

## Interpretación eléctrica de las figuras cariocinéticas y el aporte de la electricidad a la Genética

---

(Ver N° 10/12 de esta Revista — Oct. Dbre. 1926 — *Electrogenética*)

Al finalizar un período de vacaciones del verano del 1925, una feliz casualidad me puso en contacto con un libro publicado en Italia por Alberto Pirovano dos años antes intitulado “*La mutazione elettrica delle specie botaniche e la disciplina dell’eredità nell’ibridazione*”.

La posibilidad de conseguir mutaciones por intermedio de determinadas acciones eléctricas, era un tema demasiado atractivo para no interesarme, y convencido como lo soy del poder de la electricidad, preparé un trabajo que fué leído por el que suscribe en el salón de grados de la Universidad de Córdoba, trabajo que después, a pedido del señor Rector Dr. León S. Morra, fué publicado por la Revista de la misma Universidad.

Para poder demostrar que era posible intervenir con acciones eléctricas sobre los cromosomas, como lo demostraba Pirovano, era menester dar antes una interpretación eléctrica a las figuras cariocinéticas, lo que hice, ignorando en absoluto los trabajos anteriores del Dr. Angel Gallardo— con el cual me honro de haber coincidido con su primera interpretación; me refiero a la publicada en 1896.

Mi finalidad entonces fué principalmente aquella de hacer conocer los trabajos y los resultados conseguidos por Pirovano. Sin embargo actualmente en posesión de las publicaciones del Dr. Gallardo, debido a la amabilidad del Dr. Fernández, me es grato volver sobre el tema.

Para los lectores que no están en antecedentes de los trabajos de referencia haré un breve resumen de ellos. Transcribo de mi conferencia: “*La célula es una masa de protoplasma viscoso, que lleva un núcleo en el centro, pequeña vesícula constituida por sustancias que difieren marcadamente de las que forman el resto de la célula (Fig. 1).*”

“*El núcleo está limitado por una membrana, y entre núcleo y membrana existe un jugo en el cual flota un filamento llamado cromatina substancia muy compleja, llamada así por su afinidad con ciertos colorantes.*”

“*La primera transformación que experimenta el núcleo de una célula es la división de la cromatina en partículas llamadas cromosomas, que aparecen generalmente bajo la forma de V o de U (Fig. 2).*”

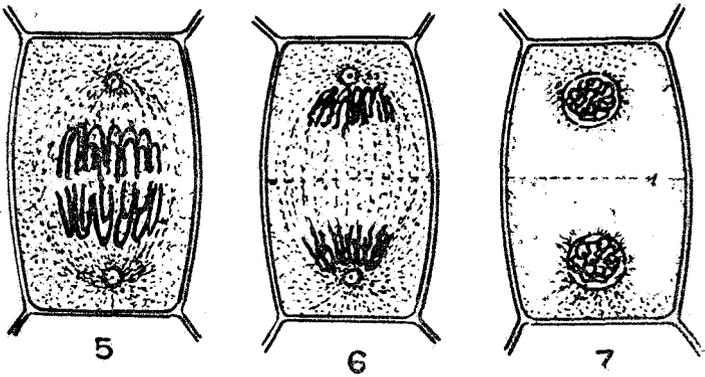
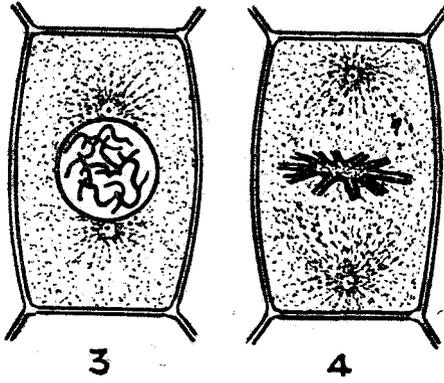
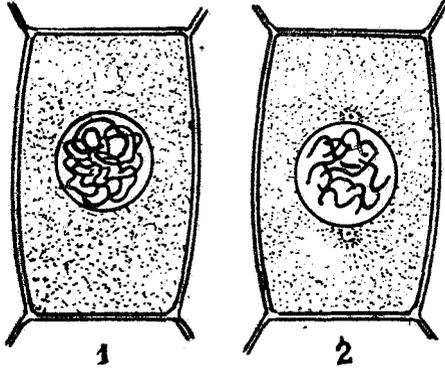
“*Así como los átomos de los cuerpos están constituidos por un número determinado y constante de electrones, el núcleo de cada especie animal o vegetal, encierra un número determinado y constante de cromosomas. El trigo por ejemplo lleva 16 cromosomas en todas sus células; el maíz 20, el tomate 24 (1).*”

“*Podemos equiparar la célula a un espectro magnético provocado por un imán. Un imán lleva dos polaridades; la Norte y la Sud: es decir la positiva y la negativa. Si sobre un cartón esparcimos limaduras de hierro, y por debajo colocamos un imán, las limaduras por efecto de la inducción magnética, toman una orientación bien definida. Cada gramo se junta a otro hasta formar una cantidad de filamentos que cierran los dos polos formando un huso. El recorrido de cada filamento demuestra la existencia de las líneas de fuerza, llamándose superficie equipotencial, al plano ortogonal a dichas líneas.*”

“*Ahora bien, durante la transformación que experimenta el núcleo de una célula, luego que la cromatina se ha dividido en cromosomas, aparecen las dos polaridades (esferas directrices) que se evidencian siempre más, uniéndose en forma de huso, por intermedio de delicados filamentos de granulaciones protoplasmáticas.*”

---

(1) J. F. Nonidez. Variación y herencia en los animales domésticos y las plantas cultivadas.



“ Dichos filamentos constituyen las líneas de fuerza, mientras que los polos se designan centrosomas (Fig. 3).

“ Al formarse el huso acromático, se disuelve la membrana nuclear; el jugo que encierra se difunde por el protoplasma, y los cromosomas quedan libres, disponiéndose entonces sobre placas ortogonales a las líneas de fuerza, es decir según superficies equipotenciales. (Fig. 4).

“ Entonces los cromosomas se hienden hasta separarse en dos mitades (polos magnéticos) atraen cada uno igual número de mitades de cromosomas; el cuerpo celular se estrangula según un plano perpendicular al eje del huso, produciéndose dos células que llevan el mismo número de mitades de cromosomas nacidos de la división equitativa de las que poseía la célula madre (Figs. 6, 7) ”.

Ahora bien, esta interpretación ha coincidido en sus líneas generales con la del Dr. Gallardo, presentada simultáneamente con Ziegler en 1896, donde demuestra la bipolaridad de los fenómenos de cariocinesis y la heteropolaridad de los mismos.

Sin embargo, en 1906 —exactamente diez años después— en vista de varias objeciones suscitadas por dicha interpretación, el Dr. Gallardo, aun sosteniendo el carácter bipolar de la división, modifica la forma de distribución de las polaridades y precisamente atribuye a los centrosomas una misma polaridad, mientras designa una polaridad de signo contrario a la cromatina, basándose así en las propiedades eléctricas de las soluciones coloidales, concepto introducido por Lille en 1903.

“ Si ambos centrosomas —dice el Dr. Gallardo— son heteropolares deben atraerse y no rechazarse, como se observa durante la profase ”. (Fig. 2).

La observación es exacta. Sin embargo, la misma dificultad surgiría entonces por la nueva interpretación en la metafase, pues si a los cromosomas se les atribuye una carga eléctrica contraria a la de los centrosomas como pueden trasladarse en la placa ecuatorial, dónde aparece en la metafase? (Figs. 3 y 4). Cargas de signo contrario se atraen y no se rechazan.

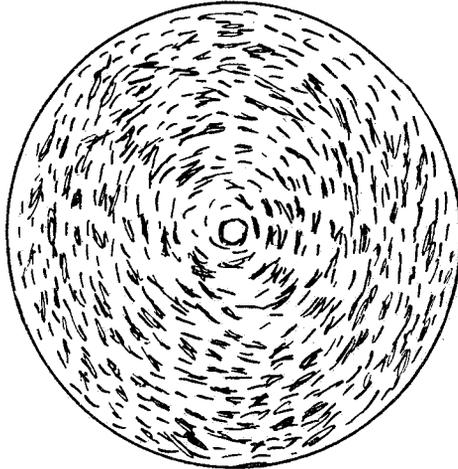
Aceptamos entonces para ambas interpretaciones lo que el Dr. Gallardo dice, a raíz de los trabajos de su ex - alumno Dr. Horacio Damianovich que, empleando soluciones coloidales de signo

apropiado consiguió reproducciones artificiales de las distintas fases de la división nuclear y celular que “*además de la polaridad eléctrica, propia de las soluciones coloidales, intervienen fenómenos de difusión y de tensión superficial, una cierta polaridad hidrotática, y probablemente la energía química de los diversos coloides.*”

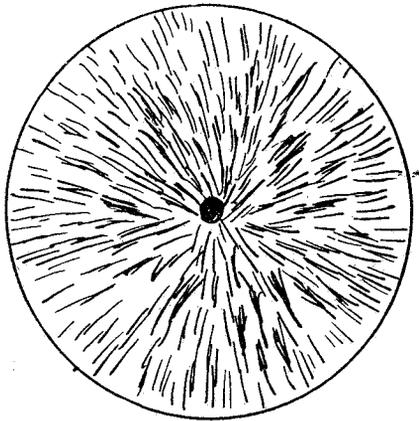
Otra objeción muy grave, respecto a la distribución de la polaridad —sigue el Dr. Gallardo— ha sido formulada por Federico Baltzer en su tesis sobre la mitosis multipolares presentada a la Universidad de Wurzburg el 13 de Julio de 1907: “*Si admitimos la eteropolaridad de los centrosomas y queremos explicar el hendimiento longitudinal de los cromosomas por la inducción de aquellos, resulta que cada mitad de cromosomas adquiriría por inducción una polaridad contraria a la del centrosoma más próximo, de manera que ambas mitades serían de polaridad contraria entre sí, y deberían por consiguiente atraerse, en vez de alejarse, como sucede en realidad*”. (Figs. 5 y 6).

En esta afirmación de Baltzer hay una errónea interpretación de los fenómenos de inducción. En efecto: en los cuerpos supeditados a la inducción eléctrica se evidencian siempre las dos clases de electricidad y precisamente electricidad de signo contrario en la parte más cercana al cuerpo influyente y de igual signo en la parte más lejana —existiendo entonces en el mismo cuerpo— que representa un conjunto perfectamente equilibrado— una zona neutra. Es precisamente en esta zona neutra donde —en el caso de los cromosomas— se averigua el hendimiento longitudinal.

En 1905, F. R. Lille, director del Laboratorio biológico de Marina investigaba si la posición de los cromosomas en la placa ecuatorial obedecía a fuerzas magnéticas o eléctricas. Creo que Lille estaba más cerca de la verdad que todos los demás, pues probablemente para una fiel interpretación de los fenómenos de la división celular, es menester considerar los dos campos: el magnético y el campo dieléctrico o electrostático. El campo magnético actúa concéntricamente al conductor, mientras que el dieléctrico actúa radialmente. Los dos campos se pueden representar con líneas de fuerzas concadenadas con el conductor; las líneas de fuerza magnética circulan, turbinan concéntricamente (Fig. 8) las dieléct-



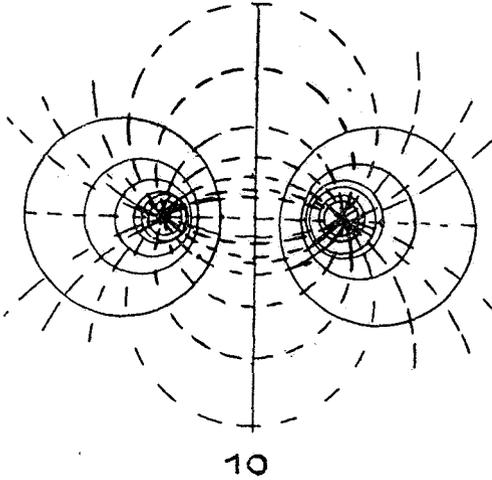
8



9

tricas se irradian normalmente (Fig. 9). En el caso de circuitos formados por dos o tres conductores (anfiaster y triaster) las líneas de fuerza magnética de cada uno de los conductores se influyen entre ellos, lo mismo las eléctricas, que no son precisamente concéntricas y respectivamente radiales sino en las inmediaciones de los conductores (Fig. 10).

El campo magnético  $\phi$  es proporcional a la intensidad  $i$  de la corriente con un factor de proporcionalidad  $L$  que constituye la inductancia del circuito:  $\phi = L.i$



El campo dieléctrico  $\Psi$  es proporcional a la tensión  $e$  con un factor de proporcionalidad  $C$  que es la capacidad del circuito o de la porción de circuito que se considera

$$\Psi = C.e$$

*Los dos campos, magnético y dieléctrico, son asientos de energía que se manifiestan capaces de acciones mecánicas.*

La energía que se almacena en el campo magnético de la corriente es dada por la expresión:  $\omega = L. \frac{i^2}{2}$

y la que se almacena en el campo dieléctrico  $\omega, = C. \frac{e^2}{2}$

Cuando el campo se disuelve, debido a la terminación de la producción de la potencia, éste devolverá al circuito la energía que había acumulado al principio. Igualmente a cada variación en el régimen de la potencia que se transmite, corresponde una variación en la energía acumulada en el campo; en el caso de aumento de potencia la energía pasa del conductor al campo donde se acumula y viceversa vuelve del campo al conductor a cada disminución. Los dos campos así son reversibles, puesto que las dos energías pueden transformarse la una en la otra, según predomine el campo magnético o el dieléctrico. A mi juicio, todo el secreto de los fenómenos de la metafase, de la anafase, es decir la formación del anfiaster y la correspondiente disposición de los cromosomas en la placa ecuatorial, el hendimiento longitudinal de los cromoso-

mas y su marcha hacia los polos, la división en dos de la célula, la desaparición del anfiaster y en fin la reconstrucción de los núcleos obedece precisamente a las variaciones de los campos arriba mencionados, el magnético y el electrostático, variaciones que son funciones de las que se originan en los centrosomas que son los verdaderos y quizá únicos reguladores de los fenómenos de la división cariocinética y celular.

Ilustres biólogos se preocuparon en todo tiempo de dar una interpretación eléctrica a los fenómenos de la división celular, entre ellos Yves Delage, profesor de la Sorbona, que en su trabajo sobre partenogénesis experimental presentado en 1907, se relaciona a una sugestión de Perrin para explicar el fenómeno.

Perrin imagina una partícula muy pequeña que crece en un medio nutritivo. Dicha partícula por su pequeñez no puede recibir ninguna carga eléctrica por corresponder la carga mínima del electrón a una superficie dada, en razón de la densidad eléctrica media.

Llega sin embargo un momento en que, por el crecimiento de la partícula, está en condiciones de recibir dos electrones, que por ser del mismo signo se rechazan y determinan el desdoblamiento de la partícula en otras dos, que empiezan de nuevo a crecer, hasta que el fenómeno se reproduce. En esta forma Perrin entiende explicar la división del centrosoma y la división longitudinal de los cromosomas, cuyas dos mitades se apartan hacia los polos bajo la doble influencia de su repulsión y de la atracción de los centrosomas, por supuesto de signo eléctrico contrario.

Esta sugestión de Perrin representa sencillamente un absurdo. ¿Qué se entiende por una partícula extremadamente pequeña que crece poco a poco y que recibe después dos electrones?

Según la teoría nuclear de Rutherford (complemento de la de J. J. Thomson) un átomo sería constituido por un núcleo central cargado de electricidad positiva, mientras que a su alrededor se arremolinan según órbitas eclípticas o circulares, electrones negativos. El número de cargas positivas que lleva el núcleo es aproximadamente igual a la mitad del peso atómico de los átomos, así para que un átomo sea *aneléctrico* es decir *átomo neutro*, es menester que cada átomo posea exteriormente al núcleo tantos electrones

negativos cuantas son las cargas elementales positivas que lleva el núcleo. Pero un átomo puede también poseer un número menor o mayor de tales electrones. En el primer caso se vuelve un *ion* positivo con una o más cargas elementales positivas excedentes; en el segundo caso un *ion* negativo con una o más cargas elementales negativas excedentes. Se conocen así —hasta la fecha— únicamente que electrones negativos cuya masa aparente o inercia es 1800 veces menor que la masa del átomo del hidrógeno (determinada por Milikan).

Fuera de los elementos radioactivos (radio, uranio, torio, polonio, etc.) la estabilidad de los núcleos atómicos es tal que en las condiciones ordinarias pueden transcurrir miles y aun millones de años sin experimentar la más pequeña alteración. Es que las fuerzas que mantienen unidas entre sí las diversas partes del núcleo son en extremo poderosas, y por lo tanto, se necesita una energía enorme para romper su estructura.

No es tan fácil así alejar un electrón de una órbita, y más aun separarlo de su átomo, consiguiéndolo únicamente por intermedio del *bombardeo* de convenientes radiaciones (y éste no es el caso invocado por Perrin).

En efecto se sabe que por el bombardeo (término utilizado por Rutherford y técnicamente aceptado) de las partículas alfa de los cuerpos radioactivos, se puede excitar de tal manera un átomo, que uno de sus electrones superficiales pase de una de sus ordinarias posiciones estables, a otra posición temporalmente estable más alejada del núcleo, o también sea proyectado afuera. Este electrón en el transcurso del tiempo, vuelve de nuevo a su antigua posición, y su energía potencial se convierte en radiación durante el proceso. En cierto aspecto un átomo excitado de esta suerte, es análogo a un átomo radioactivo.

Langevin explica el hecho manifestando que desde los núcleos de los átomos parten líneas de fuerza que terminan en los electrones. Hasta que los electrones forman parte de un átomo neutro las líneas de fuerza quedan limitadas al mismo átomo que contiene así las dos extremidades; cuando el electrón abandona el edificio atómico al cual pertenece, vienen extendidas en el espacio interpuesto las líneas de fuerza. Cada partícula electrizada, elec-

trón o ion, es así rodeado de una especie de cortejo de líneas de fuerzas eléctricas extendidas en el medio circundante y por el cual él ejerce o siente las acciones eléctricas.

Con la teoría de los *quantum* se trataba de encontrar en las leyes naturales el origen de estas partículas distintas. Planck atribuía a la energía una estructura atómica; Niels Bohr fundó una teoría más general según la cual no solamente la energía sino también las otras unidades mecánicas no pueden ser más que *múltiples enteros* de una cantidad elemental de una parte común, de un *quantum*. En el edificio atómico el núcleo o proton sería el quantum elemental positivo de electricidad, y el electrón el quantum negativo elemental.

Supongamos ahora que la partícula a que se refiere Perrin sea el quantum elemental positivo de electricidad con doble carga positiva para recibir los dos electrones a que se refiere. Tenemos entonces un edificio atómico perfectamente definido y equilibrado y los dos electrones incorporados estarían supeditados a la fuerza de atracción de Coulomb.

Mal puede así determinar el desdoblamiento de la partícula en otras dos como afirma Perrin.

---

El conocimiento de un fenómeno natural —según un sabio investigador— comienza cuando sus manifestaciones pueden encajarse en una fórmula matemática. Esta fórmula en nuestro caso aun no ha llegado.

Sin embargo se coincide en dar una interpretación eléctrica a los fenómenos de cariocinesis, interpretación confortada por las recientes investigaciones del profesor Lakhousky en Francia que afirma, que la enfermedad del cáncer en ciertas plantas se debe al desequilibrio oxilatorio de las células en la región enferma, alcanzando mediante determinadas acciones eléctricas efectuar curaciones radicales.

También el Dr. Roux de París ha definido el cáncer en general como un *desequilibrio eléctrico de la célula* que se produce en forma de *corta circuito* local, lanzando la teoría de que por medio de corriente eléctrica se podrá llegar a atacar el mal.

Si es posible entonces intervenir eléctricamente en la célula para efectuar curaciones, con mayor razón dicha intervención será posible durante el proceso de la división celular para conseguir modificaciones y mutaciones.

Me refiero a los trabajos de electrogenética iniciados por Alberto Pirovano en Italia, y a sus resultados que, si aun no han llegado a lo que se espera, merecen sin embargo todo el respeto y la consideración por descansar sobre una base completamente científica.

La electrogenética por su participación obligada de ciencia y de misterio está —como lo manifestó el mismo Pirovano— en los confines del saber con lo incomprendible.

Si desde las altas cumbres del pensamiento se desciende a la acción nos embarga un sentimiento de desaliento, que surge de la comparación entre nuestro poder y aquel desmesurado del creado.

La observación global y estrictamente naturalística de lo que se ha conseguido, podría llevarnos a creer que la naturaleza hace descontar sus presuntos favores de manera que lo que llamamos victorias no son quizás más que tiránicas concesiones.

Sin embargo están los hechos; hechos que desmienten toda la más severa introspección filosófica, hechos de indiscutible utilidad que tienen el máximo exponente en la posibilidad de vencer ciertas incompatibles conjugaciones.

Una de las últimas publicaciones del Prof. Luis Montemartini, que ha tenido la amabilidad de remitirme, nos da a conocer los efectos del tratamiento del pólen con el método Pirovano (jonolisis) sobre la proporción del sexo en la *Cannabis sativa L.*

Es sabido que el cáñamo es una planta dióica, cuya proporción numérica entre plantas machos y hembras varía entre límites muy reducidos.

Desde las primeras estadísticas que remontan al año 1827 por obra de Giron de Buzareingez, hasta las más recientes del año 1924, por obra de Mc. Phee, tenemos toda una serie de observaciones que demuestran que las condiciones exteriores no tienen influencia sobre la aparición del uno o del otro sexo en las plantitas de cáñamo, estando el sexo de la futura plantita ya predeterminado en la semilla, y que en general en todas las plantas dióicas

es constante una pequeña prevalencia numérica de las plantas hembras sobre las plantas machos en la proporción de 105 a 125 - 130 de las primeras sobre 100 de las segundas.

Ahora bien, con el sistema Pirovano ha sido ionolizado el pólen del cáñamo fecundando después plantas hembras convenientemente aisladas.

La ionolización del pólen fué hecha utilizando electromagneto a campo variable, como también radio y rayos ultra violetas, consiguiendo de tal modo 1248 plantas repartidas en 7 lotes.

De un lote tratado con electromagneto hubo una proporción de 151,85 plantas hembras por 100 plantas machos, mientras que el lote tratado con rayos ultravioletas, dió una proporción de 203,03 plantas hembras por 100 de las segundas. El resultado es evidente: la ionolización del polen ha modificado el curso secular de la proporcionalidad, colocando así un nuevo jalón en el camino tan combatido y poco discutido de la electrogenética.

CARLOS VERCELLIO

Junio, 1929.

#### BIBLIOGRAFIA

- Angel Gallardo.* — Essai d'interpretacion des figures Karyocinetiques. Anales del Museo Nacional de Buenos Aires. Tomo V, p. 11 a 22 — Año 1896.
- Angel Gallardo.* — La Carioquinesis. Artículo publicado en los Anales de la Sociedad Científica Argentina. Tomo 42, pág. 5 y siguientes — Año 1896.
- Angel Gallardo.* — Significado dinámico de las figuras cariocinéticas y celulares. Artículo publicado en los "Anales de la Sociedad Científica Argentina". Tomo 44, pág. 124 y siguientes — Año 1897.

- Angel Gallardo.* -- L'interpretacion bipolaire de la division karyocinetique. Anales del Museo Nacional de Buenos Aires. Tomo XIII (Serie 3, t. VI), pág. 259 a 276 -- Año 1906.
- Angel Gallardo.* -- Bipolaridad de la división celular. De la Revista del Museo de La Plata, tomo XVI (segunda serie, tomo III), pág. 7 a 31 -- Año 1909.
- Leo Graetz.* -- Le nuove teorie atomiche e la costituzione della materia. -- Milano, 1925.
- Ing. E. Piazzoli.* -- Sovratensioni negli impianti elettrici. -- 1913.
- Battelli - Cardani.* -- Trattato di fisica sperimentale. Volume IV, parte I. -- Milano, 1925.
- A. Pirovano.* -- Relazione sulle esperienze elettrogenetiche. -- 1926.
- Prof. L. Montemartini.* -- Effetti del trattamento del polline col metodo Pirovano, sopra la proporzione dei sessi nella Cannabis sativa L. -- 1927.
- R. W. Pohl.* -- Elettrofisica moderna. -- Milano, 1928.
-