

# Elemental Watson LA REVISTA

DICIEMBRE 2014

Año 5 N° 15

Registro de la propiedad intelectual N° 841211  
ISSN 1853-032X

Especial

## ADN

Mutaciones

Mendel

Promotores

Telomeros

Metagenómica

Conservación

Los docentes cuentan...

Y mas.....



UBA



UBA | CBC

BIOLOGIA Cátedra Fernández Surribas- Banús  
Declarada de interés institucional según resolución (D) n° 1293/10

## STAFF

**Elementalwatson “la” revista**

Revista cuatrimestral de divulgación  
Año 5, número 15

Universidad de Buenos Aires  
Ciclo Básico Común (CBC)  
Departamento de Biología  
Cátedra F. Surribas - Banús  
PB. Pabellón III, Ciudad Universitaria  
Avda. Intendente Cantilo s/n  
CABA, Argentina

**Propietarios:**

María del Carmen Banús  
Carlos E. Bertrán

**Editor Director:**

María del Carmen Banús

**Escriben en este número:**

Tamara Abramoff  
Alejandro Ayala  
María del Carmen Banús  
Juan B. Beltramino  
Adrián Fernández  
Sara Fernández  
Liliana Guerra  
Edgardo Hernández  
Jennifer Micó  
Víctor Panza

**Diseño:**

Guillermo Orellana

revista\_elementalwatson@yahoo.com.ar  
www.elementalwatson.com.  
ar/larevista.html

**54 011 4789-6067**

Todos los derechos reservados;  
reproducción parcial o total  
con permiso previo del  
Editor y cita de fuente.

Registro de la propiedad intelectual  
N° 841211

ISSN 1853-032X

Las opiniones vertidas en los  
artículos son responsabilidad  
exclusiva de sus autores no  
comprometiendo posición del editor

**Imagen de tapa:**

“Burbujas de vida”  
Óleo sobre tela, año 2005  
María del Carmen Banús



# Editorial

**1**6 de julio de 1918. La familia del Zar Nicolas II es masacrada en Ekaterimburgo, Siberia. La muerte de una de sus hijas, Anastasia Romanov, se convierte en un misterio, pues comienza a correr el rumor que un soldado había recogido a la joven gran duquesa y la llevaría a Rumania donde curaría todas sus heridas.

1920: Anna Anderson ingresa en un sanatorio mental, luego de ser salvada de suicidarse en el puente del río Spree, Berlín. Durante un tiempo, Anna se definía como la única superviviente de la familia imperial rusa e hija de Nicolas II. La noticia empezó a sucumbir por toda Europa. La gente maravillada ante esa magnífica historia, pensaba que si realmente fuera esta joven la verdadera hija del Zar, devolvería las esperanzas de los súbditos rusos de colocar a un Romanov en el trono. ¿Era esta mujer la que decía ser y era verdaderamente Anna Anderson la famosa Anastasia Romanov?

Esta pregunta fue resuelta recién pasados los años 90', mediante una prueba de ADN, descubriendo finalmente que Anna era una estafadora. Esta y otras tantas historias, más o menos conocidas, fuente a veces de la literatura, tienen su origen en el conocimiento de una molécula, madre de todas las moléculas: el ADN. De él te contaremos algunas cosas en este número de la revista.

Pero también tenemos más novedades de Rusia: el relato en primera persona de nuestra corresponsal Jenny Micó.

Y la inquietud de una colega proveniente de España, que se encuentra trabajando en nuestro país, Sara Fernández.

Y como siempre, colaboran los docentes del área: Tamara Abramoff y Liliana Guerra.

Pero la sección que inauguramos con este número y es quizás la que nos hace mas feliz, es el **espacio para el trabajo que desarrollan los docentes con sus alumnos**. Por eso le damos la bienvenida al Dr. Gustavo Beltramino, que desde Santa Cruz se interesó en nosotros para dar a conocer el trabajo desarrollado en su escuela (maravillas de la virtualidad).

Por todo eso te decimos: quedate ahí, preparate unos mates y leenos, que volvemos en abril, hablando sobre unos de los principios de la vida: la reproducción

**María del Carmen Banús**

**CORREO DE LECTORES (Comunicate con nosotros!)**  
revista\_elementalwatson@yahoo.com.ar

# Sumario



01 Editorial

María del Carmen Banús

03 Carta abierta

Sara Fernández

06 **Serendipia!!!**

Los docentes nos cuentan

Ex-Alumnos y docentes de la Escuela AgropecuariaN° 1 de Santa Cruz

10 Gregor Mendel

Alejandro Ayala

15 Qué son los Promotores

Tamara Abramoff

18 Mutaciones

Adrián Fernández

23 Evo-Devo

Víctor Panza

27 ADN a la Metagenómica

Edgardo Hernández

31 Telomerasa

Liliana Guerra - María del Carmen Banús

35 Las damas del ADN

María del Carmen Banús

38 Vivir sin Agua en Siberia

Jennifer Micó

45 Biomorfismo

Guillermo Orellana



### Sara Fernández

Lic. en Biología (Universidad de Salamanca, España)  
 Máster de Investigación enfocado al manejo y la conservación  
 de sistemas marinos (Universidad de St Andrews, UK)

## Carta abierta a Mundo Marino

A raíz de mi especialización fue creciendo mi motivación por la protección y la conservación de los ecosistemas oceánicos. Varios factores, como pasadas experiencias laborales en acuarios o la constante búsqueda de información, contribuyeron a mi interés por la lucha contra la utilización de cetáceos en cautiverio con fines puramente lucrativos. Diversos trabajos en Haberton, Usuahia, y Península de Valdés, como el intercambio con colegas, me traen reiteradamente a Argentina y de ahí mi interés en expresar esta opinión

### El por qué decidí escribir esta carta

En Abril de 2014 se celebró en San Clemente del Tuyú el 3º Congreso de Rehabilitación de Fauna Marina de Sudamérica. Mundo Marino tuvo el privilegio de desarrollar el evento en sus instalaciones con la ayuda de su fundación del mismo nombre. Allá fue donde escuché hablar sobre el banco de germoplasma en el que están trabajando y el programa de cría en cautividad. Empujada por mi curiosidad decidí hondar un poco en el tema y mantuve una charla informal con el director veterinario Julio Loureiro. Tras una corta charla en la que no recibí respuestas claras a mis preguntas, me percaté del aspecto lucrativo que subyace el banco de germoplasma.

### Buscando respuestas convincentes y con base científica.

Mi primera pregunta es: ¿Cuáles son los objetivos de este banco de germoplasma y de la cría de delfines en cautividad en Mundo Marino? Las respuestas que podemos encontrar investigando en distintos medios son: conservación e investigación. Desde hace años los bancos de germoplasma de flora se han venido cultivando con éxito. Hoy en día se estudia la

creación de bancos de especies de fauna amenazada para su conservación. Los óvulos, esperma o embriones pueden ser preservados durante décadas y servirán así para inseminar hembras de especies cuyas poblaciones se encuentren en declive. De esta manera, las futuras crías se reincorporarán a su hábitat para la recuperación de esas poblaciones y de la especie en conjunto. Sin embargo, el banco de germoplasma de acuarios como Mundo Marino no es más que una excusa para la cría de delfines y orcas que quedan, una vez más, atrapadas en el acuario. Prueba de esto son los 14 delfines nariz de botella nacidos en sus instalaciones, así como la cría de la orca Kshamenk nacida en SeaWorld a partir de su esperma que se transfirió al acuario estadounidense. ¿Es esto entonces cría en cautividad o cautiverio de crías? Por tanto, hay que replantearse si la creación de este banco y el programa de cría en cautividad cumple realmente con los objetivos. En esta compañía encontramos este tipo de práctica de cría en cautividad en delfines nariz de botella (*Tursiops truncatus*) y en orcas (*Orcinus orca*). Casualmente, el delfín nariz de botella es una de las especies más comunes, y está catalogado en la UICN (International Union for Conservation of Nature) como “de preocupación menor”. Así mismo, a pesar de las varias amenazas que sufren los predadores tope



en los océanos, la UICN otorga a la orca el estatus de “datos insuficientes”, debido a la falta de información del estado poblacional de la especie, que la excluye de una categoría de especie amenazada. Por tanto, considerando que un programa de cría en cautividad está destinado a la conservación de una especie, Mundo Marino no puede justificar la producción de delfines que lleva con la palabra “conservación”, puesto que se trata de especies sin seria amenaza a día de hoy. Esto me conduce a mi segunda pregunta: ¿Por qué no volcar la investigación de cría en cautividad en especies como la marsopa vaquita (*Phocoenastinus*) o el delfín de río franciscana (*Pontoporiablainvillei*), cuyas poblaciones están seriamente amenazadas, a diferencia del delfín nariz de botella o la orca?

Seguidamente, los programas de conservación llaman a una segunda etapa, la de reintroducción. ¿Cuántos delfines y orcas han sido devueltos a su hábitat? Desafortunadamente, el ciclo de un delfín nacido en un acuario es un circuito cerrado, nunca conocerá el lugar al que verdaderamente pertenece. Hay cero casos de reinsertión de cetáceos en la naturaleza después de criarse en cautividad en serio. La liberación de otras especies al medio natural se ha dado en numerosas ocasiones después de su recuperación o rehabilitación. Sin embargo, en la mayoría de los casos los que lo han hecho han sido organizaciones sin ánimo de lucro, no acuarios. Concretamente, en Mundo Marino ha habido 14 nacimientos de delfines y 0 reintroducciones. Además, la liberación de animales rehabilitados falla también en este

sitio. Cabe destacar el caso de Kshamenk, la orca macho que entró a pertenecer a Mundo Marino en el año 1992 cuando “se lo encontraron varado”. La Fundación Mundo Marino, ya existente y activa desde el año 1987, bajo su lema de “volcar sus esfuerzos a la rehabilitación y atención de aves y mamíferos marinos enfermos, empetroados o varados”, no siguió sus propias líneas. Después de su mejora Kshamenk nunca regresó al océano, sino que pasó a continuar su vida en un tanque ofreciendo espectáculos al público. Esto sin duda fue una decisión mucho más ventajosa para la compañía, ya que una orca realizando shows en un acuario produce más ingresos que un artículo en el periódico anunciando la liberación de tal animal después de su rescate y rehabilitación. Por no hablar de la fuente de esperma que Kshamenk significa, la cual se puede utilizar para enviar a SeaWorld e inseminar hembras de aquellos acuarios, ¿a cambio de qué? A cambio de esperma de delfines procedentes de SeaWorld con el objetivo defecundar a las hembras de los delfines de Mundo Marino y posiblemente a cambio de una cría de orca una vez muera Kshamenk.

Continuando con el segundo objetivo del programa, al que nos hemos referido como investigación. Las líneas de investigación con cetáceos llevadas actualmente a cabo en Mundo Marino, así como en muchos otros acuarios, persiguen el estudio de ciclos reproductivos de las especies, enfermedades infecciosas bacterianas y parasitarias, alimentación y rehabilitación. Específicamente, los estudios en reproducción de delfines se basan en la cría en cautividad en ambientes controlados, por lo que los resultados difieren enormemente de lo que ocurre en la naturaleza. En las poblaciones salvajes, la relación parenteral es indispensable para el futuro del individuo, ya que durante sus primeros meses de vida aprenderá de su madre todo lo que necesitará para sobrevivir en el océano. En un acuario, estos lazos naturales se rompen al separar a la cría de la madre prematuramente para criarla artificialmente. En varias ocasiones los delfines que han dado a luz desconocen cómo sacar adelante a sus cachorros porque no lo aprendieron a tiempo. Éste fue el caso de la



“ Los ciclos reproductivos de estas especies son alterados en los acuarios, ya que, en primer lugar, se les administran hormonas para inducir la ovulación ”

muerte de una cría de beluga en el acuario L'Oceanografic de Valencia (España), cuyas principales causas parecieron ser la inexperiencia de la madre. No fue la única vez que una madre de delfínidos ha rechazado o se niega a amamantar a la cría. Esto es una de las razones por las que la tasa de mortalidad infantil en cautividad es mucho más alta que en el océano.

Además, los ciclos reproductivos de estas especies son alterados en los acuarios, ya que, en primer lugar, se les administran hormonas para inducir la ovulación; en segundo lugar, a las hembras se las insemina artificialmente o intentan que queden preñadas forzosamente aislándolas con un macho, en muchos casos sin haber alcanzado aún la madurez sexual. Entre varios ejemplos, puedo nombrar a Kalina, una orca de SeaWorld que a la edad de 6 años quedó preñada, mientras que en la naturaleza estos animales tienen su primera cría entre los 12 y los 14 años. En tercer lugar, no se respetan los tiempos entre el primer embarazo y el siguiente como ocurriría en la naturaleza. Además cabe destacar la gran proporción de abortos en relación a nacimientos que hayan salido adelante. Sin ir más lejos, de las 3 orcas que han pasado por Mundo Marino, la hembra Belén quedó preñada en dos ocasiones, resultando ambas en aborto y posterior muerte tras el segundo aborto por sepsis, se cree por endometritis.

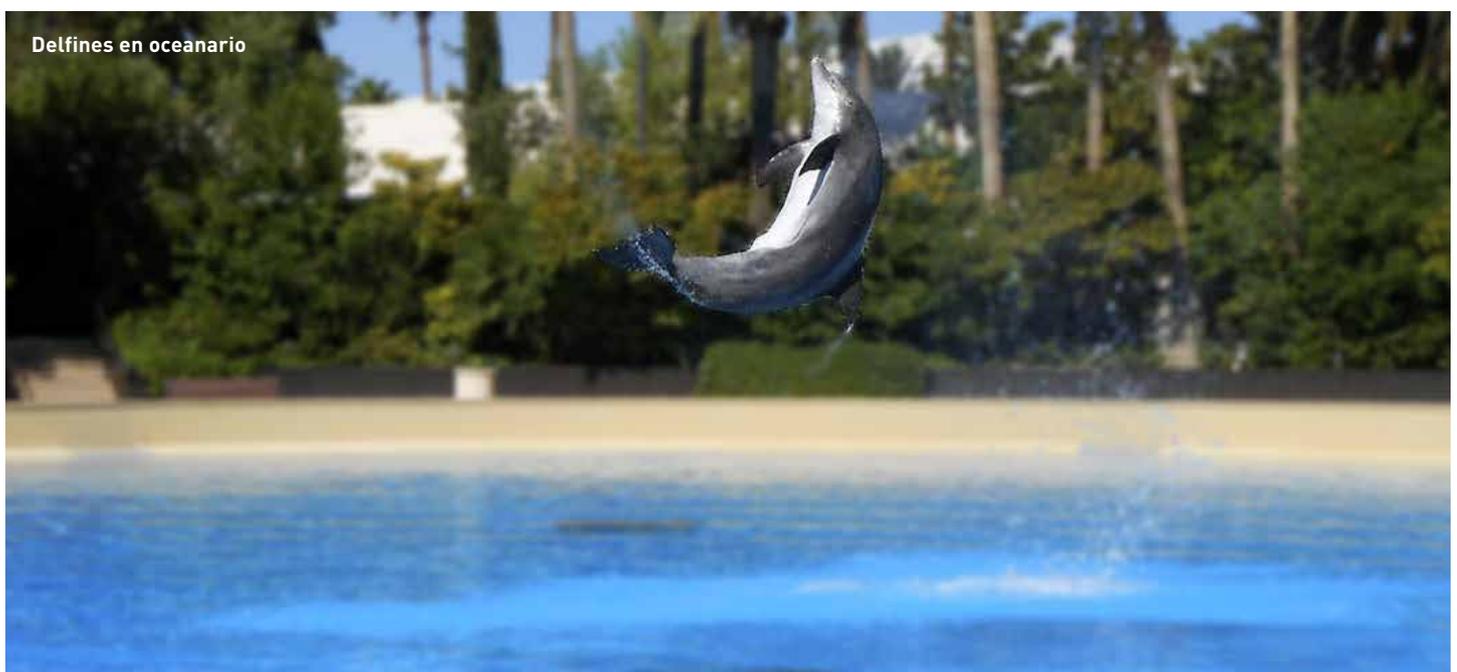
Los últimos avances han permitido sexar los embriones, de manera que solo se obtienen hembras. En el año 2012 nació en Mundo Marino la primera cría de delfín a partir de una inseminación artificial utilizando un embrión sexado, procedente de SeaWorld. Debido al convenio establecido entre SeaWorld y Mundo Marino para el intercambio de esperma, óvulos o embriones y con el número de hembras aumentando en sus instalaciones, el reservorio de estos animales es algo garantizado para mantener e incrementar los ingresos de la compañía.

### Para resumir

Hablando de conservación, ¿Por qué crear un banco de germoplasma con dos especies que no se encuentran en grave peligro de extinción? ¿Por qué no hacerlo con especies que están verdaderamente amenazadas? ¿Por qué no se enfoca más en la práctica de reintroducción de crías en su medio natural en lugar de mantenerlas en cautiverio? En el tema de investigación, ¿Por qué no recurrir a otras alternativas con las que no tengamos que condenar a tales criaturas a pasar en un tanque el resto de su vida, como es el estudio de las poblaciones salvajes, cuyos resultados no van a estar afectados por el factor humano? En mi opinión, la cual estoy segura es compartida por muchos profesionales en el mundo de la conservación, el banco de germoplasma junto con el programa de cría en cautividad no son más que excusas que tapan una gran fuente económica para un acuario. Por lo tanto, Mundo Marino y Fundación Mundo Marino, si hablamos de conservación e investigación, hagan las cosas bien.

Sara Fernández ●

[Volver](#)





**Ex - Alumnos:** María Belén Vazquez,  
Maximiliano Fabián Genzelis,  
Alumnos: Luciano Taibo,  
Gonzalo E. Maidana.



**Docente:** Dr. Juan B. Beltramino  
Escuela Agropecuaria N° 1  
beltra\_154@yahoo.com.ar

# SERENDIPIA!!!

## Primer hallazgo de *Eimeria macusaniensis* en ovinos de la zona de Gobernador Gregores, Santa Cruz

### Introducción

Una serendipia es un descubrimiento o un hallazgo afortunado e inesperado que se produce cuando se está buscando otra cosa distinta. También puede referirse a la habilidad de un sujeto para reconocer que ha hecho un descubrimiento importante aunque no tenga relación con lo que busca. Acontecen serendipias normalmente en la ciencia, cuando se descubren cosas sin investigar sobre ello, por casualidad; en la literatura, cuando alguien escribe sobre algo que imagina que posteriormente va a existir y luego se demuestra que existe tal como se lo imaginó. Con el fin de satisfacer necesidades nutritivas, sanitarias de los ovinos, y reducir los costos ocasionados por la logística, dada la lejanía de los centros de comercialización, en el Laboratorio de la Escuela Agropecuaria N° 1, de Gobernador Gregores, provincia de Santa Cruz, se habían elaborado en el año 2012 bloques multinutricionales con el agregado de antihelmíntico, con buenos resultados compatibles con las experiencias semejantes existentes. A los fines de evaluar la efectividad de los bloques con antihelmíntico se realiza-

ron determinaciones sobre la cantidad de huevos por gramo (H.P.G.) y Ooquistes por gramo (O.P.G.) en poblaciones ovinas de la Escuela y otros establecimientos ganaderos locales. En los años siguientes, 2013 y 2014 se muestreó un mayor número poblacional incluyendo a otros establecimientos de ovinos de la región, además se incluyeron guanacos y algunos individuos de otras especies.

### Esta es una serendipia, veamos porque:

Históricamente se dice que en la Patagonia no hay casi enfermedades, que es una región con muy buena sanidad. El sistema de producción de ovinos de lana en Patagonia es de tipo extensivo, lo que hace que se trabaje con los animales pocas veces al año. La imposibilidad de tener un contacto frecuente con los animales hace que muchas enfermedades pasen desapercibidas, y se culpe a posibles predadores o a inclemencias climáticas de las pérdidas. La realidad es que hay una amplia variedad de enfermedades diagnosticadas en ovinos que ocurren a lo largo del año, en forma de brotes con alta mortalidad, en forma de muertes por goteo

o disminuciones en el crecimiento y la reproducción [1] [2]. En áreas de menos de 300 milímetros de precipitación, dado el menor riesgo parasitario, pero donde ocurren esporádicas pérdidas de producción, se recomienda, controles de carga parasitaria y solo si es necesario, tratamiento. Es usual que en octubre/noviembre se traten a los animales menores de 18 meses con antiparasitarios de amplio espectro y luego en marzo/abril realizar un control de huevos por gramo de heces (H.P.G.). Estas fechas son estimativas y pueden variar según la estrategia o necesidad de cada establecimiento [3].

Es interesante considerar la posibilidad de adaptación a los ovinos de ciertas especies parasitarias evolucionadas en el guanaco. Los coccidios causan daño al reproducirse en las células del intestino del animal. Las lesiones histopatológicas más importantes se localizan en intestino. La superficie luminal del yeyuno e íleon se presentan ulceradas y con necrosis de moderada a severa. Hay acantonamiento y fusión multifocal de las vellosidades intestinales. Presencia de diferentes estadios de protozoos identificados como merontes gigantes (esquizontes), y gamontes (micro y macrogametos) en la mucosa intestinal [4] [5]. El objetivo de este trabajo fue evaluar la carga parasitaria en ovinos de la región de Gobernador Gregores, Santa Cruz, Argentina.

### Ensayo

El ensayo se llevó a cabo del año 2012 en la sección ovinos de la Escuela Agropecuaria N°1 y en la chacra N° 62 “El Calafate” de la Isla Fea, ambos establecimientos de la localidad de Gobernador Gregores, Provincia de Santa Cruz. Ambos establecimientos poseen aproximadamente 150 ovinos en total. La elección de los animales a muestrear, fue al azar sobre el total de ovinos de las dos majadas, de ambos establecimientos. Se extrajo individualmente 20 g. de materia fecal, por animal, se identificaron las muestras y se remitieron al Laboratorio de la Cátedra de Parasitología de la Facultad de Veterinarias de la Universidad Nacional de Rosario para su análisis. A la luz de los resultados obtenidos, en el año 2013 se continuaron las determinaciones en el laboratorio escolar. Se realizaron determinaciones en los ovinos de la escuela, de la chacra N° 62 y de otras dos chacras de la Isla Fea, además se hacen determinaciones en bovinos de la escuela y en un establecimiento ganadero de la zona y sobre materia fecal de guanacos que es recolectada de revolcaderos y de seguimientos a estos animales por la meseta cercana a la escuela y de un animal muerto. Entre julio y setiembre se realizan nuevas determinaciones en los ovinos de la Escuela Agropecuaria y en la chacra N° 59. En este caso con tres repeticiones. Esta chacra tiene la particularidad de haber adquirido algunos meses atrás ovinos de estancia de la zona de Puer-

to San Julián, estancia esta con alta carga de guanacos.

En el año en curso, 2014, en el mes de agosto se realizaron nuevas determinaciones, con tres repeticiones, en pool de muestras de ovinos de la Escuela Agropecuaria y en recolecciones de materia fecal de guanacos recolectadas en la zona cercana a la Escuela Agropecuaria. Se siguió con la misma metodología para las determinaciones de H.P.G. y O.P.G. Se utilizó en todas las determinaciones la técnica de Mc Máster modificada (Roberts y O’Sullivan) [6]. La identificación de las especies se hizo por las características morfológicas y biométricas de los huevos y ooquistes.

## RESULTADOS

### Aquí aparece nuestra serendipia:

Del total de muestras procesadas por la técnica de McMaster modificada en la población de ovinos, en todos los casos los recuentos de huevos de helmintos fueron muy bajos o negativos mientras que los recuentos de O.P.G. resultaron positivos con conteos moderados a altos. Según la morfología de los ooquistes en todas las oportunidades responden a la de *E. macusaniensis*, por su gran tamaño de aproximadamente 90 micras y la forma piriforme. En el ensayo del 2012, la carga parasitaria es muy baja para huevos en general y moderada o alta para ooquistes de *Eimeria* ya que los animales recibieron tratamiento antiparasitario constituido por una aplicación de ivermectina al 3,5% en las dosis terapéuticas correspondientes. Transcurrieron entre 3 y 6 meses entre la aplicación de la ivermectina y la toma de muestras.

TABLA 1. ENSAYO 2012

Resultados de las determinaciones de ooquistes por gramo de material fecal en el establecimiento Escuela Agropecuaria y chacra N° 62.

ESC. AGROPECUARIA		CHACRA N° 62	
Identif.	O.P.G.	Identif.	O.P.G.
38	27.200	13	920
115	11.000	14	1.100
116	12.000	15	800
123	25.600	22	1.760
191	27.600	25	1.540
192	32.800	28	1.900
193	7.700	32	1.520
205	11.900	67	1.840
210	110.00	78	1.500
214	28.500	123	1.400
Promedio	29.430	Promedio	1.428

O.P.G. Ooquistes por gramo

TABLA 2. DETERMINACIONES ENSAYO MAYO 2013

Resultados de las determinaciones de ooquistes por gramo de material fecal en varios establecimientos ganaderos de la zona.

	POLL I O.P.G.	POLL II O.P.G.	POLL III O.P.G.
REVOLCADERO MESETA	(-)	(-)	(-)
ESCUELA AGROP.	5640	2120	2200
OVINOS KACHEUSKI	80	2480	240
CHACRA 62	920	1760	1520
BOVINOS HERRERA	(-)	(-)	(-)
BOVINOS ESCUELA	40	(-)	(-)
GUANACO INDIVIDUAL	(-)		
GUANACO MUERTO	(-)		

O.P.G. Ooquistes por gramo

TABLA 3. DETERMINACIONES ENSAYO JULIO - AGOSTO 2013

Resultados de las determinaciones de ooquistes por gramo de material fecal en el establecimiento Escuela Agropecuaria y chacra N° 59.

POLL	30-70			08-08			15-08		
	I O.P.G	II O.P.G	III O.P.G	I O.P.G	II O.P.G	III O.P.G	I O.P.G	II O.P.G	III O.P.G
ESCUELA	2000	1000	2900	3480	2740	3090	4220	2034	3500
Chacra N° 59	1820	5120	5130	5040	3040	5040	1940	4390	3600

O.P.G. Ooquistes por gramo

TABLA 4. DETERMINACIONES ENSAYO AGOSTO 2014

Resultados de las determinaciones de ooquistes por gramo de material fecal en el establecimiento Escuela Agropecuaria y pool de guancos cercanos a la escuela.

POLL	11/08			18/08			25-08		
	I O.P.G	II O.P.G	III O.P.G	I O.P.G	II O.P.G	III O.P.G	I O.P.G	II O.P.G	III O.P.G
OVINOS	4000	3000	4900	5000	4200	2900	6100	2000	3000
GUANACOS ALEDAÑOS	540	620	200	---	3040	5040	1940	4390	3600

O.P.G. Ooquistes por gramo

## Discusión

La coccidiosis es una enfermedad infecciosa parasitaria producida por protozoarios, denominados científicamente como Eimeria, también conocidos como coccidios, que se alojan en la mucosa intestinal de los ovinos. Las especies de Eimeria más frecuentes en ovinos son: ovina, faurei, intricata, granulosa, punctata, ovinoidealisis, ahsata y parva. La enfermedad se adquiere cuando los ovinos ingieren el quiste del parásito llamado ooquiste. [7] Los coccidios presentan una marcada selectividad con

respecto a las especies que infectan. Esta selectividad hace que los coccidios de una determinada especie de ave o de mamífero sean casi exclusivos de ella y carezcan de actitudes patógenas para otras especies [8] [9]. El hallazgo de ooquistes de E. macusaniensis es, según todos los reportes bibliográficos, específico de camélidos pero si el rebaño es compuesto por varios tipos de hospederos, como se presentó en ambos casos, la escuela agropecuaria y la chacra 62, la fauna parasitaria es distinta porque el espectro parasitario es diferente y por lo tanto

lo es también la ecología. No obstante los coccidios presentan una marcada selectividad específica en lo que respecta a las especies que infectan. Esta selectividad hace que los coccidios de una determinada especie sean casi exclusivos de ella y carezcan de aptitudes patógenas para otras especies. Para que la coccidiosis se presente se requieren, obligadamente, tres factores: Que exista una humedad relativa elevada, la presencia de fases infectantes del protozooario (ooquistes maduros) y, la coccidiosis ocurre en los corderos desde la lactación hasta después del destete [2] [3]. Las coccidiosis clínicas en ovinos para este género de parásito, se asocian con conteos superiores a los 10.000 H.P.G. por lo que es explicable la ausencia de síntomas clínicos. Los síntomas clínicos en ovinos se caracterizan por el reblandecimiento de las heces, éstas se tornan pastosas sin perder su coloración. Posteriormente el excremento se torna acuoso, acompañado de estrías de moco y muy rara vez con sangre. Las causas de la muerte son por un lado, la deshidratación por pérdida de líquidos y electrolitos, y por otro, la anemia debida a la hemorragia intestinal y la anorexia. En los camélidos la enfermedad se presenta mayormente en forma subclínica. Si hay síntomas clínicos estos son: Diarrea ligeramente sanguinolenta, deshidratación, cólicos, abundante sed, depresión, debilidad, pérdida de peso, prostración y muerte, la cual es raramente superior al 5%. [10]. En este caso se debe considerar que estamos en presencia del primer hallazgo de este tipo de parásito de camélido hospedando en ovinos lo que abre un abanico de posteriores estudios en cuanto a sintomatología subclínica, adaptaciones de la *E. macusaniensis* a los ovinos, muestreos en guanacos entre otros.

### Conclusión

Los ovinos de la zona de Gobernador Gregores, Santa Cruz, Argentina se encuentran infestados por *E. macusaniensis* sin sintomatología visible. **ESTE HALLAZGO ES UNA VERDADERA SERENDIPIA!!!**

[Volver](#) ●

## ESCUELA AGROPECUARIA PROVINCIAL N° 1



La Escuela Agropecuaria Provincial N° 1 única en su modalidad en la provincia de Santa Cruz se encuentra ubicada a 5 km de la localidad y actualmente cuenta

con moderna infraestructura edilicia y excelente equipamientos en aulas, laboratorio, módulos didácticos- productivos y albergue escolar. La enseñanza técnica en la Escuela Agropecuaria está organizada por espacios curriculares, los cuales son desarrollados por equipos docentes en un ámbito de enseñanza áulica y en módulos didácticos productivos, en los cuales los alumnos aplican sus conocimientos en la tarea práctica y adquieren las destrezas o habilidades necesarias en ámbitos reales y concretos de trabajo, realizando tareas propias de la asignatura o actividad productiva que está estudiando. Desde el punto de vista biogeográfico la característica común más sobresaliente de la zona está dada por la rigurosidad de las condiciones climáticas.



## BIBLIOGRAFIA

- [1] Albrieu C, Ferrari S. **La estepa**. En: Godoy Manríquez CJ, director. El gran libro de la provincia de Santa Cruz: Patagonia Argentina. Argentina: Milenio Ediciones, Alfa; 2000. p. 280-4.
- [2] Jonhstone IL. **Enfoque Ecológico para el control de la parasitosis ovina**. Argentina: INTA; 1971.
- [3] Andrade L, Bedacarratx V, Álvarez R. **Producción ovina extensiva en la Patagonia Austral: el caso de la zona centro de Santa Cruz**. Mundo agr., La Plata. 2010; 11[21]. [4] Rosadio R, Londoño P, Pérez D, Castillo H, Véliz A, Llanco L, et al., *Eimeria macusaniensis* associated lesions in neonate alpacas dying from enterotoxemia. Vet. Parasitology. Lima, Peru 2010; p. 116-120
- [5] Castillo H D, Chávez AV, Hoces D R, Casas EA, Rosadio R A, Wheeler JC, **Contribución al estudio del parasitismo gastrointestinal en guanacos** [Lama guanicoe] Rev Inv Vet Perú 2008; 19 [2] p. 168-175.
- [6] Fiel CA, Steffan PE, Ferreyra D. **Diagnostico de las parasitosis más frecuentes de los rumiantes: técnicas de laboratorio e interpretación de resultados**. 1ª ed. Tandil: Abad Benjamín; 2011.
- [7] Florida Alpaca Breeders Association [ sede Web]. Pittsfield, Maine, United States: FABA 2011 [acceso 22 de abril 2013] McElderry-Maxwell J. *Eimeria macusaniensis*. Disponible en [www.ariACADEMY.com](http://www.ariACADEMY.com)
- [8] Cafrune M M, Marín R E, Rigalt F A, Romero S R, Aguirre D H, et al. **Prevalence of Eimeria macusaniensis and Eimeria ivitaensis in South American camelids of Northwest Argentina**. Vet. Parasitology, Salta, Argentina. 2009; 162 [3-4], p.338-341
- [9] Martín Espada C, Pinto Jiménez C E, Cid Vázquez M D. **Camélidos sudamericanos: Estado Sanitario de sus crías**. Rev Univ. Compl. Esp. 2010;4(1), p.37-50[10] Rosadio RA, Maturrano LH, Pérez DJ, Luna LE, El complejo entérico neonatal en alpacas andinas.; Rev. investig. vet. Perú 2012; 23(3), p.261-271

**Alejandro Ayala**

Lic. en Ciencias Biológicas

Docente de Biología, CBC-UBA

# Gregor Mendel

## ¿Genio incomprensido?

Gregor Mendel (1822 – 1884), aún sin conocer la naturaleza de los cromosomas y los genes, logró descifrar los fundamentos básicos de la transmisión hereditaria, y por ello se lo considera el padre de la Genética. Sin embargo, debieron pasar 16 años después de su muerte para que la comunidad científica reconociera la trascendencia de sus aportes.

La segunda mitad del siglo XIX fue testigo de algunas de las conquistas más revolucionarias en el campo de las ciencias naturales. En 1859 la teoría de la evolución de Darwin provocó una nueva ola de pensamiento, que poco a poco cambiaría de modo irreversible la manera de interpretar la Biología. Entre 1860 y 1865, Luis Pasteur contribuyó en modo decisivo a la consolidación de la teoría celular, desterrando definitivamente la idea de la generación espontánea, al mismo tiempo que sus descubrimientos en materia de microorganismos sentaban las bases de la Microbiología. En 1865 Gregor Mendel presentó en la reunión anual de la Sociedad de Historia Natural de Brünn sus “Experimentos sobre híbridos en plantas”. No obstante sus trabajos científicos pasaron inadvertidos en la época, sentaron las bases para lo que más adelante sería la Genética moderna, por ello bien se merece integrar el cuadro de honor junto a los grandes de la ciencia.

Mendel nació en 1822 en el pueblo de Heinzendorf (actualmente Hynčice, República Checa) que por entonces pertenecía al antiguo Imperio Austro-Húngaro. Sus padres Anton y Rosine lo bautizaron como Johann. Su infancia transcurrió en el entorno rural de la granja que su fa-

milia llevaba adelante, no sin dificultades económicas. Allí aprendió de su padre a cultivar frutales, seleccionar plantas y a hacer injertos. Ya desde temprana edad el pequeño Johann se destacó por su inteligencia y su capacidad de aprendizaje, por ello uno de sus maestros de la infancia recomen-



dó a los Mendel que lo enviaran a proseguir sus estudios en un colegio secundario. Esto significó un gran compromiso financiero para la familia y una prueba de responsabilidad para el ahora adolescente Johann, quien honró tanto sacrificio realizado graduándose con honores a la edad de 18 años. Posteriormente pudo proseguir sus estudios en el Instituto de Filosofía de Olmütz, donde durante dos años estudió religión, filosofía, física, matemáticas y ciencias naturales. Nuevamente tuvo un desempeño distinguido, sobre todo en física y en matemáticas. A pesar de algunos problemas de salud y de las dificultades económicas, logra concluir exitosamente esta nueva etapa formativa en 1843. En este punto de su vida, Johann Mendel comprende que ha desarrollado una fuerte vocación por el estudio y la enseñanza de las ciencias, pero su camino hasta aquí no ha sido fácil. A causa de su frágil salud ha tenido que alejarse temporalmente de los estudios, y cada tanto se ha visto obligado a dar clases particulares para ayudarse con los gastos. Para colmo su padre lo requiere de vuelta en la familia para que se haga cargo de la granja. El futuro no se presenta ciertamente promisorio, y Johann está por tomar una decisión que cambiará su vida para siempre. En la ciudad de Brünn (en la actualidad Brno) se encuentra la institución religiosa más prestigiosa de la región, el monasterio de los agustinos de Santo Tomás Apóstol. En aquella época el monasterio funcionaba además como un centro de enseñanza e investigación científica, y varios de sus miembros eran a su vez profesores del Instituto Filosófico de Olmütz. Entre ellos se encontraba el profesor Friedrich Franz quien influyó sobre Mendel para que solicitara el ingreso al monasterio. (Foto inferior)

**E**n octubre de 1843, Johann Mendel ingresó al monasterio donde adoptó el nombre con el que hoy todos lo conocemos, Gregor. Fue ordenado sacerdote en 1847 luego de completar sus estudios de teología. Según algunos autores,

“ En aquella época el monasterio funcionaba además como un centro de enseñanza e investigación científica ”

más que la vocación religiosa, habrían sido las preocupaciones económicas las que motivaron a Mendel para que siguiera la carrera eclesiástica. En el monasterio quedaba libre de tales preocupaciones al mismo tiempo que podía continuar con sus estudios. Sin embargo no debemos perder de vista que la religión católica acompañó la educación de Mendel desde su más temprana infancia, por lo que no sería extraño que también haya desarrollado una inclinación religiosa, encontrando en el ingreso al monasterio la posibilidad de satisfacer ambas vocaciones. Como se mencionó antes, el monasterio funcionaba como un centro de enseñanza de las ciencias y de investigación en temas de importancia para la región. Especialmente se ocupaba de cuestiones ligadas a la agricultura como el cultivo de árboles frutales y viñedos. Su Director, el abad Cyril Franz Napp, que llegó a presidir la Sociedad de Agricultura de Moravia, había creado en los jardines del monasterio un centro de cultivo experimental a cargo del maestro de filosofía Matthäus Klácel. Este último fue quien introdujo a Mendel en el estudio de la reproducción vegetal y la transmisión hereditaria en distintas variedades de plantas. En 1848 Mendel queda a cargo de los jardines donde años más tarde llevará a cabo sus famosos experimentos con plantas de guisantes. Su primer encargo sacerdotal fue como capellán en el hospital de Brünn, y resultó ser una amarga experiencia para Mendel, dada su extrema sensibilidad y tendencia depresiva se demostró incapaz de soportar el sufrimiento de los enfermos, y terminó siendo relevado del puesto. Lo enviaron como maestro suplente de matemáticas a la escuela de Znojmo, al sureste de Moravia. Pronto se destacó como un excelente docente, lo



cual motivó al director del establecimiento a recomendar a Mendel para ocupar el puesto de profesor titular, pero para ello debía aprobar un examen en la Universidad de Viena. Aunque pasó con éxito los módulos de física y meteorología fracasó en ciencias naturales por lo que no pudo lograr el título. A su regreso al monasterio, el abad Napp, viendo la vocación de Mendel por las ciencias y sus excelentes aptitudes para la docencia, decidió enviarlo nuevamente a la Universidad de Viena, pero esta vez a estudiar y perfeccionarse en diferentes disciplinas científicas. Durante dos años (1851–1853) siguió varios cursos como ser, física experimental, matemática avanzada (que después aplicará con suceso en sus experimentos sobre híbridos), botánica, zoología, paleontología y química. A su regreso a Brünn en 1854 obtuvo el cargo de profesor suplente de física e historia natural en el Instituto Superior de Enseñanza Media de la ciudad. Nuevamente se destacó por sus dotes docentes y fue muy apreciado tanto por sus alumnos como por las autoridades del colegio. Ese mismo año comenzó a planificar una serie de experimentos sobre generación de híbridos en plantas. En 1856 volvió a la Universidad de Viena y se enfrentó de nuevo al examen para profesor titular, pero como en el pasado, su fragilidad frente al estrés le jugó una mala pasada, y debido a los nervios y la tensión acumulada abandonó el aula y regresó a la ciudad de Brünn en mal estado de salud. A partir de ese momento Mendel decide recluirse en sus trabajos, alternando sus actividades docentes como profesor suplente, con sus experimentos con plantas en los jardines del monasterio. En el año 1868 sucede a Napp como abad del monasterio, esto lo lleva a abandonar definitivamente la docencia pues debe dedicar la mayor parte de su tiempo a las responsabilidades administrativas y eclesiásticas, solamente continuaría con algunos experimentos con plantas y abejas. Entre 1854 y 1868 Gregor Mendel desarrolló una intensa actividad científica, además de sus conocidos experimentos sobre generación de híbridos con las plantas de guisantes, también realizó y publicó trabajos en meteorología y contribuyó al desarrollo de la apicultura. Fue miembro de la Sociedad Zoológico-Botánica de Viena, de la Junta Central de la Sociedad Agrícola de Moravia, y en la ciudad de Brünn, de las Sociedades de Historia Natural, de Horticultura y de Apicultura.

### Los experimentos

A mediados del siglo XIX la idea prevalente sobre la herencia era la llamada herencia por mezcla, según la cual los factores hereditarios de ambos progenitores (transportados por las gametas) se mezclan en la descendencia generando una característica intermedia nueva, la cual se transmitirá a su vez como tal, es decir, los caracteres mezclados no se separarán en las generaciones sucesivas. Este concepto pasaba por alto algunos hechos, como por ejemplo que algunas características hereditarias podían “desapare-



Estampilla austríaca de 1984 en honor a Gregor Mendel

cer” en una generación para “reaparecer” en la siguiente. Por otro lado la herencia por mezcla o herencia intermedia tendería a uniformizar a los individuos de una población, eliminando de a poco toda la variabilidad interindividual. Tal variabilidad era un elemento fundamental para la teoría de la evolución de Darwin, pues es la base sobre la cual actúa la selección natural. Si bien la teoría de la herencia por mezcla sería inevitablemente puesta a prueba, no parece que fuera ésta la principal intención de Mendel. Sí en cambio, y así lo expone en su trabajo, estaba interesado en descubrir los principios o leyes subyacentes a la obtención de nuevas variedades de plantas y animales mediante la hibridación artificial. Este tema era una materia bastante bien conocida en la época, se aplicaba a la producción de plantas ornamentales así como también al desarrollo de nuevos productos agropecuarios. Desde pequeño Mendel tuvo contacto cercano con estos temas, en la granja de familia y en su escuela primaria había aprendido a cultivar árboles frutales, su madre era hija de un jardinero que atendía los jardines imperiales, y además durante su formación académica tuvo destacados profesores en temas específicos de la botánica como la fisiología y la reproducción en vegetales. Cuando Mendel ingresa al monasterio, ya funcionaba en sus jardines un invernadero experimental donde se realizaban cruzamientos entre distintas variedades de plantas. Por aquellos años existía una abundante bibliografía sobre esta temática y Mendel había leído a sus principales exponentes. En su publicación de 1865 explica entre las motivaciones de sus experimentos, que a pesar de todos los trabajos realizados hasta la fecha, no se había podido desarrollar una ley de aplicación general que explicase la formación de híbridos. Mendel estaba convencido, y ese fue su aporte novedoso, que era necesario llevar adelante un trabajo metódico, organizado y sistemático, y muy especialmente que incluyera un gran número de individuos durante muchas generaciones. Tan determinado fue en sus convicciones que trabajó durante 8 años (ningún

experimento de esta naturaleza había durado tanto tiempo) durante los cuales llegó a cultivar y examinar más de 28.000 ejemplares. Fue organizando los datos de manera que fuera posible una evaluación simple y objetiva, y estudió los resultados en forma cuantitativa, siendo el primero en aplicar instrumentos matemáticos como el cálculo combinatorio o y el estadístico al estudio biológico de la transmisión hereditaria.

### ¿Porque utilizar plantas de guisantes?

“...el valor y la utilidad de cualquier experimento se determinan por la aptitud del material utilizado para tal propósito”, expresaba Mendel en su publicación, dejando en claro desde un principio, que para evitar el riesgo de resultados cuestionables, se debía poner especial atención en la elección del modelo de experimentación. En tal sentido la leguminosa *Pisum sativum*, una especie bien conocida por haber sido empleada con anterioridad en experimentos de cruzamientos, parecía cumplir con los principales requisitos. Esto es:

- 1) Presentar variedades con características diferenciales constantes y fácilmente distinguibles, de las que se podían obtener líneas puras.
- 2) Poseer una flor con estructura particular que dificulta el ingreso de polen extraño, lo cual permite evitar los cruzamientos no controlados.
- 3) No evidenciar problemas de fertilidad en los híbridos (cruzas entre las diferentes variedades) y sus descendientes, lo cual permite hacer un seguimiento de la transmisión hereditaria por varias generaciones.
- 4) Ser plantas económicas, fáciles de conseguir y de cultivar, de rápido crecimiento, con un ciclo reproductivo corto y que permiten un alto grado de éxito en la fecundación artificial.

Antes de comenzar con sus experimentos Mendel estudió durante 2 años 32 variedades diferentes de plantas de guisantes con las cuales realizó cruzamientos preliminares. Esto le sirvió para identificar siete rasgos o características en las que se presentaban, para cada una, dos variantes claramente diferenciables. Algunas de ellas eran: la forma de la semilla, que podía ser redondeada (aspecto liso) o con depresiones (aspecto arrugado), el color de la albúmina de las semillas que podía ser verde o amarilla, la forma de la vaina madura con constricciones profundas entre las semillas o más o menos arrugada, o el tamaño del tallo principal que podía ser largo o corto. Para facilitar el análisis de los datos Mendel se concentró en una característica a la vez con sus dos variantes, en lugar de examinar a cada planta en

su totalidad. Preparó siete series de cruzamientos, uno para cada rasgo, y en cada una de ellas cruzó plantas puras para una de las variantes con plantas puras para la otra variante. En todos los casos el 100 % de la descendencia (primera generación filial o F1) presentaba sólo una de las dos variantes paternas, a la cual llamó “*dominante*”, mientras que la otra no se manifestaba. Así por ejemplo al cruzar plantas puras de semillas amarillas con plantas puras de semillas verdes, toda la progenie presentaba semillas amarillas (igual que el progenitor de semillas amarillas). Lo mismo observó en las otras series de cruzamientos, en todos los casos en la primera generación filial (producto del cruzamiento de líneas puras) una de las variantes predominaba sobre la otra. Los mismos resultados fueron obtenidos en los cruzamientos recíprocos, demostrando que el fenómeno era independiente de la variante paterna que funcionase como dadora de polen. Por otro lado, en ningún caso aparecieron en la descendencia rasgos intermedios, tal como se esperaría según la teoría de la herencia por mezcla, sin embargo esto no llamó la atención de Mendel, pues tal como lo expuso en su trabajo, ya había realizado observaciones similares en cruzamientos de plantas ornamentales. De todos modos, seguramente lo inquietaba saber que había pasado con la variante que no se manifestaba en esta primera generación de híbridos. La respuesta estaba en las mismas plantas y Mendel así lo intuyó. Seguidamente dio inicio a una segunda serie de experimentos, consistentes en la autopolinización de todas las plantas híbridas de la primera generación filial. Al observar la descendencia pudo determinar que la variante que había “desaparecido” en la primera generación, “reaparecía” en la segunda generación filial. A esta variante, Mendel la denominó “*recesiva*” (como sinónimo de regresiva, es decir, aquello que provoca una vuelta hacia atrás). Analizando los resultados de la segunda generación filial, pudo dar cuenta de que las variantes dominantes y recesivas aparecían en una proporción constante de 3:1. Así por ejemplo en el caso del color de la semilla, la F2 mostraba un 75% de plantas con semillas amarillas y un 25% de plantas con semillas verdes. Siguió trabajando con los ejemplares de la F2, permitiendo que se autofecunden y analizando a sus descendientes, constatando que algunas plantas se comportaban como líneas puras mientras que otras lo hacían como híbridos.

¿Cómo explicar estos resultados? Habrá sido la pregunta que se repetía una y otra vez en la mente de aquel monje científico. Mendel pensó que deberían existir factores hereditarios, concebidos como unidades discretas y separables, que fueran responsables de la transmisión hereditaria de una generación a otra. Siguiendo este razonamiento, cada característica hereditaria está determinada por dos factores, los cuales durante la formación de las gametas se separan o se segregan de modo que cada gameta reciba y transmita sólo uno de los dos. Este concepto es lo que conocemos hoy

como la Primera Ley de Mendel o Ley de la Segregación. Las líneas puras serán portadoras de factores hereditarios iguales, ambos dominantes o bien ambos recesivos, mientras que los híbridos serán portadores de dos factores distintos, uno dominante (que se manifiesta) y otro recesivo (que permanece oculto). Por lo tanto para una característica individual como por ejemplo el color de la semilla, las líneas puras producen un sólo tipo de gametas, todas portadoras de un factor dominante o de un factor recesivo, mientras que los híbridos producen dos tipos de gametas distintas en igual proporción, la mitad llevan el factor dominante y la otra mitad llevan el factor recesivo.

El siguiente paso de Mendel fue averiguar si el principio de la segregación era válido para dos caracteres simultáneamente. Entonces, en una segunda serie de cruzamientos analizó la transmisión hereditaria simultánea de dos caracteres distintos, como por ejemplo: el color de la semilla, con sus variantes amarilla y verde, y la forma de la semilla con sus variantes lisa y rugosa. Partiendo de líneas puras para ambos caracteres, obtuvo una F1 dihíbrida homogénea de semillas lisas y amarillas, es decir, expresaban ambas variantes dominantes. Igual que en el experimento anterior permitió que estas plantas se auto fecundaran para obtener la segunda generación filial. En la F2 observó que además de las combinaciones paternas, semillas amarillas y lisas, y semillas verdes y rugosas, aparecían dos combinaciones nuevas como ser semillas amarillas y rugosas, y semillas verdes y lisas, o sea, todas las combinaciones posibles con las cuatro variantes (dos variantes para cada carácter hereditario).

Mendel ya sabía que en el híbrido están presentes todas las variantes, por lo tanto la única manera que estás variantes se pudieran combinar en la descendencia, es que al momento de la formación de las células sexuales, la segregación se produjera de manera independiente. Es decir,

la separación de los factores amarillo/verde no influye ni se ve influida por la separación de los factores liso/rugoso. Esto fue denominado como la Ley de la segregación independiente, conocida hoy como la Segunda Ley de Mendel.

### El legado de Mendel

Desde el punto de vista científico, el trabajo de Mendel puede considerarse extraordinario, fue muy correcto y metódico a la hora de diseñar los experimentos, eligió un modelo sumamente adecuado, y sobre todo fue preciso y creativo en el análisis de los datos. Dio a conocer sus trabajos haciendo llegar copias a los referentes más importantes de la época, y sin embargo tuvo una muy escasa devolución. Una sugerencia importante le llegó de parte de Carl Wilhemm-Von Naegeli, un respetado científico experto en hibridación vegetal, quien le indicó que repitiera los experimentos con plantas del género *Hieracium*. Lamentablemente esta planta tiene una forma de reproducción particular, que en esa época se desconocía, por lo que Mendel no pudo replicar sus resultados, y esto en cierta medida lo llevo a pensar que sus descubrimientos quedaban limitados únicamente al género *Pisum*, con el que había trabajado. En 1868 Mendel es designado abad del monasterio y poco a poco va abandonando la actividad científica debido a sus nuevas responsabilidades.

Gregor Mendel no era un líder de opinión pero indudablemente fue un adelantado a su época. Quizá hubiera generado mayor atención si titulaba su trabajo, algo así como: “Los fundamentos básicos de la transmisión hereditaria”, pero lamentablemente nunca llegaría a corroborar que sus descubrimientos eran principios generales sobre la herencia que trascendían la mera obtención de híbridos. También es importante destacar que en la década de 1860 toda la atención de la comunidad científica estaba puesta en la teoría de la evolución de Darwin, recientemente publicada. No existen registros que demuestren que Darwin haya sabido de los trabajos de Mendel, pero de haberlos conocido le hubiesen sido de utilidad para replantear algunos aspectos de su teoría ligados a la herencia y a la variabilidad de las poblaciones naturales. Mendel muere en el año 1884 sin haber recibido jamás el más mínimo reconocimiento por sus aportes a las ciencias naturales. En los años subsiguientes se produjeron importantes avances en la microscopía, en la comprensión de la estructura y funcionamiento de las células, se descubrieron los cromosomas y se progresó mucho en el conocimiento de la formación de las gametas y de los eventos de la meiosis. Recién en 1900 tres investigadores en forma independiente redescubrieron los trabajos de Mendel y pudieron verificar sus resultados. Sólo a partir de entonces Mendel tuvo el reconocimiento merecido y por ello lo consideramos el padre de la Genética.



Estatua de Mendel en el edificio de ciencia en Villanova University en Philadelphia.

GREGOR JOHANN MENDEL  
Augustinian  
1822-1884  
Discoverer of the Laws of Heredity



**Tamara Abramoff**

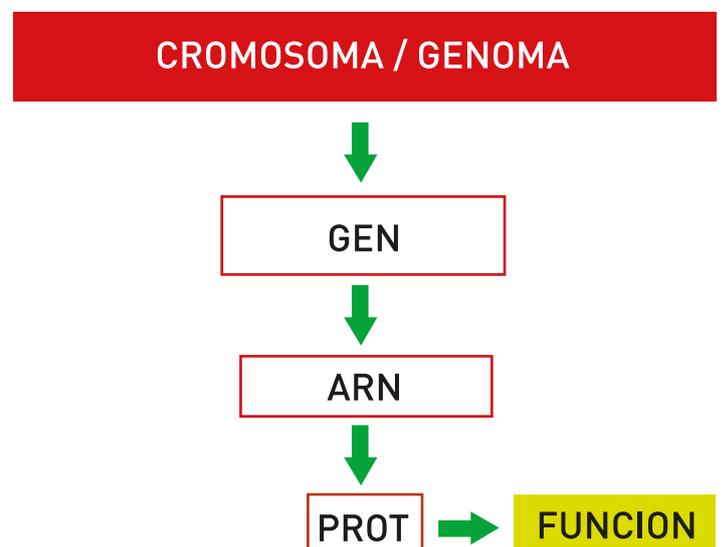
Dra. en Ciencias Biológicas.  
Docente de Biología, CBC-UBA

## ¿Qué son los promotores y como funcionan?

¿Qué es un gen? ¿cómo hace la célula para identificarlo? ¿porqué se activan unos y no otros? ¿Por qué algunos son mas activos en ciertos tipos de células? Los promotores son en parte responsables

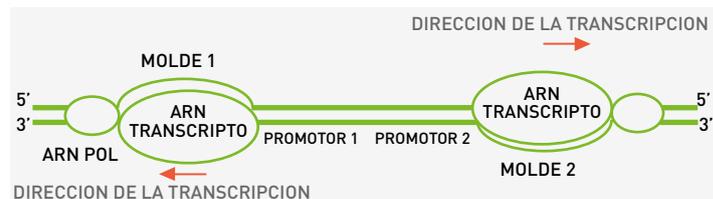
**E**l ADN es la molécula de la herencia y su estructura se denomina Cromosoma. Dentro del ADN se encuentra el GENOMA, un conjunto de genes donde se encuentran todas las características necesarias para crear una célula. En los organismos pluricelulares (de muchas células) como somos los humanos todas las células se originaron a partir de una célula cigoto (huevo) original. Esto quiere decir que todas las células del cuerpo humano tienen el mismo genoma. Dentro del genoma hay miles de genes distintos. Un gen es una secuencia determinada dentro del ADN que permite la realización de una determinada característica que realiza una o más células. Así hay algunos genes que tienen la información para proteínas y otros genes que tienen la información para las estructuras de la célula y otros genes cuya función es “regular” otros genes. Partiendo de la idea de que un gen tiene la información para una proteína; y que es la proteína la que cumple una función den-

tro de la célula, podemos plantear el siguiente diagrama:



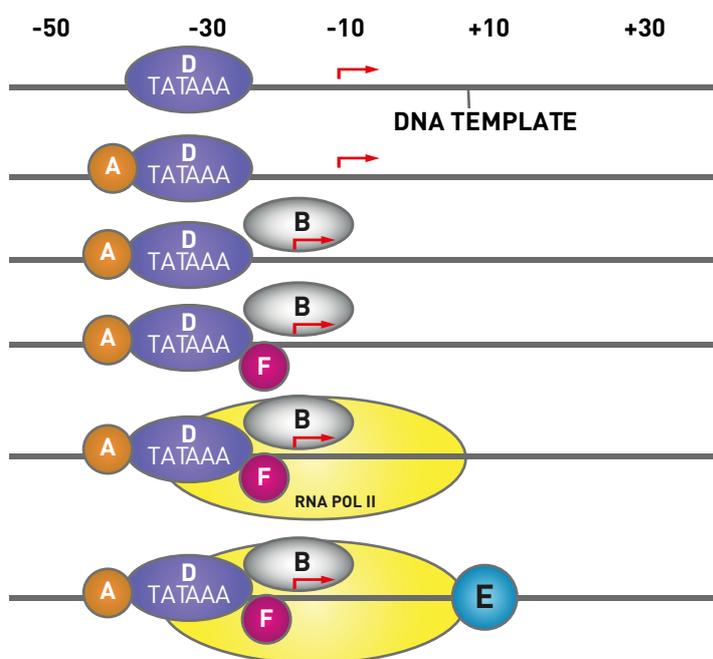
Esta definición nos abre a una pregunta ¿Cómo hace la célula para saber dónde está un gen? O mejor aún ¿Qué genes elige la célula para leer y transformar luego en proteínas? Para poder contestar estas preguntas lo primero que tenemos que entender es que NO TODOS LOS GENES DE UNA CÉLULA ESTAN DISPONIBLES. Esto se debe a que en distintas células existen distintas zonas del ADN que están super plegadas en una estructura llamada heterocromatina y por lo tanto no pueden ser leídas por las proteínas encargadas de fabricar el ARN mensajero (que lleva el mensaje para fabricar proteínas)<sup>1</sup>. Ahora supongamos que estamos buscando el Gen de la insulina en una célula del páncreas, entonces estamos casi seguros de que ese gen va a estar disponible para ser leído por las proteínas que fabrican el ARN mensajero. Estas proteínas se llaman ARN polimerasas. Pero, en ese cromosoma hay muchos genes distintos disponibles, ¿Cómo saben las ARN polimerasas cual es el gen de la insulina? ¿Por qué hay mucha más insulina en una célula del páncreas que en otra célula? Partamos de un concepto que se aplica para cualquier gen: En el ADN hay señales codificadas por la secuencia de nucleótidos que indican a las ARN polimerasas donde empezar a fabricar el ARN y donde terminar la fabricación de esta molécula<sup>2</sup>. La transcripción es el proceso de lectura y fabricación del ARN a partir de un gen. Muchas veces este ARN luego es leído por el ribosoma para fabricar una proteína. Existe una secuencia (un orden determinado) de nucleótidos en el gen llamada **Promotor**. Este es el punto principal que utiliza la célula para determinar que proteínas se fabrican y con qué velocidad. Entonces *el promotor es una secuencia de ADN cuya función es ser reconocido por proteínas, su secuencia es una señal para el inicio del proceso de transcripción*. Existen miles de promotores distintos, pero todos ellos tienen características comunes. En otras palabras en los genes de distintos seres vivos existen secuencias que se repiten. A estas secuencias se las llama **SECUENCIAS CONSENSO**. En general una secuencia consenso se deduce del análisis de muchas secuencias con la misma función básica y luego se escoge el nucleótido que más se repite en cada posición. Por lo tanto una secuencia consenso es como un promedio de un gran número de secuencias de nucleótidos. En los promotores de los distintos seres vivos existen las mismas secuencias consenso. Una de estas secuencias se llama **TATA BOX** y junto con otras secuencias consenso, hacen a la estructura y función del promotor de un gen. Otro dato interesante: La forma en que están ubicadas estas secuencias dentro del promotor es en sí misma una señal para la transcripción; porque indica hacia donde tiene que leerse y fabricarse el ARN mensajero. Como el ADN en una doble cadena, una sola de estas cadenas es la que se utilizará como molde para fabricar el ARN mensajero. Las polimerasas eligen la cadena molde de acuerdo a cuáles son las señales que tiene el promotor. Entonces en un

mismo cromosoma, distintos genes pueden estar en diferente dirección, es decir que se leen desde cadenas distintas como muestra el esquema 1:



Esquema 1: muestra un ADN doble cadena en forma lineal (gris). Los círculos verdes representan la enzima ARN polimerasa y el ARN fabricado aparece como una línea en verde. El comienzo (promotor) y el final de un gen aparecen como líneas verdes sobre la gris. En el esquema hay dos genes que se leen desde cadenas (hebras molde o templado) distintas.

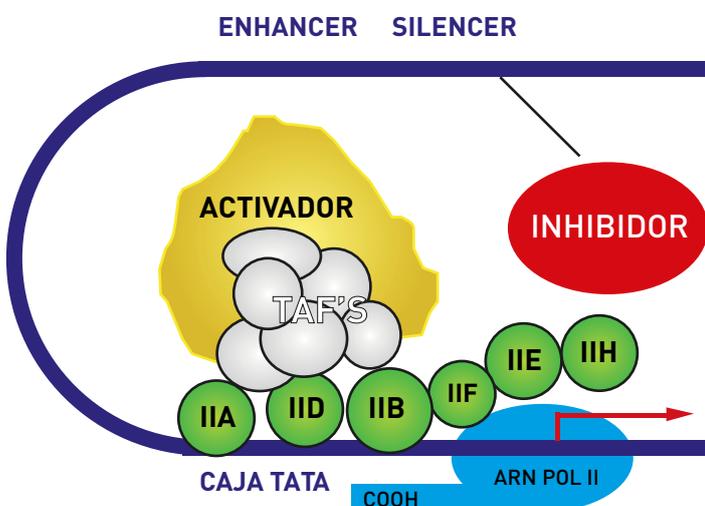
Entonces, contestando la pregunta ¿Cómo saben las ARN polimerasas cual es el gen de la insulina?; las polimerasas saben dónde está el gen de la insulina por las secuencias de su promotor. En las células eucariotas (de animales, plantas, hongos y protistas) además de la ARN polimerasa que fabrica el ADN a partir de ARN existen otras proteínas llamadas Factores Generales de Transcripción. En muchas imágenes y libros de texto estos factores aparecen con la sigla TFII, y como son muchos se los llama con letras: TFIIA, TFIIB, TFIIC, etc. Estas proteínas también se unen al promotor y ayudan a colocar en forma correcta (y dirección correcta) la ARN polimerasa. Entonces se unen a secuencias del promotor en el ADN y también entre sí para guiar a la ARN polimerasa hacia el promotor como muestra el siguiente esquema:



Esquema 2: inicio de la transcripción en eucariotas. En el esquema en negro se observa el ADN (llamado DNA template) con el promotor identificable por la presencia del TATA BOX. La flecha roja indica el sitio exacto por donde la ARN polimerasa (en el esquema en amarillo y con el nombre RNA pol II) comienza la síntesis de ARN. Las letras A, B, D, F y E son representaciones de las distintas proteínas que son factores generales de la transcripción

Entonces en estas células se forma por unión de los factores de transcripción con el ADN y la ARN polimerasa un complejo multiproteico llamado complejo de inicio de la transcripción. Sin los factores de transcripción la ARN polimerasa le cuesta mucho unirse al promotor. Así, que en ausencia de los factores de transcripción el proceso de lectura del ADN y síntesis del ARN se hace muy lento para ese gen esté disponible. Este es un sistema que regula cuales genes se leen, y es un mecanismo de *regulación de la expresión genética*.

Para poder contestar la pregunta ¿Por qué hay mucha más insulina en una célula del páncreas que en otra célula?, podemos hacernos una pregunta más general que es ¿Por qué hay genes que se transcriben más que otros dentro de una célula? La respuesta es: en las células eucariotas hay otras proteínas reguladoras de los genes. En nuestras células existen proteínas reguladoras de genes (activadoras o represoras) que se unen al ADN para regular la expresión de genes. Entonces en el ADN existen secuencias incrementadoras o activadoras de la transcripción llamadas *Enhancers*, a las cuales se unen estas proteínas reguladoras. También existen secuencias que disminuyen la transcripción llamadas *Silencers*. A estas proteínas reguladoras que se unen a enhancers y silencers se las llama factores específicos de la transcripción. Entonces en todos los genes existen regiones de control, incluido el promotor al cual se unen los factores generales de la transcripción y la ARN polimerasa, más todas las secuencias reguladoras a las cuales se unen los *factores específicos de la transcripción*. Estos factores específicos permiten que cada uno de los genes de un organismo se pueda activar o inhibir específicamente. Un ejemplo de un gen con todos sus factores unidos, incluyendo las secuencias enhancers y silencers sería como muestra este esquema:



Esquema 3: en azul se muestra el ADN con la secuencia del promotor identificable con el TATA BOX (caja TATA). En celeste la enzima ARN polimerasa (ARN pol II). La flecha verde esquematiza el sitio donde comienza la síntesis de ARN. En verde aparecen los factores generales de la transcripción (IIA al IIH) y en gris, amarillo y rojo los factores específicos de la transcripción.

“ ¿Por qué hay genes que se transcriben más que otros dentro de una célula? La respuesta es: en las células eucariotas hay otras proteínas reguladoras de los genes ”

Para que ocurra lo que muestra el esquema en las células eucariotas, tienen que ocurrir cambios en la estructura de la cromatina del gen que permitan un corrimiento de las histonas (proteínas que se unen al ADN eucariota) y un nuevo plegamiento del ADN. Además, como muestra el esquema, varias proteínas factores de transcripción pueden estarse uniendo al mismo tiempo y actuando en forma conjunta para activar la transcripción de un gen; por ejemplo pueden aumentar la velocidad y cantidad de copias de ARN que se fabriquen. Entonces, contestando la pregunta ¿Por qué hay mucha más insulina en una célula del páncreas que en otra célula?:

- 1) Porque el gen de la insulina está disponible para ser leído por la ARN polimerasa que fabrica el ARN mensajero de la insulina, es decir que su promotor está disponible.
- 2) Porque en esas células del páncreas están presentes los factores basales y específicos de la transcripción del gen de insulina.

Contestando la pregunta del título ¿Qué son los promotores y cómo funcionan?: Un promotor es una secuencia específica del ADN que tiene estructura y señales para las proteínas que fabrican el ARN y funciona asociado a un conjunto de proteínas llamadas factores de transcripción que regulan la velocidad y cantidad de moléculas de ARN que se van a fabricar.

Tamara Abramoff ●  
Volver

## REFERENCIAS

- 1 La imagen del esquema fue obtenida desde el siguiente link <http://elvirojasnava.blogspot.com.ar/2012/05/investigacion-de-la-unidad-6.html>.
- 2 El esquema 3 fue obtenido del siguiente link <http://timbinortatanonymousbiologist.blogspot.com.ar/2012/05/regulacion-de-la-transcripcion-en.html>

**Adrián Fernández**

Lic. en Ciencias Biológicas

Docente de Biología, CBC-UBA

# Mutaciones: Entre el Azar y la Necesidad

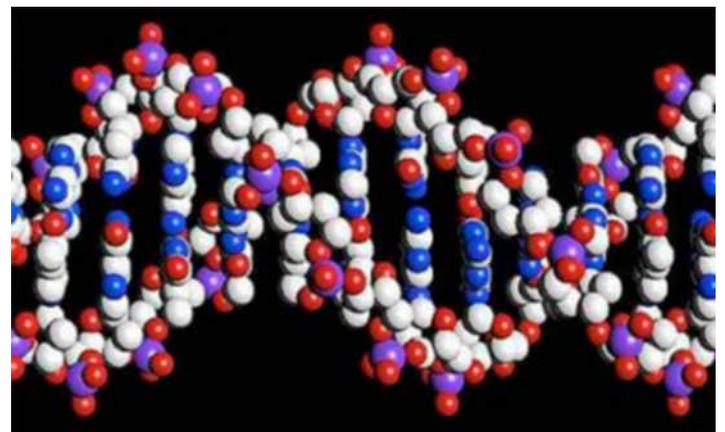
Las mutaciones ocurren al azar sobre el ADN. Sólo algunas terminan siendo clave para la supervivencia de los organismos.

**E**n el Ácido Desoxirribonucleico (ADN) está escrita la información genética de cada individuo de cada especie. En un idioma que sólo posee 4 letras (las bases de los nucleótidos), millones de ellas, una tras otra, forman las palabras (los genes) que contienen las instrucciones para el desarrollo de un individuo completo, con sus particularidades, así como con las características que comparte con otros individuos de la misma especie. El ADN, y toda su información genética no son estáticos, sufren modificaciones con el paso del tiempo. En el ADN va quedando un registro de los cambios sufridos. En ese contexto, podemos hablar de mutaciones. La mutación es un cambio en el ADN. En el más amplio de los sentidos, ese cambio puede ser una pequeña alteración que involucre a una única base en la secuencia del ADN, o una modificación mayor que afecte a un segmento de la doble hélice, o a grandes porciones de un cromosoma, o a un cromosoma entero, e incluso a juegos completos de cromosomas. En cambio, en sentido estricto, se considera mutación a la alteración que afecta a una base. Esa modificación puede afectar a la región codificante del ADN, es decir, a los genes, o a las regiones no codificantes. Si involucra a una base la designaremos mutación puntual, si afecta a un cromosoma, mutación cromosómica, o alteración cromosó-

mica, y si altera a uno o varios juegos de cromosomas, mutación genómica.

## Causas

**L**as mutaciones pueden estar causadas por una gran variedad de factores, algunos endógenos y otros exógenos o ambientales. Los primeros son los que causan las llamadas mutaciones espontáneas, se trata de los errores que ocu-



**Fig. 1.** Doble hélice de ADN. Fuente: Reuters. De: <http://www.publico.es/ciencias/publicado-primer-mapa-mutaciones-del.html>

rren durante la replicación del ADN, o el deterioro natural que fortuitamente sufre el ADN, o el efecto de la acción de los transposones o genes saltarines. Los factores exógenos suelen denominarse mutágenos, o agentes mutagénicos. Los hay físicos, químicos y biológicos. Dentro de los primeros están los rayos alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ), gamma ( $\gamma$ ), X, y ultravioleta (UV). Dentro de los agentes químicos hay una larga lista de sustancias que producen daño en el ADN. Los agentes biológicos, por su parte, son algunos virus, y transposones. Debemos aclarar aquí que la denominación “biológicos” no apunta a que se trate de seres vivos, que claramente no lo son, sino a que fueron estudiados por la biología molecular, y a que llevan a cabo procesos similares a los de los seres vivos.

### Características

Todos estos agentes actúan aleatoriamente, es decir que la mutación tiene las características de un *proceso azaroso*: es impredecible, aunque ocurre siempre, y se da con cierta probabilidad. Es absolutamente imposible saber cuándo, o en qué célula, o menos aún, en qué gen ocurrirá una mutación, pero sí puede estimarse la probabilidad de que se dé en base a varios parámetros como el tipo de agente mutagénico, la intensidad y la distancia al mismo (si es un agente físico), el tiempo de exposición, la concentración (si es un agente químico), el tipo de tejido (la piel es más sensible a los rayos UV que los tejidos más profundos, los tejidos de crecimiento rápido son más sensibles a ciertas radiaciones), el tamaño de la porción de ADN considerada, etc. Las mutaciones ocurren todo el tiempo, originando constantemente variantes genéticas, las cuales pueden ser alelos nuevos, o directamente genes duplicados, que por posteriores mutaciones se diferencien del original.

Otro aspecto importante es que la mutación se exprese, es decir que manifieste algún efecto. Una mutación puede surgir y heredarse por varias generaciones sin que se revele ningún tipo de expresión. Esto se da más que nada en eucariontes. Aquí debemos recordar que gran parte del ADN eucarionte carece de información genética. Los genes ocupan menos del 5% del largo total del ADN, por lo que más del 95% de las mutaciones ocurrirá en ADN que no codifica información genética. Es verdad que en ese 95% hay secuencias reguladoras, y una mutación allí podría afectar la expresión de algún gen, pero también es cierto que una parte importante de ese ADN no codificante sólo tiene función estructural. Además, cada gen tiene secuencias que no son transcritas al ARN correspondiente. Para el caso del ARN mensajero (ARNm), grandes porciones del mismo son eliminadas en el proceso de corte y empalme (splicing) por lo que no servirán de molde para la traducción y síntesis de una proteína en los ribosomas. En los ARNm hay partes que no se traducen. Además, si una

mutación origina un codón sinónimo, la proteína no sufrirá ningún tipo de cambio. Y por último, aún sufriendo un cambio en su estructura primaria, si el aminoácido cambiado por la mutación es muy similar al que debía estar originalmente, la proteína no sufrirá cambios funcionales. Todas estas alternativas explican por qué hay mutaciones que aunque surjan y se hereden no manifiestan ningún efecto. En el caso que la mutación sí produzca un efecto en la proteína ésta sufrirá algún cambio que puede ir desde la simple sustitución de un aminoácido por otro o, ser más corta, o más larga, o ser casi totalmente diferente a lo que debía ser. No hay una relación directa entre el cambio estructural sufrido y las consecuencias funcionales. Un solo aminoácido cambiado por otro puede provocar la pérdida total de función, por ejemplo si el aminoácido cambiado ocupaba un papel prioritario en el sitio activo de una enzima. Luego veremos enfermedades humanas causadas por mutaciones puntuales.

La mutación es un proceso que ocurre en total desconexión con las consecuencias que provoca. Es decir que ocurren sin propósito. No ocurren para cumplir con alguna función. De hecho pueden provocar efectos totalmente inadecuados a lo que sería lo esperable para cada ambiente. Ocurren y nada más. Las mutaciones son un *proceso no determinista*. Este punto es particularmente importante porque en el imaginario popular de quienes, sin ser especialistas, intentan explicar el proceso evolutivo, está presente la idea de que la mutación ocurre y produce justo el efecto que hacía falta en esa circunstancia particular. Así, se propone que si el ambiente es una región inundable, justo nacen individuos con mutaciones para poder desplazarse por agua y barro, como patas con membranas interdigitales (como las del pato), o patas más largas (como las de la cigüeña). Se plantea que la mutación produjo las estructuras que hacían falta. La realidad es que está ampliamente comprobado que no hay conexión entre las mutaciones que ocurren y las necesidades de los individuos en determinados ambientes. De hecho, las mutaciones ocurren todo el tiempo, originando variantes de todo tipo. Por ejemplo, la aparición de animales albinos (con una mutación en el gen de la melanina) no ocurre sólo en las regiones con nieve, se conocen casos de tigres, liebres, y hasta gorilas. Pero esa mutación sólo ha perdurado donde ha producido beneficios a sus portadores: donde hay nieve. Otro aspecto es la valoración del efecto. Las mutaciones *no tienen valor adaptativo per se*, es decir que no son benefi-

“ La mutación es un proceso que ocurre en total desconexión con las consecuencias que provoca. Es decir que ocurren sin propósito ”



Fig. 2. Polillas *Biston betularia* de las dos variedades. Tomado de: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ALichte\\_en\\_zwarte\\_versie\\_berkenspanner.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ALichte_en_zwarte_versie_berkenspanner.jpg). Autor: Martinowksy from nl.

ciosas ni perjudiciales de por sí. Ya descubrió Darwin que el ambiente determina si *el efecto fenotípico de esa mutación será adecuado, o no, para determinado ambiente*, proceso que denominó *Selección Natural*. Esto abre la posibilidad a que una mutación aumente su frecuencia en una población porque produce beneficios en los individuos que la portan, pero que ante un cambio ambiental, comience a disminuir su frecuencia, lo que revela que en el nuevo ambiente, produce perjuicios. El caso de las polillas *Biston betularia* en Inglaterra lo muestra claramente. En estas polillas hay dos alelos (uno surgió por mutación a partir del otro) que determinan el color, hay claras y oscuras. Previamente a la Revolución Industrial eran mucho más frecuentes las polillas claras ya que se camuflaban en los troncos de los árboles mientras que las oscuras eran presas fáciles de los pájaros. Una vez que el hollín ennegreció los árboles pasó a ser más abundante la variante oscura ya que se ocultaba mejor sobre los troncos oscurecidos. Actualmente, con las leyes que combaten la contaminación, las claras han vuelto a abundar.

### ¿Como se hereda?

Cuando ocurre una mutación en un individuo unicelular (bacterias, protistas y levaduras) es fácil comprender que esa mutación será heredada por sus descendientes. Sin embargo, en los organismos pluricelulares, surgen algunas dificultades para comprender cómo una mutación se esparce y se hereda: ¿cómo es que la mutación está en el ADN de todas las células de un individuo, si apareció en una sola célula? ¿Cómo se extiende a las demás células de un individuo? ¿Cómo puede heredarse una mutación que se da en una célula de la piel? La clave para resolver este dilema está en “se esparce”, y “un individuo”. Primero, la mutación no se extiende a todo el individuo, sino sólo a las células hijas de la afectada. Menos aún si se trata de una célula que no se divide, como una neurona. Segundo, no es un

individuo, sino que se trata de dos. En un individuo surge la mutación, en una única célula. El otro es su hijo, quien hereda la mutación, y la tiene en todas sus células. Pero para que esa herencia se dé deben cumplirse varios requisitos. Uno es que la mutación haya ocurrido en una célula de la línea germinal, es decir, de aquellas de las que temprano o tarde surgirá una gameta (óvulo o espermatozoide). Por eso es que una mutación en una célula de la piel no se hereda. El segundo es que, en la meiosis, los cromosomas que recibió la gameta acarrean la mutación. El tercero, es que esa gameta sea la que participe de la fecundación y forme la nueva cigota. Una vez cumplidos estos tres requisitos, cuando la cigota haga mitosis las dos células resultantes habrán recibido copias de la mutación. Del mismo modo, las cuatro células resultantes de otro evento mitótico, las ocho del siguiente, y así hasta tener un nuevo individuo adulto, el cual tendrá la mutación en todas sus células. Existe una posibilidad para que la mutación ocurra y se “extienda” en el mismo individuo, si bien la mutación no estará en todas las células, aunque sí en una gran parte del cuerpo. Es el caso en que la mutación ocurre en una célula de un embrión temprano. Y cuanto más temprano sea el embrión, en más células estará presente la mutación en el individuo adulto, y más probable será que la misma se encuentre en la línea germinal, y que pueda pasar a la siguiente generación.

### Un poco de historia

En 1859, en “El origen de las especies”, Charles Darwin volcó sus observaciones acerca de la enorme variabilidad que tienen las poblaciones, sobre la cual actúa la Selección Natural, pero nunca encontró una explicación satisfactoria al origen de esas variantes. Hacia finales del siglo XIX, y aún sin conocer su causa, la mutación ganó protagonismo como fuerza evolutiva preponderante, postura conocida como mutacionismo y defendida por Hugo de Vries y William Bateson. Los mutacionistas creyeron encontrar en las leyes de Mendel un apoyo a su posición. Recién en 1909, Thomas Morgan, estudió la herencia de mutaciones en la mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*, y pudo determinar que se encuentran en los cromosomas, confirmando así la Teoría cromosómica de la herencia de Walter Sutton y Theodor Boveri, de 1902. Uno de los discípulos de Morgan, Hermann J. Muller, descubrió la capacidad de los rayos X como agentes mutagénicos. Al irradiar las moscas, provocaba todo tipo de mutaciones en sus descendientes. En la mayoría

“ Para que esa herencia se dé deben cumplirse varios requisitos. Uno es que la mutación haya ocurrido en una célula de la línea germinal, es decir, de aquellas de las que surgirá una gameta.”

de los casos el efecto de las mutaciones resultaba perjudicial para las moscas, pero lo que más llamaba la atención a los investigadores era el enorme poder creativo que tenían las mutaciones. A tal punto que varios de ellos propusieron que podría ser la mutación la principal fuerza evolutiva, destruyendo a la Selección Natural de Darwin.

**D**urante varias décadas hubo, entonces, una gran controversia sobre el papel de la mutación en la evolución. Para los mutacionistas, era la fuerza propulsora de los cambios evolutivos, en cambio para los discípulos de Darwin, era la explicación que él no pudo encontrar al origen de las variantes en las poblaciones. Las investigaciones dieron la razón a los darwinistas: la mutación origina las variantes sobre las que la Selección Natural actúa. El descubrimiento de las mutaciones como causa de las variantes, sobre las que el ambiente selecciona a las más adecuadas, fue una de las bases en las que se apoyó la Teoría Sintética de la Evolución. La mutación es el combustible de la evolución. Esta metáfora nos indica que la mutación insufla variabilidad en el acervo génico de una población, sobre la cual la Selección Natural podrá actuar. Si no hubiera variantes alélicas para cada gen, producto de la mutación, no podría haber un alelo que resulte más beneficioso que otros. La población sería vulnerable, cualquier cambio ambiental podría acabar con sus individuos, ya que el nuevo escenario ambiental podría requerir ciertas condiciones, para las cuales no habría alelos. La variedad de alelos es esencial para que una población esté preparada para enfrentar cambios ambientales. De hecho, existen innumerables estudios que muestran la vulnerabilidad genética de poblaciones que poseen un acervo génico pobre, debido a que han pasado por un cuello de botella, en el que la deriva génica ha eliminado muchos alelos. Hay casos extremos, en los que queda sólo un alelo para cada gen, lo que implica que todos los individuos son todos

Mosca de la fruta, *Drosophila melanogaster*. Tomado de: [http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ADrosophila\\_melanogaster\\_-\\_side\\_\(aka\).jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ADrosophila_melanogaster_-_side_(aka).jpg). Autor: André Karwath aka Aka

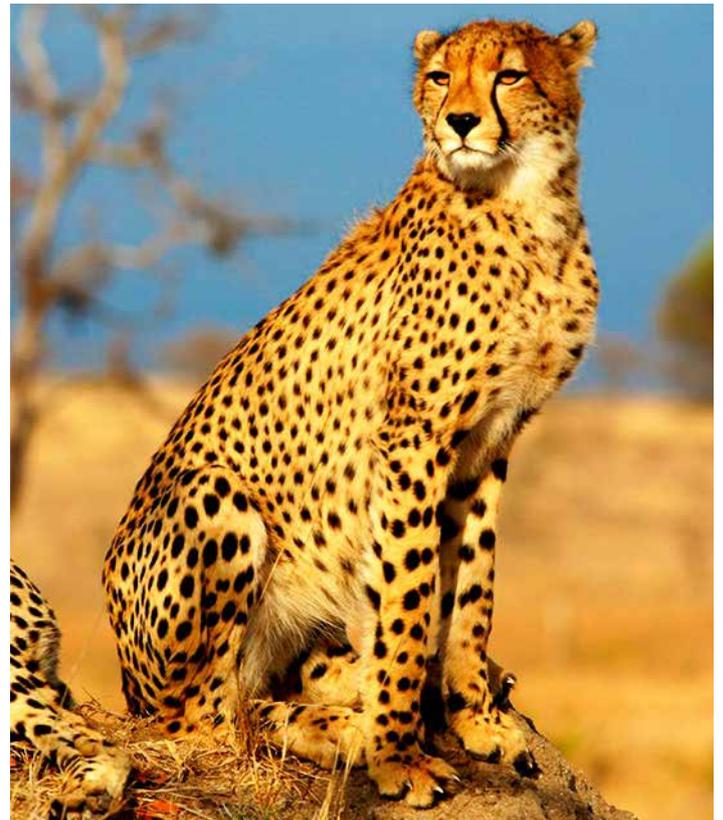


Fig. 4. Guepardo, *Acinonix jubatus*.

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ATheCheethcat.jpg>

Autor: James Temple

iguales, son como clones. El menor cambio ambiental puede ocasionar la desaparición de esa población. Es la sentencia de muerte que pesa sobre algunas poblaciones de guepardos, *Acinonix jubatus*. Sólo el tiempo puede salvarlos, tiempo para que se produzcan mutaciones que enriquezcan su acervo génico.

**E**n las décadas de 1940 y 1950 comenzó a identificarse al ADN como el material heredable. A partir del descubrimiento de Watson y Crick, de la estructura del ADN en 1953, pudo comprenderse la naturaleza química de las mutaciones: cambios en la secuencia de bases del ADN. En la década de los 60 el científico japonés Motoo Kimura volvió a proponer que la mutación tenía un papel mucho más activo en la evolución, pero esta vez desde otra perspectiva. Él proponía que las mutaciones originan una variabilidad mucho mayor que la observada a nivel fenotípico. Se basaba en que muchas mutaciones no afectan la expresión de un gen ya que se producen en regiones no codificantes, o porque producen la aparición de codones sinónimos, etc., y por lo tanto permanecen en la población de manera oculta. La variabilidad genética está subestimada. Esas mutaciones no producen efectos fenotípicos beneficiosos ni perjudiciales, por eso corresponden a alelos neutros, es decir, alelos que no son seleccionados positivamente ni negativamente, y por lo tanto, permanecen en la población, sometidos a la deriva génica. Kimura veía en esto la principal fuerza evolutiva, y elaboró en base a ello la Teoría Neutralista de la Evo-

lución Molecular, que quitaba importancia a la Selección Natural. En pocos años, las cosas volvieron a su lugar. Hoy, el neutralismo se aplica al estudio de la evolución molecular de secuencias de ADN no codificante, o de ciertos alelos neutros. Un tópico especialmente importante en el que se aplica el concepto de neutralidad es el de Reloj Molecular, que implica que a medida que pasa el tiempo se acumulan mutaciones neutras en el ADN, por lo tanto puede utilizarse para determinar el tiempo de separación de dos linajes a partir de su antepasado común. Así, el 98,4% de parecido genético entre humanos y chimpancés implica que la separación de ambos linajes a partir de su antepasado común es más reciente (hace unos 5 millones de años) que la separación de los linajes que dieron origen a los humanos y a los roedores (unos 70 millones de años atrás), ya que en ese caso la similitud genética es de un 90%. A mayor diferencia genética, más tiempo de divergencia evolutiva a partir del antepasado común.

### ¿Como se hereda?

Dentro de las enfermedades que aquejan al ser humano hay una categoría particularmente importante: las enfermedades genéticas. Son aquéllas que se producen debido a una alteración en el ADN. Pero esta definición es muy amplia, ya que alteraciones en el ADN pueden ser desde una mutación puntual hasta cambios a nivel cromosómico. Es interesante notar que hay una larga lista de enfermedades provocadas por una mutación puntual, es decir, en un solo aminoácido: fenilcetonuria, alcaptonuria, talasemias, albinismo, hemofilia, daltonismo, anemia falciforme, fibrosis quística, etc. En otros casos, está afectado un largo sector del gen, como el caso de la corea de Huntington. Y en otros, directamente están involucrados los cromosomas. En esos casos ya no suele hablarse de mutaciones sino de alteraciones cromosómicas, estructurales y numéricas. Las primeras consisten en modificaciones como deleciones (pérdida de un segmento), duplicaciones, inversiones, translocaciones, fusiones y fisiones. Las segundas consisten en variaciones en el número de cromosomas, con respecto al característico para la especie a la que pertenezca el individuo. Hay dos clases: euploidías y aneuploidías. En las euploidías hay cromosomas de más, o de menos, en cada uno de los tipos de cromosomas. Para el caso humano sería tener un solo cromosoma en cada uno de los 23 tipos, es decir, 23 cromosomas en total, en vez de 46, condición denominada haploidía. O tener tres cromosomas, en vez de dos, en cada tipo de cromosoma, por lo tanto habría 69, en vez de 46, condición llamada triploidía. Debemos aclarar que la haploidía o la triploidía no son anomalías en sí mismas. De hecho hay especies de organismos en las que se dan esas condiciones, y eso es lo normal para ellos. Pero en el caso humano, lo normal es tener dos cromosomas de cada clase, es decir diploidía. Cualquier otro caso distinto a diploidía, en huma-

nos, constituye una anomalía. Las aneuploidías, por su lado, consisten en tener un diferente número de cromosomas al típico de la especie, pero en uno, o en pocos tipos de cromosomas. Por ejemplo, en un humano, una aneuploidía sería tener sólo un cromosoma en vez de dos, en una clase de cromosomas, lo que se conoce como monosomía. O tener tres, en vez de dos, lo que se llama trisomía. Destacan, por su mayor frecuencia de ocurrencia, la trisomía del par 21, causante del síndrome de Down, la monosomía sexual X0, que provoca el síndrome de Turner, y la trisomía sexual XXY que produce síndrome de Klinefelter. La causa de todas las alteraciones numéricas es la no-disyunción en la meiosis en al menos uno de los progenitores. Para fabricar sus gametas, los progenitores realizan meiosis. Durante la meiosis, los cromosomas homólogos se aparean y realizan el entrecruzamiento o crossing-over, en el cual recombinan segmentos. De este modo, la información genética proveniente de la línea materna y la de la paterna se mezclan. Luego, los cromosomas homólogos deben separarse y repartirse entre las dos células resultantes. Allí es donde ocurre la no-disyunción. En la Anafase I, los cromosomas homólogos no logran separarse y marchan juntos hacia uno de los polos, dando por resultado una célula con un cromosoma de más, y otra, con uno de menos. Esta condición se mantiene luego en la meiosis II, en la que ocurre la separación de las cromátidas hermanas, formándose las gametas anómalas. Si una de estas gametas participa de la fecundación, se formará una cigota con un cromosoma de más, trisomía, o un cromosoma de menos, monosomía. Si la no-disyunción es generalizada, entonces habrá un cromosoma extra en todos los pares, es decir, una triploidía, o un cromosoma faltante en todos los pares, una haploidía.

Los cambios al *azar* de las mutaciones son la fuente de toda la variabilidad genética que poseen los seres vivos. La Selección Natural efectuada por el ambiente ha tamizado toda esa variabilidad de acuerdo a la *necesidad* de los organismos de sobrevivir.

Adrián Fernández ●  
[Volver](#)

### BIBLIOGRAFIA

- Lacadena, Juan Ramón. Genética. Madrid: Ediciones AGESA, 3ª ed., 1981.
- Strickberger, Monroe W. Genética. Ed. Omega, 3ª ed., 1988.
- [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/125/htm/sec\\_5.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/125/htm/sec_5.htm)

**Victor H. Panza**

Lic. en Ciencias Biológicas

Docente de Biología, CBC-UBA

## EVO - DEVO

“En la actualidad, hablar de evolución es hablar de ADN”

“Se puede producir evolución y especiación sin cambios genéticos”

Uno de los fundamentos de la evolución biológica (evolución, de ahora en más) es la heredabilidad de las novedades. Es decir, que los cambios que se dan en los seres vivos sean heredables. Esto se da si dichos cambios responden a mutaciones en el ADN. Pero estas mutaciones deben encontrarse en el ADN de las gametas para aquellos individuos que poseen reproducción sexual, que son la mayoría de los eucariotas. Es así, que en la actualidad, hablar de evolución es hablar de ADN.

Si bien la evolución está aceptada como tal, al igual que la estructura de la membrana plasmática, la transcripción o la traducción, por nombrar alguna estructura o procesos biológicos como ejemplo, su mecanismo sigue siendo objeto de un minucioso estudio. Uno de los campos más novedosos del estudio de los mecanismos evolutivos a nivel génico es el llamado Evo-Devo. Para todos los animales, la primera célula que los constituye es la cigota o huevo. Ésta célula luego se multiplica por mitosis y las células resultantes deben diferenciarse de modo de originar los diversos tipos celulares que forman al individuo. Estos procesos, cuando ocurren durante la etapa

embrionaria reciben el nombre de desarrollo embrionario. El término Evo-Devo proviene del inglés *Evolutionary Developmental Biology* o Biología Evolutiva del Desarrollo (en castellano). Es la rama de la Biología que estudia el desarrollo embrionario para determinar relaciones filogenéticas entre distintos organismos y arribar a la comprensión de los procesos evolutivos que tienen su origen durante el desarrollo embrionario. Es decir, se busca identificar los mecanismos implicados en el desarrollo embrionario que dan origen a cambios evolutivos. El desarrollo embrionario está fundamentalmente da-



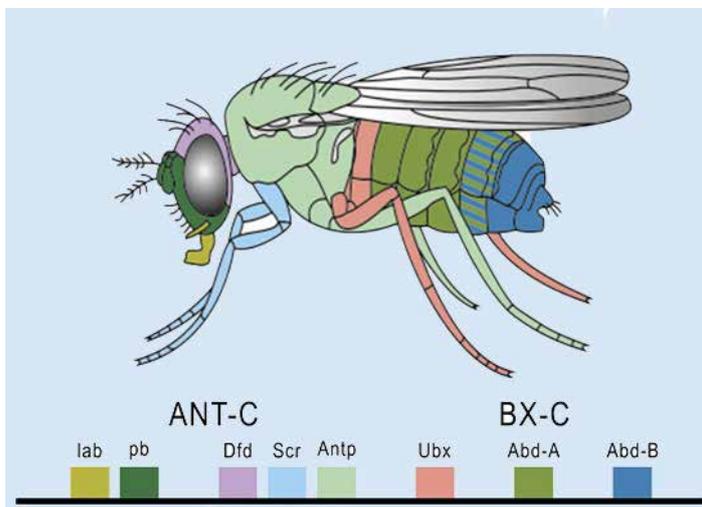
Imagen de un anélido donde se aprecia la segmentación.

do por la expresión diferencial de los genes y dicha expresión está finamente regulada por genes. Si, estamos diciendo que hay genes que regulan la expresión de otros genes. Para entender el funcionamiento de estos genes reguladores necesitamos conocer algunos conceptos, como el de segmentación y ejes corporales.

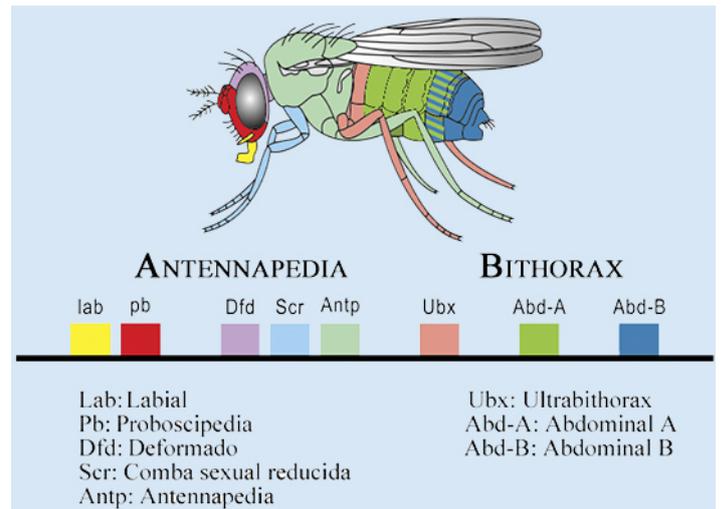
Los animales complejos como los anélidos (por ejemplo las lombrices), o superiores a ellos, presentan segmentación, al menos en algún estadio de desarrollo (que puede perdurar toda la vida). Es decir, su cuerpo está constituido por diversos segmentos (cabeza, tórax y abdomen). El mismo fenómeno ocurre en otro grupo: los artrópodos (insectos por ejemplo) y se ha estudiado con mucho detalle, en la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*). Esta segmentación se da muy tempranamente en el desarrollo embrionario y su estudio permitió conocer los genes Hox.

“ Animales complejos como los anélidos , por ej. las lombrices, o superiores a ellos, presentan segmentación, su cuerpo está constituido por diversos segmentos. ”

En *D. melanogaster*, los genes Hox no son los primeros en expresarse. Los primeros genes encargados de la forma corporal que se expresan son los de la polaridad del huevo, es decir los que orientan a la célula que tiene que definir su parte delantera y trasera (eje anteroposterior) y su parte superior e inferior o arriba y abajo, (eje dorsoventral). A partir de allí, toda célula “debe saber” donde se está ubicando (en que parte del individuo) y con que orientación. Luego se expresan los genes de la segmentación que determinan el número de segmentos y su organización. Estos ge-

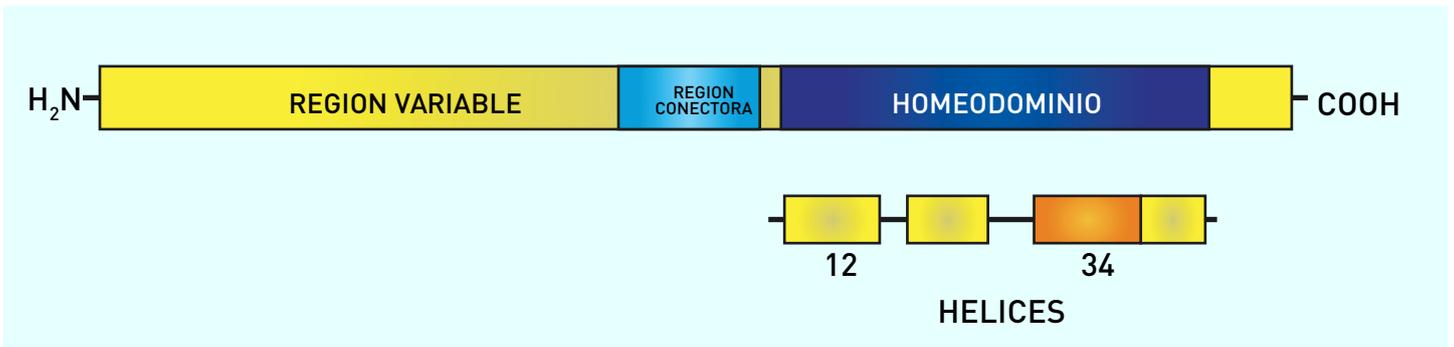


Posición de los genes Hox a lo largo del cromosoma y la correspondiente zona del cuerpo de *Drosophila melanogaster* en donde se expresan.  
 Créditos: «Hoxgenesoffruitfly» de PhilIP - <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hoxgenesoffruitfly.svg>.



Complejo Hox de *Drosophila melanogaster*  
 Créditos: «Hox-genes-drosophila» de Antonio Quesada Díaz - Template:Wiki commons modified. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hox-genes-drosophila.jpg#mediaviewer/File:Hox-genes-drosophila.jpg>

nes, a través de algunas de las proteínas que codifican, activan a los genes homeóticos que determinan la identidad de cada segmento. En otras palabras, estos genes determinan que va a ser cada segmento del cuerpo del animal, “le indican” a la célula si va a ser una célula de la cabeza, el abdomen o el tórax. Estamos hablando de los genes Hox. Desde la década del 80 se conocen los genes Hox. Fueron descubiertos en mutantes espontáneos de *D. melanogaster*. Ejemplo de esto son moscas que poseen dos pares de alas (las moscas poseen sólo uno) o moscas que poseen patas en lugar de antenas. Los cambios en las moscas mutantes se llamaron “transformaciones homeóticas” y los genes que las provocan genes homeóticos (genes Hox, paraHox y NK). Estos genes también se conocen como genes maestros (master control genes) y controlan el plan corporal de los animales y en particular la segmentación de *D. melanogaster*. Los genes Hox, cuya función se conoce, codifican principalmente para factores de transcripción. Es decir, codifican para proteínas que se unen al ADN y su función es activar a otros genes. Todos contienen una secuencia altamente conservada (es decir que prácticamente no hubo variación con el paso de los cientos de millones de años de evolución) de 180 nucleótidos, llamada homeobox (caja homeótica). Esta región al traducirse origina una zona dentro de la proteína de 60 aminoácidos cuya función es reconocer al ADN y unirse a él. Es decir, todas las proteínas codificadas por genes homeóticos poseen esta región, llamada homeodominio que se une a la doble hélice de ADN y gracias a esto pueden actuar como factores de transcripción. Resumiendo hasta aquí, podemos decir que los genes Hox actúan durante el desarrollo embrionario regulando la expresión de otros genes y la organización de los distintos segmentos del cuerpo, lo que se conoce como diferenciación del eje antero-posterior. Al utilizar la región homeobox para

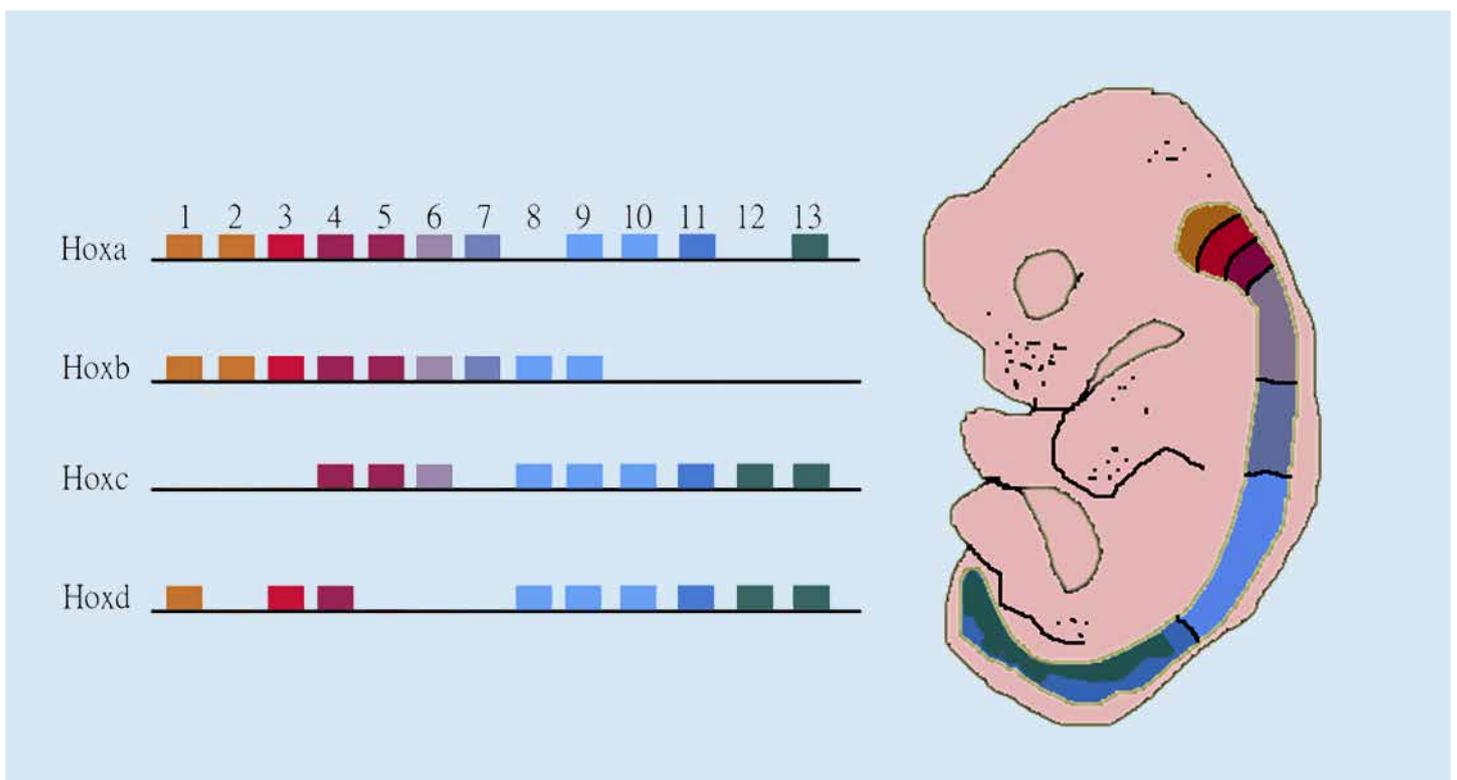


Estructura de una proteína con homeodominio. Créditos: "Proteina-homeodominio" by Antonio Quesada Díaz <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Proteina-homeodominio.jpg#mediaviewer/File:Proteina-homeodominio.jpg>

estudiar la presencia de genes Hox en distintos animales, se llegó al sorprendente hallazgo de que se encuentran prácticamente en todos los animales estudiados. Es decir que hay genes Hox en la mosca de la fruta, en una lombriz, un pato o en el ser humano. También se han encontrado genes homeóticos en plantas. Estos genes, poseen unas secuencias llamadas cajas MADS que tienen una función similar a las cajas homeóticas en los animales.

Los genes Hox se encuentran alineados (uno después de otro) en la macromolécula de ADN (en sentido 3' a 5') en el mismo orden en que están dispuestos los segmentos corporales en los que actúan. A este fenómeno se lo llama colinealidad. Además suelen expresarse temporalmente conforme se hallan dispuestos en sentido 3'a 5', con lo cual también hay una colinealidad temporal. Se sabe que los genes Hox actúan en conjuntos (clús-

ter) de genes homeóticos, como es el caso del desarrollo del eje antero-posterior, antes visto. A esto se lo ha denominado caja de herramientas del desarrollo (The developmental-genetic toolkit). Estos genes controlan el desarrollo de un organismo pluricelular y en su mayoría codifican factores de transcripción, receptores de membrana y proteínas de adhesión celular. La caja de herramientas está altamente conservada a lo largo de los distintos phyla animales y pequeños cambios en su expresión afectan al plan corporal del animal (el número, la identidad y la organización de las distintas partes del cuerpo). Pero aún hay más. Se pueden encontrar mutaciones en secuencias reguladoras intensificadoras (enhancers) o silenciadoras (silencers) de genes Hox. De esta manera, se obtienen cambios en partes del cuerpo de un animal sin cambiar genes ni proteínas. Un ejemplo de esto es la represión (o no) de un gen llamado Distall-less.



Expresión de los genes HOX a lo largo del eje anteroposterior en ratones. Créditos: «Mousehoxgenes» de Bstlee <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mousehoxgenes.png#mediaviewer/File:Mousehoxgenes.png>

“ Un dominio funcional puede estar regulado por una secuencia reguladora única y su regulación dependerá de dicha secuencia y de la distancia de cada gen a la misma ”

La represión de este gen en insectos, da por resultado segmentos abdominales sin miembros mientras que en los miriápodos (ciempiés y milpiés, entre otros), que no son insectos, este gen no se encuentra reprimido. Por otra parte, los genes se encuentran agrupados en dominios funcionales. Un dominio funcional puede estar regulado por una secuencia reguladora única y su regulación dependerá de dicha secuencia y de la distancia de cada gen a la misma. ¿Cómo son los procesos por los cuales surgen planes corporales novedosos? Lo primero que debe ocurrir es una duplicación génica que permite que los genes duplicados muten sin perderse la función de los genes originales. Posteriormente cambios en los genes duplicados permiten obtener nuevas funciones. También pueden aparecer formas nuevas por mutaciones de genes homeóticos sin duplicación previa. Al tratarse de genes reguladores, el efecto fenotípico puede resultar en formas nuevas. Pero, ¿que aportan los genes Hox al estudio de los mecanismos evolutivos? La contribución es a diferentes escalas. Para entender esto tenemos que notar que al hablar de mecanismos evolutivos podemos distinguir por un lado el origen de la novedad (cómo surgen las modificaciones en los individuos) y por otro lado la supervivencia de la novedad (como sobreviven diferencialmente los individuos con modificaciones). Ya a partir de Darwin y Wallace, contamos con una explicación científicamente seria del mecanismo evolutivo que permite la supervivencia de una novedad, pero, no es hasta la Teoría Sintética de la Evolución (TSE), con el desarrollo de la genética, que tenemos una explicación científica del origen de las novedades: las mutaciones y en segundo lugar, la recombinación genética. La Evo-Devo trae nuevos puntos de vista en ambos campos, la novedad y su supervivencia. A nivel del origen de la novedad se vio que una increíble diversidad de formas corporales se origina en un reducidísimo número de genes. Estos genes están presentes en todos los animales y al mutar producen planes corporales asombrosamente diferentes. Como ejemplo, podemos mencionar que el complejo de genes Hox se encarga de organizar el eje antero-posterior de todos los animales bilaterales (desde pequeñísimos gusanitos, hasta el ser humano) y el gen llamado Pax-6 regula la formación de los ojos en insectos, cefalópodos (como el pulpo) y humanos. Es decir, el mismo gen, actuando distinto durante el desarrollo embrionario, origina estructuras asombrosamente diversas. No es necesario acumular una gran cantidad de

mutaciones en distintos genes para lograr una estructura distinta, alcanza con la mutación de un gen regulador. A nivel de la supervivencia de la novedad, el hecho que la mutación en un único gen produzca un cambio tan radical, como una mosca con dos pares de alas, muestra como se puede dar el surgimiento de una especie nueva sin la paulatina acumulación de mutaciones que plantea la TSE (y teorías anteriores). En otras palabras, se trata de un fuerte apoyo a la teoría de los equilibrios puntuados, explicando la macroevolución desde una perspectiva génica y del desarrollo.

Y finalmente, habría que revisar los conceptos acervo génico, fuerza evolutiva y evolución (como “cambio en el acervo génico de las poblaciones a lo largo del tiempo”) que plantea la TSE, ya que se puede producir evolución y especiación sin cambios genéticos (por cambios en las secuencias reguladoras). Es más, a la luz de la Evo-Devo, la pregunta fundamental ya no es “cómo es el mecanismo por el cual sobreviven algunos individuos mejor que otros”, sino “cómo llegan a desarrollarse unas formas orgánicas en lugar de otras”.

Victor H. Panza ●

[Volver](#)

**Edgardo A. Hernández**

Lic. En Ciencias Biológicas

Docente de Biología, CBC-UBA

# De la primera secuenciación del ADN a la metagenómica

Desde el descubrimiento de la estructura molecular, la secuenciación y la metagenómica: que hizo la ciencia para poder descifrar la información contenida en el ADN

Desde 1953 en que James Watson y Francis Crick desentrañaron la estructura en doble hélice de la molécula del ácido desoxirribonucleico (ADN), ocurrió un avance revolucionario en la biología. Ahora se sabía dónde estaba la información genética, de que forma se transmitía la herencia. George Gamow en 1960 postuló que un código de tripletes llamados codones, debía ser el que codificara la secuencia de aminoácidos, ya que tres es el mínimo número entero que permite, con cuatro bases nitrogenadas distintas, codificar los 20 aminoácidos de los que están formadas las proteínas. Los codones constan de tres nucleótidos, esto fue demostrado por primera vez en el experimento de Crick, Brenner y colaboradores. Marshall Nirenberg y Heinrich J. Matthaei en 1961 en los Institutos Nacionales de Salud descubrieron la primera correspondencia

codón-aminoácido.

## Secuenciación

Pero saber cómo era la secuencia de nucleótidos en el ADN y como hacer un método que permita conocerlo fueron preguntas que surgieron en comienzos de los años 70. Fue finalmente Frederick Sanger quién en 1975 desarrolló el método de secuenciación del ADN, ahora conocido como *método de Sanger*. En 1977 empleó esta técnica para secuenciar el genoma del bacteriófago Phi-X174, el primer virus del que se secuenció totalmente su genoma. Realizó este trabajo manualmente, sin ayuda de ningún automatismo informático. El método de secuenciación creado por Sanger está basado en el empleo de dideoxinucleótidos los cuales carecen del grupo hidroxilo del carbono 3', cuando uno de estos nucleótidos se incorpora a una cade-

na de DNA en elongación, esta cadena no puede continuar elongándose. Porque la ADN polimerasa necesita un grupo terminal 3' OH para añadir el siguiente nucleótido y el dideoxinucleótido incorporado no posee este hidroxilo. Primero se aísla el ADN que se desea secuenciar. Luego se desnaturaliza usándose una sola hebra para la secuenciación. Para esto se utiliza un cebador o "primer" que ofrece el 3'OH que necesita la ADN polimerasa para comenzar a elongar. Se preparan cuatro tubos de reacción, cada uno con el ADN molde de una sola cadena que se desea secuenciar, con ADN polimerasa, con el "primer" y con los cuatro nucleótidos trifosfatados. Además se le añade una pequeña proporción de un dideoxinucleótido trifosfato; un tubo con ddATP, otro con ddTTP, el tercero con ddGTP y el cuarto con ddCTP. En cada uno de estos tubos se producen



**Método dideoxi de Sanger**

Figura 1. Imagen de un gel obtenido por el método de Sanger, con las bandas que pertenecen a cada nucleótido incorporado por orden desde arriba abajo. La secuencia sería: 5'TAGTATACTCAACGTCTAGACTATTGGAGCTGAA3'. Tomado de [pendientedemigracion.ucm.es](http://pendientedemigracion.ucm.es)

cadena de ADN de distintas longitudes, terminando todas en el lugar en el que se incorporó el dideoxinucleótido añadido al tubo. Los productos de las 4 reacciones, cada una conteniendo una pequeña cantidad de uno de los cuatro dideoxinucleótidos, son corridos en un gel de agarosa y sometidos a electroforesis. Así, obtendremos un patrón de bandas en orden, donde podemos deducir la secuencia del ADN introducido (figura 1).

**Genómica**

En 1978 se publica en la revista Science la primera secuenciación de un genoma, el del virus del simio 40 (SV40) con 5.226 nucleótidos. Los primeros genes humanos aislados y secuenciados fueron en 1979. Un salto revolucionario en esta historia fue el invento de Kary Mullis en 1985, la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), técnica que permitió amplificar pequeñas cantidades de ADN

de una muestra lográndose suficiente material para la posterior secuenciación de la cadena de nucleótidos. La famosa mosca de la fruta *Drosophila melanogaster*, tan utilizada en el siglo XX para estudios de genética, aportó su ADN para su secuenciación completa en el año 2000 gracias al consorcio público y la compañía Celera Genomics. El genoma posee alrededor de 13.600 genes. Simultáneamente en varios laboratorios del mundo se estaba desarrollando el proyecto Genoma Humano que implicaba la secuenciación completa del ADN de nuestra especie, el mismo se publicó en 2001, en Nature y Science. Pero recién el 24 de abril del 2003 se completa la secuencia del *genoma humano*. El *genoma* es el conjunto de genes contenidos en los cromosomas, lo que puede interpretarse como la totalidad de la información genética que posee un organismo o una especie en particular. El término fue acuñado en 1920 por Hans Winkler, profesor de Botánica en la Universidad de Hamburgo, Alemania, como un acrónimo de las palabras 'gene' y 'cromosoma'. En la figura dos se pueden ver la longitud de los genomas de algunas de las primeras especies secuenciadas. Como se imaginaran el método de Sanger de secuenciación manual solo permitía secuenciar pequeños fragmentos de ADN. Para poder obtener genomas completos se usaron métodos

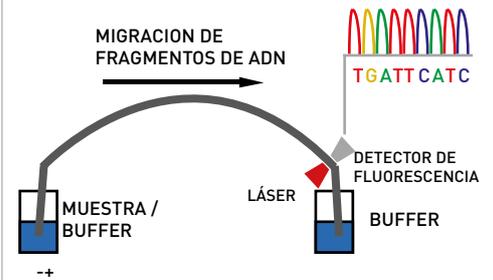


Figura 3. Esquema del método por terminador fluorescente para determinar el orden de los nucleótidos.

que implican el marcado de los terminadores de la cadena, conocido como *secuenciación por terminador fluorescente* (figura 3). La mayor ventaja de este método es que la secuenciación se puede llevar a cabo en una sola reacción. Este método implica marcar cada uno de los cuatro dideoxinucleótidos que terminan la cadena con un colorante fluorescente diferente, que emiten con fluorescencias a diferentes longitudes de onda. Este método es más rápido y permitió la secuenciación automatizada con analizadores de secuencia controlados por computadora, llamados secuenciadores (figura 4). Estos secuenciadores de ADN pueden secuenciar más de 384 muestras marcadas por fluorescencia de una sola vez y llevar a cabo 24 ciclos de secuenciación al día. En resumen estos equipos realizan la separación de los fragmentos de ADN basada en el tamaño (por electroforesis capilar), luego detectan la coloración fluorescen-

Figura 2: Tamaño de genomas de algunas de las primeras especies secuenciadas.

Organismo	Tamaño Genoma (pares de bases)
Fago	5x10 <sup>4</sup>
Escherichia coli	4x10 <sup>6</sup>
Levadura	2x10 <sup>7</sup>
Caenorhabditis elegans	8x10 <sup>7</sup>
Drosophila melanogaster	2x10 <sup>8</sup>
Humano	3x10 <sup>9</sup>



Figura 4: secuenciador de ADN (modelo ABI 3130)

te, y los datos obtenidos se obtienen como cromatogramas que registran los picos de fluorescencia, el orden de los picos es el orden de la secuencia (figura 5). Un límite de este procedimiento es que solo pueden secuenciar directamente fragmentos relativamente cortos (de entre 300-1000 nucleótidos de longitud) en una sola reacción. Dado que los genomas bacterianos relativamente pequeños constan de miles de nucleótidos y por ejemplo cromosoma 1 humano posee 246 millones de bases. ¿Cómo se hizo entonces la secuenciación de genomas? El procedimiento se basa en secuenciar fragmentos del ADN genómico, que se obtienen usando enzimas de restricción o fraccionándolo mecánicamente. Estos fragmentos se clonan en un *Vector* de ADN, un cromosoma artificial bacteriano o plásmido que posee algún fragmento de ADN que se inserta en una bacteria (*Escherichia coli*). La bacteria crece en colonias en placas de Petri amplificando los fragmentos (*clone libraries*). Estos fragmentos cortos amplificados de ADN purificados (*contigs*) a partir de colonias bacterianas individuales se secuencian completamente y se ensamblan computacionalmente en una secuencia larga y

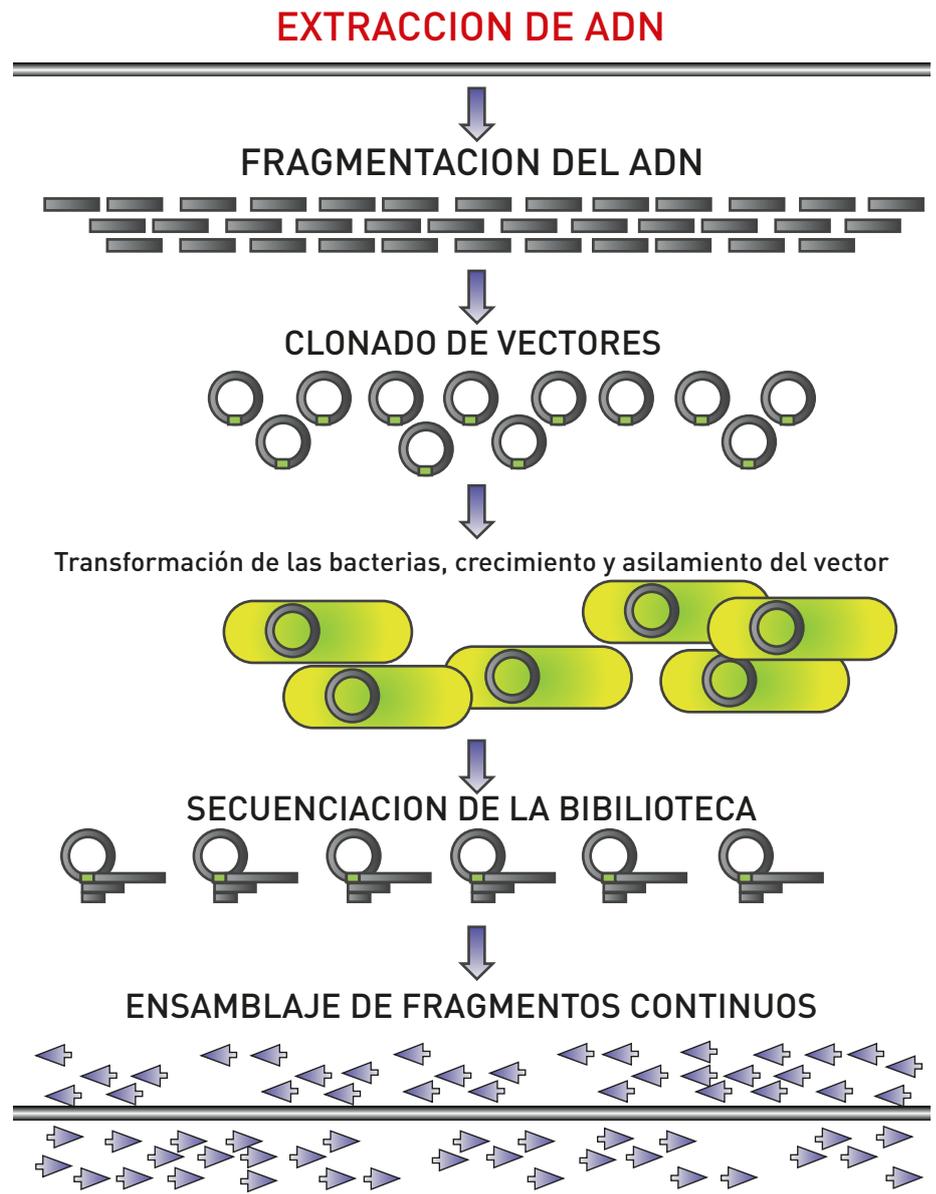


Figura 6: Esquema de clonado del ADN. El ADN genómico se fragmenta en trozos al azar y se clonan en una biblioteca bacteriana. El ADN de los clones bacterianos individuales se secuencian y la secuencia se ensambla observando las regiones solapantes.

contigua (*scaffold*) identificando las secuencias que se solapan entre ellas (figura 6).

### Metagenómica

Con la aparición de nuevas tecnologías para secuenciar el ADN a bajo costo los científicos se propusie-

ron analizar una colección de genes secuenciados de una muestra ambiental como si se tratara de un único genoma. A este estudio del conjunto de genomas de un determinado entorno usando muestras de ese ambiente se llama Metagenómica. Recientemente, Kevin Chen y Lior Pachter

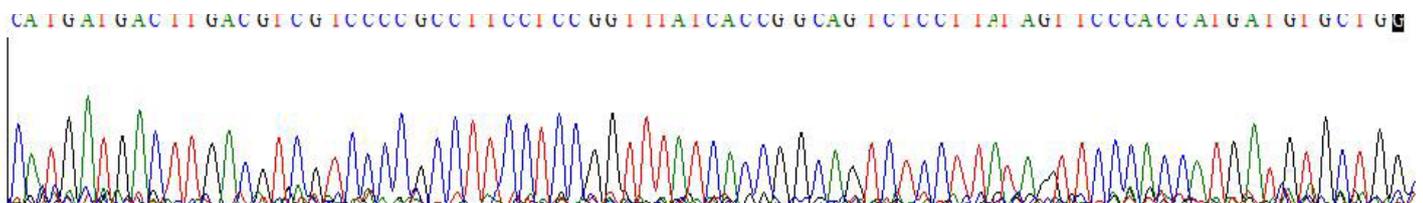


Figura 5: Cromatograma con una secuencia de un fragmento de ADN. Cada nucleótido fluoresce en un color: C azul, G negro, T rojo, A verde. El número de arriba es la ubicación de cada nucleótido en la cadena secuenciada.

(investigadores de la Universidad de California, en Berkeley), definieron la metagenómica como “la aplicación de técnicas genómicas modernas para el estudio directo de comunidades de microorganismos en su entorno natural, evitando la necesidad de aislar y cultivar cada una de las especies que componen la comunidad”. En cada muestra ambiental (las cuales pueden provenir del suelo, del agua, de sedimentos, del interior de un organismo multicelular etc.) existen una gran variedad de especies de microorganismos en unas proporciones determinadas. Los organismos más abundantes estarán más representados en la información de secuencia obtenida. Por eso es necesario grandes muestras para asegurar una cobertura suficiente para abarcar los genomas de especies poco representadas en la comunidad. Para conocer la diversidad de organismos presentes se suele amplificar el gen del ARN ribosomal 16S (procariotas) o 18S (eucariotas). Pero cualquier gen de interés se puede amplificar y secuenciar para saber si está presente en la comunidad estudiada. También a partir de las secuencias de genes se pueden estudiar las proteínas activas en esa comunidad (figura 7). De esta manera podemos contestar preguntas como: ¿Quiénes están? ¿Qué están haciendo? ¿Cómo se relacionan entre sí?

Todas las secuencias de ADN aisladas de organismos o de comunidades se encuentran en bancos de datos de internet como el GENBANK <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank>, día tras día miles de nuevas secuencias aumentan nuestro conocimiento sobre la diversidad, la evolución, la ecología de los seres vivos que habitan la Tierra. Todas ellas están disponibles para que las busquen, analicen y comparen quienes quieran hacerlo.

Edgardo A. Hernández ●

[Volver](#)

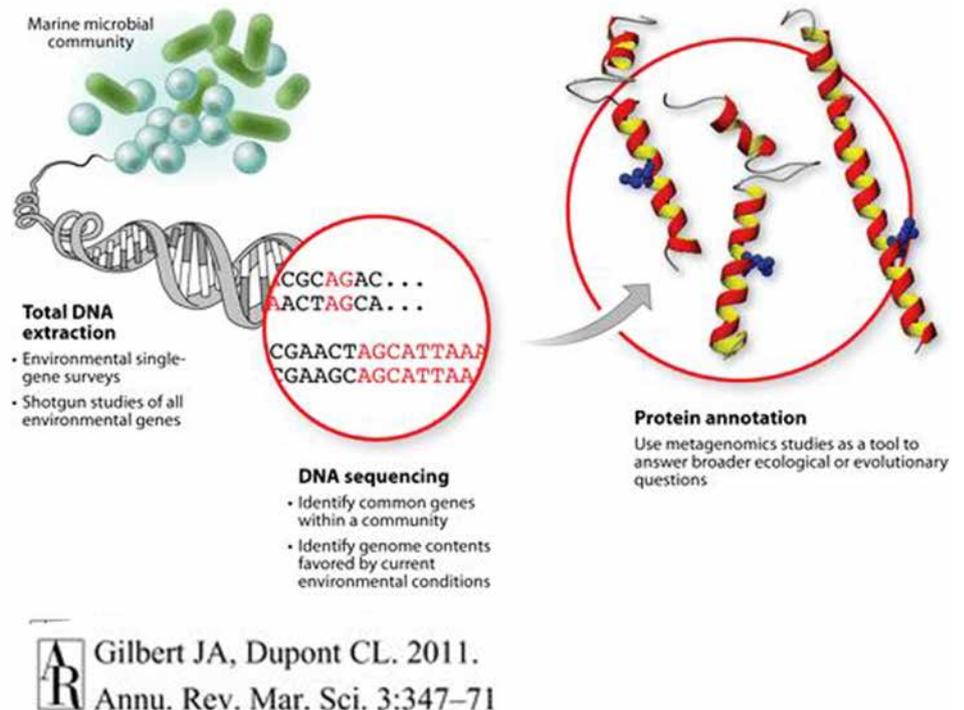


Figura 7. La metagenómica permite obtener genes de la comunidad microbiana de una muestra ambiental, lo que permite conocer las proteínas que en ella se están expresando, lo que permite responder a preguntas ecológicas y de evolución.

## SITIOS PARA COMPARAR METAGENÓMAS Y GENOMAS

- MEGAN <http://metagenomics.anl.gov/>
- MG-RAST <http://metagenomics.anl.gov/>
- Camera <http://camera.calit2.net/#>
- ShotgunFunctionalizer <http://shotgun.math.chalmers.se/>
- UniFrac <http://bmf.colorado.edu/unifrac/>
- MetaStats <http://metastats.cbcb.umd.edu/detection.html>
- Galaxy <https://main.g2.bx.psu.edu/u/aun1/w/metagenomic-analysis>
- MetaMine <http://www.megx.net/metamine/>
- MetaLook <http://www.megx.net/metalook/index.php>
- CloVR <http://clovr.org/>
- IMG/M <http://img.jgi.doe.gov/cgi-bin/m/main.cgi>
- NCBI Pub Med <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

## REFERENCIAS

- International Human Genome Sequencing Consortium (2004). Finishing the euchromatic sequence of the human genome. *Nature* 431 (7011): pp. 931-45.
- Neil Hall (2007). *Advanced sequencing technologies and their wider impact in microbiology*. *The Journal of Experimental Biology* 209: pp. 1518-1525.
- Raúl de la Puente (2013). *Metagenómica, Esa valiosa desconocida*. *Journal of Feelsynapsis (JoF)*. (12): 60-65.
- Sanger F, Coulson AR. *A rapid method for determining sequences in DNA by primed synthesis with DNA polymerase (1975)*. *J Mol Biol.* 94(3):441-448.
- Schuster, Stephan C. (2008). *Next-generation sequencing transforms today's biology*. *Nature methods.* 5 (1): pp. 16-18.



**Liliana N. Guerra**

Dra en Cs químicas  
Doc. de Biología CBC y FCEyN UBA



**María del Carmen Banús**

Lic. En Ciencias Biológicas  
Coordinadora de Biología, CBC-UBA

# Telomerasa: el descubrimiento de la eterna juventud

Si fuera verdad la frase que alguna vez se pronunció “todo está en los genes”, ¿también la vejez o el cáncer están genéticamente determinados?

**E**l envejecimiento llega a todos los seres vivos, y podría decirse que es un fenómeno que ocurre a los organismos intactos y en condiciones saludables; es el resultado de reacciones bioquímicas, respuestas celulares y acciones de nuestros genes que pueden tener diferentes efectos en diferentes tejidos de los organismos multicelulares. Como consecuencia, al envejecer la célula pierde su capacidad de proliferar. En el año 2009 se dio el premio Nobel de Medicina a un hallazgo sobre la relación que tiene una proteína enzimática con el envejecimiento. El descubrimiento permitió entender qué hace que una célula envejezca y que puede evitarlo, y qué ocurre cuando esta reacción se desborda. Esta proteína enzimática se llama TELOMERASA. Al presente se han postulado dos teorías que explicarían esta capacidad proliferativa limitada de células de mamíferos: A) acumulación gradual de mutaciones y B) existencia de un reloj molecular que controle el número de divisiones celulares, siendo ésta última la más aceptada. En referencia al primer punto, sabemos que en células humanas normales no ha sido observada una inmortalización espontánea, siendo necesarias muchas mutaciones para lograr esta situación. Por otro lado, se considera que si existiera un “reloj molecular” que controlara las divisiones celulares, cuando

éste “se quedara sin cuerda”, generaría una señal que sería capaz de gatillar el programa de envejecimiento. La expresión de determinados agentes podría evitarlo, sorteando la señal del reloj o interfiriendo con la maquinaria del envejecimiento. A pesar de existir períodos de inmortalidad aparente, este programa permanece intacto y por remoción del agente que anula el envejecimiento, es capaz de establecer un rápido cese del crecimiento. Esta hipótesis del reloj molecular está asociada a la degradación de los telómeros y la actividad de la telomerasa.

Viejos comiendo sopa- Fransisco de Goya- Museo del Prado



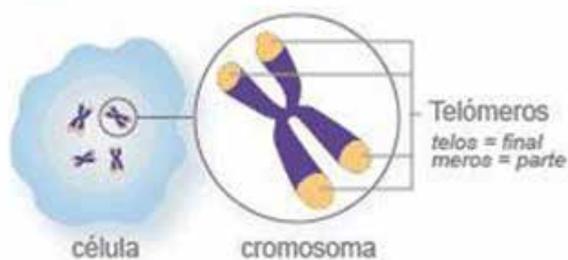
En las células sanas, en cada división celular se pierde un trozo del genoma, o sea, se acortan los cromosomas. Los extremos de los cromosomas, los telómeros (del griego *telos*: final, y *meros*: parte), se van acortando hasta que la célula envejece y finalmente muere. En cambio, en las células que están proliferando y en las células cancerígenas hay presente una enzima “de la juventud” muy activa: la telomerasa. Esta adiciona constantemente material genético en los extremos de los cromosomas, de manera que las células se pueden seguir multiplicando y se hacen casi inmortales

Los telómeros son secuencias repetidas en los extremos de los cromosomas de las células eucariotas. Se han identificado numerosas secuencias de telómeros, que muestran muy poca variación entre ellas, la secuencia humana telomérica es TTAGGG. Sin embargo, cada secuencia telomérica muestra una variación significativa con respecto a su longitud, en humanos la longitud de la región de repetición simple va de 8000 a 14000 par de bases. Los telómeros se someten a acortamiento continuo durante la proliferación celular, en el que los telómeros pierden 50 a 200 nucleótidos y, el complejo de la ADN polimerasa no es capaz de reproducir el final de los cromosomas durante cada ciclo de la proliferación celular, por lo que existe el acortamiento de los cromosomas. Los telómeros estabilizan los cromosomas y evitan la degradación del ADN, así como proporcionan una señal de envejecimiento celular; de hecho, cuando la longitud de los telómeros se reduce a un punto crítico (llamado Hayflic), las células somáticas normales salen del ciclo celular y se convierten en senescentes. [1]. La telomerasa es una enzima que desempeña un papel esencial en el mantenimiento del cromosoma eucariótico dentro de una célula, uniéndose específicamente a las proteínas estructurales. Estas proteínas taponan los extremos de los cromosomas lineales, evitando la degradación nucleolítica, la recombinación irregular y otros eventos que son normalmente letales a una célula. Además, los telómeros están involucrados en la arquitectura nuclear e interactúan con otras proteínas para reprimir la expresión de genes adyacentes [2]. Dado que la ADN polimerasa es incapaz de replicar los confines de ADN lineal, se sugirió que los extremos cromosómicos se reducen progresivamente con cada ciclo de replicación; esto se conoce como el problema de replicación final [3]. La proliferación, que se ha demostrado in vitro y in vivo, parece vincularse a la limitada capacidad de células somáticas normales (reloj mitótico). Mientras que en las células germinales y células tumorales la vida útil es prolongada o incluso infinita, por lo que se sugirió que estas células deben poseer un mecanismo especial para el mantenimiento de la longitud telomérica [4]. La telomerasa es un complejo de ribonucleoproteína que cataliza la adición de repeticiones teloméricas en el extremo 3' del cromosoma de ADN, impidiendo la pérdida de la secuen-

## TELOMEROS

Los telómeros (del griego “telos” final y “meros” parte) son los extremos de los cromosomas, regiones de ADN no codificante y muy repetitivas cuya función es la estabilidad estructural de los cromosomas en las células eucariotas, la división celular y el tiempo de vida de las estirpes celulares. A medida que las células se van dividiendo, los telómeros se van acortando. En los organismos procariontes, los cromosomas son circulares y no poseen telómeros.

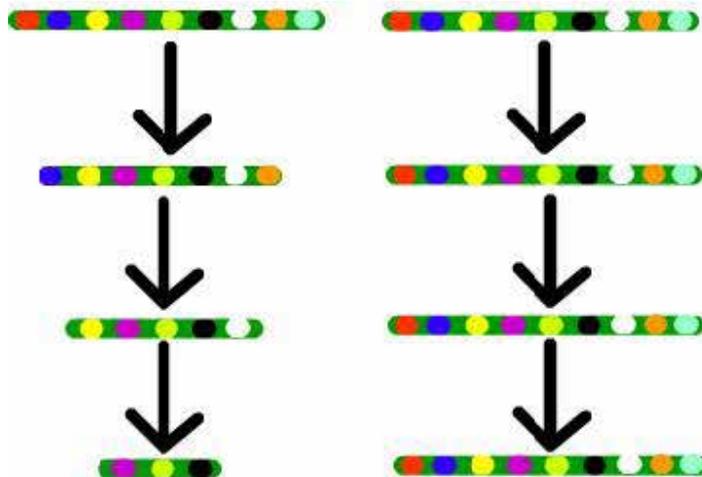
### El guardián de los cromosomas



- 1 Los telómeros se encuentran en los extremos de los cromosomas, a los que protegen.



Sin telomerasa (izquierda), telomerasa activa (derecha). Las flechas representan la división celular.



cia telomérica en cada división celular. Por lo tanto mantener estable la longitud de los telómeros se asocia con la actividad de la telomerasa. Esta enzima añade secuencias repetidas en los extremos del cromosoma usando su componente intrínseco de RNA como plantilla para la síntesis de ADN, o sea actúa como transcriptasa inversa [5]. Recientemente, tres subunidades que forman el complejo de la telomerasa en humanos han sido identificados: componente RNA llamado como hTR (humano Telomerase RNA), una proteína asociada llamada TEP1 y una subunidad catalítica hTERT (transcriptasa inversa de la telomerasa humana). Los genes que codifican la subunidad RNA y la subunidad catalítica de la proteína han sido clonados de una variedad de especies, incluyendo a seres humanos [6, 7]. Dado que la enzima telomerasa se encuentra activa en tejidos cancerosos y no en células somáticas, se sugiere que esta enzima podría ser utilizada como un marcador tumoral. La telomerasa se ha detectado en más de 20 procesos malignos: mama carcinoma, leucemia, neuroblastoma, cáncer de próstata. Actividad de la telomerasa se detectó más del 94% de las células del tumor de colon, piel, mama, útero y ovario; en el 83% de las células de cáncer de pulmón, próstata

y el hígado y el 73% de células de los tumores cerebrales o renales. Estudios de investigación consistentemente demostraron la presencia de actividad de la telomerasa en la mayoría de los diversos tipos de cáncer así como células inmortalizadas, pero no en los tejidos normales. Su actividad parece ser necesaria para la proliferación sostenida de los cánceres más avanzados [8 - 11].

Ahora se está tratando de mostrar que la activación de la telomerasa es esencial para la formación y crecimiento de las células neoplásicas en vivo. Esta investigación básica puede proporcionar el marco para el desarrollo eventual de un nuevo marcador tumoral, para su uso en diagnóstico de cáncer. En nuestro laboratorio hemos estudiado la veracidad de la actividad de la telomerasa como un marcador de malignidad o pronóstico de cáncer, mostrando que sería útil en algunos tipos de cáncer como el de tiroides [12]. Uno de los temas críticos en el diagnóstico de cáncer de tiroides es determinar si el nódulo es benigno o maligno. La discriminación de neoplasia generalmente se realiza por biopsia aspiración con aguja fina (FNAB) seguida por examen citológico. Sin embargo, este método no siempre es concluyente;

## El Nobel de Medicina premia el estudio del envejecimiento

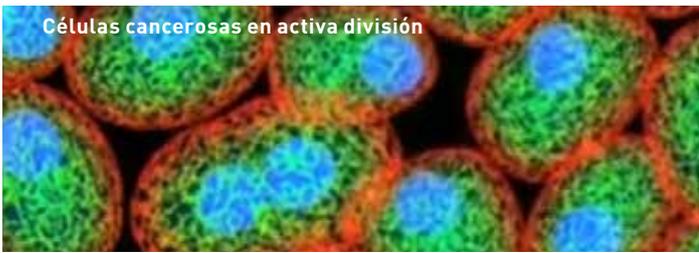
Los estadounidenses Elizabeth H. Blackburn, Carol W. Greider y Jack W. Szostak fueron galardonados con el Premio Nobel de Medicina y Fisiología en 2009 por “**el descubrimiento de cómo los cromosomas son protegidos por los telómeros y por la enzima telomerasa**”. Este descubrimiento “**ha solucionado un importante problema para la biología**”, en concreto, cómo se copian completamente los cromosomas durante la división de las células y se protegen contra la degradación, según el Instituto Karolinska, quien otorga el premio Nobel.

**Elizabeth Blackburn** (nacida en 1948 en Tasmania, Australia) es profesora de Bioquímica de la Universidad de California, en San Francisco (EEUU). Fue elegida por la revista ‘Time’ dentro de sus listados anuales de las 100 personas más influyentes del mundo. En 2006 ganó el Premio Albert Lasker de Investigación Médica Básica junto a Szostak y ya en 2007 sonó como una de las candidatas a llevarse el Nobel.

**Carol W. Greider** (California, 1961), de la Escuela de Medicina de la Universidad de Johns Hopkins (Baltimore, EEUU), ha trabajado con Blackburn, una de sus maestras. Se licenció en la Universidad de California (Berkeley), donde comenzó sus trabajos de investigación en 1984. El día de Navidad de ese mismo año, identificó la enzima telomerasa, que era responsable del mantenimiento cromosómico.

**Jack Szostak** (nacido en Londres en 1952), es considerado uno de los líderes en el campo de los estudios genéticos desde su laboratorio en el Instituto Howard Hughes de EEUU.



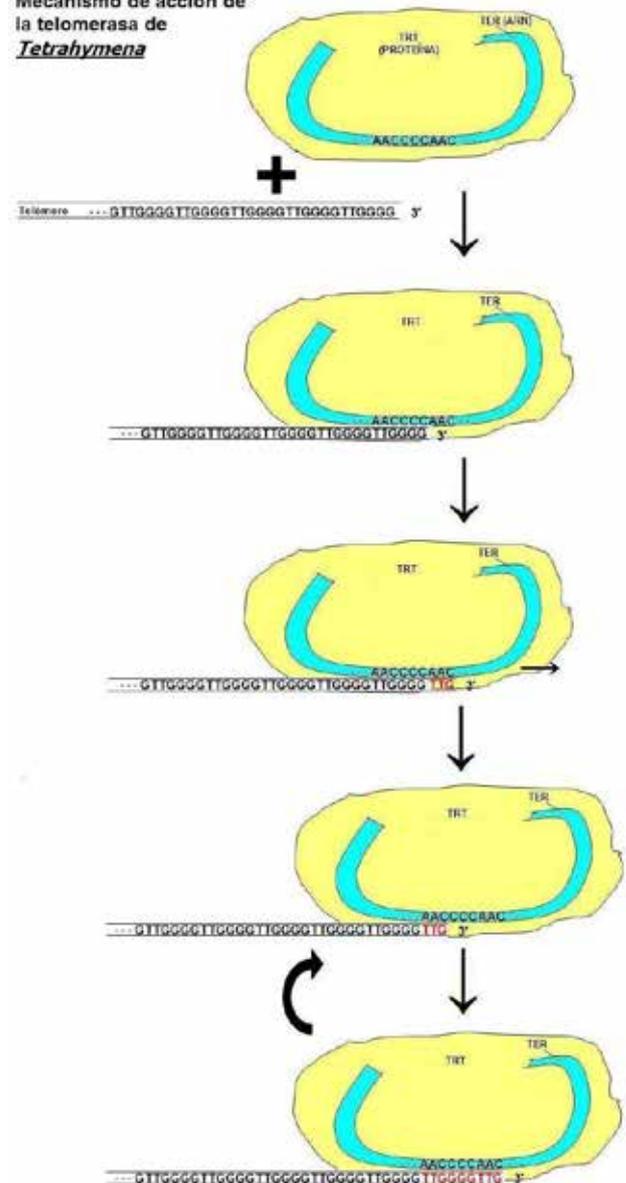


y cuando el diagnóstico citológico es indeterminado se utiliza la tiroidectomía, 80% de las cuales resultaron benignas en el análisis histológico [13]. Por lo tanto, es evidente que se deben mejorar los métodos de diagnóstico. En nuestra experiencia, la mayoría de los casos de carcinoma papilar de tiroides exactamente fueron adecuadamente diagnosticados por citología, pero las en FNAB de carcinomas foliculares, la citología no era útil y la telomerasa era mejor para indicar proliferación anormal. Nuestros resultados mostraron una buena correlación entre la actividad de la telomerasa en las muestras evaluadas y diagnóstico de tumor nódulo tiroideo; lo que sugiere que el uso de la actividad telomerasa como un marcador biológico de la malignidad puede ser un útil en el diagnóstico del carcinoma folicular o adenoma folicular de la tiroides usando muestras FNAB [14]. Esta enzima es un objetivo atractivo para diagnóstico y terapia debido a su patrón de expresión distintiva. De esta forma podríamos concluir, que si bien el alargamiento de los telómeros por acción de la enzima telomerasa es indispensable para mantener la juventud; la continua acción de la enzima sería capaz de provocar una enfermedad proliferativa como el cáncer. Estos resultados nos llevan a evaluar si sería posible la eterna juventud, o si la eterna juventud no sería también una enfermedad.

Guerra - Banús ●

[Volver](#)

#### Mecanismo de acción de la telomerasa de *Tetrahymena*



Mecanismo de acción de la telomerasa. Tomado de Wikipedia

## BIBLIOGRAFIA

- 1] Shay J, Bacchetti S. **A survey of telomerase activity in human cancer.** European Journal of Cancer; 1997, 33: 787.
- 2] Rodhes D, Giraldo R. **Telomere structure and function.** Current opinion in Structural Biology, 1995, 5: 311-322.
- 3] Watson JD. Origin of concatemeric T7 DNA. Nature New Biology, 1972, 239: 197- 201.
- 4] Harley CB. **Telomere loss: mitotic clock or genetic time bomb?** Mutation Research, 1991, 256: 271-282.
- 5] Morin GB. **The human telomere transferase enzyme is a Ribonucleoprotein that synthesizes TTAGGG repeats,** 1989, Cell 59: 521-529.
- 6] Feng J, Funk WD, Wang SS, Weinrich SL, Aylon AA, Chu CP, Adams RR, Chang E, Allsopp RC, Yu J. **The RNA component of human telomerase.** Science, 1995, 269: 1236-1241.
- 7] Nakamura TM, Morin GB, Chapman KB, Weinrich SL, Andrews WH, Lingner J, Harkey CB, Cech TR. **Telomerase catalytic subunit homologues from Fission Yeast and Human.** Science, 1997, 277: 955-959
- 8] Herbert BS, Wright WE, Shay JW **Telomerase and breast cancer.** Breast Cancer Research, 2001, 3: 146-149.
- 9] Hiyama E, Saeki T, Hiyama K, Takashima S, Shay JW, Matsuura Y, Yokoyama T. **Telomerase activity as a marker of breast carcinoma in fine-needle aspirated samples.** Cancer, 2000, 90: 235-8.
- 10] Hiyama E, Hiyama K, Tokoyama T, Matsuura Y, Piatyszek MA, Shay JW. **Correlating telomerase activity levels with human neuroblastoma outcomes.** Nature Medicine, 1995, 1:249-255.
- 11] Chadeanau C, Hay K, Hirte HW, Gallinger S, Bacchetti S. **Telomerase activity associated with acquisition of malignancy in human colorectal cancer.** Cancer Research, 1995, 55: 2533-2536.
- 12] Guerra LN, Miler E, Moiguer M, Karner S, Orlando A, Fideleff H, Burdman J. **Telomerase Activity in Fine Needle Aspiration Biopsy Samples: Application to Diagnosis of Human Thyroid Carcinoma.** Clinica Chimica Acta, 2006, 370: 180-184.
- 13] Liou, MJ, Chan EC, Lin, JD, Liu, FH, Chao, TC. **Human telomerase reverse transcriptase (h TERT) gene expression in FNA samples from thyroid neoplasm.** Cancer Letters, 2003, 191: 223-227.
- 14] **Telomerase Activity: Application to Diagnosis of human carcinoma.** Liliana N. Guerra. En Telomeres: Function, Shortening and Lengthening (2009), Editor L. Mancini, Nova Science Publisher Ed., New York, ISBN 978160692-3504, pp 333-345.

Web: [www.novapublisher.com](http://www.novapublisher.com)



**María del Carmen Banús**

Lic. En Ciencias Biológicas

Coordinadora de Biología, CBC-UBA

## Las damas del ADN

Algunas postergadas y otras reconocidas, no fueron pocas las mujeres que investigaron sobre el ADN. Pero la comunidad científica no siempre las recibió de la mejor manera

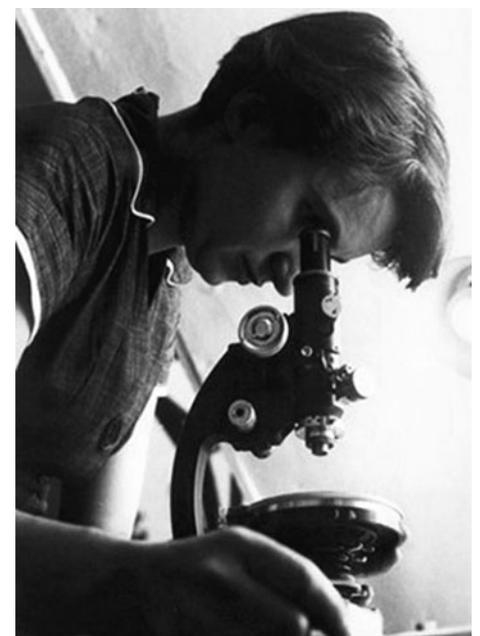
**D**ecir ADN desde hace muchos años es pensar en James Watson y Francis Crick, quienes fueron codescubridores de la estructura de la molécula en el año 1953. Recibieron por este descubrimiento el premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1962. Pero mucho antes, los hombres de la ciencia se preocupaban por como se transmitían ciertas características de padres a hijos o de donde provenía la información para sintetizar proteínas, como lo fueron Gregor Mendel y Beadle-Tatum, respectivamente, por citar solo algunos. Pero ¿solo los hombres de ciencia? ¿Y que hay de las mujeres que investigaron a cerca de la información genética? Aquí datos sobre algunas de ellas, que quizás te sorprendan.

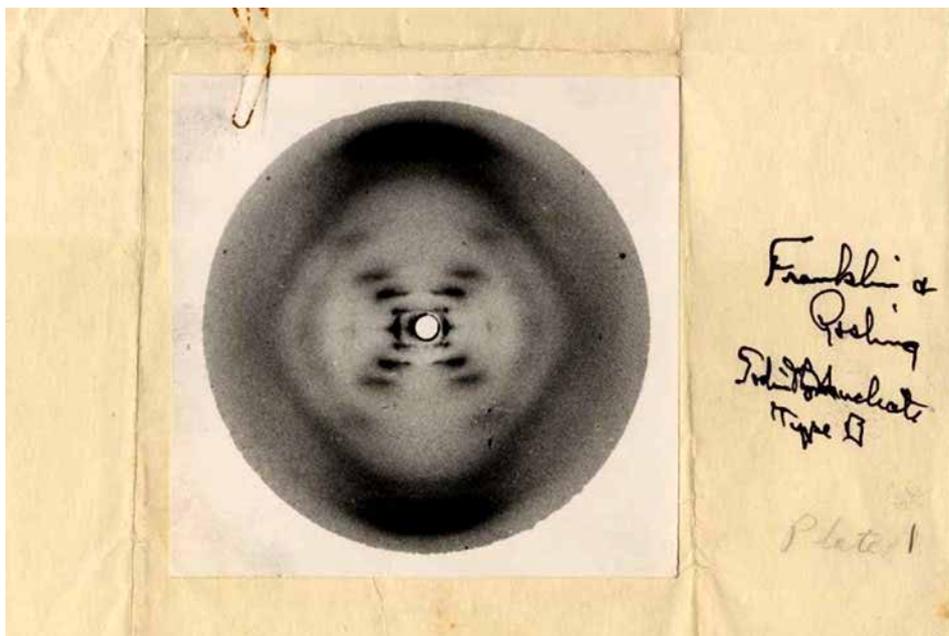
### Rosalind Franklin, la gran olvidada

**H**ablamos de ella en la revista N° 12, pero no nos cansare-

mos de decir que Rosalind Franklin es una muestra de cómo la historia dejó en el olvido a una de las mejores mujeres científicas de todos los tiempos. En 1953, cuando se dio a conocer el descubrimiento de la estructura del ADN, no se la tuvo en cuenta. Y es que sin la labor de Franklin, nada hubiera sido lo mismo para Watson y Crick. Usando una técnica llamada “difracción de rayos X”, Franklin obtuvo resultados que le permitieron descubrir que la molécula de ADN consiste de una doble hélice de átomos. Este descubrimiento está rodeado de controversia. Franklin obtuvo la imagen de una molécula de ADN, pero uno de sus colegas en King’s College, Maurice Wilkins, se la mostró a los científicos James Watson y Francis Crick sin su conocimiento ni permiso. La imagen permitió que Watson y Crick construyeran un modelo del ADN y entender la estructura de la molécula.

Cuando estos investigadores recibieron el Premio Nobel, Franklin ya había fallecido, pero casualmente el galardón olvidó mencionar la imprescindible fotografía 51, imagen que permitió conocer la doble hélice del ADN.





### Maíces y transposones

En 1902 nace Bárbara Mc Clintock en el estado de Connecticut (Estados Unidos). Inició sus estudios de Botánica en 1919 y entre 1925 y 1927 desarrolló su doctorado en genética, sobresaliendo en cada uno de los grupos de trabajo de los que formara parte. Su grupo de estudio se centró principalmente en la citogenética del maíz, desarrollando una nueva técnica de tinción que le permitió visualizar los 10 cromosomas de este cereal. Al iniciarse la década de 1930, Mc Clintock es la primera en describir el proceso de entrecruzamiento cromosómico entre cromosomas homólogo



durante la meiosis. Durante 1931 observó, cómo la recombinación de los cromosomas, y por tanto el fenotipo resultante, formaban la herencia de un nuevo rasgo. Demostró así la hipótesis, establecida tiempo atrás, de la existencia de una recombinación genética durante la meiosis. Entre 1940 y 1950, Mc Clintock descubrió la transposición de elementos del genoma o “genes saltadores”, genes que pueden cambiar de lugar dentro de los cromosomas. y demostró cómo los genes son responsables de hacer que ciertas características genéticas se activen o no, explicó cómo las células pueden responder a la presión ambiental a la que se ven sometidos los organismos vivos mediante una reestructuración de su genoma; estos mecanismos explicarían la formación de nuevas especies, y serían la base de los cambios evolutivos. Sus ideas encontraron escepticismo de parte de otros investigadores, lo que la llevó a dejar de publicar sus informes en 1953. Mc Clintock hizo luego un extensivo estudio de citogenética y etnobotánica de razas de maíz en Sudamérica. Su trabajo sólo fue bien entendido a mediados de los años 60', cuando los científicos pudieron demostrar los mecanismos del cambio genético y la regulación genética que ella ya había descubierto con sus

investigaciones dos décadas antes. El genetista James Shapiro resumió acertadamente la resistencia que muchas veces Mc Clintock había encontrado: “Los elementos transponibles son un ejemplo de cómo las nuevas ideas son aceptadas fríamente por la comunidad científica. Si ella dice que algo ha ocurrido, ella lo ha visto en docenas y cientos de casos. Una razón de que la gente no lea sus papeles es porque la documentación es enormemente densa. Así pues, primero dijeron que estaba loca; después dijeron que ello era peculiar del maíz; luego dijeron que se daba en todas partes pero no tenía significado; y entonces, finalmente, se dieron cuenta de su significado.” Mc Clintock ganó el Nobel de Medicina y Fisiología en 1983 por el descubrimiento de la transposición genética, siendo la única mujer en conseguir el Nobel en solitario en esa área.

### Fragmentos de Okazaki

Habiendo estudiado la duplicación del ADN, conocerás el significado de los fragmentos de Okazaki (cadenas cortas formadas en la llamada “cadena discontinua” ó “cadena retrazada”). Pero lo que quizás no sepas, es que este descubrimiento tiene cara de mujer: *Tuneko Okazaki*, bióloga molecular, nacida en 1933, fue la primera mujer profesora en la universidad



japonesa de Nagoya, y en el año 2000 recibió el premio L'Oreal-Unesco "For Women in Science", premio que se concede anualmente a cinco científicas distinguidas, una por cada continente.

### Telómeros y telomerasa

**E**lizabeth Helen Blackburn fue la primera persona en estudiar los "telómeros", extremos de los cromosomas de las células eucariotas que son necesarios tanto para el control de la división celular como para mantener la integridad y estabilidad de los cromosomas. Durante su estudio de los telómeros, Elizabeth Blackburn descubrió la "telomerasa", enzima que permite conservar los telómeros durante la duplicación del ADN (sobre este tema, ver detalles en el artículo "Telomerasa: el descubrimiento de la eterna juventud"). Nacida en Hobart (Tasmania) hija de una pareja de médicos, Elizabeth Blackburn estudió Bioquímica en la universidad de Melbourne (Australia), y en 1975 obtuvo su doctorado en Biología Molecular por la universidad de Cambridge (Inglaterra); su tesis doctoral trató de la secuenciación de ácidos nucleicos. En 1984, Elizabeth Blackburn y Carol W. Greider descubrieron la enzima telomerasa, y en 1985 consiguieron aislarla y comenzaron a crear telómeros artificiales para estudiar el



control de la división celular.

**E**ntre los muchos premios que ha recibido Elizabeth Blackburn se encuentra el premio de la Academia de Ciencias norteamericana en Biología Molecular (1990), el de la Fundación Gairdner (1998), el Premio Australia, la Medalla de Honor de la Sociedad Americana contra el Cáncer, el premio de la Fundación General Motors de Investigación contra el Cáncer (2001), el 26º premio anual Bristol-Meyers Squibb de investigación contra el cáncer, y el premio Dr. A. H. Heineken de Medicina. En 1999 fue nombrada "Científica del Año" en California, y en 2005 obtuvo la Medalla Benjamin Franklin en Ciencias de la vida. En 2006 recibió, junto con John Gall, Jack W. Szostak y Carol Greider, el premio Lasker de Investigación Médica Básica y finalizando, Elizabeth H. Blackburn, Carol W. Greider y Jack W. Szostak fueron galardonados con el Premio Nobel de Medicina y Fisiología en 2009 por el descubrimiento de la acción de los telómeros y de la enzima telomerasa.

### Último momento

**S**obre el cierre de esta revista, pudimos leer en el Financial Times que el científico James Watson, de 86 años de edad, ha decidido vender la medalla de oro que le fuera

otorgada, convirtiéndose en el primer ganador del Nobel en vender su medalla para mejorar su vida. ¿Las motivaciones?: Paliar las estrecheces económicas que atraviesa debido a la marginación a la que lo tiene sometido la comunidad científica por haber expresado sus opiniones en 2007 al decir que los descendientes de africanos son menos inteligentes que otras razas y que este desajuste está marcado por la genética.

**S**in embargo, con esta venta, Watson también intentará limpiar su reputación, pues prevé dar parte del dinero obtenido a diferentes instituciones científicas. ¿Será verdad? ¿o habrá comenzado la "venganza" de las Damas del ADN?

María del Carmen Banús ●

[Volver](#)



### Jennifer Micó

Lic. en Letras, UBA; viajera incansable y preocupada por un mundo más verde  
jennifermico@gmail.com, @delmonoambiente

# Veintiún días en un bosque de Siberia, sin agua corriente

Sabía que el baño era de pozo, que para bañarme debería usar el río y que, por la cantidad de insectos, era conveniente ponerme repelente antes de bajar del auto, pero acepté la invitación. Y, este año, volví

## Día 1: La llegada

22:00Hs.

La impresión es que, independientemente de que haya o no llovido el día anterior, algunas zonas del bosque tienen charcos eternos. La casa estaba ahí, donde la habíamos dejado el último verano: seguía azul y con una simpática inclinación hacia arriba en el extremo derecho. Llegamos más tarde de lo esperado. Eran las diez de la noche, pero todavía estaba claro. Dejamos las valijas en nuestro cuarto y ayudamos a descargar las bolsas de comida, cacerolas y demás utensilios en la cocina. Pude ver que la mesa estaba servida pero, antes de sentarme y aprovechando la última claridad del día, fui a la casilla de los baños (quería asegurarme de que todavía recordaba el camino). La única diferencia respecto al año pasado, era que una de las puertas se ha-

bía caído. Por lo demás, (el olor, la oscuridad y el plástico azul donde a veces hay un papel higiénico comunitario) todo estaba en las mismas condiciones. De regreso a la casa, me lavé las manos en esa especie de cantimplora gigante que cuelga de una madera, e ingresé. La noche era fresca y, por suerte, todavía quedaba algo de agua en el bidón de afuera. Luego de varias tazas de té, entre charlas sobre la película “Apocalipsis now”, iguanas y el tamaño de los vegetales que crecen en Kazajistán, terminaba mi primera noche en el bosque.

## Día 4

9:30Hs. - Primera mañana.

Por algún motivo, sin despertadores ni ruidos de ningún tipo, todos nos levantamos a la misma hora. No despabilarse es imposible: el aire es fresco y el desayuno se hace en la

mesa de afuera. Kefir, tvorog (ricota), el pan, el jarrón de frutillas, las semillas de girasol, las cajas de té, la bolsa de café; además de los rollos de papel higiénico que hacen de servilletas, la



Camino hacia las casillas de los baños, las cuales pueden observarse entre los árboles.

pava eléctrica con sarro en la tapa, las tazas y el botiquín anti moscas y mosquitos (espirales, repelentes y aceites). En Rusia, no es extraño encontrar helado, paté, pavo, o pollo grillado alguna que otra mañana. ¿El límite? Las sopas, pero doy fe de haber participado en un desayuno donde a los panqueques de ricota (syrniki) los servían con smetana (una crema multiuso en la gastronomía de la zona) y un tazón de borsh, una de las sopas nacionales. Finalizado el banquete matutino, uno se siente preparado para comenzar el día. Podríamos lavar las tazas y demás cuencos pero resulta más conveniente esperar a que la palangana donde acumulamos la vajilla sucia desborde, y sólo entonces descender hasta la orilla del Obi. Luego, acondicionamos la habitación con cortinas, espirales para insectos, un calefactor y la heroica instalación de una antena que nos permitirá usar internet desde el interior. El año pasado, limitados de dispositivos, debíamos sentarnos en un lugar muy preciso, a la intemperie o bajo un echarpe para protegernos de las frecuentes lluvias estivales.

#### 12:13Hs.

Junté mi ropa sucia en la palangana, me puse repelente y, antes de salir camino al río, me quité las zapatillas. Pensaba que el mayor desafío en las tareas del hogar ya lo había transitado. Fue el día que, durante una estadía en Moscú, logré programar un lavarropas para obtener un lavado nocturno de cuatro horas, y conseguir la ropa no sólo limpia sino también seca (faena para la cual tuve que aprender palabras rusas clave). Sin embargo, el río le gana a ése y a cualquier aparato. Aunque frote, enjuague, escurra o sacuda, siempre aparecen insectos, fibras de plantas subacuáticas o algo de arena. Quizá el procedimiento que uso no sea adecuado: cargo agua en la palangana, echo - a ojo - jabón en polvo, hago algo con las prendas que se parece más a amasar una pizza que a remover man-

chas y, finalmente, enjuago. Después, cuelgo las prendas en los pocos muebles y muchos clavos de la habitación. Hay un tender fuera de la casa pero estoy negada a usarlo: sin broches, basta un poco de viento para que la ropa caiga sobre el barro, y creo que nadie gusta de lavar dos veces la misma prenda sin usar.



#### 14:27Hs.

No podría decir de qué material son las paredes internas de la casa. Pero lo que es claro es que no son de ninguno grueso ni que pueda aislar sonidos. Los sonidos son, como todo en el bosque, algo a compartir. Por ello, cada vez que suena el celular de Anna, cerca de la hora del almuerzo, sé que es Babushka dando aviso de que la sopa está lista. Sabe hacer veinte sopas, a pesar de que en cuanto las empieza a enumerar, suele repetir las primeras unas tres o cuatro veces. De todas formas, la cifra es creíble: cada mediodía, nos recibe con una preparación nueva. Babushka es filóloga, novelista y poetisa. En su cabaña hay libros sobre la cama, la mesa, en los estantes y debajo de Pusia, su gata. De las paredes cuelgan sus abrigos, dibujos de sus bisnietas y una colección de sombreros. En el verano, disfruta enseñando gramática rusa a Polina: cada mañana, a las once, la niña debe estar con su cuaderno, preparada para comenzar la lección de una hora. El resto del año, trabaja en la Universidad de Tomsk y tiene, además, algunos alumnos particulares. Aunque debo aguardar la traducción, me resulta imposible no

reír cuando está contando una anécdota: sus relatos son en palabras y movimientos, a veces, incluso canciones. Al igual que todos en el bosque, Babushka tampoco tiene agua corriente. Tola le lleva bidones de agua hasta su hogar. Agua que usará para el aseo, las sopas, el té o café, que nunca faltan durante la comida.

#### 17:00Hs.

La casilla de los baños está hoy, indiscutiblemente más visible que ayer a las diez de la noche. Eso no hace, sin embargo, que las cosas sean más sencillas. Por empezar, la ubicación es la misma: fuera de la casa, a unos quince metros. El olor a cloro en polvo que utilizan para neutralizar otros más fuertes y aún más desagradables, le da a uno la sensación de mareo y el mayor deseo es no desmayarse en la pequeña superficie de madera que rodea el agujero del piso.

### Día 6

#### 11:14Hs.

- ¿Podés acompañar a Anna a la tienda?  
- Sí, claro. ¿Qué hay que comprar?  
- Las cosas para el asado, ella ya tiene una lista.

Partimos en bicicletas. La tienda, única en la proximidad del bosque, está bastante bien equipada. Dentro de la selección de artículos, es posible encontrar una versión industrial y otra casera, producción de los campesinos de la zona. Solemos comprar, unos y otros, en casi iguales proporciones y por eso, no es raro encontrar en la heladera algunas leches en tetra brick y otras en botellas de Coca Cola. Lo mismo con la ricota y los huevos. Cargamos la compra, repartida en nuestras dos mochilas, y montamos nuestras bicis para regresar. En casa, nos esperaban Tola e Iván con el fuego ya hecho pero tuvimos que modificar levemente el plan del mediodía: habíamos conseguido pollo pero estaba congelado. Sin microondas, era necesario esperar hasta la noche para poder pensar en cocinarlo y comerlo.

17:43Hs.

Encontré a Tola en la cocina, resolviendo su café instantáneo en la taza donde toma todo, incluyendo cerveza. (Le pregunté acerca de este hábito pero no pude entender si lo hace de forma inconsciente o por extravagancia.)

-¿No tomás mate, hoy?

- Puede ser más tarde, mientras preparamos el asado... Por ahora, con un poco de chai caliente (té), me alcanza.

-¿Mucho frío?

- Bastante...

- Sí, este año fue muy raro: tuvimos nieve hasta fines de mayo. Fue un horror...

- Olga me dijo que perdió la cosecha de tomates

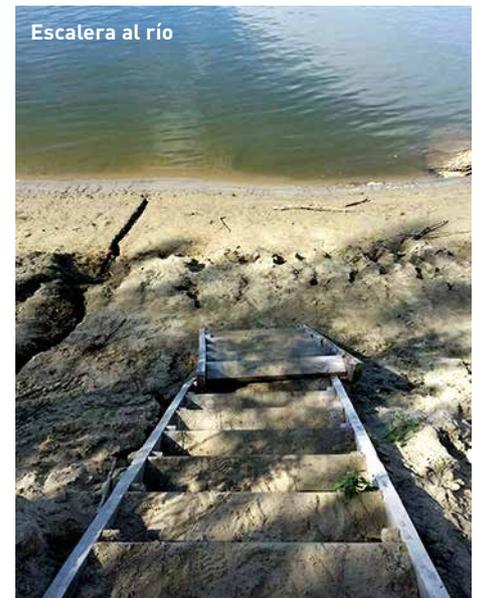
- Le quedaron chiquitos - me decía mientras juntaba los dedos de la mano, buscando el tamaño de una canica. - Después, durante junio hizo mucho calor: días de Sol... Para mí es una tristeza haber perdido esos días trabajando en la ciudad y no acá, en el bosque, en el río...

Tola es arquitecto, fanático de *Ali-cia en el país de las maravillas* y, fundamentalmente, un nostálgico. Le provoca risa el que, en español, la letra hache inicial no se pronuncie y uno de sus hobbies es descubrir las viejas casas de la ciudad de Tomsk que se caen a pedazos y entre las cuales crecen flores. Parte de su familia es de origen kasajo y por eso, a menudo nombra las tierras que visitaba de pequeño: esas en las que crecían girasoles y deliciosas frutas y verduras: "El maíz, la sandía, los tomates... todos son más ricos en Kasajistán." Cuenta que en el estudio donde trabaja, uno de sus compañeros un día llevó un tomate de Kasajistán para convidar: "Era un tomate ROJO, grande, perfumado: lo cortó en cuatro pedazos y lo comimos: nunca más volví a comer un tomate así." Con los mismos valores románticos, y desde su posición política conservadora, puede pasar horas hablando

sobre la Revolución del '17, sobre los partigiani del dopoguerra y sobre el conflicto actual entre Rusia y Ucrania. Volviendo al bosque, es verdad: a Tola se lo ve triste. Con este clima, no es lo mismo hacer las travesías que suele hacer en bicicleta, para encontrar una cría de oso salvaje (como le ocurrió el año pasado), por ejemplo. De todos en el bosque, es uno de los que más trabaja: tira la basura, se ocupa de que el bidón esté siempre cargado de agua y espanta a los caballos que suelen llegar por la madrugada para comer los restos de la cena. Lee muchísimo y se puede hablar con él sobre cualquier tema. *¿Sabés por qué se mueven tanto los peces?* - una vez me preguntó - *porque están comiendo mosquitos: a la noche, el agua del río está más caliente, lo que atrae a los mosquitos, que siempre quieren calor. Entonces, ahí, los peces aprovechan a saltar y comérselos.* El pollo ya estaba listo para ser fraccionarlo. Al acercarme a la cantimplora gigante para lavar minuciosamente la tabla y el cuchillo que había utilizado para cortarlo, vi a Tola por la ventana de la cocina y sentí culpa. Creí conveniente bajar hasta el río para lavar los aparejos: Tola siempre camina hasta el pozo, para que no nos falte el agua y no quise usar lo que nos quedaba, limpiando restos de pollo crudo. Cerré la canillita de la cantimplora, le hice una señal para avisarle que ya regresaba y fui en dirección al río. Arena y agua a montones, la tabla y el cuchillo quedaron impecables. ¿El asado? Un éxito.

23:18Hs.

Quizá la cantidad de comida no sea abundante como la acostumbrada en la casa de una familia italiana. Pero lo que no falta en Rusia es, a la hora del postre, una gran variedad de galletas, caramelos, facturas, bombones, frutas, queso y té de mínimo dos o tres sabores. Aquella noche, cuando el paquete de trescientos gramos de semillas de girasol se acabó y ya nadie quería ir afuera para cargar nuevamente la pava con



Escalera al río

agua, decidimos ir a dormir: después de todo, amanece temprano, nadie tiene persianas y Tola sabe que pronto llegan los caballos.

Día 7

11:38Hs.

La noche anterior habíamos probado una nueva técnica para cocinar pollo: en paquetes de aluminio. Quizá, el mayor beneficio no haya estado en el gusto - a pesar de que logramos algo decente -, sino en el tiempo destinado al aseo de las herramientas. (El gusto no puede competir con el del pollo grillado, arrojado desalmadamente sobre las rejas de la parrilla). Estaba de nuevo frente al río, apenas un poco más movido que ayer. Comenzaba a atardecer y se acercaban los primeros mosquitos. No importaba: sabía que no me llevaría demasiado tiempo: eran pocas las cosas para lavar y mi técnica de arenado mejoraba cada día. Esta temporada, la incorporación de dos escaleritas de madera facilitan el descenso a la orilla; al menos, en un tramo. El año pasado, había una pared de arena que había que escalar o dejarse patinar al mejor estilo libre, cacerolas en mano.

16:54Hs.

La tarde era ideal para trabajar un rato frente a la computadora: los niños jugaban en el río, Anna leía en

la habitación de al lado, el resto de la familia había ido por hongos en el bosque, y mi ritmo de escritura era bueno. ¿Qué más pedir? Un poco de chai no sonaba nada mal. Cuando fui a buscar agua, debido a la torpeza con la que manipulo el bidón mayor, distraje a Anna de su lectura. Salió y después de confirmar que no se trataba de una bestia salvaje, me sonrió, aliviada y me invitó a tomar té junto a ella. Anna tiene treinta y dos años, es madre, arquitecta y una talentosa artista amateur. Tiene una gata y un diccionario inglés-ruso de dos tomos. Actualmente, mira series sobre asesinatos y lee *Ana Karenina*. Su padre está orgulloso por el modo en que chifla y ella reconoce que su mayor pecado es comer trescientos gramos de caramelos por día. Normalmente, cuando alguien nos ofrece tomar mate, café o té, la infusión no es más que una excusa y lo que hacemos, verdaderamente, es charlar. Pero con Anna, no es así. Aquella tarde, tomamos el té y no hicimos nada más que eso. Además de su ruso nativo, sabe alemán; yo, que además de mi español nativo, hablo un puñado de idiomas, no cuento entre ellos ni el uno ni el otro. La falta de comunicación no es, sin embargo, motivo para que no disfrutemos de nuestra compañía. Y, de alguna manera, poco a poco, empezamos a desarrollar una lengua nueva, mezcla de las que conocemos y varios gestos complementarios.

**18:40Hs.**

A falta de una conversación fluida, iba por mi cuarta taza de té cuando me di cuenta de que era tiempo de ir a lavar ropa al río. El atardecer no implicaba un problema de falta de luz (la noche llega tarde en el bosque) sino la profusión de mosquitos. Cuando llegué a la orilla, me di cuenta de que era uno de esos días en los que el río tenía una gran cantidad de objetos flotantes. Dejar el aseo de las prendas para otro día era usar una excusa demasiado trucha: cómo amanecerá el río es, cada maña-

na, algo incierto. Además, realmente necesitaba hacer algo con mi ropa. La mejor estrategia es, en estos casos, usar las manos y brazos para hacer a un lado toda basurita, ramita, bichito, hojita, o cosita que no queremos saber de qué se trata y, rápidamente, insertar la palangana donde pensamos remojar la ropa. Ahí, tendrá lugar el resto de la magia: un poco de jabón en polvo y hacemos movimientos que activen las microsferas que la caja del producto promete ser milagrosas.

**Día 10**

**16:42Hs.**

Volvía del almacén. No podía dejar de pensar a quién se parecía la vendedora. Era una actriz, una de afuera... también pensaba en que tenía que acordarme de buscar las rejas de la parrilla que había dejado enterradas en la orilla del río, para aflojar la grasa. Al regresar, descubrí la bombilla (pensé que la había perdido) y no pude resistir las ganas de prepararme unos mates. No pude esperar a llegar a mi habitación y me cebé el primero en la cocina. De pronto, vi a Anna, ya con palangana y bártulos en mano, dirección al río. Le había dicho, o al menos así lo había intentado, que la ayudaría. Pero, cuando no se comparte un idioma ni el amor por los mates es casi imposible pedir unos minutos de gracia para que no se enfríe la yerba. No tuve más remedio que dejar la bebida y salir corriendo. Anna ya estaba en cuclillas y encabezaba una fila de platos, tazones soperos, vasos, pocillos, bowls, una tabla para picar y una inquietante figura hecha con cubiertos clavados en la arena. Me acerqué y, también en cuclillas, empecé a echar arena húmeda en un plato. De pronto, resolví el misterio: ¡Cher, la señora que atiende el almacén se parece a Cher!

**00:06Hs.**

El día de lluvia terminó con una sopa de hongos y smetana, un partido de cartas multitudinario y una

película en la cama. La dificultad llegó después, justo antes de ir a dormir. Si salir de la cama, aun cuando las condiciones son óptimas (una habitación generosamente calefaccionada, a la que podemos llegar caminando en pantuflas) es difícil, en el bosque, ir a lavarse los dientes constituye poco menos que un acto heroico. Lo mejor es cepillarse los dientes dentro de la habitación y luego salir corriendo hasta el otro extremo de la casa, donde está la cantimplora: un buche y de nuevo adentro. Después, relajarse. Con la práctica, finalmente, nos acostumbramos a bajar a ciegas los escalones de la entrada de la casa y a encontrar la canillita de plástico para que empiece a salir el agua.

**Día 12**

**15:00Hs.**

No puedo explicar por qué pero, para mí, el día de "banya" se vive como la llegada de un circo al pueblo. Los martes y los viernes, hombres y mujeres por separado, tienen la oportunidad de higienizarse. Cada uno debe llevar sus palanganas, productos de limpieza y toallones. Allí, les proveen el agua caliente y, para los interesados, también un baldazo final de agua fría. Debido a mi baja presión arterial, no puedo asistir a la ceremonia y, confieso que, en cualquier caso, continuaría utilizando el río para el resto de los días de la semana. Similar a la "banya", otra práctica frecuente en Rusia es el sauna. Las personas alcanzan una temperatura tan elevada que, al salir de la sala, se arrojan a la nieve. Me aseguran que esto es cierto. A pesar de que existen saunas comerciales, no es raro que algunas familias tengan un sector de la casa especialmente dedicado a este fin.

**16:12Hs. - Hora de visitas.**

El camping pertenece al sector docente de la Universidad de Tomsk, los usuarios son siempre los mismos y se conocen entre sí. Adultos y niños tienen sus amigos estacionales.



Sauna en la casa de Irina, una amiga de la familia. Está dentro de una construcción, en el jardín de la casa y no cumple otra función más que esa. El lugar cuenta con dos habitaciones: el sauna (arriba) y una sala donde relajarse, tomar chai, conversar con familiares y amigos, antes de continuar las actividades diarias.

Aquella tarde, llegaba Tania con su hija Masha. Traía, colgada del manubrio de la bicicleta, una bolsa y allí, el Dixit. Un juego basado en imágenes y en el cual las palabras - especialmente, las rusas - no son tan necesarias. Una alternativa más que interesante para extranjeros. Pensé que ofrecer mate a nuestra invitada sería un buen plan. Tania aceptó pero no duró más que un sorbo. Su reacción es la frecuente y mis expectativas no eran grandes. Sin embargo, persistí.

La noche siguiente, tuve la oportunidad de convidar mate a las amiguitas de Polina y Masha. De todas las respuestas que llevo acumuladas hasta ahora (“¡Oh, qué amargo!”, “¡Oh, qué caliente!”, “¿Es marihuana?, porque ya

siento que empiezo a flotar”, etc), la de una de estas niñas fue sorprendente: “Mmm.. no estoy segura de que mis padres me dejen probar eso.”

### Día 13

4:59Hs.

Ya ni siquiera quedaba la música que se suele escuchar hasta tarde. (Viene de una de las cabañas más nuevas y, según me explicaron, la mayoría son canciones soviéticas tradicionales.) Además de la luz roja clavada en medio del río, que señala la dirección de los barcos, lo único que brillaba era la pantalla de mi celular. La encendía, veía la hora, y la apagaba inmediatamente. Así, en intervalos de menos de un minuto.

No amanecería por varias horas más y esperar era, más que una alternativa, un imposible. El fresco de la noche, las probabilidades de pisar insectos o, peor todavía, cruzar algún animal, eran variables que me retenían en la habitación, incluso con las botas y la campera puestas. La única motivación positiva era la certeza de que, a esa hora, no debería esperar en una fila para ingresar al baño. Sin pensarlo más, salí.

15:23Hs.

Esa tarde, haríamos un paseo en el bote. El año pasado habíamos recorrido la isla del otro lado del río y, por no repetir la actividad, Vladimir propuso hacer un fogón en la costa. Bombero, marinero, instructor de esquí; Doctor en Historia y autor de varios libros, Vladimir tiene uno de los CV más eclécticos que conozco. Hacer largas caminatas con su perra Duna, los juegos de cartas y practicar deportes son algunos de sus hobbies. Como buen local, conoce la fauna y flora de la isla con precisión. Como extranjera absoluta, quise ayudar juntando ramas y hojas siempre con el mismo poco éxito de elegir las húmedas, verdes o las que, a pesar de aparentar lo contrario, no prenderían un fuego siquiera usando pastillas “Carbonitas”. Sin insectos a la redonda y con el calor de la fogata, lo único que nos hizo pensar en regresar al campamento fueron las nubes. Vladimir calculó hasta qué hora podríamos quedarnos en la isla y cruzar el río sin mojarnos. La estimación fue perfecta y la tormenta comenzó apenas unos minutos después de entrar en la casa.

19:00Hs.

Anna y Tola no tuvieron nuestra suerte y la lluvia los sorprendió a metros de llegar a la casa. Antes de cambiarse la ropa mojada, apoyaron sus bicicletas en el tronco del árbol, cada uno arrancó un puñado de pasto y, frotando las hierbas, en pocos minutos quitaron el barro de los caños.

## Día 15: Paseo por el pueblo

11:08Hs.

Terminamos de desayunar y, mientras enjuagábamos las tazas, Tola me preguntó si prefería recorrer el pueblo caminando o en bicicletas: *Caminando, así puedo sacar fotos.* En Kirovsk, el recorrido que hace el agua supera al ciclo que estudiamos en el colegio de evaporación, condensación, precipitación, etc., etc. ¿De dónde trae Tola el agua que usamos en la casa? En principio, de un tanque que queda a varios metros de nuestra cabaña. El lugar tiene, de todos modos, tanques más pequeños distribuidos para evitar que los usuarios tengan que ir, cada vez, al “tanque mayor”. -Pero el agua de estos tanques tiene sabor a hierro: un gusto horrible. Por eso, prefiero caminar un poco más. ¿Y, de dónde llega el agua del tanque mayor? Antes de descubrirla, Tola se ríe y me lleva hasta una modesta construcción de madera, apenas más grande que la cucha de un perro. Al abrirla, veo una bomba de agua oxidada, pinchada, rodeada por un charco, en la parte de abajo y por una dotación de moscas, en la parte de arriba. Antes de seguir el recorrido, es necesario regresar a la casa para dejar varios bidones que serían usados durante el día. Ahora, era necesario ver de dónde llega el agua de la bomba. Para eso, tuvimos que caminar algunos metros más. Después de las vacas, el pantano y el hospital, apareció el tanque de todos los tanques. Todavía faltaban unos metros para llegar hasta él pero ya se veía, colosal. En la medida en que nos

Uno de los tanques más pequeños, distribuidos por el campamento.



acercábamos, noté restos de algodón - o guata - que cubrían parte de su superficie: “Eso es para que, durante el invierno, quede protegido de la nieve, y la gente no se quede sin agua.” Final de recorrido. De buscar un origen más remoto, temía que llegásemos a China. El tanque no ofrecía ningún espectáculo; sin embargo, inerte como todos los tanques, nos mantuvo unos minutos extasiados mirándolo. Pronto, comenzaron los llamados al celular. Eran Babushka y Anna que, sabiendo sobre nuestra visita al pueblo, nos pedían comprar productos que normalmente no conseguimos en el almacén más cercano. La lista no era ambiciosa y, como no había apuro, aprovechamos el camino de regreso para visitar un poco más el lugar.

## Día 19

8:48Hs.

La mañana parece haber comenzado más temprano. Llegaba Olga de la ciudad y Tola había salido para buscarla en la estación de bus - un palo clavado en medio del pasto, frente del almacén y pegado al borde de la calle. Es interesante observar el movimiento de la parada. Los que bajan, o sea, aquellos que vienen de la ciudad, están frescos: se pueden oler sus perfumes; las mujeres llegan maquilladas y los hombres, afeitados. Cuando el interior queda vacío, una larga y desordenada fila de personas intenta ingresar aplicando el método del embudo, desesperados por el zumbido de las moscas y el ataque de los tábanos.

8:48Hs.

La sobremesa del desayuno sigue pero hace ya varios minutos que Olga se fue. Se mueve de la cocina al patio, casi como un dibujo animado. Después de ver atentamente el árbol frente suyo, elige la rama para dejar el paquete de carne picada que tiene en la mano. Mientras comienza el proceso de descongelamiento, sigue pelando zanahorias e hirviendo papas. Pronto, se queda sin utensilios lim-

pios y con Anna nos ofrecemos para lavar en el río los platos y ollas de la cena de la noche anterior. Al regresar, encontramos a Babushka (la madre de Olga) que, por un problema de comunicación, viene a avisarnos que el almuerzo está listo. Para no herir el ego de ninguna de las dos cocineras, resolvemos almorzar la preparación de Olga y cenar la de Babushka.

15:45Hs.

Con el pelo mojado y el frío de una tarde mucho más ventosa y nublada de lo que había sido el comienzo del día, el guiso de Olga fue clave. “¡Vkusnyy!” (¡Rico!) le decimos a la cocinera. Ella agradece pero enseguida aclara que, como en su casa, no puede cocinar en ninguna otra parte. Claro, allí tiene sus materiales, cuatro hornallas, un horno y, sobre todo, agua corriente ilimitada. Psicóloga de profesión y fotógrafa aficionada, Olga tiene pilas de álbumes dedicados a sus flores, que crecen en la datcha. También toma fotos de personas, especialmente, de sus familiares. Y, como sabe que a veces puede incomodar a alguien, tiene un set de estrategias para disparar el botón sin tener que mirar el visor de la cámara. Mientras continúa la conversación, click, y saca una foto; de pronto, se retira de la habitación, aparece por otro lugar y, click, otra foto. Fotografía, incluso, a la persona con la que está hablando por Skype (aplicando la misma técnica de disparo discreto: el aparato es apenas perceptible en su pantalla, pero el sonido captado por el micrófono pronto la delata). Por la ventana, entraron Polina y dos amigas, hambrientas y con las mejillas coloradas de correr. Anna se levantó para enjuagar tres platos y les sirvió lo que quedaba del almuerzo. Antes de terminar la tercera - o cuarta - taza de té, Olga fue, nuevamente, la primera en levantarse de la mesa. Esta vez, para regresar a la ciudad. Colgó la mochila de sus hombros, le dijo a Tola que no era necesario ir en auto hasta la

parada del colectivo y se fue.

## Día 21: fin de temporada

10:28Hs.

El último día de vacaciones en nada se parece a lo que fue el resto. Las valijas, la atención puesta en el reloj, los cálculos de distancia hacia el aeropuerto o a la estación. Pero, cuando las vacaciones que terminan, terminan en Kirovsk, todo esto sucede de un modo menos sistemático.

-Tola, ¿sabemos a qué hora regresamos a la ciudad hoy?

-Alrededor de las tres

-Bien

-Sí, así, puedo cenar con ustedes en casa de Vladimir y Olga, sin que se haga demasiado tarde para volver.

-Ah, ¿ustedes con Anna y Masha se quedan más tiempo en el bosque?

-Sí, unos pocos días más... dos o tres

-¡Qué bien!

-Es raro quedarse acá, solos: un poco triste, por momentos... pero como es el único momento del año en que tenemos vacaciones, aprovechamos.

Me levanté, dejé la taza en la palangana de los platos sucios y me preparé para salir a correr por el bosque, actividad que aquí no es recreativa sino necesaria para entrar en calor y sentirme en condiciones de tomar un baño en el río.

14:18Hs.

Hacia una hora, al menos, que ya había entendido que no viajaríamos a las tres de la tarde. Todos en la casa seguían sus actividades y yo empezaba a sentirme un poco ridícula por tener la valija lista, cerrada y ya sobre dos ruedas. Saqué mi libro de la mochila y comencé a leer hasta esperar la señal de retirada. De pronto, del otro lado de la pared, sonó el celular de Anna. Pocos minutos después, apareció, del otro lado de la ventana, golpeando el vidrio. Ya debemos salir, pensé. Corrí la cortina y ahí estaba Anna, llevando una

mano a su boca y masticando aire: mueca con la que estos días me notificaba que era hora de almorzar.

10:28Hs.

Al regresar de la casa de Babushka, los preparativos para el viaje seguían quedando postergados, así que aproveché para tomar una siesta. Sólo desperté al escuchar las carcajadas de Masha, que llegaba del río junto a sus padres y una amiga. En la familia de Anna, Tola y Masha, disfrutaban mucho nadar en el río, así como de toda actividad que puedan hacer en la naturaleza. A pesar de que Kirovsk no está lejos de su casa en la ciudad, el campamento del bosque permanece cerrado gran parte del año y abre sólo cuando comienza el verano. Cada vez que puede, al terminar su jornada laboral, Tola toma su bicicleta y recorre los parques de Tomsk, enormes. Su hija, Masha, se entretiene con dibujos y pinturas. Al bosque también lleva su set de pinceles y témperas, pero los usa principalmente los días de lluvia. Perseguir monstruos imaginarios en la noche, fabricar una caña de pescar con una botella de plástico y pan duro, jugar con un bote hecho por su abuelo, juntar hongos y frutos, ver cómo se alejan las velas flotantes sobre el río Ob: esos son los juegos que más disfruta. De pronto, comienzan



Uno de los tanques más pequeños, distribuidos por el campamento.

a escucharse algunos ruidos: puertas que se abren y se cierran, el auto que estaciona más cerca de la casa para cargar valijas y bolsas y el llanto de Polina porque no encuentra la llave de su cuarto. Quise subir al auto pero me dijeron que, para eso, faltaba. Antes de salir hacia Tomsk, visitaríamos a Babushka, que nos esperaba con chai y café en su casa.



Era reconfortante saber que en poco más de una hora, estaría en un departamento con baño, canillas y agua. No me molestaba la idea de despertar muy temprano, en la madrugada, para tener tiempo suficiente de tomar una ducha tibia - antes de salir hacia el aeropuerto.



Al escribir y releer mis veintiún días en el bosque de Siberia, revivo los episodios con alegría; también es cierto que no podría permanecer otros veintinueve ni, seguramente, otros cinco. Allí, me sentí realmente muy bien, pero no soy la persona que soy gran parte del tiempo. ¿Volvería el año que viene, a pesar de la falta de un sistema de agua corriente y del ataque de insectos? Y, ¿cómo no: qué son tres semanas en todo el año!?

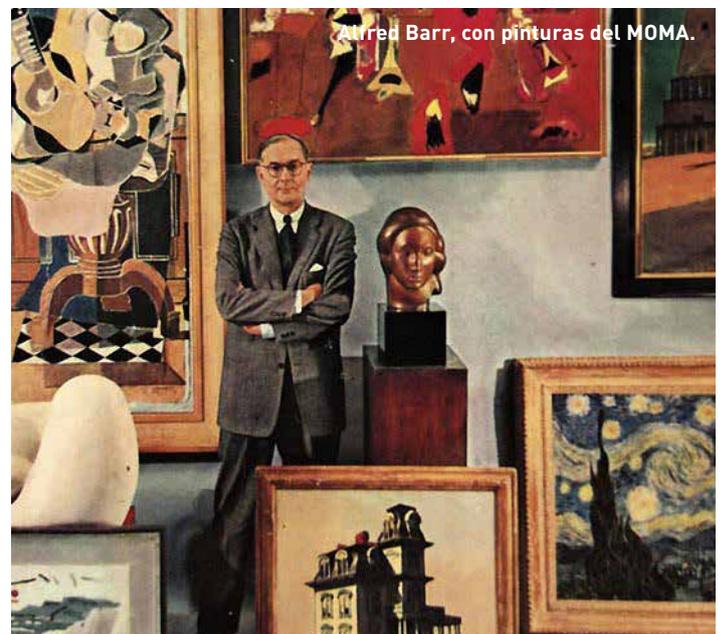


**Guillermo Orellana**  
Diseñador Gráfico (UBA)

## El Biomorfismo

En pintura y escultura, las formas biomórficas son aquellas imágenes que, si bien pueden ser abstractas, se refieren, o evocan formas, tales como plantas y el cuerpo humano. El término proviene de la combinación de las palabras del griego bios, que significa vida, y morphe, que significa forma.

Utilizado por primera vez en 1936, este estilo se trasladó a la pintura, la escultura y más tarde al diseño industrial. El arte biomorfista se centra en el poder de la vida natural y utiliza formas orgánicas, o referentes a la biología. Traza sus conexiones con el arte surrealista y el Art Nouveau. Es un movimiento artístico que comenzó en el sigloXX. Utiliza elementos del diseño artístico de los patrones o formas que recuerdan a la naturaleza. Llevado a su extremo, intenta forzar formas naturales en sobre las funcionales, logrando a menudo resultados mixtos. El término fue acuñado en 1935 por el escritor británico *Geoffrey Grigson* (1905 – 1985) y posteriormente utilizado por *Alfred H. Barr* en el contexto de su exposición de 1936, Cubismo y arte abstracto. El arte biomorfista se centra en el poder de la vida natural y utiliza formas orgánicas, con toques sin forma y vagamente esférica de las formas de la biología. A Continuación algunos de sus representantes:



### Jean Arp (1887-1966)

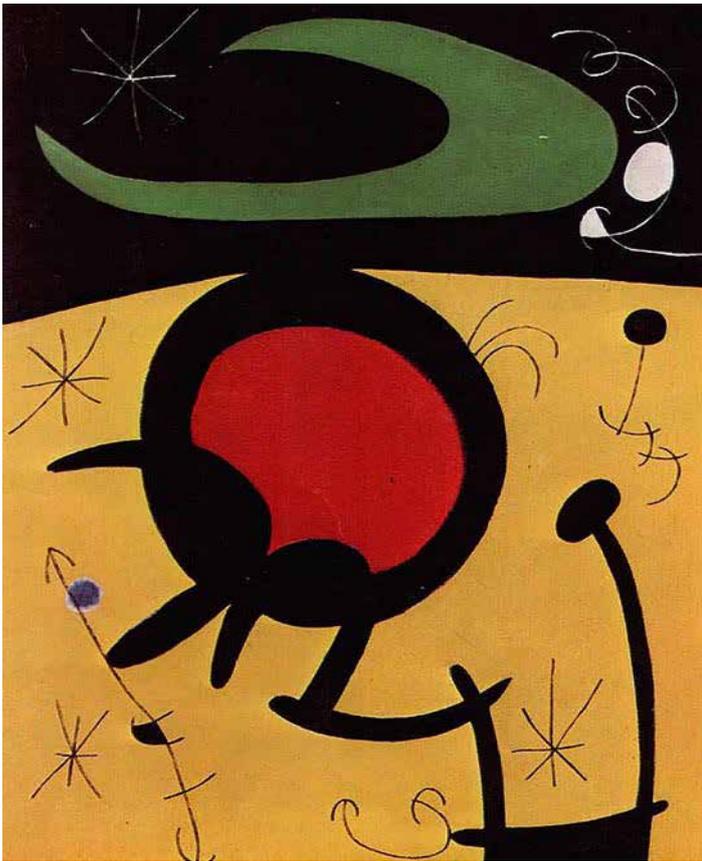
Nacido en Estrasburgo, Arp combina las técnicas de automatismo y las oníricas en la misma obra desarrollando una iconografía de formas orgánicas que se ha dado en llamar escultura biomórfica, en la que se trata de representar lo orgánico como principio formativo de la realidad. Su poesía se incluye dentro del movimiento surrealista.



"Configuration" 1927. Oleo sobre lienzo.

Escultura "Cloud Shepperd" 1953





"Vuelo de Pajaros" 1953. Oleo sobre lienzo.

### Joan Miró (1893-1983)

Pintor español, estudio en la Academia de Bellas Artes y sus obras muestran una amplitud de influencias. Posteriormente, Miró hizo obras más etéreas. Fue considerado uno de los máximos representantes del surrealismo. En su obra reflejó su interés en el subconsciente, en lo "infantil" y en su país.

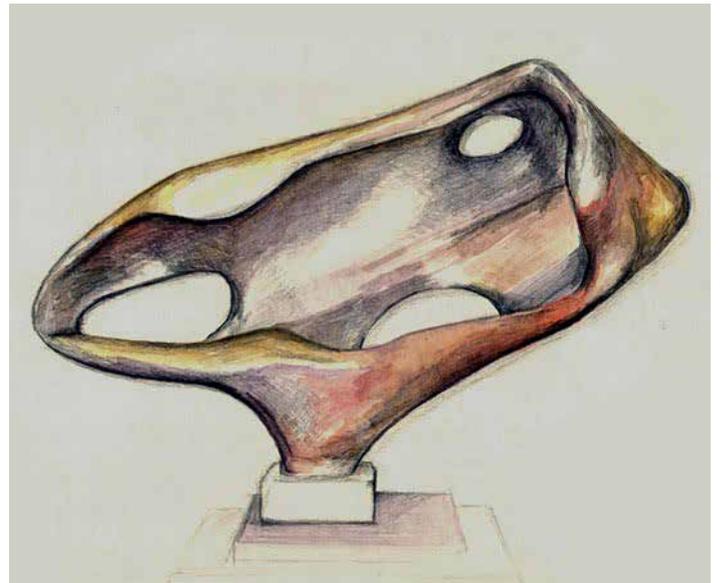
"El rojo persiguiendo a la Alondra" 1953. Oleo sobre lienzo.



## Barbara Hepworth (1903-1975)

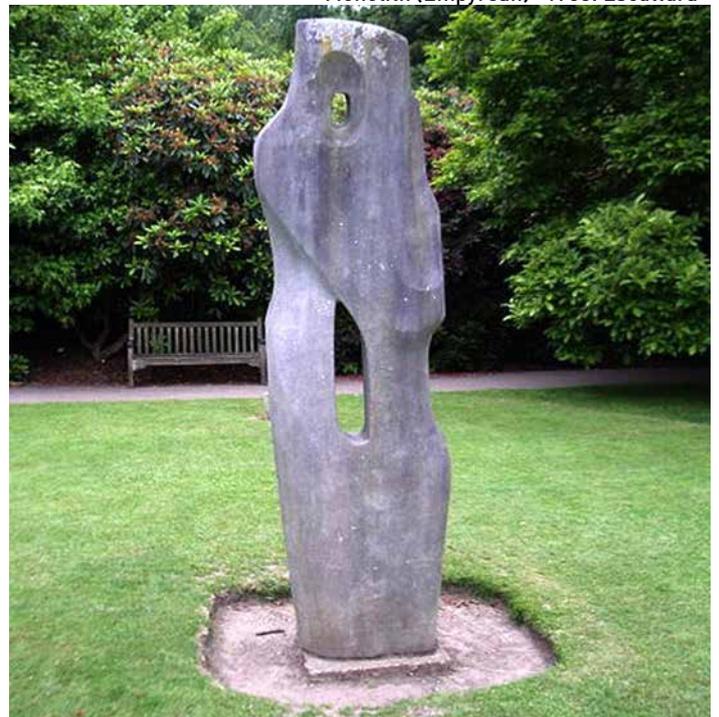
Cursó estudios en la Leeds School of Art y en el Royal College of Art de Londres. Se destacó por sus trabajos en piedra, metal y madera. En 1931, realiza las primeras perforaciones en sus esculturas, desde entonces gran parte de su obra presenta espacios huecos, que a veces pintaba o reforzaba con un entramado de cuerdas o alambres. Sus obras se fueron haciendo más grandes y compactas, en 1964 realiza el monumento del Dag Hammarskjöld, en la sede de las Naciones Unidas en Nueva York, Estados Unidos. En 1959 recibe el Gran Premio de la Bienal de São Paulo, Brasil.

Guillermo Orellana ●  
[Volver](#)



Boceto de "Sea Form (Porthmeor)" 1958

"Monolith (Empyrean)" 1953. Escultura



"Pelagos" 1946. Olmo y cuerdas con base de roble.



**STAFF****Elementalwatson “la” revista**

Revista cuatrimestral de divulgación  
Año 5, número 15

Universidad de Buenos Aires  
Ciclo Básico Común (CBC)  
Departamento de Biología  
Cátedra F. Surribas - Banús  
PB. Pabellón III, Ciudad Universitaria  
Avda. Intendente Cantilo s/n  
CABA, Argentina

**Propietarios:**

María del Carmen Banús  
Carlos E. Bertrán

**Editor Director:**

María del Carmen Banús

**Escriben en este número:**

Tamara Abramoff  
Alejandro Ayala  
María del Carmen Banús  
Juan B. Beltramino  
Adrián Fernández  
Sara Fernández  
Liliana Guerra  
Edgardo Hernández  
Jennifer Micó  
Víctor Panza

**Diseño:**

Guillermo Orellana

revista\_elementalwatson@yahoo.com.ar  
www.elementalwatson.com.  
ar/larevista.html

**54 011 4789-6067**

Todos los derechos reservados;  
reproducción parcial o total  
con permiso previo del  
Editor y cita de fuente.

Registro de la propiedad intelectual  
N° 841211

ISSN 1853-032X

Las opiniones vertidas en los  
artículos son responsabilidad  
exclusiva de sus autores no  
comprometiendo posición del editor

**Imagen de tapa:**

“Burujas de vida”  
Óleo sobre tela, año 2005  
María del Carmen Banús

# FELICES VACACIONES !!!

**María del Carmen Banús**

**CORREO DE LECTORES (Comunicate con nosotros!)**  
revista\_elementalwatson@yahoo.com.ar

# Elemental Watson LA REVISTA

DICIEMBRE 2014



<http://www.elementalwatson.com.ar/larevista.html>