

El extenso tratado de Rohatgi ya citado tiene en su apéndice todos los resultados emergentes para los  $\tau$  asociados con muestras de hasta 12 elementos de longitud. Por su parte, el US Department of Energy ha publicado tablas para muestras de mayor longitud que no logré consultar para el momento en que la auditoría ya había terminado su gestión. Sin embargo, pude experimentar sobre muestras segmentadas de longitud 12 obtenidas de la manera natural, enfrentándolas recortadas:

$$\begin{matrix} X_{k+1}, \dots, X_{k+12} \\ Y_{k+1}, \dots, Y_{k+12} \end{matrix} \quad (8)$$

para todos los  $k$  entre 1 y 58, obteniéndose valores de  $\tau$  que no diferían mucho de  $-0.879$ , con algunas pequeñas oscilaciones en el tercer dígito decimal.

Además, las tablas dadas por Rohatgi ofrecen ya calculados los valores de probabilidad que se utilizan para fundamentar la aceptación o rechazo de lo que se conoce como "hipótesis nula", y que se la nota como  $H_0$ :

$H_0$ : "No existe ninguna asociación entre X e Y"

Es decir, lo que presentan las tablas aludidas es la probabilidad ("p-valor") de que bajo la supuesta validez de la hipótesis nula  $H_0$  se obtenga un  $\tau = -0.879$ . Como se dijera en

la introducción, tal probabilidad (para una muestra de 12 componentes) es del orden de .000, que se estima en bastante menos que uno en mil, posiblemente del orden de 1 en 10000. Pero obsérvese que el registro completo del par muestral dura en realidad cinco años. La respuesta entonces es contundente: si no existiera una asociación definida entre X e Y, habiéndose obtenido  $\tau = -0.879$ , se estaría en presencia de un hecho rarísimo, susceptible de ser publicado en un álbum de curiosidades y extravagancias al estilo de las que registra la famosa Guía Guinness de Records Mundiales.

La realidad numérica obtenida, entonces apoya con una muy alta verosimilitud lo que es evidente en sí mismo: la presencia de una conducta fraudulenta (no detectada por otros métodos) en donde los médicos involucrados, abandonando sus obligaciones con el Estado y estafándolo severamente, lucraban al mismo tiempo en una empresa de medicina prepaga.

El monto total del fraude en perjuicio de los intereses de la Nación Argentina fue estimado a partir de una cota inferior de US\$ 200.000 por año irregular detectado.

## CORRELACIÓN Y CAUSALIDAD

Un conocido libro de Mario Bunge presentado en 1956, discurre sobre el tema del epígrafe con mucho respeto hacia los lectores no matemáticos. (Bunge, edición de 1997).

Antes de trabajar efectivamente con series de tiempo y con muestras de variables aleatorias extraídas de la vida real, yo creía que dos muestras numéricas con alta correlación ofrecían evidencia de tipo causal. Es decir: entendía que las oscilaciones de una eran la "causa" de las oscilaciones de la otra. A pesar de que el ejemplo exhibido en este trabajo pudiera sugerir que esa apreciación es correcta, en general no es así en absoluto. Un alto valor de correlación Pearson o Kendall detecta respectivamente asociaciones de carácter lineal o de comportamiento monótono

para sectores homólogos entre las muestras tratadas, pero absolutamente nada más que eso.

Por otra parte, el problema general planteado por la causalidad —que parece ser de naturaleza muy difícil—, no es patrimonio exclusivo de la Epistemología. Aparece muy frecuentemente en la literatura que sustenta aplicaciones concretas, tal como comentaré de manera muy breve a continuación.

Los matemáticos usan —por ejemplo—, la Teoría de Operadores en Espacios de Hilbert. Asimismo, los ingenieros electrónicos también lo hacen, pero con otro léxico. Los vectores  $x$  se denominan "señales" y la norma euclídea de una tal señal o vector en el conocido espacio de Hilbert  $l^2$ , es rebautizada por los electrónicos como "energía", por su estructura análoga a la formulación integral que mide justamente la energía disipada en un circuito dado por efecto Joule. Además, un operador  $T$  en  $End(l^2)$  es llamado por los electrónicos "sistema" (Liu-Liu, 1970). En este contexto, la noción de causalidad surge de manera natural.

Por ejemplo:

Sea  $x \in l^2$  y sean  $T, G$  dos operadores (sistemas) en  $End(l^2)$  tales que:

$$T(x)(n) = x(n) + x(n+1) \quad (9)$$

$$G(x)(n) = x(n) + x(n-2) \quad (10)$$

Entonces, los electrónicos dirán que (9) es causal o realizable y que (10) es no causal o irrealizable.

Al parecer, los especialistas en Análisis Funcional, no ponen demasiado énfasis en las imposibilidades electrónicas, (Akhiezer y Glazman, 1955). Es como si los investigadores de circuitos y señales se refugiaran

temerosos únicamente en los brazos de Atropos —la Parca hija de Zeus y Temis—, concedora absoluta del Pasado. Los matemáticos, que por lo visto están más diversificados en sus afectos mitológicos, no tienen inconvenientes en "dejarse seducir" además por las otras dos Parcas: Láquesis, señora del Futuro, y Clotos, dueña del Presente, concedora instantánea de toda la información producida por el Cosmos en cualquier momento dado, (Richepin, 1927).

Deseo dejar expresado, luego de estos comentarios informales, que "correlación" y "causalidad" pertenecen a universos de discurso bastante diferentes, aunque con intersección no vacía. Es decir, la diferencia simétrica entre ambos universos está constituida por dos grandes lúnulas también no vacías y obviamente disjuntas.

La cuestión causal es en realidad muy extensa y compleja. Según Bunge, tiene muchas aristas aún abiertas. Pero como se comprenderá, la discusión sobre el tema excede ampliamente el marco del presente trabajo.

---

#### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

---

1. Akhiezer N. y Glazman I. Theory of Linear Operators in Hilbert Space, New York, Dover 1953: en ninguna parte de esta extensa obra los autores tratan el tema de los "sistemas causales".
2. Bunge M. La Causalidad, Buenos Aires, Editorial Sudamericana, 1997; una visualización rápida de la obra es ofrecida en su prólogo. Es sugestivo el análisis del autor sobre el determinismo universal de Poincaré, analizado en las pgs. 28-31.
3. Corominas J. y Pascual J. Diccionario Crítico y Etimológico Castellano e Hispánico, Gredos, Madrid, 1992: (Vol. 2, artículo "dogma"): Según comenta el distinguido filólogo catalán reciente-

mente fallecido (4/1/97), la voz "dogmasia", (del gr. δογμασια, prueba, ensayo) es un cultismo derivado de la voz "dogma" (del gr, δογμα) que alude a "parecer", "decisión" e inclusive "creto". La expresión que he utilizado aquí, "contrastación de hipótesis" ha parecido más significativa desde el punto de vista inexpressivo e intuitivo.

4. Duhau S. y Martínez E. On the Origin of the Fluctuations in the Length of Day and in the Geomagnetic Field on a Decadal Time Scale, Geophysical Research Letters, Vol. 22, N° 23, 3283-3286 (01/12/95): los autores utilizan el test de Pearson para la detección de asociaciones lineales en series de tiempo de origen solar y perturbaciones retardadas en la duración del día, con resultados de confiabilidad muy satisfactorios.
5. Feller W. Introduction to Probability Theory and its Applications, New York, Wiley & Sons, 1961, Vol. I, pgs. 237.
6. Le Lionnais F. Las grandes Corrientes del Pensamiento Matemático, Buenos Aires, Eudeba, 1976: artículo desahogado por Robert Fortet sobre la probabilidad, en especial la asociada a sucesos estadísticamente "milisegundos", tales como el que es citado en la página 237.
7. Liu C y Liu J. Linear Systems Analysis, Mc Graw-Hill International Ed., 1975, pgs. 25-28.
8. Richepin J. Nueva Mitología Ilustrada, Barcelona; Montaner y Simón, 1927, Vol. I, p. 42.
9. Rohatgi V. Statistical Inference, New York, Wiley & Sons, pgs. 762-777, pgs. 909-911. Este libro proporciona información teórica y técnica básica que permiten sustentar las conclusiones prácticas aquí presentadas. Las tablas con los valores de probabilidad  $p$ -valores usadas para contrastar hipótesis nula  $H_0$  con los resultados numéricos de  $\tau$  que se ofrecen en el presente trabajo, se encuentran en el último intervalo de páginas citado.

**Agradecimientos.** Agradezco a la Dra. Susana E. Trione y al Dr. Carlos S. Álvarez Fernández el análisis previo y crítico de este trabajo, así como también las sugerencias recibidas utilizadas para su presentación final.



## EL ROL DE LA ECOLOGIA DE MALEZAS EN LA PRESERVACION AMBIENTAL. MANEJO DEL RAIGRÁS EN CULTIVOS INVERNALES.

Por **María A. Martínez-Ghersa\*** y **Claudio M. Ghersa\*\***

*El manejo de los agroecosistemas es de una importancia crítica, no sólo porque la especie humana depende de la producción de fibras y alimentos, sino además por el potencial de daño ambiental asociado a prácticas como las labores, aplicación de fertilizantes y herbicidas.*

*La sustentabilidad de los sistemas agrícolas depende de la comprensión y el manejo cuidadoso de los procesos ecológicos tales como los ciclos de nutrientes y la regulación de las poblaciones de pestes.*

### INTRODUCCION

A partir del momento en que se superó la capacidad de los ecosistemas naturales de proveer alimento a la población humana, los recursos de los mismos debieron ser manejados de una forma más estructurada y nació la agricultura como

fueron fuente principal de obtención de fibras y alimentos (Pimentel, 1980). Al aumento de población en un lugar determinado, el hombre ha respondido con la colonización de nuevas áreas (cambio de ecosistemas naturales por sistemas agrícolas) o con una intensificación del uso de las áreas ya explotadas. En ambos casos, el hombre manipula sistemas vivos y muchas veces lo hace sin medir las consecuencias de dichas manipulaciones.

Jackson (1984) ha señalado que muchos de nuestros problemas en los sistemas cultivados son el resultado de desconocer las reglas de juego de los sistemas que manejamos. Un ejemplo de ello es la aparición y persistencia de las pestes. El reempla-

zo de sistemas naturales por sistemas agrícolas implica una disminución de la diversidad biológica ante la cual aparecen las malezas. El manejo de esas poblaciones de malezas, a su vez, ha significado muchas veces el uso de herramientas que no sólo no han solucionado el problema sino que lo han intensificado (Regnier y Janke, 1990).

La aproximación convencional al manejo de las malezas en los países industrializados, ha sido dominado en las últimas cuatro décadas por la tecnología de los herbicidas; se ha prestado en cambio, relativamente muy poca atención a los estudios sobre la ecología de malezas y al desarrollo de tácticas efectivas no químicas de control (Zimdahl, 1991). Los sistemas

\* La Licenciada María Alejandra Martínez-Ghersa es Jefe de Trabajos Prácticos.

\*\* El Ingeniero Agrónomo Claudio M. Ghersa es Profesor Asociado e Investigador Independiente del CONICET.

Ambos desarrollan sus actividades en el Departamento de Ecología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires y en el Instituto de Investigaciones Fisiológicas y Ecológicas Vinculadas a la Agricultura (IFEVA), Av. San Martín 4453, Buenos Aires, Argentina. E-mail: [marinez@ifeva.edu.ar](mailto:marinez@ifeva.edu.ar); [ghersa@ifeva.edu.ar](mailto:ghersa@ifeva.edu.ar)

templados de producción de cereales constituyen un claro ejemplo de lo antedicho. Los herbicidas son en la actualidad la clase de pesticidas utilizada más ampliamente en el mundo (Jutsum, 1988).

Sin embargo, recientemente, se han propuesto cuatro razones por las cuales es importante investigar y desarrollar alternativas de manejo de las malezas basadas en conocimientos ecológicos, en lugar de la actual dependencia casi absoluta en la aplicación de herbicidas (Liebman y Dick, 1993). Ellas son: (1) el impacto que tienen los herbicidas en la calidad de las aguas, (2) los herbicidas están siendo cada vez menos efectivos en el control de las malezas, o están siendo excluidos del mercado. Esto se basa principalmente en la evolución de biotipos resistentes, documentados para más de 100 especies de malezas, (3) en los países en desarrollo los herbicidas no están siempre disponibles para el productor, (4) existe un cuerpo de evidencia creciente que indica que los sistemas agrícolas operados con poco o ningún agroquímico pueden competir agrónomica y económicamente con los sistemas de manejo convencionales.

El control de malezas mediante el uso de herbicidas es una actividad que trasciende las escalas espaciales y temporales del sistema local de producción (chacra, campo). Es parte de una tecnología agrícola desarrollada para intensificar la producción de alimento, que a veces nada tiene que ver con la realidad local. Los cambios florísticos y problemas de residuos tóxicos resultado de su uso prolongado, trasciende el nivel de predio donde es empleado y produce cambios en el sistema agrícola observables en diferentes niveles del agroecosistema (Pimentel, 1980; Tivy, 1990; Aldrich, 1984; Radosevich y col. 1997). Ejemplo de esto es la desaparición de árboles del paisaje agrícola de una región o la reducción de insectos, pájaros y roedores (Luna y House, 1990) por deriva de 2-4 D. Por su parte, en la dimensión

temporal, la evolución de resistencia a los herbicidas es otro ejemplo de los problemas agrícolas que escapan del aquí y del hoy. Algunas especies de malezas han desarrollado resistencia a los herbicidas en menos de 10 años de uso de los mismos (LeBaron, 1991)

En la actualidad, se dispone de un marco teórico de creciente sofisticación, en donde insertar nuestros conocimientos acerca de los organismos presentes en los cultivos de cereales y de los modos en que interactúan los individuos, las especies y las comunidades. Pero surge aquí una pregunta: en qué medida este marco de entendimiento nos asiste en resolver los problemas prácticos que debemos abordar para manejar los agroecosistemas actuales?. Las preguntas que deben ser contestadas para resolver estos problemas están relacionadas con las formas de manipular al ecosistema de modo que se puedan controlar las especies que son perjudiciales para la producción agrícola y para incrementar aquellas que pueden ser beneficiosas y conservar las inofensivas. Por lo tanto, si bien la prioridad está y va a estar en asegurar la demanda de alimento, la Ecología de malezas puede ser un elemento importante para disminuir el deterioro ambiental y, consecuentemente para incrementar la sustentabilidad de los sistemas agrícolas (Altieri y Liebman, 1988; Ghersa y col., 1994).

En este trabajo nos proponemos discutir, de que modo la información básica sobre la ecología de las poblaciones de malezas puede contribuir a desarrollar prácticas de producción de fibras y alimentos que comprometan en menor grado la sustentabilidad del planeta. Utilizaremos como ejemplo, los estudios que fueron llevados adelante sobre el raigrás anual (*Lolium multiflorum*). Esta especie, ha merecido en los últimos años la atención de los agrónomos y de los ecólogos debido a la rapidez con que ha invadido grandes superficies en todos las áreas templadas del mundo y al hecho que ha desarrollado re-

sistencia a los herbicidas. Pretendemos poner de manifiesto de qué factores depende que el proceso de invasión se lleve adelante con mayor o menor velocidad. También nos interesa ilustrar de manera sencilla cómo varía la estructura genética de la maleza y cuáles pueden ser las variables que intervienen en la evolución de la población. Finalmente proponemos algunas estrategias de manejo de la maleza basadas en los conocimientos antes descriptos.

## EL CICLO DE VIDA DE UNA MALEZA

Una vez llegadas las semillas a un área agrícola, la perpetuación de la población anual como el raigrás, requiere que el medio local permita que los procesos de germinación y establecimiento de las plántulas se desarrollen exitosamente. Esto se ilustra en el primer cuarto del círculo que representa el ciclo de vida de la población (Fig. 1). Las semillas, luego de producidas caen al suelo donde permanecen sin producir plántulas hasta que reciben los estímulos que causan la ruptura de la dormición. Si el ambiente edáfico permite el establecimiento y desarrollo de las plántulas. Las semillas en el suelo constituyen un reservorio de individuos de la población, que por lo tanto permite la aparición de oleadas de germinación en épocas determinadas del año, en situaciones ecológicas particulares. El conocimiento de las diferen-

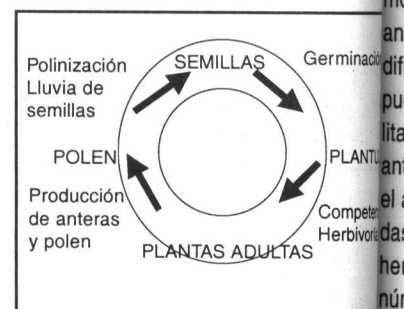


Fig. 1.- Representación esquemática del ciclo de vida de una maleza anual. Los procesos en cada cuadrante modularían el ajuste de la población al sistema agrícola.

en los requerimientos (en términos de estímulos como la luz, alteración de temperaturas, temperaturas mínimas, concentración de gases y nutrientes, etc. y de disponibilidad de agua) necesarios para la germinación y establecimiento de las plántulas sirven para caracterizar los nichos de regeneración (i.e. reemplazo de las plantas individuales de una generación por otras de la próxima generación) (sensu Grubb, 1977). De este modo se puede esclarecer dónde y cuándo se producirán las oleadas de germinación. En muchos casos, las diferencias observadas entre los tiempos de emergencia de las plántulas de especies diferentes o de distintos biotipos de una especie, es suficiente para prever su éxito como plantas (de la Fuente y col. 1998).

Una vez establecidas las plántulas, en lugares no cultivados, la herbivoría y la exclusión competitiva son factores relevantes para el éxito relativo de la población. Sin embargo, en los sistemas cultivados las labores y los herbicidas reducen en gran proporción el stand de plántulas y de plantas adultas. Estos procesos están representados en el segundo cuadrante de la Figura 1, y afectan tanto al ciclo en fase vegetativa como en fase generativa. En todos los casos la plasticidad fenotípica adquiere importancia para la supervivencia de los individuos y de su éxito reproductivo (Harland, 1965). La plasticidad fenotípica se manifiesta a través de la posibilidad que tienen los individuos de modificar su morfología y fisiología ante cambios ambientales. Estas modificaciones no sólo son meras respuestas al ambiente sino que posibilitan la supervivencia de los mismos ante el stress ambiental impuesto por el ambiente abiótico (sequía, herbicidas, etc.) como biótico (competencia, herbivoría, etc.). En este sentido, el número de macollos fértiles y la producción de anteras y óvulos son un compromiso entre el momento de establecimiento de las plantas, controlando la longitud del ciclo y la densidad de plantas adultas, que contro-

la a su vez la fecundidad por planta (Fig. 1, tercer cuadrante). Finalmente, en muchas malezas de polinización abierta la probabilidad de encuentro de un grano de polen con un óvulo va a estar condicionado por la distribución espacial y temporal de las plantas fértiles, resultando en un número variable de semillas que re-ingresan al banco del suelo cada año (Fig. 1 cuarto cuadrante). Así, el ajuste de una población al ambiente, puede ser descrito como una ventaja evolutiva de un fenotipo basada en el éxito de su supervivencia y reproducción (Crow, 1986). Es a partir del conocimiento de los procesos incluidos en cada cuadrante del ciclo presentado en la Fig. 1, que podremos no sólo entender el fenómeno de invasión y perpetuación de las malezas en los sistemas cultivados, sino también diseñar métodos eficientes para manejarlas.

### EL CASO DEL RAIGRÁS ANUAL

El raigrás anual es nativo de Europa (Terrell, 1968). En muchas partes del mundo se la cultiva como forrajera y para céspedes, sin embargo también es una maleza de cultivos de invierno que ocasiona pérdidas de magnitud en la producción de trigo y cebada de los EEUU y Australia. En la Argentina está adquiriendo importancia en las regiones trigueras del sur de la provincia de Buenos Aires. Las labores culturales y los herbicidas totales y selectivos son los métodos más usados para su control. Las primeras poblaciones de raigrás resistentes aparecieron en Australia en 1982 (Heap y Knight, 1982) y en el estado de Oregón (USA) en 1987 (Stanger y Appleby, 1989).

Los estudios más recientes han permitido develar aspectos de la ecofisiología del crecimiento individual, de la demografía de la población y del flujo génico entre poblaciones de la misma especie y entre otras especies emparentadas. También han permitido develar la importancia de algunos factores bióticos y abióticos en el control de la producción de se-

millas y de plántulas a partir de las semillas.

### NICHO DE REGENERACIÓN DEL RAIGRÁS

Las plantas perciben cambios en la luz y la temperatura a través de mecanismos especializados, y su desarrollo está gobernado por los mismos. A nivel de semilla, por ejemplo, los mecanismos que responden al régimen térmico del suelo y los signos lumínicos recibidos por el fitocromo, regulan la germinación prediciendo los períodos de alta disponibilidad lumínica (Ballaré, 1993).

Al suprimir algunas características genéticas e introducir otras, la domesticación de plantas ha reducido la habilidad de algunas especies cultivadas de responder a los signos térmicos y lumínicos, en relación a sus parientes salvajes o a las especies malezas (Patterson, 1985; Thompson y Fox, 1976). Por ejemplo, la mayoría de los cultivares modernos de trigo de invierno germinan en un rango amplio de condiciones de luz y temperatura; la dormición de las semillas dura sólo algunos días, y está completamente ausente al momento de la siembra de las semillas (Ching y Foote, 1961). Por el contrario, la dormición en los trigos silvestres y otras gramíneas menos domesticadas, como el raigrás anual, puede durar meses (van Staden y Hendry, 1985; Harrington y Knowles 1940), y solamente se produce germinación de las semillas cuando existen las condiciones específicas de luz y temperatura (Simpson, 1990).

La producción de plántulas de raigrás anual está regulada tanto por la temperatura como por el ambiente lumínico, al igual que muchas otras gramíneas cuyas semillas presentan dormición (Simpson, 1990) y cuya germinación está controlada hasta cierto punto por el fitocromo (Bewley y Black, 1982; Taylorson, 1987). La luz solar filtrada por las hojas de un canopeo o reflejada por plantas cercanas es enriquecida en luz rojo lejano. La luz con una relación R/RL

elevada tiene un efecto inhibitorio sobre la germinación del raigrás (Kauffman, 1985). En los regímenes de temperatura constante, la germinación se ve disminuida con el aumento de la temperatura; es así que la expresión del estímulo generado por la luz roja requiere de la postmaduración de las semillas a temperaturas menores de 15 °C. La temperatura en consecuencia ha sido considerada como el factor principal que controla en qué momento de la estación va a ocurrir la germinación y la luz tendría una importancia secundaria, regulando la germinación de acuerdo a la presencia o densidad de plantas vecinas (Rodríguez, com. pers.). La manipulación de la penetración de luz a través del canopeo, mediante selección de cultivares con determinadas características de la arquitectura de su canopeo, el manejo de densidades de siembra de la especie cultivada y la utilización de cultivos de cobertura rápida del suelo, parecen ser alternativas viables a la aplicación de herbicida, basadas fundamentalmente en prevenir la germinación de las semillas de la maleza (Dyer, 1995; Ghera y col., 1997)

Estas respuestas plásticas de la maleza han sufrido cambios adaptativos como consecuencia de las prácticas agronómicas. Se observó que una población resistente tenía un período de germinación más concentrado en el tiempo y atrasado que el biotipo susceptible (Fig. 2). Estas di-

ferencias en el patrón de emergencia de plántulas estaban asociadas a los diferentes requerimientos en temperatura de sus semillas para germinar: las temperaturas mayores a 30 °C tuvieron un efecto inhibitorio mayor sobre las semillas resistentes que sobre las susceptibles.

Como demostraron Jana y Thai (1987) para la *Avena fatua*, el laboreo del suelo provee una fuerza selectiva importante hacia cambios en los patrones temporales de germinación. Las diferencias observadas en la emergencia de plántulas entre biotipos de raigrás podrían ser una consecuencia de la combinación de fuerzas selectivas del laboreo del suelo y de la aplicación de herbicidas. La población de raigrás original (silvestre) por acción selectiva de las labranzas utilizadas para el cultivo de trigo perdió parte de la variabilidad original que presentaba la población de semillas. Esta variabilidad permitía que la emergencia de plántulas del biotipo silvestre se extendiera desde muy temprano a muy tarde respecto a la siembra de trigo de invierno. El cultivo de trigo eliminó la fracción de raigrás de emergencia temprana, y esta población seleccionada, y de emergencia tardía, sería la que fue sometida a la selección del herbicida diclofop-methyl. La mayor dormición de las semillas resistentes determina una mayor persistencia en el banco de las semillas de este biotipo, respecto del susceptible (Ghera y col., 1994). Estos dos fac-

tores, la persistencia de semillas en el banco del suelo y el establecimiento tardío de las plántulas, le aseguran el éxito en las condiciones de cultivo, aún en ausencia del herbicida. Se podría esperar un aumento del biotipo susceptible en ausencia de herbicida solamente si el biotipo susceptible excluyera al resistente del medio de la competencia.

Estos estudios permitieron establecer y cuantificar las variables significativas del nicho de regeneración del raigrás y además, poner de manifiesto la variabilidad presente en la población y los cambios evolutivos inducidos por las prácticas agronómicas. Ghera y col. (1994) han propuesto de qué forma estos cambios en la población de la maleza podrían ser utilizados para incrementar la producción de trigo en campos infestados de raigrás. Según estos autores una siembra más temprana del trigo podría retrasar la emergencia del raigrás resistente en comparación con el cultivo, y el efecto competitivo de la maleza se vería minimizado. Si se continuara la siembra temprana, y se elimina la aplicación de herbicida con ello la presión de selección por nuevas prácticas agrícolas debería seleccionar una proporción creciente de raigrás susceptible al herbicida. Un regreso a la forma tradicional de producción del trigo (siembra tardía y uso de herbicidas) permitiría la selección de poblaciones que germinan en un rango estrecho y predecible de condiciones ambientales. Este cambio debería desacelerar el desarrollo de poblaciones de raigrás resistente debido a que favorecería el flujo de polen y semillas entre los biotipos susceptible y resistente de la maleza (Ghera y col. 1994).

### COMPETENCIA INTRAESPECÍFICA Y CON ESPECIE CULTIVADA

Las tácticas usadas para reducir los efectos negativos de las malezas sobre los cultivos incluyen generalmente el uso de herbicidas y laboreo del suelo (que reducen el crecimiento de las malezas), y la selección

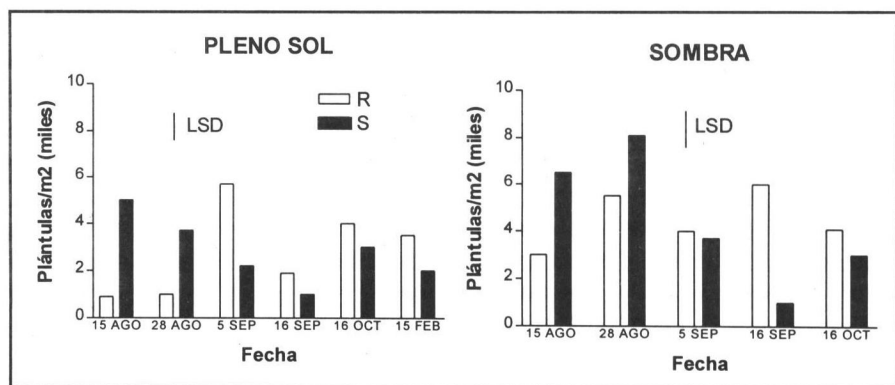


Fig. 2.- Patrón temporal de la emergencia de plántulas de raigrás resistente, R, y susceptible (S) al diclofop-metil bajo pleno sol y bajo sombreado (10 % de luz plena). Bajo sombreado la temperatura máxima era disminuida entre 10 y 15 °C en los meses más cálidos y entre 2 y 5°C en los meses más fríos. Modificado de Ghera y col. 1994.

variedades con alta habilidad competitiva de las especies cultivadas (Aldrich, 1984). Existen trabajos recientes que indican que la manipulación del ambiente lumínico cerca de la superficie del suelo podría ser una técnica de manejo adicional en los sistemas cultivados (Benech Arnold y col., 1990; Ballaré y col., 1992). Esta estrategia requiere la identificación de diferencias entre las respuestas del cultivo y las malezas a signos ambientales, del mismo modo que es necesario determinar las respuestas específicas a dosis de herbicidas selectivos para decidir una tasa de aplicación. Con esa información se pueden crear los ambientes lumínicos que den los signos apropiados para promover el desarrollo del cultivo y/o inhibir a las especies malezas. Esta aproximación al problema de las malezas puede funcionar muy bien debido a que las especies cultivadas seleccionadas por el hombre y las malezas generalmente difieren en cuanto a las respuestas que se obtienen frente a cambios en signos ambientales.

Estudios llevados a cabo sobre las tasas de macollaje en especies de raigrás, mostraron que el mecanismo del fitocromo, ampliamente reconocido como el determinante de las ramificaciones en dicotiledoneas, también controla el macollaje en las gramíneas (Deregibus y col., 1983). Más aun, estudios posteriores mostraron que a medida que se incrementa la densidad de macollos, la menor intercepción de luz por cada macollo, y el efecto fotomorfogénico de las tasas disminuidas de luz rojo/luz rojo lejano, pueden reducir la capacidad de producir nuevos macollos (Casal y col., 1985). La significancia del hallazgo que estos procesos están mediados por el fitocromo, en entender aspectos del crecimiento y la supervivencia en pastizales, es evidente, debido a que el macollaje es la forma principal de propagación vegetativa de estas especies.

En base a estos antecedentes llevamos a cabo experimentos con el objeto de determinar si la manipulación del ambiente térmico y lumínico

durante las etapas tempranas de desarrollo del canopeo pueden promover el crecimiento del trigo en campos infestados de raigrás. Para responder dicha pregunta se evaluaron las relaciones competitivas del trigo y del raigrás. Utilizamos sistemas de cultivo de relevo que consistían en sembrar especies sensibles a las heladas hacia el final del verano, para reducir (a través del sombreado) la intensidad lumínica a nivel del suelo y la relación R/FR durante el establecimiento de las plántulas de trigo. Las especies sensibles utilizadas fueron *Echinochloa crus-galli* y maíz.

La cobertura del raigrás en presencia de los cercos de *E. crus-galli* disminuyó significativamente tanto en cultivo puro como en mezcla con trigo (Fig. 3). Paralelamente, el efecto general de los cercos fue el de mejorar la producción del trigo en más del 40%, tanto de la parte vegetativa como de la reproductiva. El rendimiento promedio del trigo en presencia de los cercos fue de 4400 kg ha<sup>-1</sup>, y solamente de 2700 kg ha<sup>-1</sup> en ausencia de cercos. En todos los tratamientos, los cercos de *Echinochloa* redujeron la producción vegetativa del raigrás entre 11 y 42%, comparado a la producción vegetativa del raigrás en las áreas sin cercos.

En base a la evidencia antes presentada probamos el efecto de distintas separaciones entre hileras y distintas orientaciones para el cultivo de relevo, utilizando en este caso maíz.

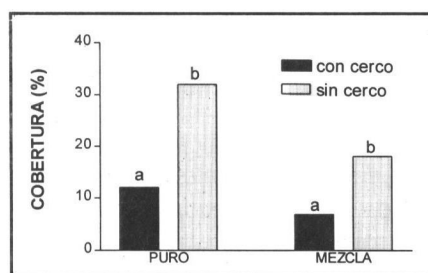


Fig. 3.- Cobertura promedio del raigrás en presencia de cercos de *Echinochloa crus-galli*, y sin los mismos, en dos situaciones: en cultivo puro y en parcelas sembradas con trigo (mezcla). En ambos casos la cobertura se midió 141 días luego de la siembra del trigo.

El comportamiento del trigo no se vio afectado por la orientación de los cercos de maíz independientemente del espaciamiento entre los cercos (Fig. 4). Sin embargo, el espaciamiento entre cercos así como la orientación, interactuando con el espaciamiento, afectó la producción de estructuras vegetativas y reproductivas del raigrás. Con un espaciamiento entre cercos de maíz, de 1.2 m la producción vegetativa del raigrás fue en promedio 5 veces menor que la observada en los espaciamientos mayores (6.0 m), independientemente de la orientación de los cercos.

Estos experimentos no identificaron los mecanismos que controlan las respuestas específicas a los distintos tratamientos de luz. Sin embargo los datos mostraron que la manipulación del ambiente lumínico durante las etapas tempranas del establecimiento del cultivo podría ser una herramienta útil en el manejo del raigrás, a fin de aumentar la producción del trigo en campos infestados con la maleza. Este tipo de manipulación ambiental aparece como especialmente útil para controlar el raigrás en los sistemas de cultivo de trigo de invierno, donde se han desarrollado poblaciones resistentes al herbicida (Gronwald y col., 1989; Jennings, 1974). Las interacciones múltiples y complejas involucradas en estos experimentos, hacen que sea difícil aislar e identificar todos los factores ambientales individuales que explicarían las respuestas de las plantas a los distintos tratamientos. Sin embargo, las reducciones en la radiación solar y la relación R:FR cerca de la superficie del suelo parecen ser factores importantes en regular la organización de jerarquías específicas durante el período de emergencia y establecimiento de plántulas. Estos dos factores, actuando sobre una serie de procesos que regulan el tiempo de emergencia de plántulas, la densidad de plántulas y la arquitectura vegetal en particular (Ballaré, 1993), inician la organización jerárquica en la mezcla cultivo-maleza, y por lo tanto determinan en

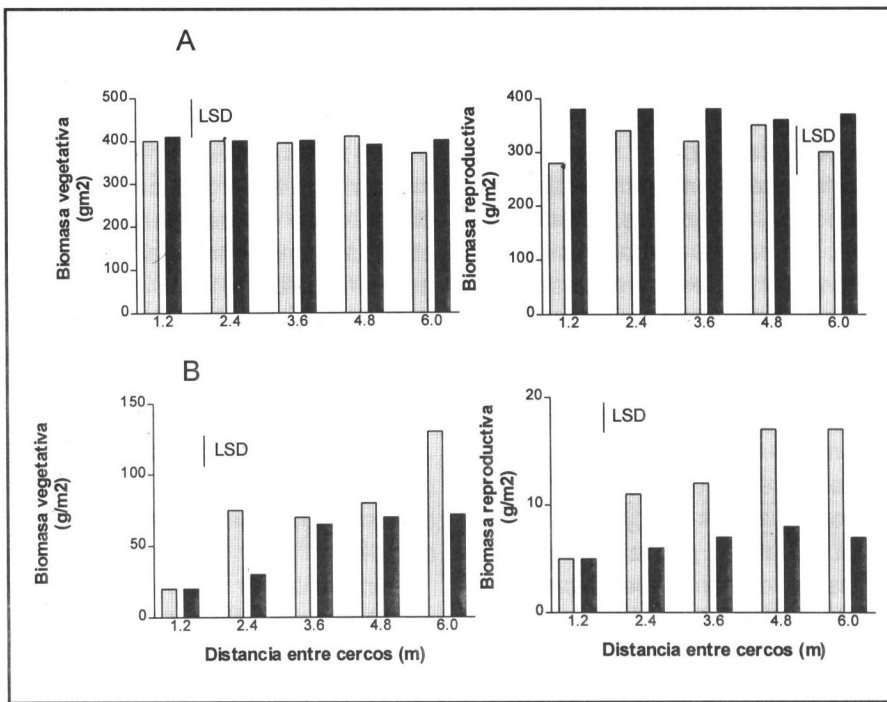


Fig. 4.- Efecto del espaciamiento de los cercos de maíz sobre la producción de biomasa vegetativa y reproductiva de trigo (A) y del raigrás (B) cuando los cercos fueron orientados E-O (□) y N-S (■)

gran medida el comportamiento posterior de las plantas (Radosevich y col., 1997; Spitters y van den Bergh, 1982).

Nuestros datos mostraron que el sombreado de corto plazo que puede obtenerse con un sistema de cultivo de relevo, aplicado en las etapas tempranas del desarrollo del trigo de invierno, puede mejorar el rendimiento en grano en campos infestados de raigrás sin el uso de agroquímicos. Los cultivos de relevo utilizando por ejemplo trigo de invierno como primer cultivo y trigo de primavera como segundo cultivo, o un cultivo de verano y un cultivo de invierno, parecen también ser, sobre la base de la información aquí presentada, prácticas posibles de ser utilizadas.

Sin embargo antes que sea posible la aplicación masiva de esta táctica de manejo «no-química», hay mucha investigación por llevar a cabo. Por ejemplo, para maximizar los beneficios de manejar el ambiente lumínico durante el establecimiento del cultivo, se deberían desarrollar variedades de cultivo específicamente adaptadas a tomar ventajas de

cambios en la carga de radiación y composición espectral de la luz de corta duración (Altieri y Liebman, 1988). Más aún, se deberían conducir también estudios a nivel de fitómero que revelen las posibles interacciones de estos cambios en el ambiente lumínico con otros factores como disponibilidad de nutrientes en el suelo y densidad y espaciamiento entre plantas. Hay aspectos análogos a evaluación de dosis en la investigación sobre control químico, que quedan por ser investigados. Por ejemplo, en términos de tratamientos de cultivo de relevo, la «dosis» sería la integración de la duración, espaciamiento y orientación de los cercos. Más aún, el uso exitoso de los sistemas de cultivo de relevo para el control de malezas requerirá de selección de cultivos que tengan una respuesta selectiva a «dosis de cercos» particulares bajo determinadas condiciones ecológicas. Los modelos de tiempo térmico para manejar aspectos fenológicos tanto del cultivo como de la maleza, ayudarían en este trabajo (Cousens y col., 1991; Spitters y van den Bergh, 1982).

Los muchos factores que influyen sobre el desarrollo de la resistencia a herbicidas en una especie se relacionan con características genéticas, biológicas y ecológicas de la especie o la naturaleza de las formas de manejo que se utilizan para controlar (Gressel, 1991). En la actualidad la resistencia al diclofop-methyl es manejada mediante el uso de otros herbicidas o algún sistema que permite eliminar la población resistente (Roush y col. (1990) y Radosevich y col. (1991) consideraron que una alternativa a estos procedimientos podría ser la de manejar la población susceptible, en vez de controlar los individuos resistentes. En este sentido, propusieron que para variedades de polinización abierta, como el raigrás (Cornish y col., 1979) el flujo de genes vía polen y semillas de la población susceptible a la resistencia podría ser una herramienta útil tener en cuenta para este fin.

El flujo génico describe el proceso que regula la existencia de un genotipo particular en la población. Los genes inmigran a las poblaciones de plantas vía polen y semillas. Bajo este marco teórico, realizamos ensayos de campo y de laboratorio, con el propósito de evaluar el flujo de genes entre biotipos de raigrás podría ser usado como una táctica efectiva para manejar la resistencia a herbicidas en esta maleza (Ghersa y col., 1994). Con tal fin, los estudios estuvieron dirigidos a conocer la fenología de la producción y dispersión de polen, como así también aspectos de la dormición y persistencia de las semillas en el banco de semillas. Este último aspecto, tiene relación con la inmigración a condiciones actuales de genes presentes en condiciones anteriores.

#### FENOLOGÍA DE LA PRODUCCIÓN Y DISPERSIÓN DEL POLEN

Durante dos generaciones, en parcelas puras de raigrás la producción de anteras de las plantas

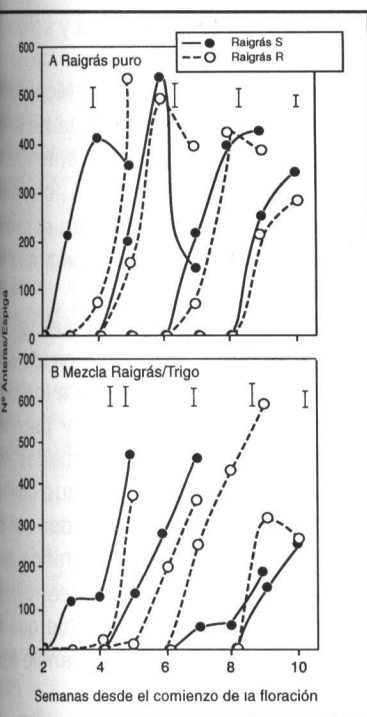


Fig. 5.- Número promedio de anteras producidas por 4 cohortes de espigas susceptibles (S) y resistentes (R), muestreadas semanalmente durante 4 semanas, cuando el raigrás crecía en stand puro (A) y en mezcla con trigo (B). Los muestreos comenzaron dos semanas después de observadas las primeras flores. Las barras representan la diferencia mínima significativa (LSD) para cada cohorte de espigas. Modificado de Ghera y col. (1994).

ceptibles, en la primera faz de la floración, comenzó una semana más temprano que en las parcelas con plantas resistentes. Esta diferencia temporal disminuyó en las otras tres cohortes (Fig. 5). La producción total de anteras promedio de todas las cohortes fue equivalente entre genotipos en las condiciones de stand puro y en siembra mixta con trigo (Ghera y col., 1994). Asimismo los experimentos mostraron que las anteras de plantas resistentes liberan menos polen que las anteras de plantas susceptibles. El polen susceptible tuvo la máxima probabilidad de fecundar óvulos de raigrás durante los primeros 15 días luego del comienzo de la floración; en este período la relación de densidad de polen R/S era 1. La probabilidad de fertilización por polen susceptible disminu-

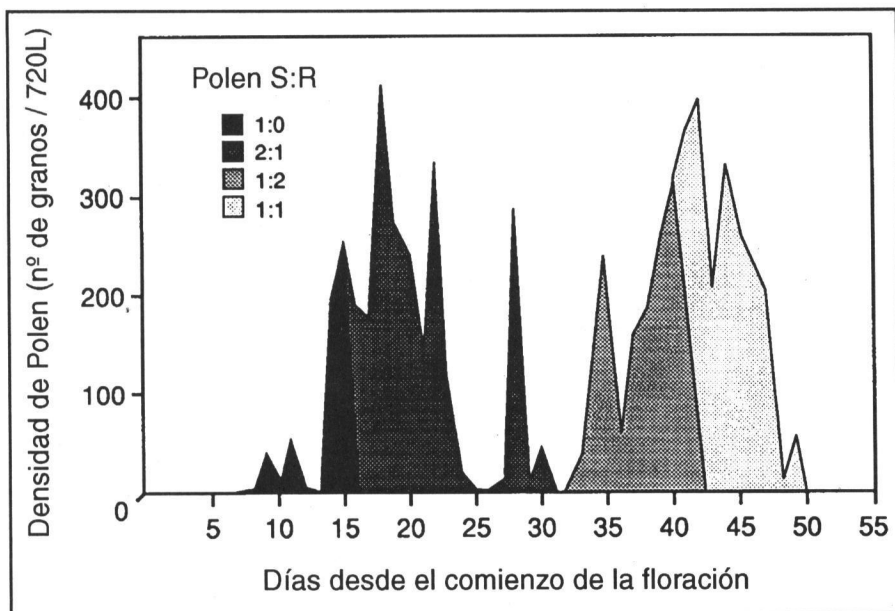


Fig. 6.- Densidades diarias promedio de polen registradas en el aire durante dos estaciones de floración. Los distintos patrones de sombreado representan las distintas proporciones estimadas del total de la carga de polen, producido por plantas resistentes, R, o susceptibles, S, al diclofop-metil. Modificado de Ghera y col., 1994.

**Tabla 1.** Evaluación del flujo génico entre plantas de raigrás susceptibles y resistentes, luego de tres ciclos de cruzamientos sin presión de selección por herbicida. De Ghera y col. (1994).

Parcela tipo	Origen de las semillas	Supervivencia luego de tratamiento c/herbicida
S	Semillas S originales (control)	0.02 ± 0.07
	4ta. generación de plantas	3.73 ± 0.31
R	Semillas R originales (control)	99.51 ± 0.25
	4ta. generación de plantas	82.90 ± 0.95

yo a 33 % durante los próximos 15 días (Fig. 6). Luego de tres ciclos de cruzamientos espontáneos sin aplicación de herbicidas, la disminución de resistencia al diclofop-methyl en las parcelas resistentes, fue cinco veces mayor que el aumento en resistencia en las parcelas susceptibles (Tabla 1). La pérdida de semillas del banco en cada ciclo del biotipo resistente fue significativamente mayor al correspondiente al biotipo susceptible (Tabla 2).

Nuestros datos muestran la importancia potencial del flujo de genes a través del polen y semillas en la

evolución de la resistencia a herbicidas. El flujo de genes susceptibles de los lotes cultivados con raigrás, banquinas, campos abandonados, etc, donde no se aplican herbicidas, podría tener un papel importante en retardar la evolución de la resistencia. Por otra parte, la mayor dormición y persistencia de las semillas del biotipo resistente, tendría importancia en el aumento del ritmo de evolución de la población de raigrás a las formas resistentes. Gressel (1991) argumenta que la existencia de un banco de semillas amortiguaría la selección causada por los herbicidas. El banco

**Tabla 2.** Densidad de semillas viables de *Lolium multiflorum* en el banco del suelo en parcelas sembradas con biotipos susceptibles y resistentes al diclofop-metil, anterior a la lluvia de semillas del año en curso y porcentaje de plántulas (originadas de las muestras del banco de semillas) que sobrevivieron al tratamiento con herbicida. De Ghera y col. (1994).

Año	Parcela	Densidad de semillas	Supervivencia luego de tratamiento c/herbicida
		N°/m <sup>3</sup>	%
1991	R	4000 ± 461	100
	S	1600 ± 461	0
1992	R	6440 ± 949	100
	S	3360 ± 180	44

del suelo guardaría semillas de generaciones anteriores no expuestas a la selección con herbicida, permitiendo la manifestación de fenotipos susceptibles en los lotes tratados con herbicida. Nuestros datos sugieren que la mayor perdurabilidad de las semillas del biotipo resistente en el suelo, respecto del biotipo susceptible, le conferiría al banco de semillas, un rol inverso, es decir en vez de amortiguar la evolución de la población hacia formas resistentes, la estaría acelerando.

En base a esta información se pueden proponer modelos de tácticas agronómicas para evitar o retardar la evolución del raigrás a formas resistentes a los herbicidas. Como fue sugerido por Roush y col. (1990) el flujo de genes puede ser usado para reducir la evolución del raigrás resistente al diclofop-methyl, si se inicia un ciclo de agricultura sin herbicida y se siembran semillas de raigrás susceptibles, teniendo en cuenta para ello la fenología de los biotipos resistente y susceptible, la distancia de dispersión de polen y la dinámica del banco de semillas. Si estudios futuros confirman que la fenología de la floración y la resistencia al herbicida en el raigrás están genéticamente ligadas, el cultivo de trigo en lotes infestados con raigrás y el cultivo de trigo y

raigrás, en sistemas de cultivo múltiples, pueden ser considerados como tácticas a seguir para manejar la evolución de resistencia del raigrás en cultivos de trigo. El uso de este tipo de sistemas múltiples de producción, puede también contribuir a disminuir el efecto de las plagas y enfermedades e incrementar el uso del agua del suelo y la radiación (Tivy, 1990).

### CONCLUSIONES GENERALES

La información básica ha permitido esclarecer cuales son los factores más importantes que controlan los procesos de invasión y perpetuación del raigrás en campos de cultivo, como así también las variables que controlan algunos aspectos de la plasticidad fenotípica y de las interacciones competitivas con el cultivo. Esta información, que tiene valor para generar estrategias de manejo que disminuyan la densidad del raigrás, también lo tiene para el manejo de otras poblaciones de malezas, como así también para disminuir los efectos negativos sobre la producción del cultivo, sin tener que depender únicamente del uso de herbicidas.

Hemos mostrado como los conocimientos ecológicos pueden asistirnos en entender la aparición de resistencia a cualquier estrategia de con-

trol, química o no química y en general, los cambios evolutivos de poblaciones de malezas. Mostramos por ejemplo, la importancia de la investigación ecológica en entender la aparición de resistencia a los herbicidas, como así también en el manejo de la resistencia, una vez que ha aparecido en el campo.

Si bien la información que aquí se presenta tiene, en términos de aplicabilidad, validez restringida a los lotes donde fue obtenida y para los biotipos de maleza estudiados, los principios y las variables que controlan las respuestas observadas son de valor universal. Esto significa que conociéndolas, pueden desarrollarse tecnologías sencillas de los que se denomina comúnmente manejo integrado.

El diseño de estos modelos y prácticas agronómicas, sólo puede lograrse sobre la base de la información ecológica de las especies involucradas. Poniendo a prueba estos modelos de sistemas de cultivo se inicia el camino para el desarrollo de prácticas agronómicas que, basadas en conocimiento de la biología de las malezas, permiten precisión en el manejo de poblaciones y la disminución de la carga de agroquímicos en labores sobre el agroecosistema. El desarrollo de estrategias de manejo de malezas ambientalmente benignas es un desafío tanto para los productores industrializados como para las naciones en vías de desarrollo. Son los ecólogos del futuro quienes deben tomar una participación mucho más activa en esta tarea.

### BIBLIOGRAFIA CITADA

- Aldrich, R.J. 1984. A new mindset to weeds. Pages 3-5 in R.J. Aldrich (ed.) Weed Crop Ecology. Principles in Weed Management. Brenton Publishing, North Scituate, Massachusetts.
- Allard, R.W. 1965. Genetic systems associated with colonizing ability in predominantly self-pollinated species. Baker and Stebbins (eds.) Genetic Colonizing species. Academic Press, NY.
- Altieri, M.A. and M. Liebman. 1988. Weed Management: Ecological Guidelines.



- pages 331-338 in: M.A. Altieri and M. Liebman (eds). Weeds Management in Agroecosystems: Ecological Approaches. CRC Press. Boca Raton, Florida.
- de C.L. 1993. Light gaps: Sensing the light opportunities in highly dynamic canopy environments. In: M.M. Caldwell and R.W. Pearcy (eds.) Exploitation of Environmental Heterogeneity by Plants. Physiological Processes Above and Below Ground. Academic Press, Orlando, Florida
- de C.L., A.L. Scopel, R.A. Sanchez and S.R. Radosevich. 1992. Photomorphogenic processes in the agricultural environment. Photochemistry and Physiology, 56 : 777-788.
- de C.L., J.D. and M. Black. 1982. Physiology and Biochemistry of seeds in relation to germination. Vol 2: Viability, Environmental Control. Springer-Verlag, New York. 37
- de C.L., V.A. Deregibus, and R.A. Sanchez. 1985. Variations in tiller dynamics and morphology in *Lolium multiflorum* Lam. Vegetative and reproductive plants as affected by differences in red/far-red radiation. Annals of Botany, 56: 553-559.
- de C.L., M.A. Hayward, M.J. Lawrence. 1979. Self incompatibility in ryegrass. I. Genetic control in diploid *Lolium perenne* L. Heredity, 43 : 95-100.
- de C.L., R.D., S.E. Weaver, T.D. Martin, J. Blair and J. Wilson. 1991. Dynamics of competition between wild oats (*Avena fatua* L.) and winter cereals. Weed Research, 31: 203-210
- de C.L., F. 1986. Basic concepts in population, quantitative and evolutionary genetics. W.H. Freeman and Co., New York, 273 pp.
- de C.L., T.M. and W. H. Foote. 1961. Post germination dormancy in wheat varieties. Agronomy Journal, 53: 183-186,
- de C.L., V.A., R.A. Sanchez and J.J. de C.L. 1983. Effects of light quality on seed production in *Lolium* spp. Plant Physiology, 72: 900-902.
- de C.L., V.E. 1995. Exploiting weed seed dormancy and germination requirements through agronomic practices. Weed Science, 43: 498-503.
- de C.L., C.M., M.A. Martinez-Ghersa, T.G. Weaver and M.L. Roush. 1994. Use of gene flow to control diclofopmethyl resistance in Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*). Weed Technology, 5: 5-24.
- de C.L., C.M., M.L. Roush, S.R. Radosevich and S. Cordray. 1994. Coevolution of agroecosystems and weed management. BioScience, 44: 85-94.
- de C.L., C.M., M.A. Martinez-Ghersa and Benech Arnold. 1997. Seed dormancy implications for grain and forage production. Journal of Production Agriculture, 10: 111-117.
- de C.L., J.W., C.V. Eberlein, K.J. Betts, K.M. Rosow, N.J. Ehlike, and D.L. Wyse. 1989. Diclofop resistance in a biotype of Italian ryegrass. Plant Physiology, 89 : 115.
- Gressel, J. 1991. Why get resistance?. It can be presented or delayed. Pages 1-26 in J.C. Caseley, G.W. Cussans and R.K. Atkin (eds.) Herbicide resistance in weeds and crops. Butterworth-Heinemann Ltd
- Grubb P.J. 1977. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche. Biol. Rev. 52 : 107-145.
- Harrington, J.B. and P.F. Knowles. 1940. Dormancy in wheat and barley varieties in relation to breeding. Scientific Agriculture (Ottawa), 20 : 355-364.
- Heap, J. and R. Night. 1982. A population of ryegrass tolerant to the herbicide diclofop-methyl. Journal of Aust. Inst. Agric. Sci., 48 : 157-158.
- Jackson W. 1984. A search for the unifying concept for sustainable agriculture. In: Jackson, Berry and Coleman, eds. Meeting the expectations of the land: essays in sustainable agriculture and stewardship. North Point Press.
- Jana S. and K.M. Thai. 1987. Patterns of changes of dormant genotypes in *Avena fatua* populations under different agricultural conditions. Canadian Journal of Botany, 65 : 1741-1745
- Jahuar, P.P. 1975. Chromosome relationships between *Lolium* and *Festuca* (Gramineae). Chromosoma, 52: 103-121.
- Jennings, P.R. 1974. Rice breeding and the world food production. Science, 185 : 1085-8
- Jutsum, A.R. 1988. Commercial application of biological control: status and prospects. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B 318:357-373.
- Kauffman. M. 1985. Efectos de la densidad de canopeos y la calidad de luz sobre la germinacion de especies forrajeras. Trabajo de intensificación para optar por el título de Ing. Agrónomo. Facultad de Agronomía, UBA.
- LeBaron, H.M. 1991. Distribution and seriousness of herbicide resistant weed infestations worldwide. Pages 27-44 in: J.C. Caseley, G.W. Cussans and R.K. Atkin (eds.) Herbicide resistance in weeds and crops. Butterworth Heinemann, London.
- Luna J.M. and G.J. House. 1990. Pest management in sustainable agricultural systems. Pages 157-173 in: Edwards, Lal, Madden, Miller and House. eds. Sustainable agricultural systems. Soil and Water Conservation Society.
- Liebman M., and E. Dyck. 1993. Weed Management. A need to develop ecological approaches. Ecological Applications, 3: 40-41.
- Patterson, D.T. 1985. Comparative ecophysiology of weeds and crops. Pages 101-130 in S.O. Duke ed. Weed Physiology. CRC Press Inc. Boca Raton, Florida
- Pimentel D. 1980. Energy inputs in production agriculture. Pages 13-29 in: R.C. Fluck ed. Energy in Farm Production. Energy in World agriculture. Elsevier, Amsterdam.
- Radosevich S.R., B.D. Maxwell and M.L. Roush 1991. Managing herbicide resistance through fitness and gene flow. Pages 129-144 in: Caseley J.C., G.W. Cussans and R.K. Atkin (eds.) Herbicide resistance in weeds and crops. Butterworth Heinemann.
- Radosevich, S.R., J.S. Holt and C.M. Ghersa. 1997. Weed Ecology. Implications for Vegetation Management. John Wiley and Sons. New York
- Regnier E.E. and R.R. Janke. 1990. Evolving strategies for managing weeds. Pages 174-202 in; Edwards, Lal, Madden, Miller and House. eds. Sustainable agricultural systems. Soil and Water Conservation Society.
- Roush, M.L., S.R. Radosevich and B.D. Maxwell. 1990. Future outlook for herbicide resistance research. Weed Technology, 4: 208-214.
- Stanger, C.E. and A.P. Appleby. 1989. Italian ryegrass (*Lolium multiflorum*) accessions tolerant to diclofop. Weed Science, 37: 350-352.
- Simpson, G.M. 1990. The occurrence of dormancy in the Gramineae. Pages 3-59 in G.M. Simpson ed. Seed dormancy in Grasses. Cambridge University Press. Cambridge.
- Spitters, C.J.T. and J.P. van den Bergh. 1982. Competition between crops and weeds: A system approach. Pages 137-148. in: W. Holzner and M. Numata. eds. Biology and Ecology of Weeds. Dr. W. Junk Publishers. The Hague, The Netherlands.
- Taylorson, R.B. 1987. Environmental and chemical manipulation of weed seed dormancy. Review of Weed Science, 3: 135-154.
- Terrell, E.E. 1968. A taxonomic revision of the genus *Lolium*. Agricultural Research Service. Technical Bulletin No. 1392. USDA.
- Thompson, P.A. and D.J.C. Fox. 1976. The germination responses of vegetable seeds in relation to their history of cultivation by man. Scientiae Horticulturae, 4 : 1-4.
- Tivy, J. 1990. Agriculture and the environment. Pages 243-260 in: Agricultural Ecology. Longman Scientific and Technical, New York
- van Staden, J. and N.S. Hendry. 1985. An evaluation of the problem of volunteer ryegrass in seed production. S. Afr. Tyskr Plant Grond, 2 : 157-160
- Zimdahl, R.L. 1991. Weed Science: a plea for thought. US Department of Agriculture. Cooperative State Research Service, Washington DC USA.

## NOTA BREVE

### Canto del milenio; preludeo frío de un final caliente<sup>1</sup>

Por William Stevens

El Hemisferio Norte se ha ido calentando más en el siglo XX que en cualquier otro siglo durante los últimos años, de acuerdo a la reconstrucción de los registros de temperatura hemisférica realizada por los científicos de la Universidad de Massachusetts y la Universidad de Arizona.

El agudo salto hacia arriba en los últimos 100 años muestra claramente lo que fue registrado por los termómetros en y cerca de la superficie terrestre. Las fluctuaciones tempranas fueron reconstruidas de las evidencias de cambios climáticos contenidos en tres anillos de árboles, lagos y sedimentos oceánicos, hielo antiguo y arrecifes de coral.

Cuanto más atrás se realiza la reconstrucción, la amplitud de posibles errores aumenta. Donde la evidencia instrumental y aproximada se superponen, ellas están más de acuerdo.

Tomadas juntas, la evidencia indica que el calentamiento abrupto del siglo XX terminó con una tendencia natural al enfriamiento de los últimos 900 años. Los científicos que realizaron la reconstrucción advirtieron acerca de que poca certeza en los primeros siglos hace imposible aún establecer conclusiones definitivas respecto al clima antes del 1400 AD.

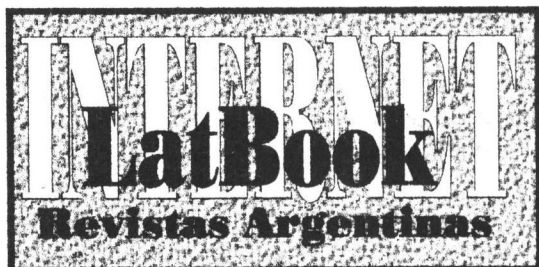
Los científicos fueron el Dr. Michael E. Mann y el Dr. Raymond S. Bradley de la Universidad de Massachusetts y el Dr. Malcom K. Hughes de la Universidad de Arizona. Este informe apareció en la edición del 15 de marzo de la revista *Geophysical Research Letters*.

Los investigadores establecieron en un estudio previo, que hasta el siglo XX, una variedad de mayormente factores climáticos naturales combinados produjeron las fluctuaciones en temperatura. Pero en este siglo, ellos encontraron que la influencia dominante ha sido las emisiones de gases retenibles por el efecto invernadero como el dióxido de carbono, el cual es emitido por la combustión de combustibles fósiles como carbón de piedra y petróleo.

En el último siglo, el promedio de las temperaturas de la superficie del globo ha aumentado cerca de 1 grado Fahrenheit o un poco más. Por comparación, la Tierra está 5 a 9 grados más caliente ahora que en lo más profundo de la última edad del hielo, hace unos 20.000 años.

Los científicos predijeron que, si las emanaciones de efecto invernadero no son reducidas, la temperatura aumentará entre 2 y 6 grados en el siglo XXI. Las mejores estimaciones son de 3.5 grados, por lo que la Tierra será más caliente de lo que ha sido en millones de años.

<sup>1</sup> Reproducido del New York Times, marzo 9 de 1999



**CIENCIA E INVESTIGACION**  
incluye los sumarios de sus ediciones en  
la base de datos **Latbook** (libros y revistas)

Disponible en INTERNET  
en la siguiente dirección:

<http://www.latbook.com.ar>