

AGOSTO 2019

Año 10 N° 29

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

BIOLOGIA Cátedra Banús

Declarada de interés institucional según

resolución (D) n° 1293/10

# Elemental Watson

LA REVISTA

10 AÑOS

ESPECIAL

# CTS

EN ESTE NÚMERO  
**OBSOLESCENCIA PROGRAMADA | ENERGÍAS ALTERNATIVAS  
CTS E INGENIERÍA | CTS, ESCUELA Y CIUDADANÍA |  
CÉLULAS MADRE Y FANTASMAS  
A LA PESCA DE EXPERIENCIAS CIENTÍFICO-SOCIALES  
ALUMNOS Y CONCIENCIA CTS | MATERIA OSCURA  
ARTE, CIENCIA Y TECNOLOGÍA | Y MUCHO, MUCHO MÁS.....**



UBA



34  
AÑOS

**UBA CBC**  
TRABAJANDO POR LA EDUCACIÓN

## COMITÉ EDITORIAL

- Banús, María del Carmen
- Beltramino, Juan Bautista
- Brailovsky, Antonio Elio
- Cecenarro, Gilda
- Corcuera, Javier
- Di Risio, Cecilia
- Fernández Surribas, Jorge
- Guerra, Liliana
- Marino, Dolores
- Pedraza, Juan Carlos

LA REVISTA

## Elemental Watson

**STAFF / Elementalwatson "la" revista** // Revista cuatrimestral de divulgación / Año10, número 29/ Universidad de Buenos Aires Ciclo Básico Común (CBC) / Departamento de Biología / Cátedra 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:** Gonzalo Agüero | Alejandro Ayala | María del C. Banús | Marcela Bolontrade | Gabriela Bortz | Joaquín Braude López | Florencia Ciocan | Liliana Enz | Patricia Ercoli | Flavio Espeche Nieva | Mariana Espinosa | Mónica Faigelbaum | Adrián Fernández Enrique Fernández | Ayelén Gazquéz | Flavia Grimberg | Luciana Gutierrez | Dolores Marino | Camila Mildiner | Florencia Naso | Víctor Panza | Martín Parselis | Agustina Peque | Rodolfo Saavedra | Sergio Tedesco | Matías Valenzuela Álvarez | Guillermo Venier // **Diseño:** Guillermo Orellana - **Fotografías:** Denise Blanchet, Diego Gallotti y Evangelina Indelicato // [revista\\_elementalwatson@yahoo.com.ar](mailto:revista_elementalwatson@yahoo.com.ar), [www.elementalwatson.com.ar/larevista.html](http://www.elementalwatson.com.ar/larevista.html) // 54 011 5285-4307 // **Publicación bajo licencia CC 4.0.** / 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:** "SIN TÍTULO" Óleo sobre cartón, año 2012, María del Carmen Banús

**MARÍA DEL CARMEN BANÚS**

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

## 10 AÑOS

Este es un número especial, por varios motivos

Transitando nuestros 10 años ininterrumpidos, decidimos agrandarnos.

Ya la biología no será la única ciencia presente en nuestra revista, sino que daremos un lugar más importante y permanente a otras ciencias exactas como la química, física y matemáticas en cada número. Siempre creímos en la transversalidad de contenidos. Y para inaugurar esa sección, tenemos en el primer especial de física a una reconocida divulgadora de la UNAM, acercándonos sus saberes.

Porque los temas se multiplican, las miradas que coordinan y contribuyen también deben hacerlo. Es por eso que le damos la bienvenida a un nuevo Comité Editorial, ampliado y de lujo, de reconocidos profesionales, de diferentes Universidades Nacionales y con intereses múltiples sobre la educación, las ciencias y el medioambiente.

Porque el arte y la estética son valores presentes desde el primer día en nuestra revista, se incorporan también tres fotógrafos de la naturaleza, artistas, amigos, profesionales docentes, de los que en este número comenzarán a dar cuenta sus obras.

Porque sabemos de la dinámica de las redes y sus publicaciones; porque pertenecemos a la Universidad pública, es un valor para nosotros dejar registrado que somos una revista OA (acceso abierto) bajo licencia Creative Commons 4.0

¿Y qué decir de los contenidos de esta edición en particular? Ciencia y Tecnología en Sociedad se constituyó en una columna permanente en la revista desde agosto del 2017. El interés por la columna fue creciendo porque esta temática nos atraviesa íntegramente como profesionales, como docentes, como estudiantes y como ciudadanos en general. Por eso destinamos un número especial. Y ese interés se ve reflejado en los diversos aportes que a lo largo de esta edición irás descubriendo. Logramos lo que más nos gusta: poner a dialogar alumnos, profesores, capacitadores, investigadores, que puedan contarnos sus experiencias y estamos satisfechos en la multiplicidad de miradas enriquecedoras, desafiantes, que hemos reunido.

¿Qué? ¿Te parece poco?

Te prometemos que en el próximo número seguirán las sorpresas.

Nos reencontramos en diciembre

Y como siempre, Facebook, instagram y todo lo necesario, para mantenernos en contacto.


**María del Carmen Banús**

**CORREO DE LECTORES (Comunicate con nosotros!)**

[revista\\_elementalwatson@yahoo.com.ar](mailto:revista_elementalwatson@yahoo.com.ar)



AGOSTO 2019

# CONTENIDO

Especial CTS

- 01/ Editorial  
MARÍA DEL CARMEN BANÚS
- 04/ Obsolescencia Programada  
ALEJANDRO AYALA
- 10/ Energía Solar Fotovoltaica  
GUILLERMO LUIS VENIER
- 16/ Los “Anti-vacunas”  
ADRÍAN FERNÁNDEZ
- 24/ Biotecnología  
AYELÉN GÁZQUEZ
- 34/ Soja RR y su Impacto  
VICTOR PANZA

- 42/ **MIRADAS DENTRO DE ESPIRALES DE RESPONSABILIDAD CIUDADANA Y ESCOLAR**  
DOLORES MARINO

El enfoque referido a Ciencia y Tecnología en Sociedad (C y T en S) es de interés para los estudiantes y docentes. Se propicia un camino en el que la discusión sobre los problemas que nos afectan como sociedad constituye los ejes desde los cuales llega la ciencia al aula.

- 50/ Arsénico en Napas de 9 de Julio  
FAIGELBAUM - GRIMBERG - NASO
- 60/ Controversias Sociocientíficas  
ENZ - ERCOLI - TEDESCO
- 68/ Muerte en los Bolsillos  
AGÜERO - BRAUDE - CIOCAN - MILDINER - PEQUE
- 72/ Vida Fuera del Laboratorio  
GABRIELA BORTZ
- 82/ Células Madres  
GUTIÉRREZ - VALENZUELA - FERNÁNDEZ - BOLONTRADE
- 90/ CTS e Ingeniería  
MARTÍN PARSELIS

- 98/ Y Si no Hubiera Materia Oscura...  
MARIANA ESPINOSA ALDAMA

- 108/ Club de Ciencias  
SAAVEDRA - ESPECHE NIEVA

- 116/ Arte y CTS  
MARÍA DEL CARMEN BANÚS

Nota destacada

FÍSICA

**ALEJANDRO AYALA**

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



## OBSOLESCENCIA PROGRAMADA, UN CRIMEN CONTRA EL AMBIENTE

Nuestra civilización moderna está basada en la producción y el consumo y de consecuencia la economía no puede dejar de crecer, el estancamiento es un problema serio, el decrecimiento un drama de proporciones. Si la industria satisface las demandas del consumidor entonces, ¿a quién se le sigue vendiendo? El gran desafío de la industria manufacturera no pasa por satisfacer las necesidades del consumidor, sino por crearle permanentemente nuevas y más imperiosas necesidades. La constante salida de nuevos modelos que vuelven obsoletos a los anteriores, el aumento desmedido de los costos de reparación, y especialmente una práctica desleal en la cual el fabricante programa de algún modo el fin de la vida útil del producto, constituyen algunos de los mecanismos que mantienen viva el ansia de los consumidores por estar a la vanguardia de la tecnología o simplemente por tener un producto que funcione. Todo, con un enorme impacto negativo sobre el medio ambiente.

### INTRODUCCIÓN

La expresión “obsolescencia programada” se refiere a una serie de operatorias tendientes a reducir la vida útil de muchos productos de consumo, desde lamparitas hasta computadoras. El resultado es una presión constante ejercida sobre el comportamiento de los consumidores con el objetivo de provocar la sustitución de productos en función por nuevos modelos. El objetivo es el lucro económico puro y duro. Este desenfreno de producción y consumo, que pocas veces tiene que ver con una mejora en la calidad de vida, no



sólo es insostenible en el tiempo sino que además viene acompañado de consecuencias devastadoras sobre el medio ambiente. Enormes deforestaciones, disminución de la biodiversidad, desequilibrios ecológicos, cambio climático y contaminación por la acumulación constante de residuos son algunos ejemplos de sus efectos, sin mencionar las masacres humanas provocadas por las explotaciones ilegales, como el caso del coltan en el Congo.

Es altamente probable que cualquiera de nosotros se haya visto en la situación en la que un producto, generalmente de tecnología, deja de funcionar al poco tiempo de finalizar su periodo de garantía. Cuando queremos hacerlo reparar (generalmente por un servicio técnico oficial o autorizado) nos encontramos con una serie de inconvenientes. El costo del diagnóstico, que muchas veces se exige aunque después no hagamos curso a la reparación, las dificultades para conseguir los repuestos originales (cuantas veces nos ofrecen repuestos compatibles que terminan teniendo un rendimiento muy inferior), y muy especialmente el costo de la reparación misma que puede alcanzar entre el 50 % y el 75 % del valor de un producto nuevo. Todo esto sin duda condiciona fuertemente la decisión de la reparación en favor de la compra de un modelo nuevo, consejo que proviene con frecuencia del propio servicio técnico. Estas prácticas pueden llevar a un cambio significativo en el comportamiento de los consumidores, como se demuestra en muchos países desarrollados cuyos ciudadanos tienen alto poder adquisitivo, en donde prácticamente se ha perdido la costumbre de hacer reparar los electrodomésticos, y directamente se descartan por modelos nuevos, aun cuando su arreglo sea posible. Como se afirmaba en 1928, un artículo que no se desgasta es un enemigo para los negocios.

Es evidente que la obsolescencia programada es funcional al crecimiento económico, y los habitantes de países en vías de desarrollo conocemos bien las consecuencias que una economía estancada tiene sobre el desempleo y la pobreza. Sin embargo es válido preguntarse si es posible otra forma



de desarrollo económico, que evite el despilfarro, que sea sostenible y amigable con nuestro planeta, que no pierda de vista que somos habitantes de una isla en la inmensidad del universo y que si la destruimos no tenemos adonde ir. Los economistas nos hablan de la importancia del crecimiento, pero la pregunta es ¿hasta cuándo?, porque es imposible el crecimiento ilimitado cuando dependemos de recursos limitados. En el documental "The Light Bulb Conspiracy" escrita y dirigida por Cosima Dannoritzer, se presenta lo que habría sido uno de los primeros y más llamativos ejemplos de la obsolescencia programada. Según el film, en 1924 los principales fabricantes mundiales de lamparitas, en un acuerdo de cartelización, establecieron reglas de fabricación tendientes a reducir la vida útil de estos objetos de 2500 a 1000 horas, así se garantizaban un flujo constante de dinero. Curiosamente el símbolo de las ideas nuevas se había convertido en la primera víctima de la obsolescencia programada. En la actualidad a nadie le sorprende que haya que cambiar las lamparitas de iluminación con frecuencia, estamos acostumbrados a que duren poco, pero seguramente se podrían fabricar bombillas con una vida útil muchísimo más prolongada. La obsolescencia programada podría ser comprensible, aunque no justificable, en un contexto de abundancia como seguramente se percibía el mundo a principios de 1900. Pero en la actualidad constituye un verdadero crimen contra el ambiente y por ende contra la humanidad misma.

### LA BOMBILLA CENTENARIA

En 1972 un personal del cuartel de bomberos de Livemore (California-EEUU) sintió curiosidad por una lamparita de la estación que estaba siempre encendida y continuaba funcionando a pesar de parecer muy antigua. El asunto terminó llamando la atención de un periodista que inició una investigación histórica cuyos resultados fueron realmente sorprendentes. La bombilla se encontraba encendida en forma ininterrumpida desde 1901. Su historia se difundió por el mundo y alcanzó una fama inusitada. El 18 de junio de 2018



la "Bombilla Centenaria", tal como fue bautizada en el 2001, cumplió 117 años de funcionamiento continuo. Es tan famosa que tiene su propia página web, un perfil en Facebook y hasta una cámara exclusiva que la filma día y noche. Figura en el Libro Guinness de los Récords y tiene su propio comité llamado el "Comité de la Bombilla" que la cuidó cada vez que la estación de bomberos tuvo que mudar sus instalaciones. La Bombilla Centenaria se fabricó en 1895 en la Shelby Electric Company, una empresa de Ohio que dejó de existir. En sus orígenes erogaba una potencia de 30 vatios pero con el pasar del tiempo se fue reduciendo hasta los aproximadamente 4 vatios de la actualidad, por lo que emite apenas una luz tenue. En 2007 la física Debora Katz de la Academia Naval de EE.UU. analizó otras bombillas de la misma colección que la Centenaria (que no puede ser tocada por temor a que se rompa) y descubrió que su filamento, hecho probablemente de carbono es semiconductor y además es 8 veces más grueso que el de una bombilla actual. Dos diferencias estructurales que podrían explicar al menos en parte su extensa durabilidad. Más allá de las discusiones técnicas la Bombilla Centenaria es un ejemplo maravilloso de cómo podrían y deberían ser las cosas.

### LA AFEITADA INTERMINABLE



A principios de los 70' en pleno boom de las hojitas de afeitar descartables, la American Safety Razor decidió patear el tablero del mercado al lanzar su modelo Personna 74, una hojita de afeitar de larga duración fabricada en acero de tungsteno, un material extremadamente duro y resistente que se lo utiliza en la fabricación de herramientas de corte.

Pero la empresa fue más allá y recubrió la hojita con una delgada capa protectora de titanio, lo que aumentó todavía más su durabilidad. A pesar de tamañas ventajas el proyecto fue abandonado a los pocos años y el producto se dejó de fabricar. Entonces, ¿cómo competir exitosamente en un mercado que vive de las piezas de recambio con un producto de larga duración? Claramente lo que está mal no es el producto sino el mercado. Las estrategias empresariales de marketing crean permanentemente nuevas necesidades aparentes. Por modas, nuevos diseños, o limitaciones en la vida útil, logran convencer al consumidor de que aquellos modelos que todavía funcionan de manera impecable se han vuelto obsoletos y deben ser cambiados. La única manera de forzar un cambio drástico en el enfoque industrial es poner la prioridad absoluta en el cuidado del medio ambiente. Es indispensable un cambio de paradigma.

### EL NYLON



En 1940 la empresa DuPont presentó en sociedad su más reciente invención, las medias de nylon. Su impacto fue inmediato y masivo, las medias de nylon eran más fuertes, más resistentes, más duraderas, y también más accesibles que las de seda (tanto sintética como natural). Wallace Carothers fue quien produjo la primera fibra de nylon en 1935, pero fue la Feria Mundial de 1939 la que introdujo por primera vez a la media de nylon para el público. Fue un gran avance, las medias de nylon eran muy fuertes y duraban mucho..... uppsss. Según el documental de Cosima Dannoritzer los directivos de la empresa impartieron precisas instrucciones a sus técnicos para que desarrollaran una fibra de nylon más débil, más frágil y que por ende durara menos. La forma de debilitar las fibras habría sido disminuyendo o cambiando los aditivos que protegen al nylon de factores ambientales como el sol y el oxígeno. Esto favorecía el recambio y las ventas.

### BASURA TECNOLÓGICA

De acuerdo con el Resumen ejecutivo del Observatorio Mundial de los Residuos Electrónicos de 2017 (Global



E-waste Monitor 2017) “cada vez más personas se unen a la sociedad mundial de la información y la economía digital, y se benefician de las oportunidades que ofrecen. Paralelamente, los niveles más altos de ingresos disponibles, la urbanización y la industrialización en muchos países en desarrollo están llevando a cantidades crecientes de equipos eléctricos y electrónicos y, en consecuencia, a mayores cantidades de desechos electrónicos. Los equipos desechados, como teléfonos, computadoras portátiles, heladeras, sensores y televisores contienen sustancias que presentan considerables riesgos ambientales y para la salud, especialmente si se tratan de manera inadecuada. La mayoría de los desechos electrónicos no están documentados adecuadamente y no se tratan a través de cadenas y métodos de reciclaje apropiados. Al mismo tiempo, las corrientes de desechos electrónicos desafían los esfuerzos hacia una economía circular, ya que se desperdician recursos valiosos y escasos.” ...”la cantidad de residuos electrónicos continúa creciendo, mientras que la cantidad reciclada es demasiado pequeña. Hasta 2016, se generaban en el mundo 44,7 millones de toneladas métricas (Mt) de residuos electrónicos de los que sólo se reciclaba el 20% a través de canales adecuados. Se prevé que el volumen de residuos electrónicos aumente hasta 52,2 millones de toneladas métricas, o sea 6,8 kg/hab, a más tardar en 2021. Sólo el 20% de los residuos electrónicos generados constan como recuperados y reciclados.”

## INICIATIVAS

Estados Miembros de la Unión Europea están poniendo en práctica leyes para regular los estándares de sostenibilidad y eficiencia de los productos industriales vendidos en el territorio, con el objetivo de obligar a las empresas manufactureras a producir bienes más sólidos y de larga duración, y que además sean fácilmente reparables. La propuesta está especialmente dirigida a productos de iluminación, televisores, y grandes electrodomésticos como heladeras, lavarropas y lavavajillas. Por otra parte, en al menos 18 estados de USA existen propuestas para la adopción de medidas similares en contra de las empresas que producen artículos sin repuestos o instrucciones de reparación, o cuyos

componentes no se pueden comprar por separado porque en su construcción se encuentran indefectiblemente unidos.

En su Informe Ambiente 2017 la ONU propone, entre otras recomendaciones, la implementación de incentivos financieros y fiscales para el mejoramiento de los productos con miras a prolongar su tiempo de vida útil. Iniciativas ciudadanas como el “Restart project” nacido en 2013 en Londres, tal como ellos los expresan, de la frustración provocada por la gran cantidad de residuos que genera la cultura de lo desechable. La organización “trabaja con escuelas e instituciones para ayudarles a valorar y usar sus productos electrónicos durante más tiempo. Recopilan y ponen a disposición datos y referencias que ayuden a exigir una electrónica mejor y más sostenible para todos. Cuentan con unos 25 técnicos voluntarios en 12 países que organizan las llamadas “Repair Parties” que son encuentros para reparar y enseñar a reparar electrodomésticos que han dejado de funcionar, frecuentemente por problemas menores. Además promueven peticiones destinadas a garantizar la reparabilidad de los productos y el impulso a la llamada economía circular, según la cual los productos pueden y deben ser reparados, reutilizados y reciclados. Las empresas por su parte se resisten defendiendo los derechos de propiedad intelectual sobre los productos que fabrican, y generando desconfianza sobre las reparaciones efectuadas por agentes no autorizados.

## CONCLUSIONES Y OPINIONES DEL AUTOR

En la actualidad la obsolescencia programada es parte de nuestras vidas, se estudia en algunas carreras de Ingeniería, Diseño Industrial y Marketing. Ya sea por cambios en la moda, por nuevos diseños, por nuevos desarrollos incompatibles con los anteriores, o por dispositivos programados para romperse, somos víctimas del proceso. Aunque vale una autocrítica pues muchas veces somos también participantes necesarios que alimentamos el sistema.

La obsolescencia programada es objeto de quejas, protestas y hasta juicios en todo el mundo, sin embargo son tan grandes los intereses en juego que resulta muy difícil y complejo ponerle un límite. Es claro que se trata de un mecanismo funcional al sistema de producción y consumo que condiciona fuertemente el comportamiento de los consumidores. Varias iniciativas en distintas partes del mundo están tratando de poner un límite a estas prácticas, considerando el fuerte impacto negativo que tienen sobre el medio ambiente. Sin embargo todas estas iniciativas seguirán siendo insuficientes hasta tanto no cambiemos nuestro actual estado de civilización basado en el indefinido crecimiento de la producción y el consumo. Se vuelve indispensable un nuevo paradigma que priorice la calidad de vida y el cuidado de

nuestra casa por encima de la riqueza. Un nuevo paradigma que abandone definitivamente la explotación del consumidor insatisfecho. Es necesario un cambio cultural en donde los productos se fabriquen para durar, y que la práctica mezquina y desleal de la obsolescencia programada deje de ser una ventaja para la industria y un perjuicio para el medio ambiente, o sea, para todos nosotros. Consumir menos para vivir mejor. No se trata de un simple slogan, implica un cambio absoluto de nuestro estilo de vida donde algunas actividades o trabajos desaparecerán para dar lugar a otras actividades diferentes. La obsolescencia programada existe, es real, y por si no nos hemos dado cuenta todavía, también nuestro estilo de vida tiene una obsolescencia programada. No existe crecimiento ilimitado en un mundo de recursos limitados, así que, o inventamos la manera de generar recursos ilimitados o cambiamos el estilo de vida actual, antes de que nuestro planeta nos dé una lección de la cual tal vez no nos recuperaremos jamás.

ALEJANDRO AYALA

VOLVER


**GUILLERMO LUIS VENIER**

Dr. En ciencias Físicas de la Universidad de Buenos Aires  
Profesor de Matemáticas y de Física en Aberdare College

# ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA Y SU INSTALACIÓN EN UN COLEGIO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Frente a la crisis ambiental derivada del calentamiento global surgen las energías renovables como alternativa con menor impacto ambiental. Daremos aquí un breve pantallazo acerca del estado actual del desarrollo de la energía solar fotovoltaica en el contexto de las energías renovables, tanto a nivel global como local, considerando las estrategias de generación centralizada y distribuida, y luego comentaremos cómo ha sido la implementación pionera de un sistema fotovoltaico en una escuela del Gran Buenos Aires.

Foto extraída de <https://www.reguladorsolarmppt.com/la-energia-solar-provee-de-electricidad-a-muchos-hogares-y-negocios/>



## INTRODUCCIÓN

En los últimos años las Energías Renovables han experimentado un creciente protagonismo en la generación de electricidad a nivel mundial, debido principalmente a la creciente concientización acerca de la irreversibilidad del cambio climático producido por las emisiones de gases de efecto invernadero por la combustión de combustibles fósiles. En particular, durante el año 2017 experimentaron la mayor tasa de crecimiento, totalizando la cuarta parte del incremento en la demanda global. Entre las tecnologías de generación mediante fuentes renovables, la Energía Solar Fotovoltaica (FV) se destaca por su rápido crecimiento, como consecuencia de las políticas de promoción de algunos estados y de su progresivo abaratamiento producto de la economía de escala, en un marco de, por lo menos a nivel nacional, constante crecimiento tarifario en el sector eléctrico que torna aún más competitiva su implementación.

## ENERGÍAS RENOVABLES Y SOLAR FOTOVOLTAICA

Podemos definir como energías renovables a aquellas formas de energía, que se obtienen a partir de fuentes renovables o inagotables, alternativas a los combustibles fósiles. Entre estas energías, que son capaces de regenerarse por medios naturales más rápido de lo que las podemos consumir, podemos mencionar al sol, al viento, a las olas y mareas, y al calor de la tierra. Al ser capaces de producir electricidad mediante la explotación de fuentes de energía limpia, sostenible y que se renuevan con el tiempo sin generan contaminantes, su impacto ambiental resulta de sustancial menor magnitud que las convencionales. La producción de energías renovables a nivel local, reduce los costos de transportes que experimentan las energías fósiles, y además, por su disponibilidad, estarán sujetas a menos fluctuaciones de precios, con respecto por ejemplo al petróleo o al gas.

La energía solar es una fuente de energía abundante, no contaminante y se encuentra dispo-

nible, en mayor o menor medida, en cualquier parte del planeta, pudiendo ser colectada y transformada en energía térmica o eléctrica en el lugar de utilización. La conversión directa de energía solar en electricidad se logra a través de la utilización de dispositivos llamados celdas solares o fotovoltaicas. El dispositivo más común es la celda solar de silicio (material semiconductor) cristalino, consistente básicamente en un diodo que transforma la radiación solar incidente en corriente continua. Las celdas solares a su vez, se conectan entre ellas en serie, dando lugar al módulo fotovoltaico o panel solar, cuya potencia pico que puede variar entre unos pocos Wp y 350 Wp (watt pico). El sistema se completa con, según el caso, algunos de los siguientes componentes: inversores de corriente continua a corriente alterna, acumuladores (baterías), transformadores, cables, equipo de monitoreo y componentes estructurales para la instalación de los módulos.

Desde 1958 y hasta la primera crisis del petróleo en 1973, los sistemas fotovoltaicos tuvieron principalmente aplicación en los campos espacial, militar y en las telecomunicaciones. Las crisis del petróleo durante la década del 70 impulsaron el desarrollo de esta tecnología para usos terrestres. Desde mediados de la década del 90 las actividades en este campo recibieron un renovado impulso, gracias a la creciente presión ecologista de la sociedad y a la implementación de políticas de promoción a nivel estados nacionales. Más recientemente, la fuerte reducción de costos de los paneles solares y de los sistemas fotovoltaicos en su conjunto, ha dado lugar a que en varios países se haya alcanzado un costo de generación con esta tecnología comparable al costo de generación con fuentes convencionales. Los sistemas fotovoltaicos pueden clasificarse básicamente en dos categorías: (i) sistemas aislados, típicamente ubicados en áreas rurales sin acceso al servicio eléctrico de red, y (ii) sistemas conectados a la red eléctrica. A pesar de que los sistemas aislados resultan mayormente competitivos desde hace años, últimamente su tasa de crecimiento anual a nivel mundial ha sido sustancialmente menor que la correspondiente a los sistemas conectados a la red.

## LA MATRIZ ELÉCTRICA ARGENTINA

La matriz eléctrica argentina (Fig. 1) es fuertemente dependiente de los combustibles fósiles (65,44%), seguido por la producción hidroeléctrica (27,53%) y en menor medida la nuclear (5,56%). Las energías eólica y solar fotovoltaica han tenido un aporte mínimo, alcanzando apenas el 0,41% de la matriz (figura 1). A fin de dar cumplimiento a los compromisos contraídos respecto a la reducción de gases de efecto invernadero y diversificar la matriz de generación eléctrica, se prevé la incorporación de energías renovables en la producción de energía eléctrica, para llegar como objetivo a un 20% para el año 2025.

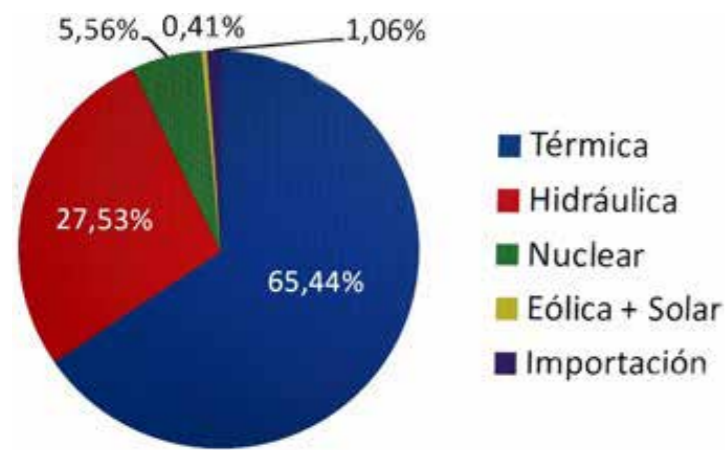


Figura 1: Matriz energética argentina

## MERCADO FOTOVOLTAICO ARGENTINO Y GENERACIÓN FOTOVOLTAICA DISTRIBUIDA

Hasta el año 2009, la capacidad fotovoltaica instalada en la Argentina se hallaba mayormente ubicada en áreas rurales dispersas y alejadas de las redes eléctricas de distribución. A partir del siguiente año, y como consecuencia de una serie de políticas nacionales y provinciales, la capacidad fotovoltaica instalada en la Argentina ha crecido considerablemente.

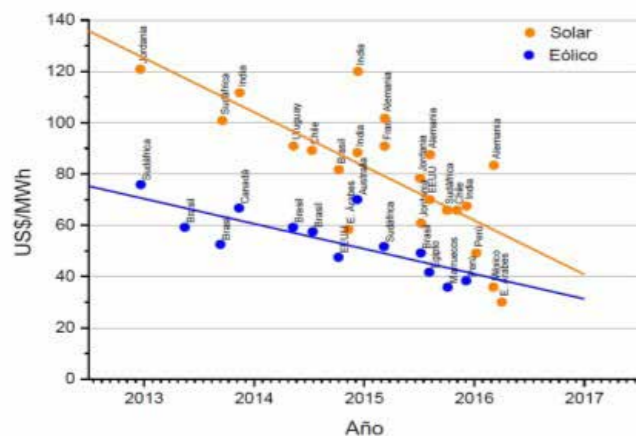


Figura 2: Evolución del costo de plantas eólica y fotovoltaica

Como referencia de precios de la energía en el mercado internacional, la Figura 2 muestra la evolución de las tarifas de los contratos de venta de energía eléctrica de plantas eólicas y solares fotovoltaicos en diferentes partes del mundo, en el período 2013-2016. Se observa claramente que en el año 2016 los precios para ambas fuentes fueron muy similares, cuando en 2013 los precios asociados a la generación fotovoltaica eran alrededor de 50% superiores.

Se denomina generación eléctrica distribuida a la generación de electricidad cerca del punto de consumo, conectada a la red de distribución de media o baja tensión y ubicada del lado del consumidor o conectada directamente a la red pública de distribución. La generación distribuida a través de fuentes renovables tiene numerosos beneficios como por ejemplo bajar los requerimientos de transporte, disminuir las pérdidas por transporte y distribución, contribuir a regular tensión, y reducir el quemado de combustibles fósiles. Por otro lado, los sistemas fotovoltaicos son los de mayor aplicación en áreas urbanas, básicamente en la construcción, debido a su modularidad, su eficiencia no dependiente de la escala y la facilidad de integración arquitectónica.

Ante la ausencia de regulación y con el objetivo de promover la introducción local de tecnologías asociadas con la utilización de sistemas de generación fotovoltaica distribuida, la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM) propusieron y llevaron a cabo la realización del proyecto “Interconexión de sistemas fotovoltaicos a la red eléctrica en ambientes urbanos” (en adelante, proyecto IRESUD). Uno de los principales objetivos del proyecto fue impulsar el desarrollo de legislación, regulación y herramientas de promoción de la generación distribuida con fuentes renovables, tanto a nivel nacional cuanto provincial.

Figura 3. Colegio Aberdare de Bella Vista.



En el marco del proyecto IRESUD se llevaron adelante diversas iniciativas con instituciones educativas, orientadas a reducir la huella de carbono a través de la generación de electricidad mediante energías renovables. Como parte de este proyecto que busca concientizar sobre el uso racional de los recursos naturales y el cuidado del ambiente, los alumnos y autoridades del Colegio Aberdare de Bella Vista, partido de San Miguel, provincia de Buenos Aires (Figura 3), concretaron el 17 de abril de 2018 la implementación de un proyecto piloto de instalación fotovoltaica que detallaremos a continuación.

## PROYECTO GREEN DRAGON

El ser humano se define como persona no sólo por lo que dice, sino fundamentalmente por lo que hace. En la vida debemos participar y comprometernos, con el entorno, con el prójimo, con nuestro medio ambiente y con nuestro país. Eso significa hacernos responsables, perseverantes, con la motivación de cumplir con nuestro deber, en un marco de honestidad, sencillez y gentileza. Luchar por las ideas propias y defenderlas. Guiados por esta filosofía, y en el marco de los 20 años del colegio, decidimos hacer algo distinto y trabajar para Reducir nuestra Huella de Carbono. El núcleo de nuestro proyecto consistió en la instalación de un sistema de paneles solares con el objetivo a mediano plazo de lograr el autoabastecimiento energético. Decidimos no intentar simplemente “bajar el consumo” sino que quisimos lograr en los alumnos un verdadero aprendizaje y compromiso en el tema. Por ello decidimos que los alumnos sean protagonistas de este el proceso, e involucrarnos tanto como fuese posible en el análisis previo, el diseño, la preparación y difusión, la compra así como también en el posterior análisis y divulgación del proyecto.

El camino propuesto fue el siguiente:

A) Presentación formal a toda la comunidad del Colegio: Los alumnos de 5to y 6to año, quienes eran los vinculados directamente en el proyecto, compartieron con todo el colegio la idea, a fin de involucrar a toda la comunidad educativa en el mismo.

B) Análisis estimativo del consumo eléctrico del Colegio para establecer políticas de reducción de emisión más efectivas y propiciar iniciativas de ahorro energético mejor dirigidas.

C) Evaluación de las alternativas disponibles y presentar un proyecto de implementación que responda a las necesidades y características propias del Colegio. Aquí se plantearon costos, tiempos y etapas, análisis de las normativas vigentes, posibles formas de financiación, entre otras cuestiones.

D) Difusión de las experiencias de los alumnos y del conocimiento obtenido durante todo el proceso a fin de ayudar a otras instituciones en la implementación de un sistema similar que responda a las características propias del lugar.

El modelo principal de ejecución del proyecto fue una adaptación institucional del Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP), los cuales debían ser optativos y abiertos a todos. Para ello se formaron tres grupos: área técnica, negociación/legal y comunicación, entre los cuales se distribuyeron los alumnos. A fin de no quitarle horas a otras materias, se implementaron reunirse en el horario de almuerzo. Contamos con la asistencia técnica y legal del IRESUD, un programa dependiente de la Comisión Nacional de Energía Atómica, quienes nos asesoraron y acompañaron durante todo el proyecto y también nos prestaron un medidor que nos fue de gran utilidad para analizar el consumo del colegio.

Junto a los alumnos se llevó a cabo, entre otras cosas, lo siguiente:

Se realizó una visita a la CNEA (figura 4) donde los alumnos recibieron una charla informativa sobre qué es la energía solar, cómo se compone una instalación “on-grid”, cuáles son los componentes esenciales, cuál es la vida útil de éstos. También tuvieron allí la oportunidad de ver una típica instalación fotovoltaica.

Se hizo un relevamiento del consumo eléctrico a fin de justificar la medición, descubriendo que un importante porcentaje del consumo diurno correspondía a luminarias. Con esta información concluimos que la primera acción a





Figura 4. Visita de los alumnos del Colegio Aberdare a la CNEA.

realizar, antes que instalar los paneles, era cambiar todas las luminarias de mercurio por tubos leds, permitiendo esto una reducción apreciable del consumo lumínico.

Se establecieron también políticas de uso racional de energía: apagando las luces en el recreo, no usando ventiladores si no estaban en clases, etc., transmitiéndolo a los distintos cursos. Se expuso el proyecto a todo el Colegio, preparando los alumnos una presentación con la información más importante, explicando qué es la huella de carbono y dando consejos para que todos podamos colaborar en su reducción en nuestro hacer cotidiano. Se analizó la normativa vigente y se estudiaron las posibilidades reales para realizar una instalación sin baterías y conectada a la red. Se analizó la ley “Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública”, como así también la posibilidad de ingresar en un programa piloto con Edenor. Se prepararon escenarios alternativos en caso de que no se consiguiera el acuerdo. Se solicitaron y analizaron 4 presupuestos para instalar el sistema de generación fotovoltaica, los cuales se compararon y evaluaron económica y técnicamente.

Se firmó un acuerdo de instalación piloto con Edenor, que nos permitió ser el primer Colegio Pro-Sumidor de la zona, y uno de los primeros de la Argentina. El análisis de las propuestas fue realizado por el área técnica, junto con el Dr. Julio Durán (Director del IRE-SUD). Si bien el costo fue un aspecto importante, se priorizaron empresas con trayectoria y seriedad comprobada. El tipo de instalación final fue acordada con EDENOR. Ellos nos indicaron las adecuaciones civiles, la cantidad máxima aprobada para la instalación, la forma de cómputo de la energía consumida y entregada a la Red, como así también las medidas de seguridad que debíamos tomar.

Se resolvió la implementación de un sistema fotovoltaico constituido por 16 paneles solares (ver figura 5) de 305 Wp, así como un inversor (necesario para transformar la corriente continua generada por los paneles en corriente alterna para poder inyectar a la red) de 5 kW.

Si bien nuestro objetivo inicial era que los alumnos también pudieran participar de la instalación del sistema, la dinámica de las negociaciones con Edenor nos obligó a que fuera realizada únicamente por personal de la empresa durante el receso escolar, sacrificando una excelente oportunidad de aprendizaje real de muchos conceptos trabajados durante el año en diferentes materias. Esto redujo considerablemente los riesgos inherentes a una instalación de estas características realizada por los alumnos. La que llevamos a cabo en el Colegio resultó ser la segunda prueba piloto con esta tecnología que supervisa Edenor (la anterior se había concretado unas semanas antes en una vivienda particular en el partido de San Fernando). Ambas iniciativas permiten al cliente “venderle” a Edenor la energía que produce, operación que es posibilitada a través de dos medidores electrónicos. Uno de los equipos está programado en forma unidireccional, que registra la energía consumida por las cargas del domicilio (el que poseen todos los clientes) y otro medidor programado en forma bidireccional que mide la energía generada por el cliente e inyectada a la red e incluye un sistema de telelectura (Figura 6).

La compañía eléctrica aclaró que al tratarse de una prueba piloto y teniendo en cuenta que no estaba reglamentada aún la ley 27.424 de “Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable integrada a la Red Eléctrica Pública”, el reconocimiento por la energía volcada a la red se estableció al valor por kilowatt-hora vendida según el cuadro tarifario vigente.

De la inauguración formal participaron y efectuaron un discurso, el presidente de Edenor, quien felicitó a los alumnos y los alentó a que continúen por ese camino, el por entonces jefe del Departamento de Energía Solar de la C.N.E.A., Claudio Bolzi, y varias autoridades municipales. Tuvieron lugar además, entrevistas con Telefé, Canal 9, Infobae, diario La Nación y Canal Provincial entre otros.

Figura 5: Montaje de los paneles.



## RECURSOS

- Video 1: <https://telefenoticias.com.ar/actualidad/bella-visita-la-escuela-que-instalo-paneles-solares-para-ahorrar/>
- Video 2: <https://drive.google.com/file/d/1bbdqGB5kmzLHBSZNz-CGAGlcOEC-t8hGO/view>
- Nota en La Nación: <https://www.lanacion.com.ar/economia/cuales-son-los-proyectos-que-generan-y-venden-su-propia-energia-electrica-en-capital-federal-nid2162993>



Figura 6: Instalación del segundo medidor.

Cabe destacar que hacia fines del año pasado el Poder Ejecutivo reglamentó la ley Nacional de generación distribuida mediante fuentes de energía renovable: “La Secretaría de Energía del Ministerio de Hacienda de la Nación informa que mediante el decreto 286/2018 se reglamentó la Ley N° 27.424 de Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública. Esta norma permitirá que mediante la instalación de Equipos de Generación Distribuida, como paneles solares, los usuarios puedan generar energía eléctrica para el autoconsumo e inyectar los excedentes a la red de distribución, en escala residencial y comercial/industrial. La generación distribuida puede ser implementada en hogares residenciales, pymes e industrias, logrando una importante reducción de costos asociados al consumo de energía eléctrica. De esta forma, esta nueva modalidad de generación incrementa la eficiencia en los procesos productivos y alienta la creación de puestos de trabajo calificados mediante la instalación de equipos de generación distribuida.”

**GUILLERMO VENIER**

VOLVER

## FUENTE

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA. GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN ÁREAS URBANAS  
J. Plá\*, C. Bolzi, J.C. Durán. Departamento Energía Solar, Gerencia Investigación y Aplicaciones, CAC-CNEA  
\*CONICET


**ADRIÁN FERNÁNDEZ**

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

# LOS “ANTI-VACUNAS” VERSUS LA VACUNACIÓN MASIVA

Los “anti-vacunas” pertenecen a uno de los tantos movimientos que sostienen ideas contrarias a toda evidencia científica. Esas ideas son parte de la posmodernidad. Veremos cómo han surgido los “antivacunas”, y qué evidencias hay en su contra. Trataremos aquí el mecanismo de acción individual y poblacional de las vacunas, el mayor éxito de la medicina.

Fig. 1. Vacuna antivariólica (contra la viruela).



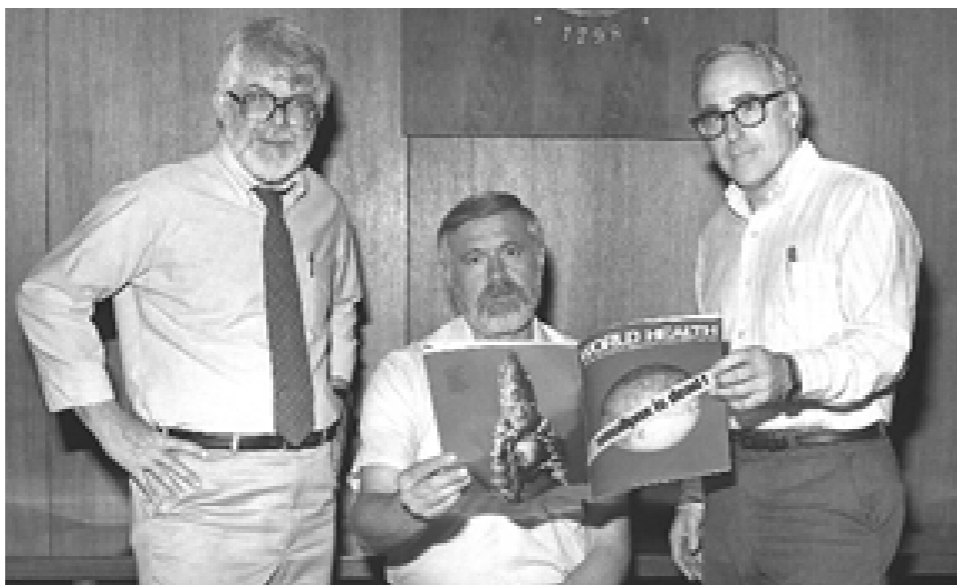
## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas están surgiendo en el mundo movimientos que levantan banderas un tanto controvertidas, como los defensores de la idea de que la Tierra es plana, o terraplanistas, los que sostienen que en el origen del ser humano intervinieron los extraterrestres, los que niegan la evolución y el cambio climático, y los anti-vacunas. Todos estos movimientos tienen algo en común, se basan en creencias que carecen de todo sustento sólido. Son posturas ideologizadas, con componentes de fanatismo, que llevan al extremo de negar los hechos, a pesar del peso de las evidencias.

## POSMODERNIDAD Y ANTI-VACUNAS

Particularmente, los anti-vacunas sostienen que las vacunas (Fig. 1) no sirven para nada, o peor aún, que hacen daño. Se basan en que alguna vez un niño no se vacunó y no se enfermó desconociendo que el modo de acción de las vacunas es a nivel poblacional. Otros sostienen que las vacunas producen la enfermedad que supuestamente intentan prevenir, basados en algún que otro caso en el que alguna persona recientemente vacunada enfermó, tal vez porque aún no había hecho efecto la vacuna o porque de no haber sido por

Fig. 2. Los directores del Programa de Erradicación Mundial de la Viruela anuncian en 1980 el éxito de la campaña.



la vacuna habría contraído un cuadro mucho peor. Otra característica de las campañas de vacunación que es tergiversada es la de que año tras año debe cambiarse la formulación de algunas vacunas ya que los virus mutan. En este caso opinan que si la vacuna cambia año tras año es porque no se sabe la fórmula correcta y están experimentando, y en definitiva no sirven para nada. Toda esta confusión es agravada por quienes sostienen que las vacunas producen autismo, debido a un componente del preparado. La comunidad científica ha comprobado que no hay ninguna relación entre la vacunación y el autismo. Es más, se demostró la falsedad del supuesto estudio que vinculaba vacunas y autismo. Y no faltan los que sostienen que las campañas de vacunación son parte del trabajo de un grupo secreto que inculca humanos para inyectarles algún dispositivo que le permite controlarlos.

¿Cómo pueden prosperar ideas tan alevosamente falsas? Es uno de los síntomas de la posmodernidad. Ya no importan los hechos, sino lo que uno crea de ellos, o lo que se relate acerca de ellos. Ya no importa si algo es verdad o no, alcanza con que sea plausible. Estamos en la era de la posverdad. Todo se relativiza, hasta el valor de las evidencias. Aquí se agrega un requisito fundamental para que un falso hecho

pase a ser creído como real: debe cuadrar con lo que uno piensa o cree. En este punto entra lo ideológico. Y como nunca, aparece hoy un terreno propicio para darle sustento a este modo de ver la realidad: las redes sociales, con su extensión e inmediatez. Veamos cómo funciona. Supongamos que alguien tuvo una mala experiencia con una vacuna, y oye un rumor sobre que las vacunas no son buenas. Automáticamente le da valor de verdad. No importa nada más, necesita justificar su creencia. No quiere analizar si es cierto o no, necesita que sea cierto. Así funcionan las famosas “fake news”.

La inteligencia artificial ha desarrollado algoritmos que, en base al análisis de grandes volúmenes de información recolectada por las redes sociales, son capaces de detectar intereses y gustos de los usuarios, y en consecuencia ofrecen servicios acordes a ellos. Particularmente, esto ocurre en los buscadores, que ofrecen respuestas en función de los intereses de los usuarios. Si dos personas buscan el mismo término, cada una desde su computadora o teléfono móvil, obtendrán resultados distintos. Estos resultados personalizados refuerzan las creencias y preceptos, ya que brindan un acompañamiento o sustento a lo que ya se creía. Nuevas búsquedas incrementarán el refuerzo, se trata de un bucle autoin-

tensificador. Es todo lo contrario a la apertura mental, a valorar la opinión del otro, al pluralismo. Estos mecanismos de la lógica de Internet han favorecido a estos movimientos disparatados. La persona que cree que las vacunas no sirven, recibe información que refuerza esa idea. Internet casi no le ofrece opiniones contrarias. Lo mismo ocurre en el lado de los que piensan que las vacunas hacen bien. Pero no es igual, ya que hay una enorme asimetría, porque los que sostienen que las vacunas hacen bien tienen de su lado todo el peso de las evidencias a favor. ¿Y los anti-vacunas? Relativizan la contundencia de las evidencias...

La situación se agrava cuando los gobernantes se suman a estos movimientos, ya que con su poder político dan entidad a estas posturas disparatadas. Vaya como ejemplo el del viceprimer ministro de Italia, Matteo Salvini, quien abiertamente y sin vergüenza, declaró en 2018 que algunas vacunas no sirven, o que son dañinas. El nivel de irresponsabilidad política es mayúsculo porque no se trata de la opinión de un simple ciudadano sobre un tema menor. Está comprometida la salud pública. Su actitud puede terminar en la discapacidad de muchísimas personas, y eventualmente, la muerte.

Otro aspecto del debate es el relacionado a la libertad de pensamiento. ¿Por qué habría de censurarse a alguien que quiere creer que la Tierra es plana? ¿Qué peligro puede traer a la sociedad? En principio, parece una postura inocua. Pero ¿y si la postura genera un problema de gran escala para la salud pública? Ya no son inofensivos. Por eso quiero plantear aquí que el movimiento de los anti-vacunas es realmente peligroso.

A todas estas afirmaciones disparatadas debemos contraponer la realidad de la historia. El éxito del avance científico de las vacunas puede medirse por los millones de personas que han

sido salvadas de morir en epidemias como las que asolaban a las grandes aglomeraciones humanas hasta el siglo XIX. De hecho, la aplicación sostenida y extendida de la vacuna antivariólica (Fig. 1 y Fig. 2) ha permitido la erradicación de la viruela, enfermedad grave, contagiosa e invalidante, y eventualmente mortal.

### ORIGEN DE LAS VACUNAS

En 1796, el médico rural Edward Jenner (Fig. 3) observó que los campesinos que contraían la viruela bovina, nunca enfermaban de viruela humana. Esta observación dio pie a una serie de experimentos que le llevaron a concluir que el cuerpo humano podía adquirir defensas contra ciertas enfermedades, si previamente se veía expuesto a un agente infeccioso similar al causante de las mismas. Casi un siglo después, Louis Pasteur desarrolló la vacuna contra el ántrax. A lo largo del siglo XX fueron incorporándose otras vacunas, lo que ha llevado a salvar millones de vidas. Se trata del mayor logro de la medicina

### ACCIÓN DE LAS VACUNAS EN EL INDIVIDUO

La mayoría de las vacunas son preparaciones que contienen fragmentos de virus, o virus atenuados, o virus inactivos, como las que se utilizan para prevenir la poliomielitis, el sarampión, la rubéola, la varicela, la hepatitis A, etc. La respuesta inmune a la vacuna provee al individuo vacunado de los anticuerpos para que llegado el caso de que sea infectado por el virus, su sistema inmunitario reaccione rápidamente destruyendo al virus. También puede elaborarse una vacuna a partir de alguna toxina bacteriana, como en el caso de la vacuna antitetánica. Un paso trascendental ha sido dado por la biotecnología: el desarrollo de las vacunas de ADN. Es un concepto radicalmente diferente al que se ha usado en los últimos dos siglos. Consiste en la admi-

Fig. 3. Edward Jenner.



nistración de ADN con la información genética correspondiente a algún antígeno (proteína del agente infeccioso), de tal modo que aquellas células que logran incorporar dicho ADN sinteticen el antígeno provocando una inmediata respuesta del sistema inmunitario. Como la síntesis de ese antígeno será continua, también lo será la inmunización, logrando así un permanente sistema de alerta y acción si llegara a aparecer el verdadero agente patógeno.

### ACCIÓN DE LAS VACUNAS EN LA POBLACIÓN

La efectividad de la vacunación de una población se logra por medio del principio de la inmunidad colectiva, inmunidad de rebaño, o inmunidad de manada. El concepto es que si una población está inmunizada en un 95%, se reduce prácticamente a cero la posibilidad de que se propague el virus. De allí la importancia de que los gobiernos establezcan planes de vacunación obligatorios (Fig. 4) para alcanzar ese punto de inmunización. Si se relajan los programas de vacunación disminuye ese porcentaje, y aumenta la probabilidad de rebrotes de alguna enfermedad

Muchas veces el desarrollo de los sucesos históricos, ha llevado a la

ocurrencia de hechos que podrían ser vistos como experimentos no planificados, que de otro modo, jamás deberían existir por obvias barreras éticas. Me refiero a la colonización del continente americano por pueblos europeos. La interacción entre ambos grupos humanos permitió la transmisión de virus hacia los aborígenes americanos. Estos humanos no estaban inmunizados y el número de muertos llegó a centenas de miles a lo largo de varios siglos. Algunos autores estiman que el 95% de la población aborígen americana murió a causa de la viruela, el sarampión, y otras enfermedades. Los europeos estaban inmunizados naturalmente, ya que sus ancestros habían sobrevivido a las epidemias. Este tristísimo capítulo de la historia nos muestra cuán terrible puede ser la acción de un virus en una población no inmunizada.

Hablé de barreras éticas que impiden experimentar en humanos. Lamentablemente, algunas veces esas barreras son traspasadas por aquellos que movidos por fuertes intereses económicos y políticos, no ven que los costos ambientales y en salud pública sean tales. Podríamos recordar el “Caso Azul”. En 1986, en la ciudad de Azul, provincia de Buenos Aires, Argentina, se realizó un experimento para evaluar el efecto inmunizador de una nueva vacuna contra la rabia. La investigación fue llevada a cabo por el Centro Panamericano de Zoonosis (CEPANZO), dependiente de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), y por el Instituto Wistar de Filadelfia, Estados Unidos. Consistió en inocular a algunas vacas con un virus modificado genéticamente, el virus vaccinia-rabia. El experimento estuvo plagado de irregularidades: se efectuó sin que las autoridades argentinas lo supieran, se realizó a campo abierto (con el riesgo de que el virus se esparciera a la fauna silvestre), participaron peones rurales (desconocían a lo que se estaban exponiendo y terminaron infectándose con el virus), y se permitió que la leche de esas vacas

Fig. 4. Vacunación. Tomado de: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VaccineBySandraRugio.jpg>



### Hasta 2017, y luego de décadas de éxito en las campañas de vacunación, sólo quedaban en el mundo 3 países con casos de polio: Nigeria, Afganistán y Pakistán.

se comercializara. Es evidente que se violaron todos los protocolos de seguridad, inclusive la soberanía argentina. El caso salió a la luz ya que un investigador argentino en el Instituto Wistar dio la alarma. La repercusión fue inmediata, y los organismos internacionales pidieron reforzar la regulación de las investigaciones para evitar que entes poderosos eludieran la legislación estricta de sus países, experimentando en países con regulaciones más laxas.

### SITUACIÓN ACTUAL

Una vez erradicada la viruela gracias a la iniciativa de la Organización Mundial de la Salud (OMS), la mira fue dirigida hacia la poliomieltitis (o polio). Hasta 2017, y luego de décadas de éxito en las campañas de vacunación, sólo quedaban en el mundo 3 países con casos de polio: Nigeria, Afganistán y Pakistán. En 2019, tenemos que lamentar que, en vez de haber sido erradicada de la faz de la Tierra, o al menos haber reducido la lista de países con polio, están registrándose casos en varios países, que llenan de preocupación a las autoridades sanitarias del mundo. Mientras haya un solo niño en el mundo con el virus de la polio existe el peligro de que se contagie y vuelva a esparcirse. Según la OMS, “el fracaso de la erradicación de la polio podría ocasionar en todo el mundo hasta 200.000 casos nuevos al año en un periodo de 10 años”. Esto está ocurriendo notoriamente con el sarampión, enfermedad altamente contagiosa, eventualmente mortal, y absolutamente prevenible. UNICEF<sup>1</sup> declaró que entre 2017 y 2018 se reportaron decenas de miles de casos en 98 países. Coinciden estos números con el aumento de personas no vacunadas.

La severa crisis político-económica que vive la población en Venezuela, ha llevado al debilitamiento del programa de vacunación de los niños, y tristemente a la reaparición del sarampión y de la polio en 2018, enfermedad que había sido erradicada en 1989. Si a esto sumamos que debido a esa fuerte crisis, se está dando una de la mayores migraciones de la historia reciente, el cuadro es más que preocupante. Millones de venezolanos están emigrando hacia todos los países de la región. Esta situación es terreno más que propicio para que se produzcan epidemias.

En Estados Unidos, la polio fue erradicada en 1979 y, si bien no se han registrado casos en 40 años, desde 2014 viene incrementándose el número de niños que sufren parálisis repentina, que ha dado en llamarse Mielitis flácida aguda (MFA), y en muchos de esos casos se registró la presencia de un enterovirus, familia a la que pertenece el poliovirus. En varios países se han dado brotes de polio en las últimas dos décadas. Aquí debemos diferenciar los casos de polio salvaje, es decir que el agente causante es el propio virus, de aquellos casos derivados de poliovirus circulantes de origen vacunal (cVDPV, en inglés). La vacuna contra la polio contiene el poliovirus atenuado, el cual genera inmunización en los niños vacunados. Esos niños eliminan virus en sus heces, y si la población carece de redes cloacales y servicios sanitarios adecuados, el virus puede llegar a otros niños, los cuales también alcanzan así la inmunización. Si además la población está muy pobremente vacunada puede ocurrir que alguna mutación transforme al virus atenuado en virus activo. Demás está decir que la probabilidad de que esto

# CALENDARIO NACIONAL DE VACUNACIÓN

El Estado Nacional garantiza VACUNAS GRATUITAS en centros de salud y hospitales públicos de todo el país

Edad	Vacunas		BCG (1)	Hepatitis B HB (2)	Neumococo Conjugado (3)	Quintuple Pentavalente DTP-HB-Hib (4)	Polio IPV (5)	OPV (6)	Rotavirus (7)	Meningococo (8)	Gripe (9)	Hepatitis A HA (10)	Triple Viral SRP (11)	Varicela (12)	Cólera o Quintuple Pentavalente DTP-Hib (13)	Triple Bacteriana Calor DTP (14)	Triple Bacteriana Acalular dTpa (15)	Virus Papiloma Humano VPH (16)	Doble Bacteriana dT (17)	Doble Viral SRP (18)	EXCLUSIVO ZONAS DE RIESGO	Fiebre Amarilla FA (19)	Fiebre Hemorrágica Argentina FHA (20)
	Única dosis (A)	Dosis neonatal (B)																					
Recién nacido	Única dosis (A)	Dosis neonatal (B)																					
2 meses					1ª dosis	1ª dosis	1ª dosis		1ª dosis (D)														
3 meses										1ª dosis													
4 meses					2ª dosis	2ª dosis	2ª dosis		2ª dosis (E)														
5 meses										2ª dosis													
6 meses						3ª dosis	3ª dosis																
12 meses					refuerzo							Única dosis	1ª dosis										
15 meses										refuerzo			Única dosis										
15-18 meses								1ª refuerzo						1ª refuerzo									
18 meses																							1ª dosis (I)
24 meses																							
5-6 años (ingreso escolar)								2ª refuerzo					2ª dosis			2ª refuerzo							refuerzo (M)
11 años										Única dosis													
A partir de los 15 años																							Única dosis (N)
Adultos																							
Embarazadas																							
Puerperio																							
Personal de salud																							

(1) BCG: Tuberculosis (Formas Invasivas)  
 (2) HB: Hepatitis B  
 (3) Neumococo Conjugado: Neumococo y Streptococcus por Neumococo.  
 (4) DTP-HB-Hib: (Difteria, Tétanos, Tos Común, Hib, Neumococo Hib) y Hib.  
 (5) IPV: (Cada 5 años) Polio.  
 (6) OPV: (Cada 5 años) Polio oral.  
 (7) Rotavirus.  
 (8) Meningococo.  
 (9) Gripe.  
 (10) HA: (Cada 5 años) Hepatitis A.  
 (11) Triple Viral: (Cada 5 años) Sarampión, Rubéola, Paperas.  
 (12) Varicela.  
 (13) DTP-Hib: (Cada 5 años) Difteria, Tétanos, Tos Común, Neumococo Hib, Hib.  
 (14) DTP: (Cada 5 años) Difteria, Tétanos, Tos Común.  
 (15) DTP: (Cada 5 años) Difteria, Tétanos, Tos Común.  
 (16) VPH: (Cada 5 años) Virus Papiloma Humano.  
 (17) Doble Bacteriana: (Cada 5 años) Difteria, Tétanos.  
 (18) Doble Viral: (Cada 5 años) Sarampión, Rubéola.  
 (19) FA: (Cada 5 años) Fiebre Amarilla.  
 (20) FFA: (Cada 5 años) Fiebre Hemorrágica Argentina.  
 (D) Antes de ingresar a la maternidad.  
 (E) En los primeros 15 días de vida.  
 (I) Vacuna Universal. Si no hubiera recibido el esquema completo, deberá completarlo. En caso de tener que iniciar, aplicar 1ª dosis al mes de la primera y 2ª dosis a los seis meses de la primera.  
 (M) La 2ª dosis debe administrarse antes de las vacaciones escolares o los seis meses de vida.  
 (N) La 2ª dosis debe administrarse antes de las vacaciones escolares o los seis meses de vida.  
 (O) Personal de salud que asista menores de 12 meses. Resucitar cada 5 años.  
 (P) Residentes en zonas de riesgo.  
 (Q) Residentes en zonas de riesgo que refuere a los diez años de la primera dosis.  
 (R) Residentes o trabajadores con riesgo ocupacional en zona de riesgo y que no hayan recibido anteriormente la vacuna.  
 (S) 2 dosis separadas por intervalo mínimo de 6 meses.

Fig. 5. Calendario de vacunación 2019 en Argentina. Fuente: <https://www.huesped.org.ar/informacion/vacunas/calendario-nacional-de-vacunacion/>

ocurra es muy baja, y que se trata de un riesgo mínimo frente a la altísima cantidad de personas que la vacuna puede salvar de morir o quedar inválidas.

### EPÍLOGO

No podemos concluir este tema sin recordar la importancia del cumplimiento del calendario de vacunación. En Argentina existe un muy completo plan de vacunación (Fig. 5) gratuito y obligatorio. Debemos tomar conciencia que de su cumplimiento depende la salud de la población.

ADRIÁN FERNÁNDEZ  
VOLVER

### REFERENCIA

1 - Ver: <https://www.unicef.org/es/comunicados-prensa/alarmanete-oleada-mundial-sarampion-amenaza-creciente-para-infancia>

### BIBLIOGRAFIA

- UNICEF: <https://www.unicef.org/es>
- Organización Mundial de la Salud: <https://www.who.int/topics/poliomyelitis/es/>
- Organización Panamericana de la Salud: <https://www.paho.org/hq/?lang=es>
- Sobre el "Caso Azul": [https://delderechoreves.com.ar/wp-content/textos/SMM/El\\_caso\\_de\\_Azul\(SMMMartinez\).pdf](https://delderechoreves.com.ar/wp-content/textos/SMM/El_caso_de_Azul(SMMMartinez).pdf)
- Ministerio de Salud y Desarrollo Social: <https://www.argentina.gob.ar/salud/vacunas>



# IGUANA

La iguana verde (Iguana iguana) es una de las especies de lagartos de mayor tamaño. Son excelentes trepadoras y se mueven con mucha soltura en las ramas más altas de árboles y palmeras. Encontré a este macho de gran tamaño desplazándose por el piso y me regaló algunas poses antes de treparse a un árbol altísimo para asolearse. Al contemplarlo se hace imposible no pensar en los grandes dragones recreados por el cine.

Evangelina Indelicato. Docente de la UBA e Institutos de Formación Docente de CABA. Apasionada por la naturaleza. Hace más de 10 años dedico gran parte de su tiempo libre a la búsqueda fotográfica, tratando de captar la belleza que existe y la increíble diversidad de formas, colores, texturas, comportamientos. Desea que sus imágenes contribuyan a inspirar a las personas a cambiar su comportamiento respecto de la naturaleza, para asegurar que los ambientes naturales y la vida salvaje persistan.

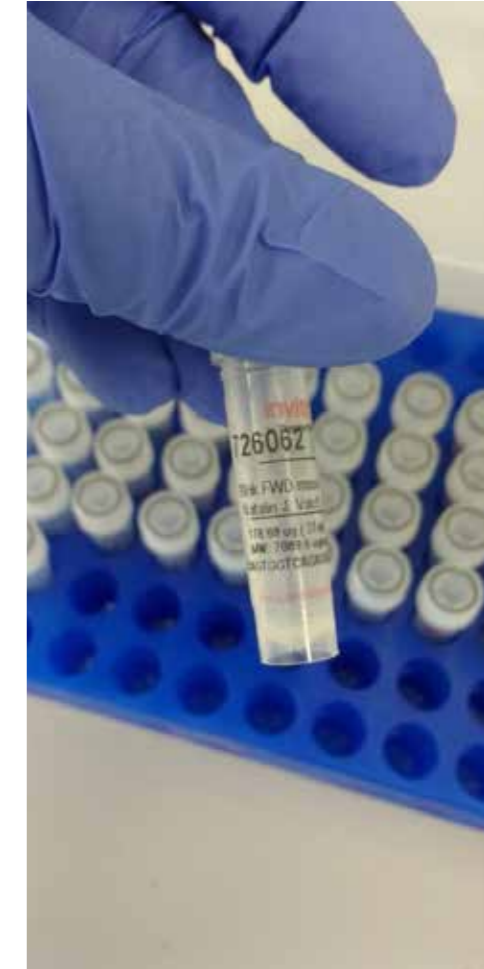

**AYELÉN GÁZQUEZ**

Lic. en Biotecnología y Biología Molecular  
 Dra. en Ciencias Biológicas - Docente universitaria  
 Estudiante de Máster en Ciencia, Tecnología y Sociedad

# LA BIOTECNOLOGÍA PARA SALVAR AL MUNDO

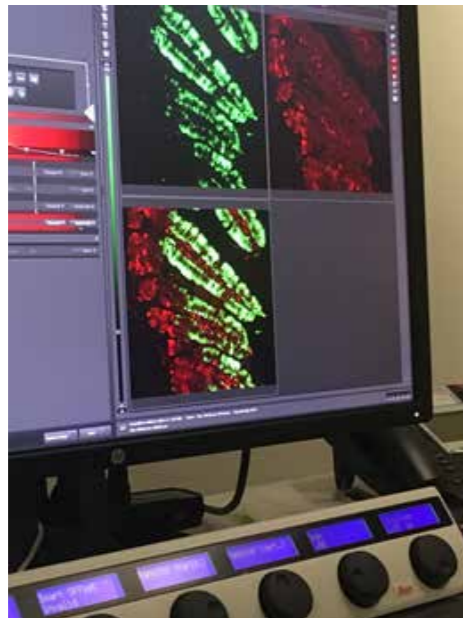
## ...O EL DISCURSO QUE NOS CUENTAN SOBRE ELLA

La Súper Biotecnología que resuelve todos los problemas del mundo, o si quieren su versión maligna que nos trae transgénicos y químicos tóxicos, se presenta como un personaje heroico autónomo, neutral y naturalmente objetivo que pulula por nuestro mundo haciendo de las suyas. Sin embargo, como si fuese un cómic popular esto no es más que ficción. La biotecnología la hacen personas para personas, con intenciones particulares y, por lo tanto, consecuencias deseadas (o no tanto). Comenzar a ver la ciencia, y la biotecnología en particular, como un sistema socio-técnico nos permite correr del paradigma establecido y pensar cómo las biotecnologías pueden reforzar o no dinámicas de exclusión/inclusión social.



**B**iotecnología es una palabra que suena muy elegante, suena a algo nuevo, innovador, importante. Mi primer encuentro personal con la palabra **biotecnología** surgió *hace lejos y hace tiempo* en algún momento de mi educación secundaria. Para mí, la biotecnología era una ciencia que estudiaba seres vivos y los usaba para cosas, la veía representada en mi cabeza como la ciencia que hacía vacunas para curarnos de enfermedades terribles, encontraba nuevos fármacos contra el cáncer, diseñaba transgénicos para salvarnos del hambre y solucionaba todos los problemas que el mundo pudiese tener. Fue entonces que decidí estudiar la Licenciatura en Biotecnología porque... bueno, porque sonaba bonito y estaba lejos de casa (¡buena opción para escapar por un rato!) ¡Qué lindo esos tiempos en los que la biotecnología me parecía magia pura! ¡La biotecnología hacía cosas!

La idea de que esta ciencia era como algo mágico creo que la mantuve incluso hasta después de recibirme de Licenciada. Sin embargo, durante la carrera comprendí que para muchos la biotecnología era “mala” por estar relacionada con transgénicos, glifosato y cosas terribles. Apuesto que cualquiera puede citar algún movimiento anti organismos genéticamente modificados (OGM), o al menos conoce sobre movilizaciones en contra del cultivo de plantas transgénicas como es el caso de la soja. Al final, vale preguntarse ¿La biotecnología es buena o es mala?



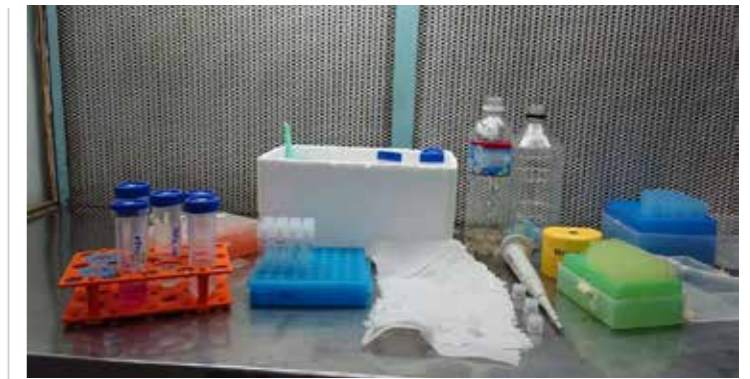
De alguna manera, le podemos atribuir a la biotecnología una identidad propia, viene a ser como un integrante de una banda de personajes heroicos de Marvel en donde participa la *Súper Biotecnología* y es un personaje bueno para algunos y malo para otros. Resulta que después de realizar un doctorado de cinco años investigando el estrés que el frío genera en los cultivos de arroz del norte de nuestro país, comencé a preguntarme si acaso eso que yo creía que era la biotecnología era realmente así. El final de un doctorado no es fácil, es un momento que invita a la introspección queramos o no. Podés intentar aplazar ese momento reflexivo, pero más temprano que tarde llega, y llega para darte vuelta la cabeza. Así fue como empecé a preguntarme ¿Por qué investigaba lo que investigaba? ¿Para quién estaba investigando? ¿Para qué investigaba eso? Las respuestas en principio parecían sencillas y las tenía cuasi memorizadas: 1) porque el arroz es el alimento más importante del mundo y da de comer a más de la mitad de la población; 2) para el Estado, o sea, para todas las personas de este país; 3) para mejorar el rendimiento de los cultivos y salvar al mundo de morir de hambre. ¡Sí! La *Súper Biotecnología* lo hacía todo. Como investigadora, dudé de inmediato de la rapidez y facilidad que tuve para contestar esas pregun-

tas. Creo que es algo que le pasa a cualquier persona que realice un doctorado o que esté inmerso en una investigación o trabajo que demanda mucha atención, mucho tiempo y mucha energía concentrada. Tendemos a aplazar las reflexiones sobre aquello que hacemos y buscar respuestas rápidas que dejen nuestra conciencia tranquila. Sin embargo, cuando empecé a ahondar en esas respuestas prefabricadas encontré otras que no me gustaban tanto. Para empezar, descubrí que no tenía bien en claro que el arroz fuese el alimento más importante del mundo ya que no podemos vivir solo de arroz (“¡no vives de ensalada Lisa!”). Por otro lado, decir que investigaba para todas las personas de nuestro país no era verdad, ya que lo que surgiese de esa investigación iba a beneficiar mayormente a quienes producen arroz por sobre el resto de la población.

Si pensamos un poco más, nos damos cuenta que no va a beneficiar a *todos* los campos productores de arroz, sino a un grupo selecto que posea las capacidades de adquirir y utilizar cualquier biotecnología que yo como investigadora y mi equipo de trabajo pudiésemos diseñar. Aún más, cabía la posibilidad de que esa biotecnología que mejoraba la producción de algunos favoreciese las dinámicas de exclusión e inequidad. Por ejemplo, quienes tengan mayor producción posiblemente sean más capaces de adoptar una biotecnología novedosa y pagar los costos de su implementación, mientras que las producciones más pequeñas quedarían excluidas. Así, una biotecnología desarrollada con financiamiento mayoritariamente estatal terminaría reforzando las diferencias entre los campos productores de arroz no por su capacidad de innovar, sino por su capacidad previa de adoptar ese desarrollo. También me puse a pensar que la investigación que yo estaba desarrollando estaba siendo financiada por dinero del Estado, dinero que salía del bolsillo de quienes pagan impuestos. Sin embargo, la biotecnología que surgiese de esa investigación no iba a beneficiar a *todas* las personas que contribuyesen de igual forma. Y seamos sinceros, el arroz por sí sólo no va a salvar al mundo del hambre, el problema del hambre es bastante más complejo. Comencé a cuestionarme, no sin angustiarme bastante, si la *Súper Biotecnología* era en realidad tan *Súper* como yo creía, o incluso si podía seguir hablando de la *biotecnología* como un ente autónomo y único que estaba ahí y por la que nadie se responsabilizaba.

Esta crisis profesional me llevó a estudiar otras cosas, a inspeccionar otras disciplinas que me eran totalmente desconocidas. No voy a entrar en detalles sobre mi vida personal, pero sí es importante que entiendan que la visión sobre la biotecnología que les voy a contar ahora viene desde la perspectiva de una Licenciada en Biotecnología y Biología Molecular que estudió en una universidad pública (Universidad Nacional de La Plata) y que se metió con sociólogos y

políticos para entender un poco mejor este caos de la biotecnología y de la ciencia en general. Soy alguien que cruzó el muro y decidió acercarse a ese monstruo que suelen llamar *interdisciplina*. Entre cursos de ética y algún posgrado sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad, mi visión sobre *qué es, qué hace, quién hace, para quién hace* la Ciencia cambió rotundamente. Creo que es necesario compartir y discutir estas cuestiones para que quienes son profesionales de la Ciencia ejerzan sus trabajos con un compromiso ético y para que quienes trabajan en otros ámbitos exijan a los científicos que sean conscientes de aquello que hacen. Usemos a la biotecnología como ejemplo de un debate que debería darse alrededor de toda disciplina científica.

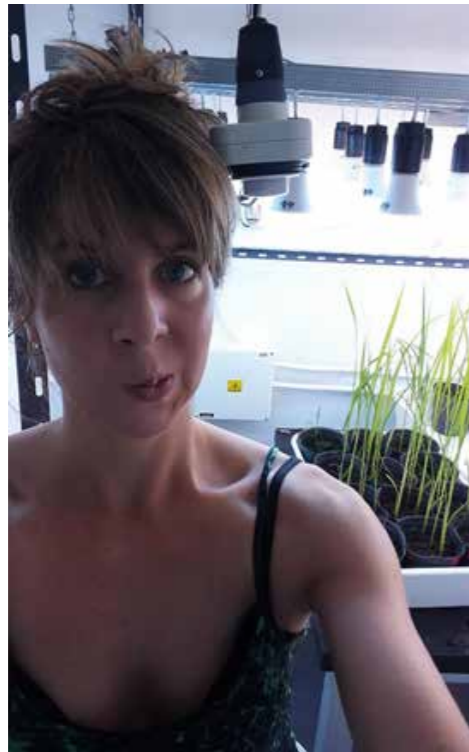


### ¿DE QUÉ HABLAMOS CUANDO HABLAMOS DE BIOTECNOLOGÍA?

Empecemos de nuevo. ¿Qué es la biotecnología? Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) es “la aplicación de ciencia y tecnología a organismos vivos así como a sus partes, productos y modelos, para alterar los materiales vivos o no vivos para la producción de conocimientos, bienes y servicios”. Se entiende a la biotecnología como la conjunción multidisciplinaria de diversas ciencias que facilitan el camino desde la investigación básica hasta su aplicación en campos tales como el agropecuario, la salud humana y animal, y el medio ambiente. Esta definición guía planes de estudio de asignaturas y carreras, nuestra forma de trabajo, lo que divulgamos sobre esta disciplina y lo que hacemos con ella. Aunque no lo aprendamos de memoria, esta definición sobre la biotecnología permea y a la vez se refleja en todo lo que hacemos.

Sin embargo, la ciencia y la tecnología son producidas bajo ciertas circunstancias técnicas y sociales en un momento dado, con lo que sería más apropiado conceptualizar a la biotecnología considerando su relación con la sociedad, es decir, como si fuese un sistema socio-técnico. Para poder proponer otra definición de biotecnología, primero deberíamos explicar qué es una *tecnología*. Podemos pensar en una tecnología o herramienta como algo que fue necesariamente creado por el ser humano y que no existía previamente en el mundo. De esta manera la “naturaleza” y lo creado por el ser humano, las cosas “culturales”, quedan completamente separadas. El problema con las *biotecnologías* es que, justamente, implican una parte *bio* que proviene de la naturaleza, i.e., seres vivos que no han sido hechos por el humano. Si queremos ahora tomar en cuenta las condiciones sociales particulares en las cuales se piensa y genera una biotecnología, tendremos que estudiar las relaciones que la vinculan con los procesos de cambio social, con dimensiones políticas y culturales.

Ante la controversia que esto genera, debemos tomar una definición de las *biotecnologías* que nos permita tomar en cuenta su análisis como sistema socio-técnico. Hallam Stevens propuso entender a las biotecnologías como sistemas socio-técnicos en donde algunos elementos son proce-



tos biológicos activos, es decir que requieren un funcionamiento continuo y activo de crecimiento y otros procesos biológicos por parte de seres vivos. *La conceptualización de la biotecnología como un sistema socio-técnico nos permite considerar que ésta involucra procesos biológicos que están insertos en tecnologías dentro de una red social y técnica, volviéndose parte de ese sistema.* Además, este autor propone incluir en esta definición la dirección e intencionalidad de las biotecnologías hacia el control de los procesos biológicos, incluido el nivel molecular. No es que estemos cambiando la definición de biotecnología propuesta por la OCDE, sino que esta nueva forma de entenderla nos permite empezar a ver que la biotecnología es hecha por alguien, en un contexto determinado, con una intención determinada. Lamentablemente, y así como pasa con todos los personajes heroicos de Marvel, la *Súper Biotecnología* no es más que una ficción.

### CONSECUENCIAS SOBRE CÓMO ENTENDEMOS LA BIOTECNOLOGÍA

Cómo entendemos a la biotecnología tiene consecuencias importantes

sobre los desarrollos que hacemos con ella y cómo explicamos sus consecuencias, especialmente aquellas no deseadas. Veamos un ejemplo que la mayoría seguro escuchó y conoce: la soja transgénica en Argentina. En los '90 la empresa Monsanto introdujo en Argentina un paquete tecnológico constituido por la soja RR -que es una soja transgénica resistente al herbicida glifosato-, el glifosato, y la siembra directa (en donde se cultiva sin alterar el suelo, o sea, no se rastrilla antes de sembrar) como práctica agronómica de cultivo. Esta tecnología jugó un papel crucial en la adopción de la siembra directa como modo de cultivo predilecto en nuestro país. A pesar de que Monsanto comenzó a vender glifosato a principio de los '80, el precio del mismo cayó notoriamente en los '90 debido al vencimiento de la patente. Por otro lado, el Estado Nacional con el objetivo de estabilizar la economía tomó medidas que fomentaron el modelo de acumulación de capital a partir de la exportación de materias primas y manufacturas de escaso valor agregado, lo que evidencia que no puede entenderse la adopción de esta tecnología sin tener en cuenta el contexto económico-social de la época en donde se promovía la exportación sojera. Esta dinámica que en parte fue "social" y en parte "técnica", generó que los productores alquilaran tierras con el objetivo de aumentar las tierras labradas y solventar los problemas de productividad. Por ello es que la tecnología de siembra directa junto con el paquete tecnológico de soja RR funcionó de manera efectiva, ya que permitía aumentar la productividad de las tierras cultivadas y aumentar el porcentaje de tierra cultivada al reducir los costos del control de malezas y la disminución de los ciclos de laboreo (permitiendo el doble cultivo sobre la misma tierra).

El paquete tecnológico soja RR-glifosato-siembra directa prometía una opción sustentable para combatir el hambre, un buen insumo para bioenergía, y un alimento barato. Argentina fue pionera en la región latinoamericana en aprobar la semilla transgénica y se encuentra actualmente entre los cuatro países que concentran la producción mundial de soja. Sin embargo, hoy es objeto de controversias tanto científicas como políticas: en cuanto al consumo de alimentos basados en soja RR existen críticas del tipo médico-nutricional; se cuestiona la eficacia agronómica y la sustentabilidad de estos cultivos; el uso del glifosato y sus consecuencias epidemiológicas y toxicológicas da lugar a críticas fuertes. ¿Quién/es tiene/en responsabilidad sobre las consecuencias que se discuten? ¿La *Super Biotecnología* soja RR-glifosato-siembra directa? ¿Quiénes cultivan la soja? ¿El Estado? ¿La pipeta de laboratorio que colaboró con el diseño de la soja RR?

Pueden encontrarse varios juicios respecto de la soja RR en las que se le atribuye a la biotecnología en sí la causa de los males que provoca, como por ejemplo el cáncer. También están quienes abogan que los transgénicos (como la soja RR) no tienen "malas intenciones" sino que son las perso-

nas quienes las usan mal. La disociación de la tecnología con la sociedad lleva muchas veces a juzgar a las biotecnologías como "buenas" o "malas" atribuyéndole a la ciencia y la tecnología la característica de autonomía (como si fuese una entidad con capacidad de obrar según su propio criterio) y de neutralidad (como si no hubiese sido diseñada con una intención particular). Como se evidencia en este ejemplo, no podemos pensar que las biotecnologías o las personas por sí solas tienen la culpa de los beneficios y males que generan. Las biotecnologías deben pensarse como sistemas socio-técnicos en donde la explicación de su uso y consecuencias no puede darse ni desde la tecnología en sí ni desde la sociedad, sino que son necesariamente el producto de complejas redes técnicas y sociales. ¿Deberíamos acaso hablar de las *socio-biotecnologías*?

La elección de un modo u otro de conceptualizar a la(s) biotecnología(s) tiene consecuencias también en los planes de estudio de asignaturas y carreras. Solemos reproducir el modo en el cual entendemos la(s) biotecnología(s) en todos los ámbitos en donde esta intervenga (cuando enseñamos, cuando investigamos, cuando las usamos, cuando las comunicamos, etc.). La educación puede concebirse como un dispositivo social que busca contribuir a la emancipación de las personas por medio de la promoción de las libertades y la democracia, en donde el conocimiento es entonces la facultad de

comprender y transformar la realidad que nos rodea. En función de la promoción de estos valores, entiendo que la enseñanza se comprende como la acción emprendida de forma consciente y deliberada, sobre la base de la reflexión crítica y racional, por el cuerpo docente de un espacio en donde se motiva el aprendizaje y se dispone de oportunidades para lograrlo. El alumnado utiliza estas oportunidades para lograr vínculos sustantivos y no arbitrarios entre conocimientos previos, nuevos contenidos y el contexto que nos rodea. Sin embargo, es la lógica instrumentalista la que prima en la forma de enseñanza de la mayoría de las carreras enfocadas en la biotecnología. En este sentido, existe una serie de recetas a seguir para obtener un objetivo determinado y la enseñanza se transforma en una cuestión técnica ¿Nos están mostrando el cómic de la *Súper Biotecnología* en donde se usan sus *superpoderes* para combatir el mal? ¿De hecho creo que sería muy divertido si en verdad nos lo enseñaran como si la vida fuese un cómic! (*spoiler alert*: lástima que no lo es)

La concepción general sobre qué es la biotecnología se traduce en un modo particular de problematizar y definir los problemas científicos en el *currículum* de las carreras, y evidencia los roles tradicionales de la ciencia. En este rol tradicional, la ciencia pretende dar respuestas certeras y acabadas a problemas puntuales que están aislados de su entorno. Se asume que no hay juicio alguno por parte de quienes enuncian estos problemas, sino que son neutrales y que entonces pueden resolverse de manera unívoca. La transmisión del modelo de ciencia hegemónico sucede a través del *currículum* oculto (conjunto de normas y valores que son implícita pero eficazmente enseñados) en la práctica docente universitaria. El docente trabaja con los instrumentos de la ciencia que en la acción pedagógica garantiza la reproducción de un cierto modo de hacer ciencia, que es el dominante.





Al mismo tiempo, en el contexto actual se está gestando una pérdida de legitimación en cuanto a las funciones que realiza la Universidad pública en Argentina. La globalización impactó en la Universidad pública en los '90 al marcar formas estandarizadas para educar e investigar. De este modo, se perdió autonomía para establecer planes de estudio y temas prioritarios, debiendo enfocarse en cuestiones que atendiesen problemas globales y no regionales. Esto ha germinado en la segmentación de la investigación, la enseñanza y la extensión, contribuyendo a una disociación curricular y desvinculación del entorno. Para recuperar la confianza de la sociedad para con la Universidad es necesario resignificar el vínculo Universidad-sociedad, lo que implica una nueva dinámica que incluya el enfoque de sus prácticas de educación, investigación y extensión enmarcadas en el territorio local.

Actualmente, predomina una visión mercantilista al servicio del mercado que guía la estructuración del *currículum* de la Licenciatura en Biotecnología y Biología Molecular tanto en la problematización de investigaciones académicas como de desarrollos tecnológicos innovadores. Por ejemplo al

plantear que la problemática del hambre es solucionable generando cultivos transgénicos que aumenten la eficiencia en la producción. Además, los problemas que se toman como relevantes en la enseñanza de la biotecnología son guionados principalmente por otros países o por el mercado.

Quizás por aquí esté la explicación de por qué durante mi tránsito en la UNLP estudiando la Lic. en Biotecnología y Biología Molecular nunca pude captar el complejo entramado en el cual se encuentran las biotecnologías y me haya chocado con la realidad mucho más tarde. Entender la biotecnología como un ente autónomo y neutral separado de la dimensión social tiene fuertes consecuencias en la vida de las personas: en quienes enseñan y estudian las biotecnologías porque interviene en los planes de estudio y en los modos de enseñar; en quienes investigan desarrollos biotecnológicos porque delimitan problemas puntuales con soluciones únicas y separadas de su entorno; en quienes hacen uso o no de una biotecnología ya que no se considera la intención de esa biotecnología en su diseño y, por lo tanto, sus consecuencias (por ejemplo en el caso del paquete *soja RR-glifosato-siembra directa*). Pensar en una (*Súper*) biotecnología en vez de en las *socio-biotecnologías* impacta en múltiples aspectos de nuestra sociedad al reforzar (o no) la exclusión social, la desigualdad, el desarrollo local.

Pero esto también es un problema y genera desigualdades en otros planos que no son tan evidentes. Aquello que quienes hacen ciencia eligen estudiar y abordar con desarrollos biotecnológicos y aquello que deciden dejar de lado afecta dinámicas de inclusión o de exclusión social. Veamos un ejemplo que, lejos de elegirlo al azar, lo selecciono por ser sumamente controversial en la actualidad (y porque me toca



muy de cerca). Veníamos diciendo que la perspectiva instalada en la ciencia imagina una biotecnología neutra, universal y objetiva, en donde si es buena o mala depende únicamente de cómo se use. Sin embargo, en cuanto a ciencia enfocada en cuestiones del ser humano se trata, la ciencia se basa en un ser universal "neutral" que es un varón blanco heterosexual. Los desarrollos biotecnológicos que se han logrado por la comunidad científica abocados al control de la reproducción sexual parten de ese sesgo por ejemplo al generar métodos anticonceptivos más diversos para mujeres que para hombres. Por otro lado, al estudiar una nueva droga suele suceder que solamente se pruebe en sujetos hombres. Este modo de hacer ciencia señala las diferencias biológicas y psicológicas como naturales e inevitables entre hombres y mujeres, jerarquiza esas diferencias de modo que las características atribuidas al femenino son siempre inferiores al masculino, y entonces refuerza la justificación de tal inferioridad biológica en el estatus social de la mujer. Los avances futuros de la biotecnología pueden fomentar o rechazar esta lógica patriarcal, eso dependerá de que a la hora de diseñar un problema científico y su solución tomemos o no en cuenta una perspectiva de género. Incluir una perspectiva de género implica adoptar un punto de vista que permita observar los fenómenos de la realidad considerando los efectos que tienen en las relaciones sociales particularmente entre los géneros ¿Existirá acaso la biotecnología feminista?

### ¡EXTRA! ¡EXTRA! LA SÚPER BIOTECNOLOGÍA HA MUERTO

Resulta ser que a quienes escriben cómic suele gustarles de vez en cuando matar a sus personajes. Esta no será la excepción. La *Súper Biotecnología* que me inspiró a elegir mi carrera de grado decía ser única, excepcional, autónoma, neutral, mágica. El problema está en que había algunas características que no me contó y que no se ven tan rápidamente. Detrás de todo personaje heroico hay un humano que generalmente para ser quien es requiere de la ayuda de otras personas. Al final, no puede ser *Súper* si no hay nadie a quien salvar por lo que la sociedad que la rodea en parte hace a quien es. Si hay humanos detrás de *Súper Biotecnología* entonces estaremos de acuerdo en que no puede ser neutral, autónoma, y única como se autoproclama. A media noche, rodeada de equipos científicos, estudiantes y docentes, entre otros, la *Súper Biotecnología* nos dejó (QEPD).

Si vieron algunas películas o leyeron algún cómic saben que a Stan Lee además de matar a sus personajes también le gustaba revivirlos. ¿Cómo podemos pensar en revivir a *Súper Biotecnología*? ¿Qué deberíamos tener en cuenta? Así como Spider-Man (¡spoiler alert para el que no vio la última película!) en realidad no es uno sino que existe en múltiples universos paralelos, podríamos pensar en algo un poco

más relacionado con nuestra realidad e imaginar que no hay *una* biotecnología sino que hay múltiples. Los modos de hacer biotecnologías son muchos y mientras más abiertos seamos, más soluciones (y problemas donde intervenir) vamos a encontrar para distintas situaciones. De hecho, hay tantos modos de hacer biotecnologías como problemas y personas involucradas. Siempre que pensemos a las biotecnologías como parte de un entramado social complejo, en una situación política particular, podremos devenir en desarrollos que realmente aporten a disminuir la desigualdad y la exclusión social y fomentar el desarrollo local y sustentable.

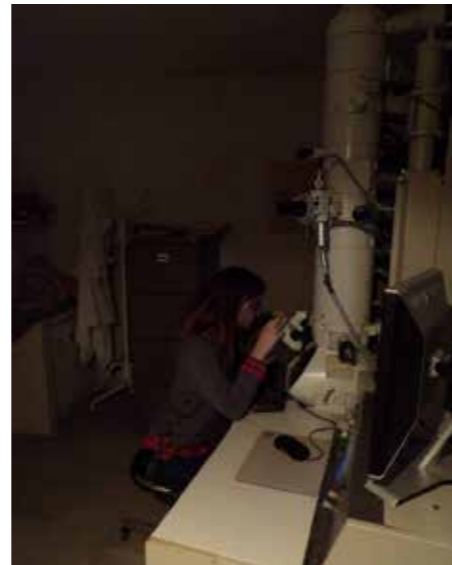
### LOS DESAFÍOS DE REPENSAR LAS BIOTECNOLOGÍAS

Los desafíos a futuro son muchos. Por un lado, el modo en que enseñamos y buscamos la transmisión de conocimientos académicos y desarrollos conceptuales también debe estar orientado a transformar la práctica profesional. Quienes somos docentes tenemos la tarea de promover el desarrollo de capacidades para la acción en contextos sociales concretos y diversos, distintos del ambiente académico, donde la práctica se desarrolla. Se plantean varios problemas en torno esto, por ejemplo, la distancia que existe entre lo que se desarrolla en el aula y lo que sucede en la práctica real, la desagregación de las disciplinas y su falta de integración, la búsqueda de asimilación de contenidos sin la comprensión de los mismos respecto de necesidades y problemas reales. El abordaje de problemas biotecnológicos reales, contextualizados, y situados hace que el conocimiento funcione como un medio para elaborar nuevas respuestas y sitúa al estudiante en una situación más cercana a la práctica profesional. La importancia de contextualizar las problemáticas a desarrollar en el *currículum* de campos pertenecientes a las Ciencias Exactas y Naturales ya se discutió y se

enfaticó la necesidad de considerar este aspecto en el diseño de propuestas didácticas. Es en este sentido que la incorporación de una dimensión social como un eje conductual en el campo de la biotecnología queda justificada y evidencia la necesidad de una nueva propuesta didáctica.

Aunque eso nos sirva para repensar la formación de los futuros científicos, tenemos que elaborar propuestas que nos permitan incorporar la dimensión social en el inmediato. Romper con el paradigma científico establecido no es sencillo ni mucho menos, pero no debemos dejar de intentarlo. Por el momento, promover miradas reflexivas y contagiar a quienes nos rodean de ello parece ser la mejor estrategia. Quizás necesitemos que algunos biotecnólogos más se unan al clan de trabajar de manera interdisciplinaria y convocar a la mayor cantidad de actores posibles a la hora de problematizar y diseñar proyectos biotecnológicos. Los perfiles profesionales multidisciplinarios han sido cotidianamente calificados como inapropiados o dispersos alegando a que suelen no ser eficientes por no focalizarse en un solo tema. Sin embargo, la realidad del sistema de ciencia y tecnología de Argentina demanda la inclusión de personas con este tipo de perfil que fomenten estas prácticas reflexivas ante las biotecnologías. Lejos de plantear esto como una solución acabada, creo que tenemos un desafío a futuro para repensar cómo haremos que las biotecnologías resuelvan realmente problemas sociales y ambientales de relevancia para nuestra sociedad.

Lejos de hacer una reflexión exhaustiva sobre el concepto de biotecnología y sus consecuencias, esta nota busca generar una mirada más cuidadosa sobre el mismo. No he abordado ni por cerca todos los temas que están relacionados con este debate ni mucho menos las consecuencias que esto tiene en nuestras vidas. Sé que somos muchas las per-



sonas que cuestionamos los modos de hacer ciencia hoy en día y nos angustiamos por ello. Sin embargo, apuesto a que una búsqueda conjunta sobre cómo modificar esto y construir una ciencia democratizadora, emancipadora y que busque justicia y equidad social es posible si lo hacemos en conjunto y con una mirada interdisciplinaria.

**Nota:** las fotos son de Natalia Botasso, Sofía Huggías y Natalí Valeff y Ayelén Gázquez

AYELÉN GÁZQUEZ

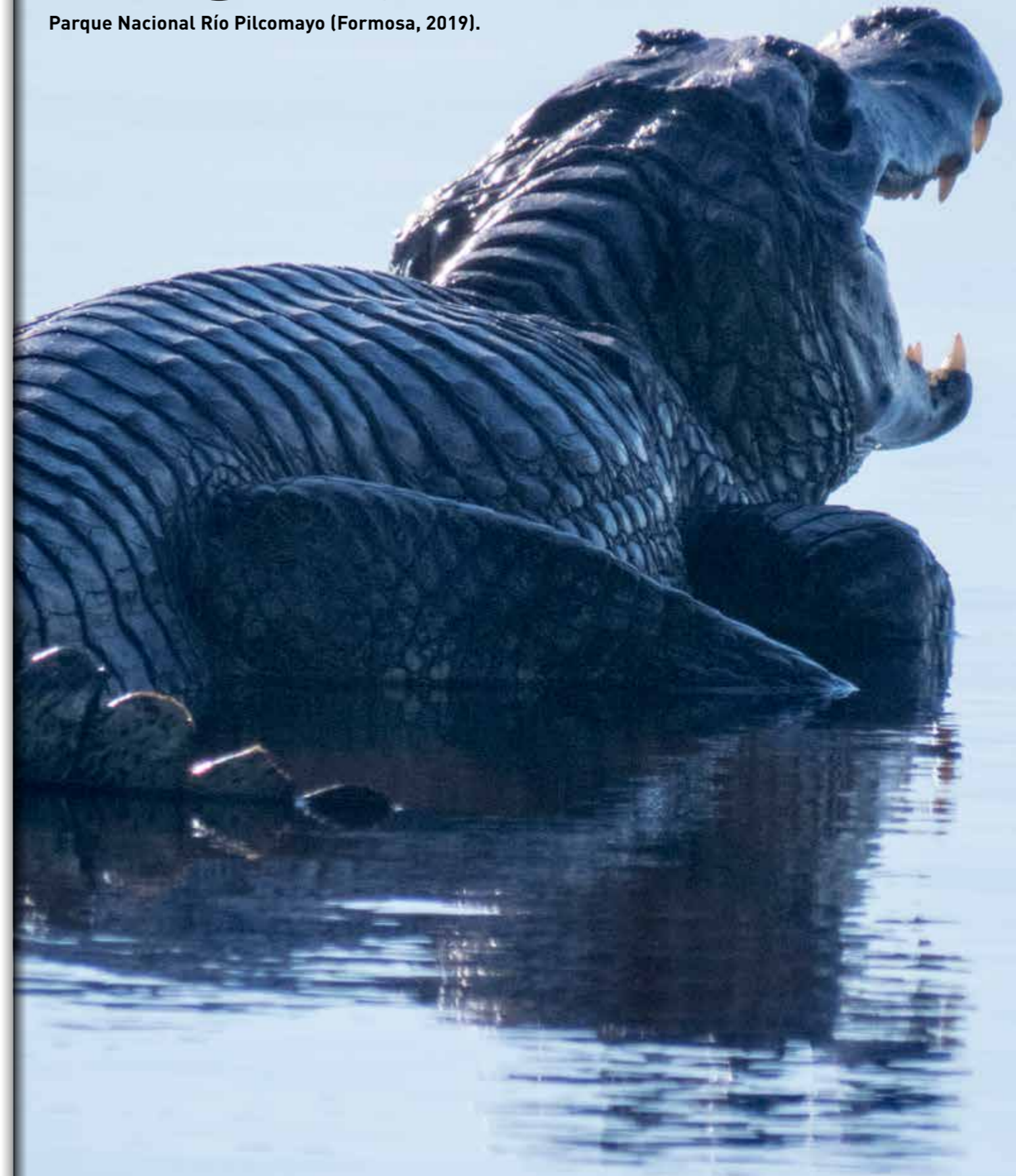
VOLVER

## BIBLIOGRAFIA

- Anlló, G., Añon, M. C., Bassó, S., Bellinzoni, R., Bisang, R., Cardillo, S., y otros. (2016). Biotecnología argentina al año 2030: llave estratégica para un modelo de desarrollo tecno-productivo. Buenos Aires: Documento de Trabajo MINCYT.
- Bijker, W. (1995). *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs. Toward a Theory of Sociotechnical Change*. Cambridge: MIT.
- Collins, H., & Pinch, T. (1996). Introducción: el Gólem. En *El Gólem: lo que todos deberíamos saber acerca de la ciencia* (págs. 13-15). Barcelona: Crítica.
- Edelstein, G. E. (2005). Enseñanza, políticas de escolarización y construcción didáctica. En G. Frigerio, & G. Diker, *Educación: ese acto político* (págs. 139-152). Ciudad de Buenos Aires, Argentina: del estante.
- Maffía, D. (2008). *Contra las dicotomías: feminismo y epistemología crítica*. Obtenido de <http://dianamaffia.com.ar/archivos/Contra-las-dicotomias-C3%ADAs.-Feminismo-y-epistemolog%C3%ADa-cr%C3%ADtica.pdf>
- Mileo, A. (2018). *Que la ciencia te acompañe (a luchar por tus derechos)*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Penguin Random House.
- MINCYT. (2012). *Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación "Argentina Innovadora 2020"*. Buenos Aires: MINCYT.
- OECD. (2006). *OECD Biotechnology Statistics 2006*. (B. van Beuzekom, & A. Arundel, Edits.) Organisation for Economic Co-Operation and development OECD.
- Stevens, H. (2016). *Biotechnology and society: an introduction*. Chicago: University of Chicago Press.
- Thomas, H., Fressoli, M., & Latouf, A. (2015). *¿Qué son las Tecnologías para la Inclusión Social?*

# YACARÉ

Parque Nacional Río Pilcomayo (Formosa, 2019).



**DIEGO GALLOTTI: Artista visual y Doctor en Ciencias Biológicas**

**VICTOR H. PANZA**

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

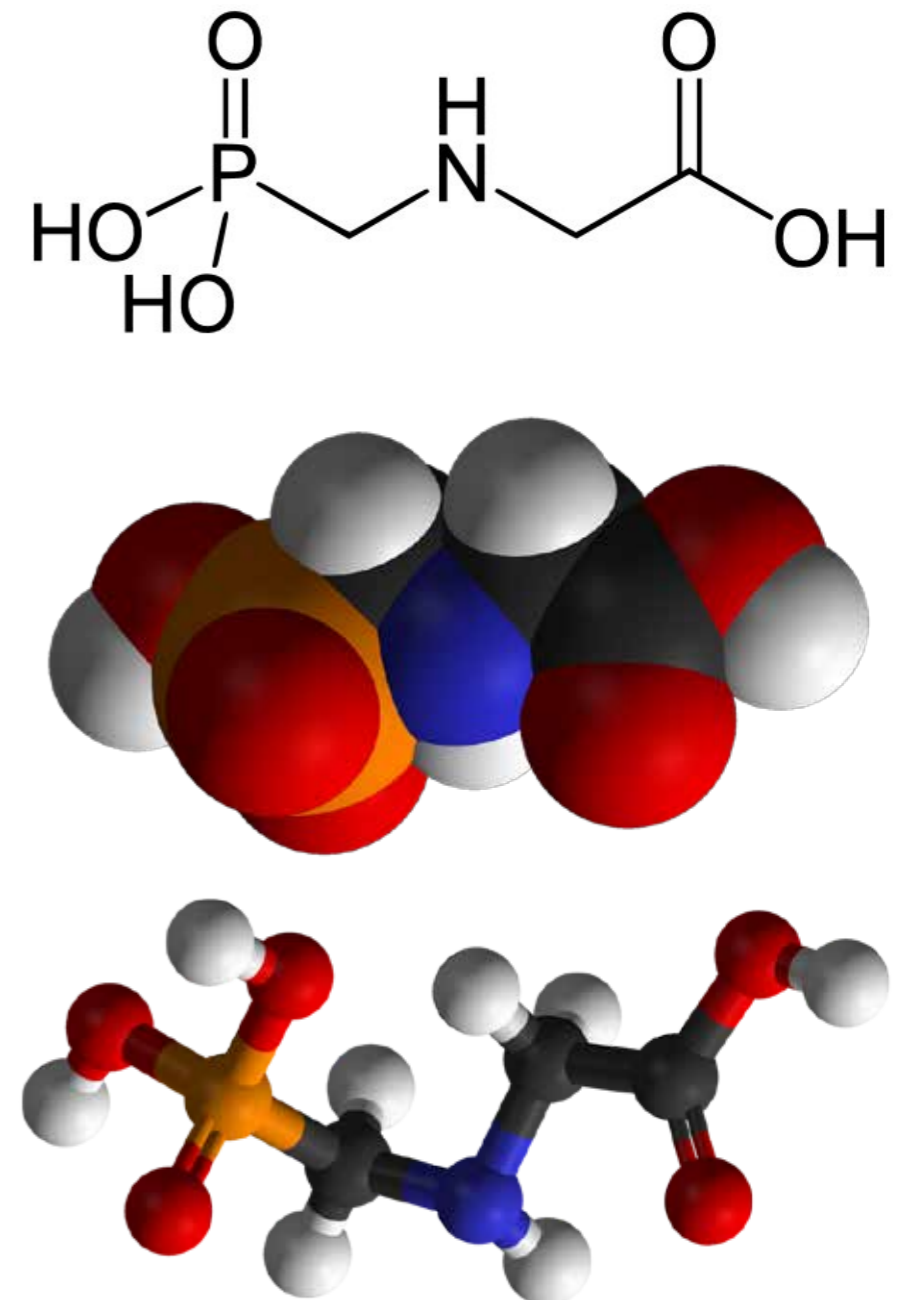
## CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN SOCIEDAD EL CASO DE LA SOJA RR Y SU IMPACTO EN LA SOCIEDAD

Como todo avance científico que desemboca en un desarrollo tecnológico, la Soja RR y la conjunta utilización del Glifosato como herbicida tiene importantes consecuencias en la sociedad. Desde grandes ganancias para la empresa que lo desarrolló y los productores que lo utilizan, hasta graves problemas de salud para quienes se hallan expuestos al Glifosato.

La ciencia muchas veces permite el desarrollo de nueva tecnología. Desde hace ya decenas de años, se pueden introducir genes de una especie en otra y lograr características únicas. Es así que surge la Soja genéticamente modificada. La "soja Roundup Ready 40-3-2" también conocida como Soja RR, posee el gen cp4 epsps de la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*, que le permite sintetizar la proteína CP4 EPSPS, que la hace resistente al herbicida Glifosato (Roundup). Este herbicida inhibe a la enzima EPSPS la cual es clave en las rutas metabólicas que llevan a la producción de los aminoácidos aromáticos. Al no poder sintetizarlos y por consiguiente no poder sintetizar la infinidad de proteínas que los contienen las plantas mueren. Mientras que la hierbas mueren, la soja permanece en pie. La Soja RR y la conjunta utilización del Glifosato como herbicida tienen importantes consecuencias en la sociedad. Desde grandes ganancias para la empresa que lo desarrolló y los productores que lo utilizan, hasta graves problemas de salud para quienes se hallan expuestos al Glifosato, lo que suele no mostrarse en los grandes medios de comunicación y conlleva responsabilidades compartidas entre distintos actores de la sociedad.

La ciencia muchas veces permite el desarrollo de nueva tecnología. Decenas de años de investigación en biología molecular y biotecnología permitieron el surgimiento de la ingeniería genética y con ella la posibilidad de modificar genéticamente a los seres vivos. Desde hace ya decenas de años, se pueden introducir genes de una especie en otra y lograr características únicas. Todo este desarrollo impacta de una manera u otra en la sociedad. En esta nota analizaremos el caso de la Soja (*Glycine max*) transgénica resistente al glifosato, qué es, cómo se logró, la situación en la argentina y el impacto en la sociedad. Cuando se habla de soja transgénica o soja genéticamente modificada (soja GM) se piensa en la soja resistente al glifosato. Si bien no es la única soja GM, es sin duda la más conocida, la primera en ser aprobada y la que en mayor superficie se cultiva en nuestro País. El verdadero nombre de esta soja es "soja Roundup Ready 40-3-2" En el cultivo de soja un paso muy costoso es el desmalezado. Por eso se utilizan los herbicidas (productos que matan a las hierbas), porque las hierbas compiten con los cultivos y dificultan la cosecha. El herbicida de uso más extendido en nuestro País es el glifosato, un herbicida de amplio espectro comercializado bajo la denominación de Roundup por la empresa Monsanto.

Formula y modelos en tres dimensiones del glifosato



El glifosato cuyo nombre químico es “N-(fosfometil) glicina” inhibe a la enzima 3-enolpiruvil-shiquimato-5-fosfato sintasa (EPSPS), la cual es clave en las rutas metabólicas que llevan a la producción de los aminoácidos aromáticos (fenilalanina, tiro-sina y triptófano). Sin esta enzima (presente en las plantas y microorganismos, pero no en los animales) las plantas mueren, al no poder sintetizar estos aminoácidos y por consiguiente no poder sintetizar la infinidad de proteínas que los contienen. Si se pudiera incluir en una planta un gen de EPSPS que diera una proteína que no resultara afectada por el glifosato, se podría utilizar este herbicida de modo que afectara a todas las plantas, menos a la genéticamente modificada. Esto es lo que logró realizar Monsanto.

### ¿CÓMO LO LOGRÓ?

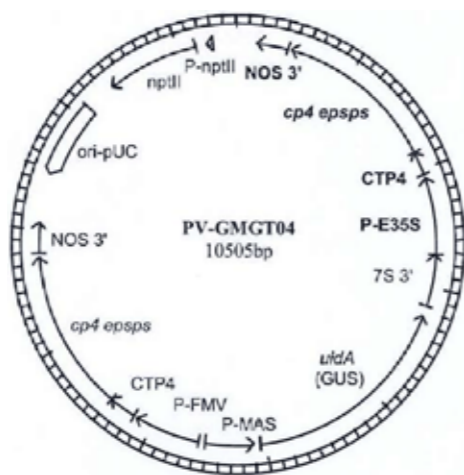
La Compañía de Semillas Asgrow posee la variedad de soja A5403. Esta variedad posee buen porte, alto rendimiento, resistencia a los quistes del nematodo de la soja y tolerancia a muchas enfermedades de hojas y tallos. Es por ello que se le eligió para hacerla resistente al glifosato. Por otro lado, la cepa CP4 de la bacteria del suelo *Agrobacterium tumefaciens*, posee una enzima EPSPS que no resulta afectada por el glifosato. Por eso se eligió al gen que



Imagen diseñada por computadora representando a la proteína EPSPS  
Créditos: By Clang14 (talk) (Uploads) - Clang14 (talk) (Uploads) Transferred from en.wikipedia, CC0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17830337>

la codifica, para introducirlo en la soja.

Para la transformación se utilizó ADN obtenido del plásmido PV-GMGT04. El ADN insertado incluye una copia sencilla del gen *cp4 epsps*. Junto al gen se incluyen el promotor y enhancer del transcripto 35S del virus del mosaico del coliflor y la secuencia de poliadenilación del gen *nos* (nopalina sintasa) del plásmido pTiT37 de *A. tumefaciens* para que se pue-



Representación esquemática del plásmido PV-GMGT04.

da expresar en eucariotas. También se introdujeron los elementos genéticos que dirigen a la proteína a cloroplastos (secuencia que codifica para el péptido CTP de la enzima EPSPS de *Petunia hybrida*). La secuencia que codifica a la proteína CP4 EPSPS posee los codones de inicio y terminación de traducción. La proteína posee 456 aminoácidos y pesa 46 kDa.

En resumen la Soja genéticamente modificada, “soja Roundup Ready 40-3-2” también conocida como Soja RR, posee el gen *cp4 epsps* de la bacteria *Agrobacterium tumefaciens*, que le permite sintetizar la proteína CP4 EPSPS, que la hace resistente al herbicida Glifosato (Roundup).

### ¿QUÉ SE LOGRÓ CON ESTO?

Los productores de soja ahora disponen de una variedad resistente al glifosato. Esto les permite utilizar este herbicida en sus plantaciones y controlar un gran número de malezas. Esto sin duda resulta muy redituable para los agricultores que ven abaratar los



Uso del glifosato como alternativa de control de la cobertura vegetal en la línea de cultivo en un monte frutal de manzanos en Ciardes, Italia. De Mnolf - Trabajo propio, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6627859>



Imagen mostrando las semillas de soja en la planta



Cultivo de soja en Argentina

te el 100% de la de aceite. De estas, la mayor exportadora de grano de soja, exportaba ya en el año 2016 un millón de toneladas. Esta concentración es importante para entender la dinámica de este sector.

### ¿Y QUÉ PASA CON EL GLIFOSATO?

Si bien hay estudios contrapuestos sobre el tiempo que el glifosato permanece en el ambiente, finalmente es degradado. Pero como es inmensa la cantidad de hectáreas que son fumigadas con glifosato este es llevado por el agua hacia los ríos donde se acumula en su lecho. También se ha encontrado acumulación del mismo o de su metabolito AMPA en el suelo. El continuo uso del glifosato genera en el ambiente una presión de selección que favorece el establecimiento de malezas resistentes al mismo. Ejemplos de esto son el Yuyo colorado (*Amarathus palmeri* y *Amarathus hybridus*), la Grama carraspeira o pata de ganso (*Eleusine indica*) y el Sorgo de Alepo (*Sorghum halepense*) entre otros.



Imagen mostrando Sorgo de Alepo en un cultivo de soja en la Pampa Argentina, un ejemplo de maleza resistente.

tos llamado Tofu, pero no a los porotos. Esto es porque pese al buen contenido proteico de los porotos de soja, el alto contenido de toxinas naturales o “antinutrientes” que posee reduce en más de un 50% su valor nutritivo. A esto se suma el alto contenido de ácido fítico, el cual disminuye la absorción y asimilación de minerales en el tracto intestinal. También afectaría la absorción de algunos medicamentos, como los destinados al tratamiento del hipotiroidismo.

### ¿QUÉ SE HACE CON LA PRODUCCIÓN DE SOJA EN LA ARGENTINA?

En su mayoría se exporta. Se exporta como porotos de soja, aceite, biodiesel, alimento balanceado y harina. La mayoría de la soja que se exporta desde Argentina está destinada a ser alimento de animales en China. Para tener una idea de esto, en el año 2017 China demandó 87% de las 6,35 millones de toneladas exportadas por la Argentina. Sin embargo China prácticamente no compra harina de soja, la principal exportación del sector.

La exportación en la Argentina está sumamente concentrada, diez empresas concentran más del 75% de la exportación de granos y prácticamen-

### ¿PERO, ES SEGURO EL CONSUMO DE ESTA SOJA?

Con respecto a la Soja RR se han realizado numerosos estudios que demostrarían que posee el mismo valor nutricional que la soja no GM. También hay estudios que mostrarían que la proteína CP4 EPSPS se digiere totalmente y no es alergénica. Sin embargo es importante saber que independientemente de eso, los porotos de soja no son un buen alimento si no están correctamente tratados. Esto es conocido desde la antigüedad. Ya los chinos, sabios a este respecto, consumían los brotes de soja o un fermentado de los poro-

Campo de soja en Junín, provincia de Buenos Aires  
Créditos: De Germanramos - Trabajo propio, CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=28120407>



## ¿ESTO TIENE UN IMPACTO EN LA SOCIEDAD?

Como todo avance científico que desemboca en un desarrollo tecnológico, la Soja RR y la conjunta utilización del Glifosato como herbicida tiene importantes consecuencias en la sociedad. El desarrollo del Glifosato y de la Soja RR, para ser usados en conjunto tuvo una impresionante aceptación entre los productores de soja de Argentina. Es así que la casi totalidad de la soja cultivada en nuestro País es Soja RR y toda es rociada con Glifosato. Esto implica más de 25.000.000 de hectáreas de soja sembrada y más de 60.000.000 de toneladas de soja cosechada. Esto provoca una increíble cantidad de glifosato vertido al ambiente. Hace 20 años se utilizaban en promedio unos 3 litros de glifosato por hectárea, hoy esa cifra asciende a 15 litros, lo que muestra la resistencia que se va generando en distintas especies. Esto da que se utilizan más de 350.000.000 de litros de glifosato en nuestro país, sólo en el cultivo de soja. Esta asombrosa cantidad provoca que haya glifosato aún en lugares insospechados. Es más, en numerosas muestras que se toman en el país, el glifosato es entre el 80 y el 90 % de la carga másica total de plaguicidas de la muestra. Para entender el alcance de esto, basta decir que se ha encontrado glifosato hasta en muestras de leche mater-

na. También se demostró que el glifosato está en el algodón que tenemos en el botiquín de una casa y en las gasas que se usan en los hospitales. La OMS indica que el glifosato es el herbicida de mayor uso mundial. Se utiliza en más de 750 productos diferentes para aplicaciones agrícolas, forestales, urbanos y en el hogar. Su uso se ha incrementado notablemente con el desarrollo de variedades de cultivos transgénicos. Debido a esto se estima que unos 12.000.000 de personas están expuestas al glifosato en la Argentina.

Esto en principio, no parece un problema grave si el glifosato fuera inocuo. Pero no es así. La OMS reconoció en 2015 al Glifosato como probable cancerígeno humano y lo incluyó en el grupo de sustancias 2A de la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC). El IARC-OMS trabaja sobre cinco categorías de sustancias que tienen relación con el cáncer. El "Grupo 2A" es la segunda categoría en peligrosidad, sólo superada por "Grupo 1", donde se ubican, por ejemplo, el asbesto y la radiación ionizante. En esta clasificación, el glifosato es tan cancerígeno como el PCB (compuesto químico que se usaba en los transformadores eléctricos) y el formaldehído, ambos incluidos en el Grupo 2A en cuanto su capacidad de gene-

rar cáncer en humanos. El documento se llama "Evaluación de cinco insecticidas organofosforados y herbicidas". Fue publicado en la sede del IARC en Lyon (Francia) y remarca que las evaluaciones son realizadas por grupos de "expertos internacionales" seleccionados sobre la base de sus conocimientos y sin conflictos de interés (no puede tener vinculación con las empresas). El documento completo está disponible en "Volumen 112 de las Monografías del IARC". "Hay pruebas convincentes de que el glifosato puede causar cáncer en animales de laboratorio y hay pruebas limitadas de carcinogenicidad en humanos (linfoma no Hodgkin)" y por otra parte el herbicida "también causó daño del ADN y los cromosomas en las células humanas". En otras palabras: de los cinco niveles de asociación de sustancias con la provocación de cáncer, el glifosato se ubica en el segundo lugar en peligrosidad. La OMS también indica que el agroquímico "ha sido detectado en el aire durante la pulverización, en agua y en los alimentos". Explica que la población "está expuesta principalmente a través de la residencia cerca de las zonas fumigadas" y precisa que el glifosato se detectó en la sangre y la orina de los trabajadores agrícolas.

En la Argentina, las zonas rurales tienen 3 veces más cáncer que las

urbanas. En comparación con las poblaciones no rurales en Córdoba 2 de cada 1000 personas tiene cáncer mientras que en el sector rural esta cifra asciende a 6 de cada 1000 personas. En el caso de niños nacidos con malformaciones, 2 de cada 100 nacen en zonas urbanas mientras que en los pueblos fumigados esta cifra es de entre 5 y 6 cada 100 nacidos.

## ¿Y EN LA ARGENTINA?

En este tema, hay responsabilidades compartidas entre diferentes actores. Por un lado la multinacional estadounidense Monsanto (ahora parte de Bayer AG), desarrolladora de la Soja RR, comercializa el glifosato bajo el nombre de Roundup. Este herbicida no alerta en su rotulado sobre los riesgos asociados a su utilización, como el de ser posiblemente carcinogénico. La empresa negó esta posibilidad y ahora enfrenta juicios multimillonarios por las personas enfermas debido al glifosato. Su poder de lobby le permite poner en puestos decisivos a sus representantes o a representantes de los grandes productores de soja, que son sus principales compradores. Esto le facilita la comercialización de sus productos y muchas veces el bajo control de ellos por parte de los Gobiernos. Monsanto direcciona proyectos de investigación a través del financiamiento directo o indirecto a los mismos, lo cual puede reducir la libertad de los científicos. También financia ONGs y campañas de promoción de los transgénicos.

Por otro lado encontramos a los productores. Los principales son los grandes productores, las grandes empresas y los pooles de siembra, que arriendan decenas de miles de hectáreas para plantar Soja RR. La fumigación de estos campos es su responsabilidad. Estas grandes extensiones cultivadas se fumigan con pequeños aviones que dispersan por el aire el glifosato. Tratan de fumigar hasta el extremo de sus campos, lo cual provoca

que el glifosato llegue a los campos linderos, poblaciones y escuelas rurales. Algunos ejecutivos de estas empresas nunca pisaron los campos y toman decisiones en escritorios, a veces ubicados en otros Países, desentendiéndose de los problemas que ocasionan y centrándose como único objetivo en maximizar sus ganancias. El glifosato aplicado de esta manera se dispersa por el ambiente y en algunos casos literalmente baña a las personas, viviendas y escuelas lindantes a los campos.

Finalmente el estado a través de sus gobernantes también tiene responsabilidad en este tema. El estado tiene el rol de garantizar los derechos a sus ciudadanos y el poder de policía para efectivizar ello. Entre los roles del estado se encuentra la salud poblacional y en función de ello velar por un ambiente sano para sus ciudadanos. Con respecto al glifosato debería legislar sobre la forma de aplicación, controlar las fumigaciones, penar a quien no cumpla con las leyes, realizar monitoreos constantes sobre la cantidad de glifosato presente en el ambiente, alimentos, vi-

viendas, etc. y procurar los servicios de atención de la salud para aquellas personas afectadas por el mismo. Lamentablemente esto no ocurre y por ello la gente se organizó para defender sus derechos. Numerosas asociaciones lograron fallos judiciales que limitan la distancia de fumigación con respecto a las poblaciones y escuelas. Un ejemplo de esto es el Fallo Judicial de Entre ríos donde se establece "prohibiendo la fumigación terrestre con agrotóxicos en un radio de mil metros (1.000 ms) alrededor de todas las escuelas rurales de la Provincia de Entre Ríos, y la fumigación aérea con iguales pesticidas en un radio de tres mil metros (3.000 ms) alrededor de dichos establecimientos educativos". Sin embargo es el propio gobierno quien a través de decretos disminuye la distancia de fumigación hasta sólo 100 metros de las escuelas.

Este grave problema es ignorado por gran parte de la población y los principales medios de comunicación. Esto ocurre por un lado porque esta temática está ubicada en interior del país, en pequeños pueblos y

Imagen de la publicación de la IARC-OMS incorporando al grupo 2A al herbicida glifosato  
[https://www.frc.ch/wp-content/uploads/2015/05/Carcinogenicity-gly\\_IARC\\_2015.pdf](https://www.frc.ch/wp-content/uploads/2015/05/Carcinogenicity-gly_IARC_2015.pdf)

### Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate

In March, 2015, 17 experts from 11 countries met at the International Agency for Research on Cancer (IARC, Lyon, France) to assess the carcinogenicity of the organophosphate pesticides tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate (table). These assessments will be published as volume 112 of the IARC Monographs.

The insecticides tetrachlorvinphos and diazinon were classified as "probably carcinogenic to humans" (Group 2B). Malathion is classified as "possibly carcinogenic to humans" (Group 2B). The evidence from human studies was scarce and considered inadequate. Tetrachlorvinphos induced hepatocellular tumours (benign or malignant) in mice, renal tubule tumours (benign or malignant) in male mice, and spleen haemangioma in male rats. Tetrachlorvinphos is a mutagenic agent with affinity for estrogen. In experimental animals, tetrachlorvinphos is systemically distributed, metabolized, and excreted. Occupational use was associated with an increased risk of prostate cancer in a Canadian case-control study and in the AHS, which reported a significant trend for aggressive cancer after adjustment for other pesticides. In mice, malathion increased hepatocellular adenoma or carcinoma (combined). In rats, increased thyroid carcinoma in males, hepatocellular adenoma or carcinoma (combined) in females, and mammary gland adenocarcinoma after subcutaneous injection in females. Malathion is rapidly absorbed and distributed. Malathion is the active metabolite. Malathion is similar across species. Malathion strongly inhibits estrogen, androgen, and progesterone-related effects in one study. Malathion induced DNA and chromosomal damage in humans, corroborated by studies in animals and in vitro. Bacterial mutagenicity tests were negative. Compelling evidence supported disruption of hormone pathways. Hormonal effects probably mediate rodent thyroid and mammary gland proliferation.

Diazinon has been applied in agriculture and for control of house and garden insects. There was limited evidence for diazinon carcinogenicity in humans. Positive associations in the AHS for non-Hodgkin lymphoma, which reported a significant trend for

to the bioactive metabolite, parathion, is similar across species. Although bacterial mutagenicity tests were negative, parathion induced DNA and chromosomal damage in human cells in vitro. Parathion markedly increased or markedly glial tumour and local density. Parathion use has been severely restricted since the 1980s.

The insecticide malathion and diazinon were classified as "probably carcinogenic to humans" (Group 2B). Malathion is used in agriculture, public health, and residential insect control. It continues to be produced in substantial volumes throughout the world. There is limited evidence in humans for the carcinogenicity of malathion. Case-control analyses of occupational exposures reported positive associations with non-Hodgkin lymphoma in the USA, Canada, and Sweden, although no increased risk of non-Hodgkin lymphoma was observed in the large Agricultural Health Study cohort (AHS). Occupational use was associated with an increased risk of prostate cancer in a Canadian case-control study and in the AHS, which reported a significant trend for

Diazinon has been applied in agriculture and for control of house and garden insects. There was limited evidence for diazinon carcinogenicity in humans. Positive associations in the AHS for non-Hodgkin lymphoma, with

aggressive cancer after adjustment for other pesticides. In mice, malathion increased hepatocellular adenoma or carcinoma (combined). In rats, increased thyroid carcinoma in males, hepatocellular adenoma or carcinoma (combined) in females, and mammary gland adenocarcinoma after subcutaneous injection in females. Malathion is rapidly absorbed and distributed. Malathion is the active metabolite. Malathion is similar across species. Malathion strongly inhibits estrogen, androgen, and progesterone-related effects in one study. Malathion induced DNA and chromosomal damage in humans, corroborated by studies in animals and in vitro. Bacterial mutagenicity tests were negative. Compelling evidence supported disruption of hormone pathways. Hormonal effects probably mediate rodent thyroid and mammary gland proliferation.

Diazinon has been applied in agriculture and for control of house and garden insects. There was limited evidence for diazinon carcinogenicity in humans. Positive associations in the AHS for non-Hodgkin lymphoma, with



112 Monographs  
March 2015  
IARC Monographs  
Volume 112  
Carcinogenicity of  
tetrachlorvinphos,  
parathion, malathion,  
diazinon, and glyphosate  
IARC Working Group  
2015

Pesticide	Activity (current status)	Evidence from human studies	Evidence from animal studies	Mechanistic evidence	Classification
Tetrachlorvinphos	Insecticide (not used in the EU and the USA)	Occupational use was associated with an increased risk of prostate cancer in a Canadian case-control study and in the AHS, which reported a significant trend for aggressive cancer after adjustment for other pesticides.	Induced hepatocellular adenoma or carcinoma (combined) in mice, renal tubule tumours (benign or malignant) in male mice, and spleen haemangioma in male rats.	Induced DNA and chromosomal damage in humans, corroborated by studies in animals and in vitro. Bacterial mutagenicity tests were negative.	2B
Parathion	Insecticide (not used in the EU and the USA)	Occupational use was associated with an increased risk of prostate cancer in a Canadian case-control study and in the AHS, which reported a significant trend for aggressive cancer after adjustment for other pesticides.	Induced hepatocellular adenoma or carcinoma (combined) in mice, renal tubule tumours (benign or malignant) in male mice, and spleen haemangioma in male rats.	Induced DNA and chromosomal damage in humans, corroborated by studies in animals and in vitro. Bacterial mutagenicity tests were negative.	2B
Malathion	Insecticide (widely used in agriculture and residential insect control)	Occupational use was associated with an increased risk of prostate cancer in a Canadian case-control study and in the AHS, which reported a significant trend for aggressive cancer after adjustment for other pesticides.	Induced hepatocellular adenoma or carcinoma (combined) in mice, renal tubule tumours (benign or malignant) in male mice, and spleen haemangioma in male rats.	Induced DNA and chromosomal damage in humans, corroborated by studies in animals and in vitro. Bacterial mutagenicity tests were negative.	2B
Diazinon	Insecticide (widely used in agriculture and residential insect control)	Occupational use was associated with an increased risk of prostate cancer in a Canadian case-control study and in the AHS, which reported a significant trend for aggressive cancer after adjustment for other pesticides.	Induced hepatocellular adenoma or carcinoma (combined) in mice, renal tubule tumours (benign or malignant) in male mice, and spleen haemangioma in male rats.	Induced DNA and chromosomal damage in humans, corroborated by studies in animals and in vitro. Bacterial mutagenicity tests were negative.	2B
Glyphosate	Herbicide (widely used in agriculture and residential insect control)	Occupational use was associated with an increased risk of prostate cancer in a Canadian case-control study and in the AHS, which reported a significant trend for aggressive cancer after adjustment for other pesticides.	Induced hepatocellular adenoma or carcinoma (combined) in mice, renal tubule tumours (benign or malignant) in male mice, and spleen haemangioma in male rats.	Induced DNA and chromosomal damage in humans, corroborated by studies in animals and in vitro. Bacterial mutagenicity tests were negative.	2A

no en las grandes urbes. Por otro lado los grandes medios de comunicación están estrechamente vinculados al sector agricultor y reciben auspicios de grandes empresas del sector. Un ejemplo para recordar en la lucha por la salud pública a este respecto fue Andrés Carrasco, el científico que denunció los efectos nocivos para la salud del glifosato. Además de su trabajo científico acompañó hasta sus últimos días a las organizaciones sociales de los pueblos fumigados. Científico con más de treinta años de carrera, fue jefe del Laboratorio de Embriología de la UBA y llegó a ser presidente del CONICET, entre otros lugares de trabajo.

En el año 2009 denunció públicamente los efectos nocivos del glifosato, información basada en sus estudios científicos. Su investigación se centró en los efectos embriológicos del glifosato. Esto trajo aparejado una gran polémica y que fuera atacado desde las empresas, algunos medios periodísticos y hasta el propio presidente del CONICET de ese momento. Por otro lado más de 300 científicos, intelectuales, referentes de los derechos humanos y organizaciones sociales nacionales y extranjeras salieron a respaldar sus trabajos.

**VICTOR H. PANZA**

VOLVER

## BIBLIOGRAFIA

- Ciani, R.; Reus, A. y Aramayo, M. Destino de la producción Argentina de soja. 2018. Subsecretaría de Mercados Agropecuarios.
- Darío A., "El tóxico de los campos". 13 de abril de 2009. Diario Página 12.
- Darío A., "Lo que sucede en Argentina es casi un experimento masivo". 3 de mayo de 2009. Diario Página 12.
- Decreto provincial disminuyendo la distancia de fumigación. <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/r-ma-18-246.html>
- Evaluación de la seguridad de la Soja Round Ready®, Evento 40-3-2. Cuaderno Técnico nº 1. Monsanto.
- Garay M, Zubiri C., Estrella A. y Avila Vazquez M. Una Epidemia Silenciosa. Mortalidad por cáncer en Canals entre abril de 2017 y marzo de 2018.
- Kathryn Z Guyton, K. Z.; Loomis, D.; Grosse, Y.; El Ghissassi, F.; Benbrahim-Tallaa, L.; Guha, N.; et al. Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate. 2015. Lancet Oncol. Published Online March 20, 2015 [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045\(15\)70134-8](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(15)70134-8).
- La soja y su seguridad alimentaria. ANMAT.
- Paganelli A, Gnazzo V, Acosta H, Lopez SL, Carrasco AE. 2010. Glyphosate-Based Herbicides Produce Teratogenic Effects on Vertebrates by Impairing Retinoic Acid Signaling. Chem. Res. Toxicol., 2010, 23 (10), pp 1586-1595.
- Papa, J. C. Malezas tolerantes y resistentes a herbicidas. 2008. Información técnica cultivos de verano. Campaña 2008. Publicación Miscelánea Nº 112. INTA - Estación Experimental Agropecuaria Rafaela.
- Sommantico, S. Los principales destinos de las exportaciones de granos y subproductos del país en el 2017. 28-2-2018. [infocampo.com.ar](http://infocampo.com.ar)
- Tucsca D., Nisensohn L. y Papa J. C. Para estar alerta: El Sorgo de Alepo (Sorghum halepense) resistente a glifosato. 2008. Información técnica cultivos de verano. Campaña 2008. Publicación Miscelánea Nº 112. INTA - Estación Experimental Agropecuaria Rafaela
- Ybran, R. G. y Lacelli, G. A. Informe estadístico mercado de la soja. 2017. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

# HIPOCAMPO

Acuario Daniel, CABA ( 2016)



**DENISE BLANCHET: me gusta pintar, sacar fotos y soy profesora de historia.**

**DOLORES MARINO**

Profesora en química ISP JVG, Lic. En Educación UNQUI.  
dtmarinoq@gmail.com

# MIRADAS COMPROMETIDAS DENTRO DE ESPIRALES DE RESPONSABILIDAD CIUDADANA Y ESCOLAR.

El enfoque referido a Ciencia y Tecnología en Sociedad (C y T en S) es de interés para los estudiantes y docentes. Se propicia un camino en el que la discusión sobre los problemas que nos afectan como sociedad constituye los ejes desde los cuales llega la ciencia al aula. Las distintas disciplinas, antes saberes descontextualizados y desafectados, en éste marco se redefinen. Se propone reflexionar su abordaje en esos términos teniendo como fin la participación ciudadana con cultura científica.

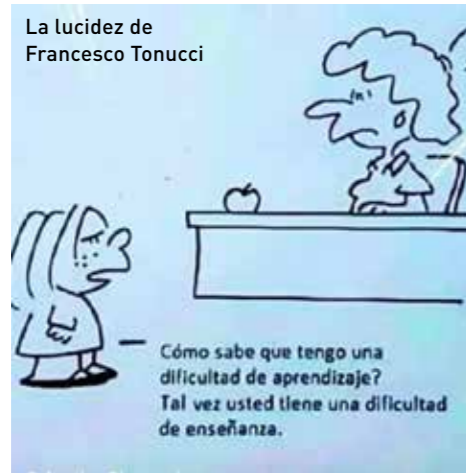
# C.T.S

**E**l cumplimiento de la alfabetización científica como política de Estado -responsable principal e indelegable del derecho social a la educación- concibe al docente como un agente, responsable de las políticas educativas en una organización pública. Este fue uno de los primeros argumentos que leí en procesos de formación docente continua que invitaba a entender algunas razones por las cuales el enfoque CTS es arte y parte de ideas que, plasmadas en políticas educativas, dentro de un proyecto de país; son innegablemente importantes dentro de la formación científica y

particularmente la enseñanza de las ciencias entendida como un componente importante de la formación ciudadana.

**D**esde allí, interpelarnos en un profundo debate sobre las formas en que la enseñanza de las ciencias ha sido desarrollada tradicionalmente en los niveles educativos y cómo esa mirada llega a las aulas como lugar de privilegio es parte del desafío de intentar mostrar una porción del mundo no como queremos sino como se presenta, es decir, sin nuestra bajada editorial.

La Lucidez de  
Francesco Tonucci



La cultura y educación científica, tanto en el ámbito de la formación docente como en la educación de niños, niñas y jóvenes; propicia un camino en el que la discusión sobre los problemas que nos afectan como sociedad constituye los ejes desde los cuales llega la ciencia al aula. Las distintas disciplinas, antes saberes descontextualizados y desafectados, se redefinen convirtiéndose en el lenguaje de interpretación de la realidad concreta. Se nutren necesariamente así diferentes espacios disciplinares. Es la química, la física, la biología, la matemática, compartimentos antes estancos y obturados; hoy atravesados por cuestiones éticas, estéticas, políticas y económicas, dado que así se presentan las controversias o dilemas en la sociedad. Se propone entonces, reflexionar su abordaje en esos términos si tenemos como fin la participación ciudadana.

La convergencia de las claves CTS+V+A (Ciencia y Tecnología en Sociedad, Valores y Ambiente y muchas variables más a tener en cuenta), constituyen una explicación que justifica la importancia del tratamiento de situaciones problemáticas planteadas, multidisciplinares, reales y complejas; en donde los contenidos seleccionados cobran nuevos sentidos.

En este punto, el enfoque brinda la posibilidad de repensar qué rol debe asumir la enseñanza de las ciencias en la escuela y el perfil del docente que adopta o decide transitar el camino de una enseñanza para una cultura tecnocientífica en clave C y T en S (Ciencia y Tecnología en Sociedad).

La gestión de la información es la suma de las diferentes habilidades que se ponen en juego para transformar aquella información en conocimiento. Los docentes, como especialistas en la enseñanza de las ciencias, somos productores de contenidos, no consumidores de recetas o propuestas de otros. Es por ello fundamental pensar en la formación continua como derecho. Intercambio democrático, federal, de calidad, donde todos estamos incluidos. Potenciar un saber pensar, un saber hacer, un saber actuar, es parte del reconocimiento y la jerarquización profesional del rol que debe avanzar, perfeccionarse y especializarse en las didácticas específicas.



El Famatina. Dos vistas, en la primera imagen se lo puede ver nevado como testigo silencioso de la ciudad de Chilecito. En la segunda imagen, acompaña los recreos de los estudiantes, iluminado por el sol en la ciudad de Nonogasta. Foto: Dolores Marino



Eclipse desde el CCK 2 de julio 2019. Una captura de imagen, desde donde cada una de las personas comprometidas en un espacio con intencionalidad CTS, puede ser un buen disparador de un nudo problemático a resolver; provocando interrogantes donde antes no los había. Foto: Dolores Marino

La Educación como sistema complejo, por ejemplo en la distribución democrática de conocimientos, no aprovecha actualmente el éxito de los márgenes. Es decir, todo aquello que funciona, es novedoso, de interés para los estudiantes pero sucede siempre por fuera. ¿Por fuera de qué? Del horario, de los diseños curriculares, de los grupos de aprendizaje, de las horas destinadas para ser escuela. Porque los chicos van a “la” escuela pero no van a “su” escuela, como parte identitaria de su formación con todos los sentidos que aquello implica. La escuela como enfoque sistémico, modifica el espacio de creación humana. Invita a co-fundar la naturaleza, siendo capaces de “aprender a aprender” y generando nuevas didácticas. Los docentes en esos espacios, junto con los estudiantes somos la pieza clave en la revisión continua de las herramientas como, por ejemplo, los diseños curriculares. Transformar los temas con mirada CTS, puede ser un ejercicio interesante en donde los docentes seamos generadores de tópicos de interés; que promuevan herramientas de construcción social. Es así como los docentes con capacidad didáctica invitan de un modo particular a Pensar el mundo como Es y no como debiera ser.

“La identificación e implicación en problemas científicos actuales de relevancia social y significativos para los estudiantes, como los vinculados al ambiente y la salud, utilizando conocimientos científicos a partir de una reflexión crítica y un abordaje propositivo.” (RM CFE N° 180/12)

Algunos de los propósitos de la educación CTS es promover la educación en ciencia y tecnología, de manera que se capacite a los ciudadanos para participar en el proceso democrático de tomas de decisiones y que se favorezca la acción ciudadana encaminada a la resolución de problemas relacionados con la ciencia y la tecnología en nuestra sociedad. En este sentido, se pueden considerar, según palabras de Membriela (2002), al menos cuatro dimensiones u orientaciones no excluyentes.

A) La primera es la aproximación cultural, consecuencia del cambio de énfasis de la educación científica desde preparar a los más capaces para la universidad hasta una formación científica dirigida a todos los ciudadanos, lo que se ha venido denominando alfabetización científica.



B) La segunda dimensión sería la educación política para la acción; de acuerdo con esta orientación la nueva enseñanza científica debería centrarse en la formación de ciudadanos preparados para una adecuada acción política, de tal manera que la propia acción sería uno de los objetivos fundamentales. Esta influencia proviene del movimiento Science for the People y los movimientos educativos para la reconstrucción social.

C) La tercera dimensión recoge la orientación de educación interdisciplinar. En este sentido, frente al enfoque disciplinar que presenta habitualmente la educación científica, la orientación CTS se extiende hacia los estudios sociales, la geografía o la historia.

D) La cuarta dimensión recoge el enfoque de aprendizaje de cuestiones problemáticas; esta orientación es atractiva porque habitualmente se ocupa de problemas locales que afectan a la comunidad de estudiantes, tales como la fluoridación del agua, el acceso al agua potable o envasada, el uso y urbanización de humedales, extracción de recursos naturales, o la problemática de los pesticidas o plaguicidas en las regiones. La orientación tecnocrática se centra en la visión de la ciencia y la tecnología como un producto de la industria



Río Cañón del Ocre. Aguas corriendo en "competencia", densidades, suspensiones, soluciones... maravilla natural. Foto: Dolores Marino

El mismo autor nos propone repensar algunas metas muy posibles en el uso didáctico disciplinar del enfoque: *Estudio y reflexión*, en ella el estudiante toma conciencia y conocimiento de la ciencia y tecnología y sus impactos sociales, y esto supone conectar con las denominadas disciplinas base que son las ciencias experimentales, las matemáticas, la tecnología y las ciencias sociales. *Toma de decisiones*, en ella el estudiante aprende sobre los procesos de toma de decisiones y de negociación, para más tarde tomar realmente decisiones y defenderlas con razones y evidencias. *Acción responsable*, el estudiante planifica y lleva a cabo la acción, tanto de manera individual como colectiva. *Integración*, en ella el estudiante debe aventurarse más allá del tema específico, hacia consideraciones más amplias, incluyendo el tratamiento de valores personales y sociales.

Proponiéndonos así mismo a repensar las ventajas e inconvenientes en las prácticas CTS

► Una mejora en su comprensión de los retos sociales de la ciencia y de las interacciones entre la ciencia y la tecnología, y entre ciencia y sociedad.

► Una mejora en sus actitudes hacia la ciencia, hacia los cursos de cien-

Glaciar Perito Moreno: La mirada y problematización en clave CTS, puede promover valores como el reconocimiento y cuidado de los recursos naturales de nuestro país. Foto: Mariana Montaña



cia, hacia el aprendizaje del contenido CTS y los métodos de enseñanza que utilizan la interacción entre los estudiantes.

► Que no se van a ver comprometidas de manera importante sus adquisiciones en las materias tradicionales, que pueden necesitar para pasar a los niveles superiores de la educación científica (por ej. de secundaria a la universidad).

► Por último, que van a sacar provecho del enfoque CTS si reciben una enseñanza con una orientación clara en esta línea, si disponen de un material curricular adecuado, y si hay correspondencia entre el modelo de enseñanza de la ciencia puesto en práctica y la aproximación elegida.

► La especialización disciplinar que el profesorado recibe en su formación choca con el enfoque interdisciplinar que se quiere dar desde la perspectiva CTS.

► Las concepciones previas que poseen tanto los estudiantes como los profesores sobre la temática CTS, en particular sobre la ciencia y los científicos.

► La ausencia de investigación que

ofrezca resultados claramente positivos en la puesta en práctica de la enseñanza CTS.

► La influencia de los exámenes externos sobre el proceso educativo, en el sentido de que habitualmente no contemplan la perspectiva CTS.

► El número de conceptos científicos asimilados puede ser menor, y esto puede comprometer seriamente los resultados académicos posteriores (Aikenhead, 1990).

Al considerar la ciencia como cultura, los contenidos integrados estarán necesariamente centrados en la cultura de la sociedad más que en las propias disciplinas científicas. La cultura de la sociedad en la que viven los alumnos es la que permite decidir lo que es relevante para la enseñanza de la ciencia. Sin embargo, hay que advertir que se trata de una visión cultural que va más allá de la propia cultura popular. Abrir ventanas a mundos posibles, alternativos, para muchos estudiantes se da en las aulas como lugar de privilegio para luego irradiar esas miradas hacia la sociedad. Y muchas veces ese es el único y último lugar dentro del sistema educativo; de allí nuevamente nuestra espiral de responsabilidad en la formación de niñas, niños y jóvenes.



Algunas campañas o acciones, intentan que la mirada con la que la enseñanza de las ciencias llega al aula, se comparta socialmente. Foto: Dolores Marino

“El cuestionamiento del monopolio de los expertos en las decisiones sobre el desarrollo tecnológico y su utilización es uno de los objetivos principales de una educación sobre ciencia y tecnología orientada desde planteamientos CTS. Para ello, en las propuestas educativas solidarias con dichos planteamientos se subraya el carácter socialmente construido de los propios avances tecnocientíficos, en el sentido de destacar la presencia de incertidumbre, el papel de las controversias y conflictos, y la existencia e identificación de valores e intereses externos en el propio proceso histórico de su elaboración. Se trata, en suma, de desmitificar la ciencia, de acercar ciencia y sociedad mostrando el rostro humano de aquella y el gran interés que tiene para ésta. Desmitificar – que no es descalificar – no supone arrojar una sombra de duda sobre la ciencia sino al contrario: resaltar sus logros a la luz de sus limitaciones humanas y servidumbres valorativas.” (Gordillo 2000)

Así que esas ideas que van llegando a las aulas desde el enfoque permiten rescatar las voces de algunos actores que son parte de las situaciones a analizar, sus palabras deberán escucharse para entender mejor el problema y tratar de proponer algunas salidas. Es importante distinguirlos, porque orientan la investigación o la propuesta didáctica de cada región. Desarrollar las diferentes posturas, permitirá conocer en profundidad de qué se trata la controversia elegida. Son los afectados de distintos modos por el conflicto planteado, quienes representan intereses sostenidos por argumentaciones, los que proporcionarán los contenidos de análisis, a partir de los cuales se podrá tomar partido, elegir, decidir, participar. Escuchar sus voces permitirá dilucidar el nudo problemático en cuestión.

La necesidad que los ciudadanos puedan contar con herramientas cognitivas y competencias que

permitan accionar de modo crítico, creativo, reflexivo y responsable sobre la abundancia de datos, para aplicarlos a diversos contextos y entornos de aprendizaje así como construir conocimiento relevante basado en ellos, son procesos en los que la escuela adquiere un lugar fundamental. En un mundo donde el conocimiento se construye de manera diferente habrá que enseñar y aprender de manera diferente. Finalmente, será interesante compartir las ideas de Acevedo Díaz (2004), acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias para la participación ciudadana, ...”finalidades educativas más amplias y ajustadas a las necesidades personales del alumnado y de la sociedad en la que está inmerso, tales como algunas de las que se desprenden del análisis realizado sobre la relevancia de la ciencia escolar, se propone una enseñanza de las ciencias orientada por las ideas del movimiento educativo CTS (Ciencia-Tecnología-Sociedad), porque en estos momentos quizás es éste el que proporciona el marco de referencia más sólido para afrontar estos retos educativos y, también, el que mejor permite proyectar la alfabetización científica para todo el alumnado”

Las aristas del enfoque CTS permite incorporar más estudiantes con trayectorias escolares diferentes.



Quizás pensar en diferentes recorridos escolares accesibles a muchos, hará un verdadero espacio democrático de creación colectiva en donde todos somos parte de aprendizajes que exceden las paredes institucionales; en donde el placer por aprender quizás pueda volver a estar presente.

... Todas son preguntas.  
Lo que tocás es una pregunta.  
Lo que ves, una pregunta que recarga los objetos.  
Y cada tanto hogueritas, puentes, núcleos agujeros y adentro  
Vos y yo en todas las épocas...

(La Noche de Julia Magistratti)

**DOLORES MARINO**

VOLVER

## BIBLIOGRAFÍA

- Documento aprobado por Resolución CFE N° 180/12 NÚCLEOS DE APRENDIZAJES PRIORITARIOS Ciclo Orientado de Educación Secundaria CIENCIAS NATURALES
- Mariano Martín Gordillo, Carlos Osorio, José Antonio López Cerezo La educación en valores a través de CTS Contribución al Foro Iberoamericano sobre Educación en Valores. Montevideo 26 de Octubre de 2000
- Pedro Membiela Iglesia, Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: Formación científica para la ciudadanía. Narcea, 2002. ISBN 84-277-1390-8
- Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (2004), Vol. 1, N° 1, pp. 3-15 ISSN Fundamentos y líneas de trabajo Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. José Antonio Acevedo Díaz Consejería de Educación y Ciencia de la Junta de Andalucía. Inspección de Educación. Delegación Provincial de Huelva.



### MÓNICA FAIGELBAUM

Profesora en Disciplinas Industriales. Farmacéutica. Especialista en Educación y Tecnología. Especialista en enseñanza de Cs. Naturales en la Secundaria. Profesora de Química en CBC (UBA), escuelas secundarias y CENS. Facilitadora en el Área de Ciencias Naturales de Escuela de Maestros para el Nivel Secundario



### FLAVIA GRIMBERG

Profesora de educación superior en Química (ISP "Dr. Joaquín V. González"). Docente en escuela media y Facilitadora en el Área de Cs. Naturales de Escuela de Maestros para el Nivel Primario y Secundario. Co- autora en textos escolares de Cs. Naturales para nivel Primario y de Química para nivel Medio.



### FLORENCIA NASO

Profesora de educación superior en Química (ISP "Dr. Joaquín V. González"). Docente de Química en escuela media. Facilitadora en el área de Cs. Naturales de Escuela de Maestros para el Nivel Secundario.

## ARSÉNICO EN NAPAS DE AGUA EN 9 DE JULIO ¿SOMOS RESPONSABLES?

En el presente trabajo se analiza la importancia de incluir en las prácticas educativas espacios contextualizados que permitan formar individuos críticos, con capacidad de tomar decisiones e intervenir en los asuntos públicos que los afecten en materia tecnocientífica; responsables y comprometidos con su entorno. Se presenta el desarrollo de un taller multidisciplinar para profesores y estudiantes, orientado a una situación problemática concreta y real, favoreciendo, a través de la misma, el acceso al desarrollo del conocimiento científico. También se promueven diversas estrategias orientadas al debate y la construcción de argumentos.

No hay aprendizaje sin deseo. Pero el deseo no es espontáneo.

El deseo no viene solo, el deseo hay que hacerlo nacer.

-¿Cómo? -Es responsabilidad del educador hacer emerger el deseo de aprender.

Es el educador quien debe crear situaciones que favorezcan la emergencia de este deseo.

El enseñante no puede desear en lugar del alumno, pero puede crear situaciones favorables para que emerja el deseo."

Philippe Meirieu (Francia, 1949)

### INTRODUCCIÓN

En los últimos años, ha surgido la necesidad del desarrollo de nuevos espacios académicos referidos a los estudios sociales sobre la ciencia, denominado "Ciencia, Tecnología en Sociedad". Dichos espacios se sustentan en la necesidad de ampliar el horizonte democrático en la sociedad actual, ya que a partir del desarrollo de la comunicación e información, se ha incrementado la participación pública en las controversias contemporáneas.

Trabajar en un modelo de enfoque CTS (Ciencia y Tecnología en Sociedad), implica un repensar nuestras prácticas educativas. La finalidad de este modelo es la democratización del conocimiento científico y la formación de valores impregnados en ciencia y tecnología.

El enfoque anterior, Ciencia, Tecnología en Sociedad, se enriqueció actualmente con Ambiente y Valores, generando propuestas socialmente significativas, para la mejora del medio ambiente y donde se analizan y discuten valores éticos. Este enfoque se denomina CTS + A + V e implica necesariamente una transversalidad. Como propuesta educativa general, pensamos que es necesario poner a los alumnos frente a situaciones concretas, para que hagan un ejercicio práctico del valorar, y con la finalidad de que sean ciudadanos responsables, con posibilidad de opinar, ahora y en el futuro, sobre aquellas controversias, problemáticas o dilemas ambientales que involucran a toda la sociedad. Se trata de promover la adquisición del conocimiento para la acción.

Citando al licenciado Carlos Grande, (Grande, 2015) "...la educación tecnocientífica debe incluir un enfoque que nos permita, a partir de las controversias en los contextos locales, pensar en secuencias del trabajo pedagógico..."

Para favorecer un aprendizaje significativo, es necesario contextualizar el contenido a transmitir, mediante el planteo de situaciones problemáticas que ocasionen en los alumnos la necesidad de saber dicho contenido. Se trata de incorporar un nuevo paradigma que reemplace al aprendizaje explicativo por un modelo dialógico que promueva la participación y reflexión en situaciones reales.

El aprendizaje basado en problemas (ABP), promueve situaciones abiertas, que aceptan múltiples formas de arribar a una solución. Posibilita la activación y la reelaboración de las ideas que los alumnos ya poseen, y la estructuración de sus caminos de razonamiento y su discurso argumentativo.

La argumentación es un modo de conocer que se enseña conjuntamente con los conceptos, es una actitud básica, que no es innata, sino que se aprende en la escuela y debiera desarrollarse en todas las disciplinas. Se argumenta para comunicar, persuadir a una audiencia, hablar y escribir, articular y construir una explicación que resulte convincente para otras personas

El debate como estrategia pedagógica permite precisamente poner en práctica habilidades de la argumentación como actividad privilegiada para la construcción de conocimiento y el desarrollo del pensamiento crítico-reflexivo en clase. Surge

frente a situaciones problemáticas concretas, frente a decisiones que se deben tomar o temas controvertidos que se quieren explorar y conocer mejor.

El debate es un tipo de actividad constructivista, con énfasis en la argumentación, en la evaluación del conocimiento y la necesidad del trabajo multidisciplinario.

Algunos dicen que el filósofo francés Jean Paul Sartre dijo alguna vez que: “(...) a nadar se aprende nadando” (Grande, 2006). Creemos que es importante fomentar encuentros en los que participen profesores y estudiantes del profesorado, tal que puedan experimentar la situación de enseñanza- aprendizaje en donde prevalezca el debate como recurso didáctico y la argumentación como modo de conocer. Se trata de una vivencia poderosa que permite luego su aplicación en las prácticas educativas.

## DESARROLLO

Participaron del encuentro 15 profesores y estudiantes de profesorado de diferentes disciplinas. El taller se inició planteando una situación problemática, real, referida a la contaminación de las napas de agua de la ciudad de 9 de Julio por causas naturales y no por una actividad antropogénica en la zona:

*“En la ciudad de 9 de Julio se detectaron altos índices de casos de cáncer de piel y abortos espontáneos. Algunos estudios, tendientes a proteger la salud pública, se comprometieron al análisis del agua supuestamente potable. Como dato de interés, se detectaron niveles altos de arsénico en la mues-*



*tra. Inmediatamente se realizó un relevamiento de industrias de la zona para encontrar cuál podría ser el responsable de los altos niveles de este metal. En el relevamiento no se encontró industria que utilice arsénico, por lo cual se concluyó que los niveles altos detectados se producen naturalmente en suelos de esta ciudad. Debido a esta situación la población de 9 de Julio debe tomar recaudos para poder consumir agua potable.”*

Se dividió a los participantes, arbitrariamente, en cuatro grupos y se les asignó un rol determinado:

1. PSA (empresa): propone la venta de filtros de uso domiciliario que podrían eliminar el arsénico del agua. Su misión será convencer a la población de que esta verdaderamente es la única y mejor solución hasta el momento
2. Habitantes a favor de la instalación de filtros: tendrán que reunir evidencia y convencer a la Municipalidad de que deberían solventar los gastos para los filtros por ser una problemática grave de la ciudad, con los daños y efectos que esto produce.
3. Habitantes en contra de la instalación de filtros: tendrán que proponer ideas alternativas para la eliminación de arsénico ya que rechazan la propuesta de PSA.
4. Municipalidad (Estado): deberán discutir y formular dos preguntas para cada uno de los grupos, teniendo en cuenta y previendo las debilidades y fortalezas en su argumentación.

Se les proveyó a los cuatro grupos del mismo material (ver material en el anexo). El mismo consistió en: Infografía de las mediciones de arsénico en Argentina y, específicamente, en provincia de Buenos Aires; estándares de referencia de arsénico; un extracto del “Programa Nacional de prevención y control de las intoxicaciones; Ministerio de Salud de la Nación”; “Hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE)”; y una ficha técnica sobre los filtros que propone PSA para la eliminación de arsénico.



Estructura del debate		Los grupos participantes son:
		<input type="checkbox"/> Psa (empresa) <input type="checkbox"/> Asociación de Vecinos a favor <input type="checkbox"/> Asociación de Vecinos en contra <input type="checkbox"/> La municipalidad
Instancias	Tiempo	
1 <sup>era</sup>	Cada grupo expone sus argumentos.	3 minutos por grupo
2 <sup>da</sup>	Preguntas de la Municipalidad.	2 minutos por respuesta
3 <sup>era</sup>	Veredicto de la municipalidad	3 minutos

La información suministrada fue intencionalmente acotada y adecuada a los tiempos del taller (1 hora y media).

Pasado el tiempo de lectura del material y elaboración de argumentos, se dio inicio al debate.

Cada grupo tuvo asignado un tiempo de cinco minutos para exponer su posición respecto al rol que le fue asignado inicialmente.

Los integrantes del grupo que representaban la Municipalidad, hicieron sus preguntas y tomaron una decisión respecto a la compra de filtros de uso domiciliario de PSa para eliminar el arsénico del agua.

## CONCLUSIONES

La idea de realizar este taller con los profesores y estudiantes fue en principio realizar un abordaje didáctico como el debate, practicándolo. Ellos tuvieron la posibilidad de experimentar la confrontación de distintos puntos de vista, siendo protagonistas del simulacro de un debate en relación a una situación problemática real. Se entusiasmaron, argumentaron, discutieron y vivenciaron estrategias didácticas para enseñar a aprender. Llevaron consigo la idea de realizar a posteriori debates en el aula, con la potencia de tener más tiempo para que los equipos investiguen y armen colaborativamente sus argumentos para la exposición de su punto de vista.

La presencia de arsénico en las napas de agua de 9 de Julio (provincia de Buenos Aires, Argentina) es un caso particular y valioso de análisis y debate. Frecuentemente tendemos a atribuir la contaminación ambiental a causas antropogénicas. Sin embargo en este caso no es así. Por lo cual deben buscarse caminos alternativos a la supresión de las industrias contaminantes, que es frecuentemente la única solución que se propone, y que implica y confronta el discutido binomio desarrollo económico-contaminación.

En el aula, el debate como actividad de análisis de controversias socioambientales, promueve el tratamiento multidisciplinario. Este tema podría trabajarse desde el área de Ciencias Naturales, Sociales y Lengua. Las tres áreas estarían al servicio del desarrollo de la argumentación en los alumnos.

En Química frecuentemente se estudia el arsénico bajo un abordaje tradicional, se lo ubica en la tabla periódica dentro de los metales, se conoce sus números de oxidación, los compuestos químicos que forma, quizás se citan algunos ejemplos de HACRE en el país o en el mundo.

La perspectiva CTS que proponemos presenta el estudio del arsénico u otros contaminantes desde una situación problemática real, donde los alumnos se impli-

quen como protagonistas y necesiten investigar la complejidad de la problemática desde un abordaje que supera el campo conceptual, vinculándolo a intereses y valoraciones éticas y políticas, en un contexto determinado.

La perspectiva CTS enriquece y resignifica los contenidos curriculares escolares y genera una trama que interrelaciona compartimientos aparentemente estancos como son las diferentes disciplinas, creando una red de conocimiento que se nutre necesariamente de todas ellas. Sólo de esta manera se favorecerá la formación de ciudadanos comprometidos, responsables y en condiciones de participar en los dilemas y controversias de su época.

Pensamos que, cualquier cambio de la enseñanza que aspire a tener éxito, debe tener como protagonista al profesorado. Entonces, es necesario que éste se incorpore de manera consciente y participativa a la generación y socialización de nuevas propuestas de enseñanza desde el enfoque CTS.

En síntesis, reafirmamos las palabras de *Philippe Meirieu*: es responsabilidad del educador hacer emerger el deseo de aprender en los estudiantes, y para esto el deseo de cambio debe emerger también en los profesores y futuros profesores.

## ANEXO MATERIAL UTILIZADO PARA EL DEBATE

### La situación en la Argentina

#### EN EL PAÍS

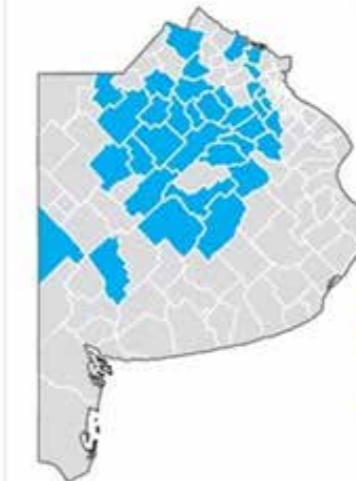
Los contenidos más altos en agua subterránea se encontraron en varias provincias y áreas de riego

- Nivel alto de arsénico
- Áreas de riego comprometidas



#### EN BUENOS AIRES

31 localidades  
En las cuales algunas presentan altas cantidades de arsénico



Mediciones en distintas ciudades  
En microgramos por litro

Con 200 mcg/l

Junín, Baradero y Tornquist

Más de 50 mcg/l

Sámpacha, 9 de Julio y Chacabuco

#### EN EL CONURBANO

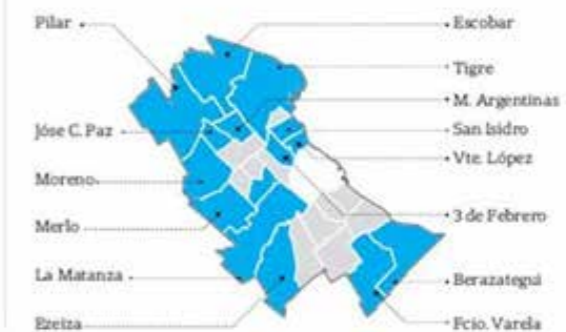


Tabla N°1-Estándares de referencia de Arsénico

Fuentes	Arsénico
Código Alimentario Argentino	0-0,05 mg As/lt
Comunidad Económica Europea	0-50 mg As/lt
U.S. EPA	0-0,05 mg As/lt
Ministério do Saide-Brazil	0-0,05 mg As/lt
C.O.F.E.S. (REF. VIII)	< 0,10 mg As/lt
South African Standards (REF XI)	0-300 mg As/lt

Extraído de: "Hidroarsenicismo en la provincia de Córdoba. Actualización del mapa de riesgo e incidencia". Recuperado de:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/peru/argsam024.pdf>



Página web PSasenik: <http://www.psasenik.com.ar/index.php>



Página web PSA: <http://www.psa.com.ar/>

### 1-Propósito

El **PSA Senik** ha sido diseñado para tratar el agua potable corriente de red, bacteriológicamente segura, en la cual se haya detectado un contenido de arsénico por sobre los límites que recomienda la Organización Mundial de la Salud (OMS): 0,01 mg/l (miligramos por litro).

Sus medios activos aseguran la reducción sustancial del cloro. También reducen la turbiedad (producida por sólidos en suspensión) lo cual puede afectar las condiciones sanitarias y estéticas del agua corriente destinada al consumo humano y, al mismo tiempo, disminuyen el arsénico, mediante la acción de una resina adsorbente específica, a los valores recomendados por la OMS.

De esta manera, mediante la acción del **PSA Senik** no sólo se obtiene agua de buena calidad para la ingesta; también se evitarán los perjuicios que representa para la salud humana el agua con arsénico, cuando el contenido de éste supera los niveles recomendados por la OMS.

### 2-Medios activos

Los diferentes medios activos del equipo actúan en 4 etapas:

- **Prefiltración**, a cargo de un cartucho filtrante de material fibroso que retiene sedimentos y partículas gruesas.
- **Tratamiento con KDF® (aleación bimetálica de alta pureza)** para disminuir la concentración de -por ejemplo- hierro y plomo, y colaborar en el control bacteriostático.
- **Disminución de arsénico**, por medio de una resina adsorbente arsénico-selectiva, específicamente desarrollada para la captación y el tratamiento de este contaminante en el agua potable.
- **Tratamiento con carbón activado granular (CAG)**, para reducir cloro y trihalometanos (THMs). Parte del CAG está impregnado en plata, para inhibir el crecimiento de bacterias dentro de la unidad, cuando ésta se encuentra en reposo. Este proceso se denomina bacteriostasis; por eso **PSA** define a esta línea de productos como unidades bacteriostáticas para el tratamiento de agua.

Todos los medios activos utilizados por **PSA** para equipar sus unidades son de óptima calidad y provienen de los principales fabricantes a nivel nacional e internacional.

### 3- Contenido de la caja

#### 3.1- Modalidad sobre mesada (SM)

- 1 unidad **PSA Senik**
- 1 manguera con conector rápido y tuerca de ajuste
- 1 válvula de derivación (*tipo by-pass*) con aireador
- 4 sujetadores autoadhesivos para manguera
- Certificado de garantía
- Manual del usuario

#### 4.1- Modalidad bajo mesada (SM)

- 1 unidad **PSA Senik**
- Certificado de garantía
- Manual del usuario

### 4- Componentes

El **PSA Senik** (modalidad sobre mesada) está compuesto por dos cuerpos de agradable diseño, vinculados por una base que les confiere una gran estabilidad: **un cuerpo principal (o unidad acondicionadora) y una carcasa de prefiltro.** (Figura 1)

- 4.1- Cuerpo principal o unidad acondicionadora  
Contiene los medios: CAG, CAG impregnado en plata y KDF®, ubicados entre membranas micrométricas, y la resi-

La contaminación del agua subterránea provocada por el arsénico es un problema de salud pública de importancia a nivel mundial debido al poder carcinógeno y neurotóxico de este elemento.

El arsénico se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre con una concentración media de 2 mg/kg. Está presente en cantidades ínfimas en todo tipo de rocas, suelos, agua y aire.

Los compuestos del arsénico varían en su toxicidad para los mamíferos de acuerdo a su estado de valencia, la forma química (inorgánico u orgánico), el estado físico (gas, solución, o polvo) y factores como la solubilidad, tamaño de la partícula, velocidad de absorción y eliminación, y presencia de impurezas.

El consumo de arsénico (As) en aguas de bebida durante largos períodos de tiempo se ha asociado a una enfermedad denominada Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE), que se caracteriza por presentar lesiones en piel y alteraciones sistémicas cancerosas y no cancerosas.

El arsénico existe en 4 estados de valencia:

As (-III); As (0) (arsénico metaloide, estado de oxidación 0); As (III) (estado trivalente, arsenitos); As (V) (estado pentavalente, arseniatos).

El arsénico metaloide es generalmente no tóxico debido a su insolubilidad en agua y fluidos orgánicos.

La toxicidad del As (III) es varias veces mayor que la del As (V), debido a su mayor captación celular. En concentraciones intracelulares equivalentes, los compuestos de As (III) y As (V) son equipotentes.

El arsénico inorgánico es generalmente más tóxico que el arsénico orgánico, aunque los estudios en animales han demostrado que los metil y fenil arseniatos (orgánicos) pueden producir efectos en la salud similares a los producidos por el arsénico inorgánico.

El arsénico, tanto en las aguas superficiales como en las aguas subterráneas, proviene de la disolución de minerales, la erosión y desintegración de rocas y la deposición atmosférica. Se lo puede encontrar tanto en su forma trivalente como en su forma pentavalente, según las condiciones del medio.

El consumo de agua contaminada con arsénico por estos mecanismos ambientales naturales no produce casos de intoxicación aguda. Los efectos son crónicos derivados de la ingesta de pequeñas cantidades de arsénico en el agua y en otros alimentos contaminados por el agua durante largos períodos de tiempo.

Se pueden reconocer cuatro etapas en el desarrollo del HACRE (esquema de Levell y Clarke):

\*Período Prepatogénico: las poblaciones están expuestas a concentraciones elevadas de arsénico inorgánico en el agua de consumo diario.

\*Período Preclínico: el paciente no muestra síntomas, pero el arsénico puede ser detectado en muestras de tejidos y de orina.

\*Período Clínico: Aparecen las manifestaciones en la piel que se describirán más adelante. La OMS estima que esta etapa requiere una exposición al arsénico de 5 a 10 años.

\*Período de Complicaciones: síntomas clínicos más pronunciados y afectación de los órganos internos; desarrollo de tumores o cánceres que afectan la piel u otros órganos.

Extraído de: Programa Nacional de prevención y control de las intoxicaciones; Ministerio de Salud de la Nación; "Hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE)

GRIMBERG -NASO- FAIGELBAUN

VOLVER

## BIBLIOGRAFIA

- ACEVEDO, J.A. (1996). Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. Borrador, 13, 26-30. En línea en Sala de Lecturas CTS+I de la OEI, 2001, Recuperado de: <http://www.campus-oei.org/salactsi/acevedo2.htm>.
- CANO ORTIZ, M., DE CHIARO S., LEITAO SANTOS S., (2016). El debate crítico. Un recurso de construcción del conocimiento en el aula. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/314998950\\_El\\_debate\\_critico\\_Un\\_recurso\\_de\\_construccion\\_del\\_conocimiento\\_en\\_el\\_aula](https://www.researchgate.net/publication/314998950_El_debate_critico_Un_recurso_de_construccion_del_conocimiento_en_el_aula)
- FURIÓ, C., VILCHES, A., GUIASOLA, J. y ROMO, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la Secundaria Obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? Enseñanza de las Ciencias, 19(3), pp. 365-376.
- GARCÍA, S. I., (2011). Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico HACRE: Módulo de capacitación. Buenos Aires, Argentina: Ministerio de Salud de la Nación. Programa Nacional de Prevención y Control de las Intoxicaciones, pp 7-8
- HERSCKOWICZ, M. N., (2015). Alumnos inventan un filtro que elimina el arsénico del agua. Diario: por el país. Recuperado de: <http://porelpais.com.ar/alumnos-inventan-un-filtro-que-elimina-el-arsenico-del-agua>
- Instituto Nacional de Formación Docente (2015). Clase 1 a 7. Ciencia, Tecnología y Sociedad Especialización docente de Nivel Superior en Enseñanza de las Ciencias Naturales en la Escuela Secundaria. Buenos Aires: Ministerio de Educación de la Nación.

# HOJAS

Valizas, Uruguay (2017)

DENISE BLANCHET: me gusta pintar, sacar fotos y soy profesora de historia.



### LILIANA SILVIA ENZ

Profesora de Cs. Naturales (ISP "Dr. Joaquín V. González). Licenciada en calidad de la gestión de la educación (Universidad del Salvador). Diplomada en Didáctica Profesional Docente (UNIPE). Profesora de nivel superior en ISFD N° 21, Moreno, Bs. As.



### PATRICIA ERCOLI

Profesora de Cs. Naturales (Inst. Padre Elizalde) Licenciada en enseñanza de las ciencias, orientación en didáctica de la Biología (UNSAM). Diplomada en Didáctica Profesional Docente (UNIPE). Profesora de nivel superior en ISFD N° 21, Moreno, Bs. As. y en ISFD N° 29, Merlo, Bs. As. Capacitadora en formación continua docente.



### SERGIO TEDESCO

Licenciado en Biología (Facultad de Ciencias naturales y Museo UNLP). Postítulo de formación docente para profesionales (ETAM). Profesor de nivel superior en ISFD N° 21, Moreno, Bs. As. y en ISFD N° 29, Merlo, Bs. As. Capacitador en formación continua docente.

# OLVIDADOS DE LA HISTORIA DE LAS CIENCIAS: CONTROVERSIAS SOCIOCIENTÍFICAS

La enseñanza de las Ciencias Naturales y las Ciencias de la Salud están atravesadas por múltiples dimensiones de análisis. Además de las vinculadas con su objeto de estudio, las pedagógico-didácticas, se incluyen las que refieren al conocimiento biológico, desde las dimensiones histórica, sociocultural y tecnológica. De esto resulta una riqueza de recursos y estrategias para trabajarlas en las aulas. Las controversias socio-científicas son una de estas opciones. Permiten acercar a los estudiantes a una mirada sobre las ciencias y su enseñanza desde las tensiones que se generan entre la ciencia, la sociedad y la tecnología, a partir del análisis, interpretación, argumentación y comunicación de problemas contextualizados en el tiempo y el espacio. Esta presentación se centra en experiencias de aula, realizadas con estudiantes de 4° año del Profesorado en Biología del ISFD N° 21. Contempla el abordaje de controversias socio-científicas vinculadas con dos temas: la figura olvidada de Alfred R Wallace, en el contexto de la teoría evolutiva de la selección natural y la de Cecilia Grierson, en el ámbito local de la salud en nuestro país.

## INTRODUCCIÓN

Enseñar y aprender Biología en nivel secundario nos enfrenta, como docentes, al desafío de toda una diversidad de cuestiones vinculadas no sólo con los saberes específicos biológicos y de las ciencias de la salud, explicados a través de modelos, sino también con los procesos de transposición didáctica que llevan a su selección, jerarquización y adecuación a los diferentes niveles de escolaridad, además de la selección de estrategias didácticas (Mellado 2011; Astudillo Tomatis, 2014). Estas intervenciones docentes están inscriptas en una gama de modelos didácticos fundamentados en paradigmas relacionados con las teorías del aprendizaje. Éstos dan lugar a diversidad de estrategias, actividades y recursos. Incluyen: la enseñanza, aprendizaje y evaluación de competencias científicas, el abordaje de problemas socio-científicos (Sol-

bes, 2012), la investigación escolar, los saberes disciplinares biológicos y los procesos histórico-epistemológicos de producción de los mismos (Giordan, 2011), la lectura y escritura en ciencias; el uso, significatividad y pertinencia de diversidad de recursos didácticos (para la propuesta que presentamos: imágenes y videos) (Perales Palacios, 2006), entre otras. Esta diversidad de estrategias y recursos cobra relevancia en la formación de futuros docentes, ya que permiten a los estudiantes acceder a la alfabetización científica, tecnológica, digital, visual y hacen posible recrear situaciones difíciles de reproducir en contextos reales. (Fourez, 1997; Acevedo Díaz, 2004). La propuesta didáctica que presentamos se centra en dos ejemplos que abordan controversias o problemas socio-científicos, analizados desde la historia de las ciencias, en la formación inicial de futuros profesores

en Biología.

## ENSEÑAR Y APRENDER BIOLÓGICA DESDE LA HISTORIA DE LAS CIENCIAS

Incluir las controversias sociocientíficas en las asignaturas implica promover una visión de la ciencia integrada a la sociedad. Para ello es importante recurrir a reconstrucciones históricas de los eventos científicos y sus representantes, para poder comprender cómo los valores y las necesidades sociales impulsaron o desalentaron la labor científica en cada época de la historia (Solbes, 2012). La mención de conflictos, que a lo largo de la historia de la humanidad haya enfrentado a los científicos con los poderes y concepciones establecidas, permite abordar las cuestiones científicas implicadas en debates sociales. Es por ello que la educación



CTSV+A, al tratar cuestiones a las que se enfrentan las sociedades, pueden facilitar la introducción de ideas y valores críticos a través de las controversias sociocientíficas (Diseño Curricular de la Prov de Bs. As, NAP; Solbes, 2012.).

La ciencia es metodológicamente crítica, pero, para que pueda ser considerada socialmente como pensamiento crítico, tiene que abordar cuestiones con implicancias sociales y/o cuestionar los intereses de las clases y poderes dominantes. Esto suele producir conflictos, tensiones o persecuciones a los científicos involucrados. Es importante conocer los acontecimientos dentro de la comunidad científica y en el contexto social en el que aparecieron sucesos y personajes que hicieron aportes a las ciencias de la Naturaleza y de la Salud, como así también cambios de paradigmas y concepciones. La enseñanza de las Ciencias, cuando incluye estas perspectivas de análisis, contextualiza los hechos de relevancia histórica y promueve su análisis crítico como objetos de estudio (Adúriz Bravo, 2009; Giordan, 2011; Jimenez y Otero, 2012; Solbes, 2012). Las controversias o problemas socio-científicas (en adelante PSC), en el contexto de la formación inicial de profesores, involucran las siguientes dimensiones de análisis:

- Dimensión pedagógico-didáctica
- Dimensión disciplinar específica
- Dimensión socio-cultural
- Dimensión tecnológica
- Dimensión histórico-epistemológica

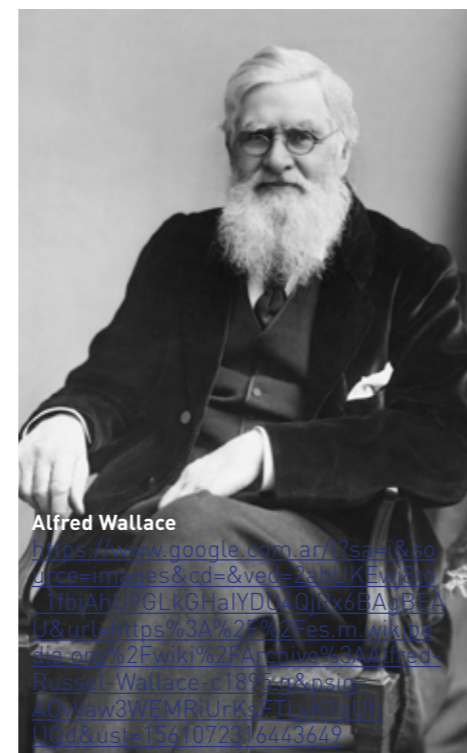
Nuestra propuesta incluye dos ejemplos, ilustrativos de la inclusión de los PSC en la formación inicial de futuros profesores en Biología. Se llevan a cabo en 4º año del profesorado, en diferentes cátedras: Evolución, EDI (Salud) y Metodología de la Investigación. Ambos están centrados en los olvidados en la historia de las ciencias. Se trata de referentes que, por

sus creencias religiosas, valores, status social, cuestiones de género, debieron enfrentar a los paradigmas socio-culturales imperantes en su época. Muchos quedaron en el olvido durante décadas, aún entre sus pares. Uno de ellos refiere a la figura de Alfred Russel Wallace, considerado coautor de la teoría de selección natural, junto a Charles Darwin. El otro está representado por Cecilia Grierson, pionera en nuestro país, como primera egresada mujer de la Facultad de Ciencias Médicas de la UBA. A continuación presentamos los aspectos que consideramos destacados en ambas figuras, en el contexto de los PSC.

### ALFRED RUSSEL WALLACE Y LA ENSEÑANZA DE LA TEORÍA DE LA SELECCIÓN NATURAL

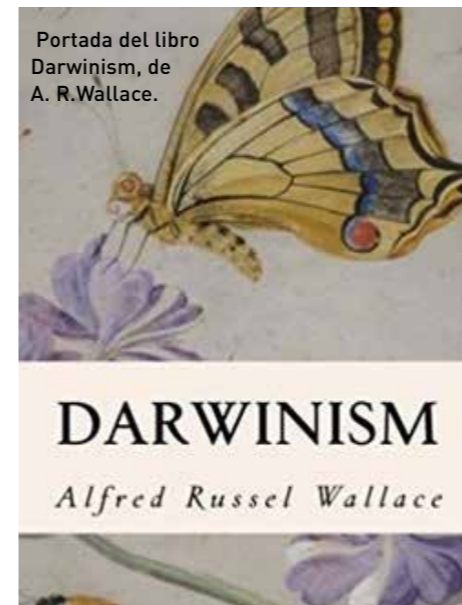
Quizás las ideas son hijas de su tiempo y de su entorno. Tal vez deberíamos pensar que las grandes mentes científicas que postulan o descubren algo nunca están solas, siempre están en un contexto, siempre interactuando, siempre con la colaboración de muchas mentes a su alrededor. De esta manera, no desmerecemos a los grandes científicos, simplemente pensamos que ellos obtuvieron innumerables aportes anónimos. Tal es el caso de Charles Darwin. Todos los que hemos transitado la escolaridad secundaria, en mayor o menor medida, hemos escuchado hablar de él, de sus largos viajes y de su brillante mente. Los libros de texto muy a menudo nos cuentan su apasionante vida. Pero, tal vez, si tuvimos suerte, nuestro profesor de la escuela nos nombró a otro naturalista, que al igual que Darwin llega casi al mismo tiempo a las mismas conclusiones. Sólo algunos han escuchado hablar de Alfred Russel Wallace. ¿Pero qué sabemos de su vida? ¿Él también habrá viajado tanto como Darwin? ¿Sería otra de las grandes mentes de su tiempo? Considerando algunos aspectos académicos, relacionados con la historia

interna, podemos decir que la vida de Wallace y la de Darwin tienen algunas coincidencias: ambos viajan por el mundo recolectando todo tipo de organismos, leen a Thomas Malthus, Charles Lyell, Jean-Baptiste Lamarck y a otros pensadores de su época (Darwin, 1978). La personalidad aventurera, curiosa y exploratoria de ellos los lleva a observar el mundo que los rodea y a poner en duda la inmutabilidad de las especies, y a centrar su atención en las pequeñas variedades de los organismos. Ambos llegan por separado al desarrollo de una teoría de la evolución, intercambian correspondencia y publican en forma conjunta. Las ideas de cambio ya estaban siendo debatidas en la comunidad científica, la transmutación de las especies se susurraba a escondidas, el mundo estaba dando pruebas de la evolución, quizás se necesitaba una mente curiosa y capacitada para poder verlo, o quizás dos. Viajar, ver la naturaleza, comprender las relaciones entre la geografía y las especies que habitaban los distintos entornos, analizar las especies relacionadas en un hábitat determinado, leer a algunos autores que hablaban de los transformaciones llevaba a pensar en la evolución (Ruiz Pérez, 2009).



Alfred Wallace

[https://www.google.com.ar/?sa=1&oeq=images&cd=&ved=2ANUKEWA3jT1bAhcYGLxGHaYDQjQjv6BAjPFAJ&url=https://34%2f%2Fes.m.wikipedia.org/wiki/Alfred\\_Russel\\_Wallace%2f&psig=ACQys3WtMRJrKzATL8K1UjUjG8ust=1561072376443649](https://www.google.com.ar/?sa=1&oeq=images&cd=&ved=2ANUKEWA3jT1bAhcYGLxGHaYDQjQjv6BAjPFAJ&url=https://34%2f%2Fes.m.wikipedia.org/wiki/Alfred_Russel_Wallace%2f&psig=ACQys3WtMRJrKzATL8K1UjUjG8ust=1561072376443649)



Si bien sus ideas eran muy similares, tenían diferencias. Darwin centraba su atención en la competencia mientras que Wallace lo hacía en la influencia de medio. Las concepciones diferían levemente, sus vidas eran muy distintas. Wallace viaja por Sudamérica, sudoeste asiático y otros lugares más, donde recolecta raros especímenes, principalmente escarabajos para comercializarlos al llegar a Inglaterra. Escribe artículos y libros sobre sus observaciones, experiencias e hipótesis. Darwin lee las ideas y las crónicas de los viajes de Wallace, y él, a su vez, lee lo que publica Darwin, no se conocían en forma directa pero, sin duda, las ideas de uno influyeron en las del otro. En el año 1858 se publica el trabajo de Wallace junto con dos trabajos de Darwin ante la sociedad Linneana. Desde este momento la biología no volvería a ser la misma, la Evolución cambiaría la visión de las Ciencias Naturales. En 1889 a la edad de 66 años escribe el libro Darwinismo (Darwinism) donde expone su versión de la evolución, pero el nombre del escrito hace referencia a su amigo. Este dato no es menor, quizás su visión de la ciencia y sus ideas no estaban manchadas por su ego, quizás es un tributo a su respetado Darwin, o simplemente sea una broma que solo algunos de sus más cercanos entenderían (Rodríguez Caso, 2009; Ruiz Pérez, 2009).

Si nos detenemos en características que tiene que ver con lo socio-cultural, la historia externa de las ciencias, Wallace no provenía de una familia rica, casi toda su vida pasó apremios económicos, sus viajes, su estudio de la naturaleza era la forma de ganarse la vida, su sustento, vender a las colecciones privadas y a los museos sus muestras para poder solventar otro viaje y seguir descubriendo. El pasar económico de Wallace no era como el de su colega, recién a los 58 años gracias a una modesta pensión mensual que recibiría del gobierno, la cual fue producto de la intervención de Darwin y otros naturalistas, pudo estabilizarse económicamente para así poder dedicarle el tiempo que deseaba a la investigación. Otra notable diferencia entre ellos es el activismo social, Wallace era un profundo crítico hacia el militarismo y las ideas librecambistas del Reino Unido. Escribe artículos sobre el sufragio femenino y la necesidad de cambiar las políticas sobre la explotación de la tierra. Él mismo se declara socialista. A pesar de los apremios económicos, nunca deja de investigar en ciencia, de hecho la línea de Wallace, concepto muy importante en Biogeografía, se denomina así en su honor. Y es considerado el padre de esta ciencia (Ruiz Pérez, op.cit).

A pesar de las cuestiones sociales que marcaron su vida, Alfred Russel Wallace fue una persona conocida en su época. Muere en 1913 a la edad de 90 años. Luego de su muerte, pasará poco tiempo hasta que se deje de hablar de él. Su nombre desaparece de la historia de la ciencia. Esto que nos lleva a reflexionar y preguntarnos si su condición humilde, su orientación socialista o su profundo compromiso con los más necesitados pudieron haber incomodado a los historiadores de las Ciencias Naturales. La hegemonía científica del siglo XX lo invisibilizó. De todas maneras, las ideas evolutivas que estaban asomando en esa época encontraron no sólo un receptor sino dos. Ambos

influyeron el uno sobre el otro. Ciertas veces coincidían y otras tantas veces tenían diferentes miradas, se respetaban y admiraban mutuamente, sellaron sus vidas, nada menos que con una de las teorías que transformaría a las ciencias de la vida. Pero la historia sólo recordaría a uno de ellos, el otro, lentamente está reapareciendo en las clases de Biología y en los libros de texto de las escuelas (Rodríguez Caso, op. cit).

A modo de ejemplo, nuestra propuesta didáctica es la elaboración del suplemento científico de un diario de la época, en el que los estudiantes puedan presentar aspectos relacionados con la historia externa e interna de las ciencias, en torno a la figura de Wallace. También las tensiones entre las ciencias y los aspectos socio-culturales. El formato periódico permite recrear entrevistas, cartas de lectores, noticias, publicidad, título alusivo del suplemento, entre otros; todos ellos acordes a la temática específica. Este recurso promueve el aprendizaje de diversidad de competencias, tales como lectura y escritura en ciencias, interpretación de la historia de las ciencias, uso de imágenes, relación entre saberes de Biología y cuestiones socio-culturales y competencias relacionadas con la alfabetización digital, según las necesidades de diseño del suplemento científico. (Solbes, 2012)

### CECILIA GRIERSON Y LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA SALUD

La figura de Cecilia Grierson es analizada en el marco de un proyecto intercatedra, en el que participaron EDI (Salud) y Metodología de la Investigación, ambas de 4º año del Profesorado en Biología, en el ISFD N° 21, de Moreno, prov. de Bs. As., durante el ciclo lectivo 2016. El objetivo de esta actividad es abordar conceptos que tienen que ver con cuestiones sobre las relaciones entre historia interna y externa de las ciencias, también los aportes que

se hicieron a las Ciencias de la Salud, los distintos paradigmas y concepciones de salud e integrarlos mediante la realización, por parte de los estudiantes, de un cortometraje (Pérez Tamayo, 1997). Para su realización, se tienen en cuenta tanto aspectos vinculados a la producción de un material audiovisual, por ejemplo, la edición, el vestuario, la ambientación, realización del guion correspondiente, como los aspectos disciplinares e histórico-epistemológicos. El mismo, junto con otras producciones de otros equipos de trabajo, fue presentado a la comunidad educativa del profesorado durante la muestra anual de producciones realizadas en el profesorado. Los pasos a seguir para esta producción, que incluyen el aprendizaje de múltiples competencias, son:

- Obtención y selección de información en sitios web y bibliotecas
- Visitas a la Escuela Nacional de Enfermería
- Lectura de bibliografía de su autoría
- Construcción de los personajes
- Preparación del guion
- Consideración de aspectos histórico-epistemológicos: historia interna y externa de las ciencias
- Consideración de paradigmas imperantes en Ciencias de la Salud

- Filmación del corto
- Proyección, socialización y reflexión sobre aspectos sobresalientes y dimensiones de análisis

Respecto de las cuestiones histórico-epistemológicas, que enmarcan el abordaje de los PSC, se tienen en cuenta la relación entre la historia interna y externa en la vida profesional de Cecilia Grierson. Sobre los aspectos vinculados a la historia interna (Pérgola, 2015; Sosa, 2015; Calvo s/f; Acevedo y García Carmona, 2016), que se incluyeron en el cortometraje, podemos decir que fue la primera mujer egresada de la facultad de Ciencias Médicas. Por aquel entonces era necesario la formación de enfermeras para que junto a los médicos puedan ayudar a la recuperación del paciente enfermo. También la creación de salas de primeros auxilios en el interior de la provincia de Buenos Aires. Cecilia Grierson fue la primera ciudadana argentina y la segunda en Latinoamérica en recibir un título universitario de la Facultad de Ciencias Médicas. Si bien la obtención de este título se logró en el plazo estimado de 6 años estuvo plagado de trabas, prejuicios, ridiculización y aislamiento por parte de estudiantes y profesores, por ser la única mujer de la Facultad.

En 1883 durante el transcurso de su cursada empezó a desarrollarse la primera Escuela de Enfermeras de América Latina con un plan de estudios formal y su creadora fue la estudiante de medicina Cecilia Grierson, quien dirigió la institución hasta 1913. El objetivo final era formar y capacitar a las enfermeras para que respondan a las necesidades de los enfermos y para que puedan colaborar con los médicos en la lucha por recobrar la salud de sus pacientes. Estas acciones dan cuenta del paradigma médico-científico en las Ciencias de la Salud, vigente hasta la actualidad, entre otros coexistentes en diferentes contextos de nuestro país. Está centrado en la atención del cuerpo y el tratamiento de la enfermedad, aspectos que siguen teniendo un papel preponderante sobre otros aspectos de la salud de las personas. (Barros da Silva y Delizoicov, 2008; Revel Chion y otros, 2009)

En 1886 Bs. As. fue azotada por tercera epidemia de cólera del siglo. En este contexto de emergencia sanitaria, Cecilia Grierson junto a los dres. Penna y Estevez improvisaron un lugar de atención para los enfermos, la “Casa de aislamiento”, que luego sería el actual Hospital Muñiz. Apenas recibida, se incorporó al Hospital San Roque (luego J. M. Ramos

Fig. 6- Dimensiones de análisis para el abordaje de problemas sociocientíficos en la enseñanza de las Ciencias de la salud.



Fig. 7. Cecilia Grierson



Fig. 8. Estudiantes del ISFD N° 21 (Moreno, prov Bs. As) representando un momento en la vida de Cecilia Grierson

Mejía). Allí, se tuvo que dedicar a Ginecología y Obstetricia, ya que, dada su condición de mujer, se le había negado la posibilidad de trabajar como cirujana. En 1894, se presentó en el concurso para cubrir el cargo de Profesor Sustituto de la Cátedra de Obstetricia para Parteras. Sin embargo, el concurso fue declarado desierto porque en aquellos tiempos las mujeres no podían aspirar a la docencia universitaria. Nunca se le ofreció la oportunidad de ser Jefa de Sala, Directora de algún hospital, Médica Escolar o Profesora de la Universidad.

Respecto de los aspectos relacionados con la historia externa (Pérgola, 2015; Sosa, 2015; Calvo s/f), que contextualizan las contribuciones de esta referente de las Ciencias de la Salud, podemos comentar que durante el siglo XIX, la concepción existente en torno a la mujer y el trabajo se fue modificando y adquiriendo una percepción negativa en países como Inglaterra, Francia y Estados Unidos. El problema giraba en torno a la capacidad o incapacidad de estas mujeres de desarrollar sus obligaciones domésticas y poder cumplir a la vez con un horario laboral.

El surgimiento del feminismo forma parte del paisaje de época de la

Argentina “moderna” –fines del siglo XIX inicios del XX–, en una sociedad en la que a lo largo de los tiempos las mujeres actuaron, trabajaron, y no sólo cuidando a la prole y sirviendo al marido, sino que opinaron e influenciaron en la vida política, aunque no se las reconociera y estuvieran lejos del derecho a la ciudadanía. La adhesión temprana al feminismo de las mujeres socialistas y de las denominadas librepensadoras, significó la puesta en marcha, de por lo menos, cuatro demandas fundamentales: la remoción de la inferioridad civil, la obtención de mayor educación, el auxilio a las madres desvalidas y la cuestión del sufragio. Al finalizar el siglo XIX ya estaba en plena vigencia el Código Civil que sancionaba la inferioridad jurídica de las mujeres, a semejanza de la mayoría de los códigos de la época (Sosa, 2015, op. cit). Citamos una reflexión de los estudiantes que participaron de esta experiencia:

“Los distintos sucesos de nuestra historia estuvieron atravesados por muchos inconvenientes, sobre todo aquellos que tienen que ver con los cambios de paradigmas en ciencias (de la Salud). Es de suma importancia, para entenderlos, saber qué sucedía en la época, tanto dentro de la comunidad científica como en el contexto social en el que se encontraba el país”.

Consideraciones finales:

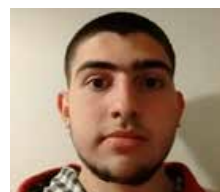
A modo de cierre, podemos decir que el abordaje de los PSC, en la formación inicial del profesorado en Biología, constituye una estrategia que posibilita a los estudiantes-futuros profesores aprender ciencias en contexto, desde una perspectiva CTSV+A, y les ofrece herramientas metodológicas para aproximar a los estudiantes de nivel secundario a un aprendizaje de las ciencias contextualizado con las tensiones y controversias entre la realidad social de una época y la producción científica.

# CASCABEL

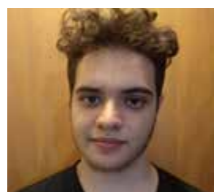
La víbora de cascabel ( *Crotalus durissus* ) es una de las serpientes venenosas más conocidas y temidas en el mundo. Estos animales no son agresivos hacia el hombre y muchas veces pagan con su vida el precio de su mala fama. Para prevenir accidentes por mordeduras basta con usar siempre botas de goma al caminar por el pastizal y ser muy cuidadoso al manipular leña, troncos o piedras ya que a menudo sirven de refugio para estos fascinantes animales. Son excelentes controladores de roedores, prestando un importante servicio al hombre.

## BIBLIOGRAFIA

- Acevedo, J. A. y García-Carmona, A. (2016). «Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado». Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 13(1), 3-19. Recuperado de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/download/2949/2680> el 10-10-18.
- Adúriz-Bravo, A. (2009). La Naturaleza de la Ciencia "ambientada" en la Historia de la Ciencia. Enseñanza de las ciencias, (Número Extra: VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias), p. 1178-1181.
- Astudillo Tomatis, C y otros (2014) Reflexión docente y diseño de secuencias didácticas en un contexto de formación de futuros profesores de Ciencias Naturales. Revista Perspectiva Educacional. Formación de Profesores. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso Enero 2014, Vol. 53(1), Pp. 130-144. Recuperado de <http://www.perspectivaeducacional.cl/index.php/peducacional/article/viewFile/128/94>
- Barros da Silva,W, Delizoicov,D. Reflexiones epistemológicas en las Ciencias de la Salud. En Rev Hum Med v.8 n.2-3 Ciudad de Camaguey Mayo-dic 2008. Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-81202008000200001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-81202008000200001) el 24-8-16
- Calvo, P. (Sin fecha). Cecilia Grierson: doctora coraje. Universidad de San Andrés. Recuperado de [https://www.udesa.edu.ar/Revista/Detalle/10\\_1314\\_Cecilia-Grierson-Doctora-coraje](https://www.udesa.edu.ar/Revista/Detalle/10_1314_Cecilia-Grierson-Doctora-coraje) el 14-5-16.
- Darwin, C. (1978) El origen de las especies. Edit. Bruguera. Barcelona. España.
- DGCyE, (2006 a 2010), Diseño curricular para la Educación Secundaria, Primero, Segundo, Tercero, Cuarto, Quinto y Sexto año.
- Dussel, I. (2007) Las nuevas alfabetizaciones en el Nivel Superior. Los desafíos de las nuevas alfabetizaciones. Las transformaciones en la escuela y en la formación docente. Buenos Aires: INFD. Seminarios virtuales. Recuperado de <http://coleccion.educ.ar/coleccion/CD30/contenido/pdf/dussel.pdf>
- Fourez, G. (1997). Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias. Buenos Aires: Ediciones Colihue.
- Giordan, A (2011) La Historia de la Biología y la Geología y al enseñanza de las Ciencias. En Cañal, P. (coord.) Biología y Geología. Vol I. Barcelona: Editorial Graó.
- Grierson, C. (1909). Primeros auxilios en los casos de accidentes e indisposición es repentinas. Buenos Aires.
- Jimenez, V. y Otero, J. (2012). Acceso y procesamiento de información sobre problemas científicos con relevancia social: limitaciones en la alfabetización científica de los ciudadanos. En Revista CTS N° 20 Vol 7. Págs. 29-54.
- Mellado, V. (2011) Formación del profesorado de ciencias y buenas prácticas: el lugar de la innovación y la investigación didáctica. En: Cañal, P. (coord.) Biología y Geología. Investigación, innovación y buenas prácticas. Vol. III. Barcelona: Edit. Graó.
- Ministerio de Educación de la Nación. NAP.
- Perales Palacios, F. (2006) Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. En Enseñanza de las Ciencias, 2006, 24(1), 13-30-
- Pérez Tamayo, R. (1997) De la magia primitiva a la medicina moderna. En Biblioteca digital ILCE (Instituto Latinoamericano de la comunicación educativa. Recuperado de <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/154/html/delamgi.html> el 2-4-16.
- Pérgola, F. (2015) Cecilia Grierson, primera médica argentina. En Hitos y Protagonistas. Rev Argent Salud Pública, 2015; 6(24):47-48. Recuperado de <http://rasp.msal.gov.ar/rasp/articulos/volumen24/47-48.pdf> el 12-5-16.
- Revel Chion,A; Meinardi, E y Adúriz Bravo,A.(2009), "Análisis histórico-epistemológico de las concepciones de salud desde una perspectiva didáctica . Narrando la "historia de la peste negra medieval". Enseñanza de las Ciencias, número extra, VIII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, pp.168-172.
- Rodríguez Caso, J. (2009) Wallace, el defensor del darwinismo. En Revista digital universitaria. Volumen 10 Número 6. Recuperado de <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num6/art32/art32.pdf> el 3-10-17.
- Ruiz Pérez, M.V. (2009) La extraordinaria vida de Alfred Russel wallace [Él también merece ser celebrado]. Ensayo. En Revista Encuentros en la Biología. Vol 2. N° 125. Recuperado de <http://www.encuentros.uma.es/encuentros125/Wallace.pdf> el 12-6-17.
- Sanmartí, N. (2005) La unidad didáctica en el paradigma constructivista. En: Couso, D., Badillo, E., Perafán, G. y Adúriz-Bravo, A. (eds.) Unidades didácticas en ciencias y matemáticas. Bogotá, Magisterio. Recuperado de <http://ocw.pucv.cl/cursos-1/didactica-i/materiales-de-clases-1/09-la-unidad-didactica-en-el-paradigma-constructivista> el 04-10-18.
- Solbes, J. (2012) Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (I); Introducción. En Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 10(1), 1-10, 2013. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/920/92025707009.pdf> el 04-10-18.
- Sosa, Pablo. (2015). Capítulo: (8) "Cecilia Grierson y el acceso femenino a las universidades y carreras de medicina en argentina (fines siglo XIX - principios XX)". En La historia de la medicina a través de sus mujeres. Bs. As.: Dunken. 1º Edición: 1. recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/275971999\\_Capitulo\\_8\\_Cecilia\\_Grierson\\_y\\_el\\_acceso\\_femenino\\_a\\_las\\_universidades\\_y\\_carreras\\_de\\_medicina\\_en\\_argentina\\_fines\\_siglo\\_XIX\\_-\\_principios\\_XX](https://www.researchgate.net/publication/275971999_Capitulo_8_Cecilia_Grierson_y_el_acceso_femenino_a_las_universidades_y_carreras_de_medicina_en_argentina_fines_siglo_XIX_-_principios_XX) el 12-5-16.



GONZALO NICOLÁS AGÜERO



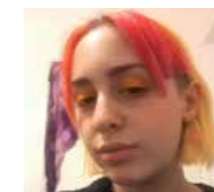
JOAQUÍN BRAUDE LÓPEZ



FLORENCIA CIOCAN



CAMILA MILDINER



AGUSTINA PEQUE

Acompañamiento Docente:  
Ethel Parietti de Angelini, Héctor  
Fernández Dunne y Valentín Lucena

# MUERTE EN LOS BOLSILLOS GENERACIONES TECNOLÓGICAS CON BOLSILLOS SANGRIENTOS

¿Sabés de qué está hecho tu teléfono celular, tu consola, tu computadora, o tu televisor? Durante el año pasado estuvimos investigando sobre esto, y específicamente sobre uno de sus componentes. El Coltan.

Esta búsqueda se dió en el marco de nuestra participación en el Concurso de Modelado Molecular Temático de la Olimpiada Argentina de Química (OAQ) 2018. El mismo consiste en presentar un modelo construido de forma manual que represente la estructura química de un compuesto real, bajo cierta categoría. Uno de los pocos requisitos para participar, es estar previamente inscripto en la OAQ del mismo año, teniendo, al menos, un representante del equipo que participe en la instancia nacional, llevada a cabo en Villa Giardino, Córdoba, donde se debe presentar el modelo junto con un texto y/o medio audiovisual a elección para su exposición y evaluación.

La Olimpiada Argentina de Química es un espacio cuyos objetivos se componen, básicamente, de estimular la enseñanza de la química y promover su inserción en la actividad científica y humana.



## UN POCO DE HISTORIA...

Nuestro comienzo se remonta al 2017, por esa época éramos un grupo de estudiantes secundarios, compañeros del Espacio Olímpico de Química de la Escuela Superior de Comercio Carlos Pellegrini-UBA y estábamos participando de la OAQ 2017. Nuestros profesores entrenadores, Ethel Parietti de Angelini, Héctor Fernández Dunne y Valentín Lucena nos propusieron presentarnos en este concurso, cuya temática era “Medio Ambiente”. Para ello, armamos una sustancia: el Ácido Perfluorooctano Sulfónico que afecta considerablemente al ambiente. Con varios elementos, y hasta un mantel bordado a mano con la estructura de Lewis de nuestro compuesto; nació nuestro grupo, autodenominado “Lewismaníacos”. En el 2018, con la incorporación de un nuevo integrante volvimos a participar, esta vez con el Coltan, bajo la categoría de “Sólidos inorgánicos”

## HABLEMOS DEL COLTAN

Coltan no es un nombre realmente avalado por la comunidad científica, sino más bien es la mezcla de los minerales columbita  $[(Fe, Mn)Nb_2O_6]$  y tantalita  $[(Fe, Mn)Ta_2O_6]$ , combinados en proporciones no definidas, pero por cuestiones de conveniencia nos referiremos a éste con su nombre habitual, Coltan. Es utilizado para crear condensadores en equipos electrónicos dada su alta eficiencia volumétrica y su estabilidad en un amplio rango de temperatura ( $-55^{\circ}C$  a  $125^{\circ}C$ ). Sirve para elaborar lentes de cámara más finas y pequeñas y ayuda a mantener bajo control los materiales altamente conductores. No se oxida, es un 80% mejor conductor de electricidad que el cobre y es capaz de almacenar mucha carga que libera lentamente. Es tan esencial para la creación de nuevas tecnologías al punto que la compañía Sony tuvo que apla-

zar el lanzamiento de la Play Station 2 por falta de Coltan. La extracción del Coltan se lleva a cabo a través de un proceso precario y primitivo, que consta de excavaciones y trabajos forzosos. Aunque hay varios países de los cuales se extrae este mineral, como Australia, Brasil o Canadá, entre otros, esta investigación se centra principalmente en La República Democrática del Congo. En África son muchos los conflictos provocados por el proceso que hace al Coltan (sin referirnos al sólido en sí mismo), como quién lo controla, hasta el régimen semi esclavista de explotación, o las consecuencias que esto genera en el entorno, tanto ambiental como social. Para entrar un poco en el contexto histórico, político y social que atañe a este sólido debemos comenzar observando la geografía de África.



En el año 1998, en la República Democrática del Congo, comenzó una Guerra Civil que tiñó el mapa de rojo escarlata. El puntapié que dio inicio a este suceso violento fue la invasión del ejército de Ruanda, con el pretexto de proteger a una parte de la población, los tutsi. El verdadero objetivo en realidad era controlar los yacimientos minerales y las cercanías. El control les permitía establecer alianzas comerciales estratégicas con países como Estados Unidos, Alemania, Bélgica y Kazajstán, de los más importantes receptores de Coltan, países dueños de las multinacionales que, indirectamente, se encargaron de financiar el conflicto. La Guerra causó una pobreza tal que dejó a las personas famélicas, lo que desencadenó una nueva necesidad en los rebeldes y mineros, cazar para sobrevivir, para comer o, mejor dicho, para no morir de hambre. De este modo, especies que estaban protegidas, como los elefantes y los gorilas, se vieron en peligro de extinción. Otras consecuencias de los métodos inhumanos de extracción son las que competen la salud de las personas y los trabajadores mineros, enfermos por los gases tóxicos de las minas.

Nuestra elección de este sólido inorgánico, para la representación, se basó en una discusión que giraba en torno a la siguiente idea; no queríamos que la molécula fuera creada únicamente con un fin estético y puramente geométrico, sino que además del maquetado creativo nos movilizaba la necesidad de querer expresar algo más profundo. Este mismo motor es el que nos viene impulsando desde nuestra primera participación en el concurso; el querer generar conciencia o visibilizar alguna problemática socio-científica. Así fue que basándonos en esta decisión y con el acuerdo de nuestros profesores; discutimos sobre varias ideas, pensamos en más de un sólido posible que genere controversia,

como por ejemplo del Litio o el Arsénico, pero casualmente, a raíz de una película “El Cuaderno de Sara”, llegada a nosotros como una película más, que nombraba esta sustancia pusimos manos a la obra e investigamos más a fondo y se concretó la decisión, teníamos que hablar del Coltan. Una vez determinada la sustancia, debíamos pensar cómo la íbamos a plasmar. Para eso averiguamos cómo era su estructura. Al ser un mineral, las proporciones de éste no están definidas, por lo que al momento de maquetar se nos fue difícil comprenderla y más aún tratar de que lo que estábamos construyendo se asemeje al modelo real hallado lo mejor posible. Durante todo el proceso productivo tuvimos varios contratiempos, probamos con distintos materiales para diseñar las esferas que representan a los átomos. Intentamos hacerlas con papel, también de arcilla, pero finalmente, probamos con silicona caliente y un molde en forma de fue nuestra solución a las recientes dificultades. Cuando la elección sobre cómo representar los átomos estuvo hecha, pasamos a pensar los enlaces y la base. Para esto utilizamos empleamos ballenas de mercería cubiertas con papel contact, a modo de simulación de cables flex, que suelen encontrarse en dispositivos móviles y para la base, usamos una tabla de madera, que forramos con un mapa de África pintado con té, acuarela marrón y sangre sintética. Sin embargo, la mayor dificultad con la que tropezamos fue al tratar de unir todas estas partes, una situación que hasta último momento nos complicó previo a la presentación. Ya en Villa Giardino (Córdoba), en la instancia Nacional de la OAQ, y con la maqueta terminada, presentamos el modelo en la mesa de exhibición, junto a un video que habíamos realizado, y explicamos oralmente nuestra propuesta.

El video consistía en un compilado de fotos del proceso productivo acompañadas por una canción sobre el Coltan, realizada por dos compañeras del equipo olímpico de química.



Finalmente recibimos una mención honorífica de parte del Comité Olímpico por nuestra creatividad. Sabemos que a muchos de nosotros, nos puede apasionar el uso de materiales y avance de la tecnología, pero cuando los derechos humanos están siendo vulnerados y no se respetan, no hay excusa que valga. Porque son las grandes empresas las que hacen la vista gorda al afrontar esta situación, para ahorrarse un par de dólares. Porque es el pueblo de la República Democrática del Congo el que sufre, el que está manchado de sangre y con una guerra que no pidieron, que transitan. Que tras su débil situación algunos se aprovechan y toman las riendas por la fuerza. Porque todos los días ciudadanos de la República Democrática del Congo se enfrentan a la muerte, frente a un fusil o una mina de Coltan. Porque durante toda una jornada estas personas enfrentan gases tóxicos para ganar con suerte 1 dólar por día. Porque en esta situación no hay ley que valga, ni voz que se escuche para aquellos que simplemente quieren llevar el pan a sus mesas, si es que tienen la fortuna de tener una.

Toda esta situación nos horroriza, y hasta incluso podemos reconocer cada derecho humano violentado, pero para un congoleño ésta es la forma cotidiana de sobrevivir en una de las regiones más violentas del planeta. No preguntamos ¿son conscientes de su realidad?. A pesar de todo esto comienzan a aparecer ciertos indicios de querer cambiar el panorama. Por ejemplo en 2010 los Estados Unidos puso en marcha la ley Dodd-Frank, con el objeto de regular el mercado, la misma prohíbe a cualquier empresa estadounidense comerciar materias primas que procedan de zonas en conflicto y que estén relacionadas con problemáticas sociales, entre otras cosas. A raíz de esto, un informe de Amnistía Internacional que analizó 100 de los informes de 1312 empresas estadounidenses, muestra que el 80% de estas desconocían de donde se obtenían sus materias primas, mientras que el 4% afirmó que procedían de la República Democrática del Congo. Así como también empezaron a aparecer nuevos mercados para “Coltan sin sangre” como en Australia o Brasil.

Por otro lado existe un material que quizás en un futuro no tan lejano pueda reemplazar varios de los usos del Coltan, el grafeno, aunque hablar de sus propiedades y usos tal vez sea digno de otro artículo aparte. Pero para que esto suceda, primero se deben dejar de interponer los intereses de unos pocos poderosos sobre la vida de adultos, adultas, niñas, niños y adolescentes, que en el infierno que les tocó vivir tienen que rebuscarse la vida intentando extraer un mineral que arrastra tantas vidas ... y tu puedas leer este artículo desde tu dispositivo. Con esto Los Lewismaníacos no nos queremos referir a que debemos dejar de consumir tecnología, pero sí concientizar y reconocer que somos responsables de cargar cada día con

un celular, que lleva una sustancia que mancha de sangre en nuestro bolsillos.

AGÜERO- BRAUDE LOPEZ- CIOCAN- MILDINER- PEQUE

VOLVER

#### BIBLIOGRAFIA

- <https://www.ohchr.org/SP/Countries/AfricaRegion/Pages/CDIndex.aspx>
- <https://www.unicef.org/spanish/crc/>
- <https://www.un.org/sexualviolenceinconflict/es/paises/republica-democratica-del-congo/>
- <https://www.unicef.org/drcongo/en>
- <https://refugeesmigrants.un.org/es/la-rep%C3%BAblica-democr%C3%A1tica-del-congo-vive-la-desesperaci%C3%B3n-y-la-esperanza-al-mismo-tiempo>


**GABRIELA BORTZ**

Dra. en Cs. Sociales y Lic. en Ciencia Política (UBA)  
Mg. en Ciencia, Tecnología y Sociedad (UNQ)  
Investigadora en IESCT-UNQ y Becaria Posdoctoral en CONICET

# ¿HAY VIDA FUERA DEL LABORATORIO! EL DESAFÍO CIENTÍFICO DE TRANSFORMAR CONOCIMIENTOS EN SOLUCIONES A PROBLEMAS SOCIALES Y AMBIENTALES.

¿Cómo se transforma el conocimiento científico y tecnológico generado en instituciones públicas en soluciones a algunos de los problemas sociales y ambientales más acuciantes del país? ¿Qué rol juegan las políticas de Ciencia y Tecnología para que eso pase (o no)? Esta nota busca mostrar las posibilidades y restricciones para convertir la inclusión social, el desarrollo local y la sustentabilidad ambiental en un desafío científico técnico.

Desde probióticos para resolver problemas de desnutrición, reactivos para diagnosticar enfermedades asociadas a situaciones de vulnerabilidad social, promoción de la salud en comunidades sin acceso a agua segura, biorremediación de aguas y suelos, hasta generar productos para dinamizar pequeñas economías regionales. Estas experiencias de desarrollo tecnológico son minoritarias en el sistema CyT argentino. Transitan en tensión permanente entre los laboratorios y el territorio, entre el dominio de “lo biológico” y “lo social”, entre conocimientos aplicables y problemas para aplicarlos, entre el compromiso social de la investigación pública y las exigencias del sistema de evaluación científica. Una ciencia para el desarrollo y la inclusión social requiere tanto de nuevas herramientas de política como de revisar cómo y para qué hacemos ciencia, pensando “lo biológico”, “lo tecnológico” y “lo social” como un tejido sin costuras.



Foto 1: Exposición del Yogurito Escolar en Tecnópolis. El Yogurito, un yogur probiótico desarrollado en el CERELA-CONICET (Tucumán) para resolver problemas de desnutrición infantil, se convirtió en un caso emblemático de biotecnología para el “desarrollo con inclusión social”. Fuente: la autora.

Para quienes nos interesamos en temáticas de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) en Argentina el año 2012 fue un hito: por primera vez la inversión en este sector a nivel nacional había superado el 0,63% del PBI asignado a actividades de Investigación y Desarrollo (I+D). Aunque este número estaba lejos aún del vecino Brasil (que para el mismo año asignaba el 1,13% de su producto bruto a estas actividades), en Argentina esto era motivo de festejo: daba cuenta de un proceso inédito, que tuvo como hito de inicio el 2007 (con la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva), de valorización de las actividades científico-tecnológicas como elemento clave para el desarrollo. Pero este número no era abstracto. El aumento en la inversión daba cuenta de un proceso de acumulación de capacidades en el sistema de CTI, en el que se multiplicó el personal dedicado a I+D, se jerarquizaron los salarios de investigadores y becarios/as, se incrementó el financiamiento para proyectos y se construyeron nuevos espacios (desde laboratorios de última generación, las instalaciones del Polo Científico-Tecnológico en Buenos Aires, hasta la concurrida muestra Tecnópolis). A nivel de las instituciones, se multiplicaron las dependencias, programas e institutos y se crearon grandes proyectos tecnológicos, que fueron desde tecnologías satelitales para telecomunicaciones (AR-SAT) hasta el Plan Conectar Igualdad, que distribuyó más de 5 millones de *netbooks* entre estudiantes de escuelas secundarias para inclusión digital. Este despliegue fue acompañado de un giro discursivo: la noción de “desarrollo con inclusión social” apareció como una nueva dimensión explícita presente en la creación de programas e instrumentos de política<sup>1</sup>. En buena medida, este discurs-

so brindaba un sentido del “para qué” al sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación argentino: proveer soluciones a los problemas sociales prioritarios del país, tales como la exclusión de amplios sectores de la población del acceso a agua y saneamiento, alimentos, energía, educación, salud y el deterioro medioambiental.

Este discurso se vio plasmado en un despliegue de políticas nacionales en las directivas del Plan Nacional de CTI “Argentina Innovadora 2020”, lanzado con mucho entusiasmo por el recientemente creado MINCYT, en nuevas instituciones y programas, en nuevos instrumentos de política y en la formación de recursos humanos. En particular, el foco estuvo puesto en promover la utilidad social de algunas tecnologías consideradas como estratégicas para el país: la biotecnología, la

nanotecnología y las Tecnologías de Información y Comunicación.

En este escenario 2012, recibida de politóloga poco antes, me había insertado recientemente en un instituto de investigación que se especializaba en Sociología de la Ciencia y la Tecnología y en Políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación. El instituto, y mi grupo de trabajo en particular, tenían tres líneas de investigación que, en esencia, buscaban responder las siguientes preguntas:

• ¿Cómo una tecnología se vuelve “estratégica” en un país como Argentina? ¿Qué discursos, políticas y recursos materiales se alinean y coordinan para tal fin? ¿“Estratégica” para qué y para quién?

• ¿Cómo el desarrollo de tecnologías puede contribuir a resolver problemáticas de exclusión, pobreza y degradación medioambiental? ¿Qué rol juega la dimensión tecnológica en las dinámicas de inclusión/exclusión social?

• ¿Cómo se construye la “utilidad social” del conocimiento científico y tecnológico en Argentina? En otras palabras, ¿qué entienden distintos actores sociales el “para qué sirven” la ciencia y tecnología? ¿Cómo se las transforma en soluciones a problemas (sociales, productivos, ambientales) concretos?

Al iniciar este camino, un concepto específico que ya tenía unos años y describía las dinámicas de CTI locales, me afectó seriamente: el “Conocimiento Aplicable No Aplicado” (CANA; Thomas y Kreimer, 2002). ¿Qué significaba CANA? El concepto condensaba el problema de que una porción significativa de la producción de conocimientos científicos y tecnológicos locales considerada “aplicable”, no daba lugar a ninguna aplicación efectiva, ni a innovaciones de producto o de proceso, ni



Foto 2: Esquema del modelo lineal de innovación. Si bien se mostró reiteradamente que este esquema no funciona en la práctica, sigue arraigado en el sentido común aún hoy.

a una contribución con la solución de problemas sociales y ambientales. ¿Cómo podía ser que una ciencia que preciamos como de excelencia y capacidades que parecerían “listas para usar” quedara en anaqueles de bibliotecas de artículos científicos y archivos de patentes sin usar? ¿Cómo podía ser que ese conocimiento – financiado por todos nosotros – no lograra transformarse en aplicaciones efectivas? Las perspectivas lineales sobre el desarrollo CTI prevalentes desde mediados del siglo XX (y vigentes en un arraigado sentido común aún hoy) indicaban que si invertíamos en “buena” ciencia básica, ésta se iba a transformar en “buena” ciencia aplicada, que iba a llevar al diseño de tecnologías, que si estaban “bien diseñadas” iban a pasar al mercado, a ser adoptadas/adquiridas/usadas y a generar dinámicas de desarrollo (Bush, 1945)<sup>2</sup>. Este modelo también fue llamado “ofertista”, porque es una dinámica en la que el conocimiento es desarrollado en los laboratorios en modo de oferta, a la espera de un adoptante. Tanto las instancias de producción como de uso suelen ser consideradas como momentos que se encuentran al final de la cadena de desarrollo tecnológico.

Pero este modelo simplista (ofertista y lineal) mostró –reiteradamente– que no se verificaba en la práctica. Que “el impulso” de las ciencias básicas y aplicadas raramente se transformaba en tecnologías y aún más raramente estas tecnologías llegaban al mercado o a ser utilizadas por alguien. El carácter problemático de esta situación se veía agravado si consideramos que en Argentina el sector público suele financiar más del 70% de la I+D. Así, en el 2012, en plena expansión del sector CTI en Argentina, surgió una molesta e incómoda pregunta que se me transformó en un proyecto de investigación: ¿cómo se orientan las capacidades científicas y tecnológicas en Argentina a resolver problemas sociales y ambientales de nuestra sociedad? Y detrás de ésta, nuevas preguntas: ¿de qué manera las políticas, discursos y financiamiento tuvieron resultados concretos en la resolución de problemas sociales y ambientales? ¿Qué sucede cuando investigadores deciden explícitamente movilizar sus conocimientos para generar estas soluciones?

### BUSCANDO AGUJAS EN EL PAJAR

La posibilidad de empezar a responder estas preguntas se dio en el marco de una beca doctoral del CONICET, que tuvo lugar entre 2013 y 2018. En particular, me interesaban los resultados de los proyectos biotecnológicos que buscaban resolver problemas sociales y ambientales, dada la notable tradición argentina de investigación de excelencia en biociencias y el impulso sostenido a la biotecnología como tecnología estratégica desde 1982 (a través de planes estratégicos, financiamiento específico, formación de recursos humanos, incentivos a empresas, etc.). ¿De qué manera estos conocimientos contribuyen a resolver problemas locales? ¿Qué problemas buscan resolver? ¿Cómo lo hacen? ¿Qué conocimientos ponen en

juego? ¿Qué sucede con estas soluciones (¿se fabrican, se distribuyen, se usan)? ¿Qué resultados tienen en relación a estos objetivos? Y finalmente, ¿qué lugar ocupan en el conjunto de desarrollos científico-tecnológicos generados en Argentina? La propuesta de trabajo parecía sencilla. Consistía en rastrear proyectos que cumplieran con las siguientes características:

- Que fueran proyectos basados en *biotecnologías*, entendida como una “actividad basada en conocimientos multidisciplinares que utiliza agentes biológicos para hacer productos útiles o resolver problemas” (Muñoz de Malajovich, 2013);
- Que tuvieran al menos *una intención explícita de resolver problemas sociales y ambientales*;
- Que fueran proyectos *concebidos con una aplicación tecnológica y una intención explícita de ser implementados*<sup>3</sup>;
- Que involucraran alguna *forma de cambio tecnológico* (innovadora o no).

Como criterio de recorte adicional, me concentré en tres áreas clave para el Plan Nacional de CTI “Argentina Innovadora 2020” (salud humana, alimentos y medioambiente) y en el período temporal 2007-2016. Rastrear estos proyectos fue un proceso de cuatro años revisando extensísimos listados de proyectos de organismos nacionales de CTI y universidades, páginas web institucionales, vigilancia de notas en diarios y medios de comunicación especializados, localización de informantes clave y búsqueda de nuevos proyectos por “bola de nieve”<sup>4</sup>. Esto llevó a realizar más de 50 entrevistas y también una encuesta difundida entre más de 5 mil investigadores en todo el país.

Encontrar estos proyectos tuvo muchas dificultades: (1) la información disponible públicamente sobre los proyectos de I+D financiados era escasa, en muchos casos se reducía apenas a un título y un/a director/a en listados fragmentados; (2) no existen bases de datos unificadas que permitan ver proyectos en curso; (3) muchas de las iniciativas que buscaba no figuraban siquiera en los espacios de comuni-



Foto 3: Agujas en el pajar. Fuente: Pixabay.

cación de institutos y universidades; (4) la mayoría de las iniciativas se presentaban aisladas, sin contacto entre grupos que trabajaban en proyectos similares o aún en una misma institución. Tras cuatro años de búsqueda intensa, llegué a **encontrar y mapear 66 proyectos** que cumplieran con las características antes mencionadas. El número “66” parecía bastante marginal, teniendo en cuenta que para el mismo período se estimaban en curso en el país 4300 proyectos en biociencias y 1051 proyectos biotecnológicos (datos: SICYTAR, 2017 y MINCYT, 2016; Anlló et al, 2016). Aunque un número reducido dentro de la investigación en el área, estos casos ofrecían (lo siguen ofreciendo) una posibilidad magnífica de “seguir a los actores” que explícitamente manifestaban la intención de orientar sus capacidades científicas y tecnológicas para resolver problemas sociales y/o ambientales locales. Permitía empezar a entender las posibilidades y limitaciones de convertir el desarrollo inclusivo en un desafío científico-técnico: ¿qué es lo que los/las investigadores/as hacen? ¿Qué estímulos reciben del sistema científico y tecnológico? ¿Qué dificultades tienen para llevar adelante sus proyectos?

### BIOTECNOLOGÍAS PARA RESOLVER PROBLEMAS SOCIALES Y AMBIENTALES

A pesar de presentarse como un conjunto bastante heterogéneo y desarticulado, todas las personas y/o grupos de investigación que ingresaron al relevamiento compartían un sentido de motivación asociado al compromiso social de la I+D pública y la universidad. Mostraban una búsqueda personal de salir “fuera del laboratorio” y relacionarse con “el entorno”. En todos los casos, implicaba un esfuerzo enorme para hacer algo por fuera de lo que “les pedía el sistema”: investigación relevante a nivel internacional, materializada (y evaluada) a través de artículos en revistas internacionales (papers) de

alto factor de impacto. Estas actividades “extra” terminaban muchas veces siendo realizadas fuera de horario laboral, por las noches o en fines de semana.

La variedad de proyectos era amplia. Incluían desde reactivos para diagnosticar enfermedades infecciosas en sectores de menores recursos (Chagas, dengue, diarreas infantiles), alimentos probióticos para problemas nutricionales, dispositivos para detectar contaminación en aguas y suelos, biorremediación de aguas, suelos y efluentes, actividades de promoción de la salud en barrios en situación de vulnerabilidad, tecnologías para potenciar producción en economías regionales, control de vectores de enfermedades, hasta la búsqueda de desarrollo y producción nacional de vacunas y tratamientos.

Estas iniciativas habían surgido desde laboratorios de I+D de todo el país concebidos con la finalidad específica de resolver problemas locales. Las formas organizativas de estos proyectos también eran variadas: desde desarrollos de tecnologías de producto en el laboratorio, proyectos generados por empresas de base tecnológica o consorcios público-privados, por empresas públicas, proyectos de extensión o voluntariado universitario hasta redes complejas, articulando numerosos y diversos actores sociales con anclaje territorial. Los financiamientos con los que contaban también eran variados: desde subsidios de más 1 o 2 millones de dólares para el desarrollo de productos, pasando

por pequeños proyectos de extensión, hasta iniciativas financiadas por los bolsillos y el tiempo de los propios investigadores. Y en el medio, todos los rangos posibles. Pero el relevamiento tuvo algunos resultados alarmantes.

- De este conjunto de 66 iniciativas, que ya parecía marginal, la mayoría de los proyectos no logró ir más allá de la instancia de prototipo (45 casos). Sólo una minoría logró tener alguna forma de implementación aunque fuera a escala piloto (15 casos) y del total de 66 casos apenas 6 pudieron escalar bienes y servicios.
- La mayoría de las experiencias se concentraron en el AMBA, Santa Fe y Córdoba. En general estaban disociados los espacios de generación de las tecnologías de los territorios en los que éstas iban a ser aplicadas.
- En el 42,4% (28 casos) no se registró ningún contacto con usuarios finales o intermedios durante el desarrollo de los proyectos. Sólo el 33% (22 casos) se contactó con usuarios intermedios y apenas el 22,7% (15 casos) con los usuarios finales, siendo este contacto sobre todo en estadios avanzados del desarrollo.

Entonces ya no era sólo un problema de Conocimiento Aplicable No Aplicado. Ahora los conocimientos aplicados, intencionalmente materializados en tecnologías, también terminaban siendo no implementadas, o implementadas a baja escala. ¿Por qué la mayoría de tecnologías no lograron pasar de prototipos? ¿Cuáles son las dificultades que se presentaron a estos proyectos? ¿Era un problema de implementación o de concepción y diseño de estas tecnologías?

### “PENSAR LO BIOLÓGICO POR FUERA DE LO SOCIAL ES LO QUE NOS PASA A TODOS”

A lo largo de varias decenas de entrevistas un tópico recurrente en el discurso de investigadores en biociencias y biotecnologías fue la disociación de dos esferas: “lo biológico” y “lo social”. Algunas pocas frases condensan cómo se suelen enseñar, producir y reproducir las biociencias:

*“Estamos trabajando en algo menos de biología y más social” // “Pensar lo biológico por fuera de lo social es lo que pasa a todos. Pasa todo el tiempo en la facultad.” // “Estamos tratando de salir del laboratorio.” // “Fue intercambio más social (...) había una persona.” // “La desnutrición a la vuelta de la esquina nos hizo cuestionar y replantear nuestro rol como investigadores. (...) No podíamos quedarnos encerrados en nuestros laboratorios.”*

Fotos 4 y 5: El Laboratorio Ríe Pibito de Tecnologías para la Inclusión Social (FBI0yF-Universidad Nacional de Rosario). Desarrollo de actividades de promoción de la salud y saneamiento en el barrio Villa Banana, Rosario. Fuente: Ríe Pibito.



En esta separación, aquellas prácticas que involucran “interacción con personas” forman parte de “lo social”, que es un espacio ajeno “a lo biológico”. Y aún más: esta separación también delimita dos espacios diferenciados que parece que no se tocan: por un lado “el laboratorio”, por el otro “el entorno”, “el contexto” o “el terreno”. El primero, el sacrosanto e impoluto espacio de “lo biológico”, cerrado, delimitado entre cuatro paredes. Lo segundo, un espacio desconocido, de límites imprecisos, en el cual tienen lugar “vínculos sociales” e “intercambios con gente”.

Como si investigadores biológicos no fueran seres sociales. Como si los problemas de investigación que se transforman en microorganismos en un portaobjetos o muestras de ADN contenidas en un criotubo y corridas en un termociclador no fueran construidos por personas y financiados (o no) por instituciones. Como si las tecnologías puestas en juego (las que usamos como insumos y las que diseñamos) no fueran desarrolladas por personas. Como si estas tecnologías no nos modificaran como sujetos. Pero esta escisión biológico-social es problemática. Por un lado, si pensamos que el impoluto espacio del laboratorio, con los conocimientos, organismos y tecnologías puestas en juego, no está atravesado “por lo social”, no nos permite problematizar qué conocimientos hacemos. Ni para qué. Ni para quién. Ni darnos cuenta que la Ciencia no es neutral (cuarenta años de estudios sociales de la ciencia dan cuenta de eso). Por el otro, si queremos desarrollar tecnologías para resolver problemas sociales y ambientales en Argentina, que es lo que nos ocupa aquí, esto también es problemático. “Pensar lo biológico por fuera de lo social” (investigadora de FCEN-UBA dixit), trae un conjunto de consecuencias, que son tendencias prevalentes en los casos relevados:

- Reducir problemas sociales y ambientales a cuestiones biológicas y técnicas. Por ejemplo, encuadrar enfermedades complejas asociadas a situaciones de vulnerabilidad social o situaciones de deterioro medioambiental en términos de los agentes biológicos o químicos causantes (virus, parásitos, bacterias, metales pesados, químicos contaminantes), disociadas de dimensiones culturales, sociales, ambientales, económicas, tecnológicas y políticas que son parte inescindible del problema. En otras palabras, pensar problemas puntuales de forma aislada de su entorno.

(¿Podemos disociar el diseño de tecnologías para diagnosticar Chagas de las formas de reproducción situada de la enfermedad, de hábitats precarios, de escasez de servicios de salud, de precariedad de caminos, de desdías gubernamentales prolongadas, de la negación de la enfermedad por parte de los afectados para no sufrir su estigma, de la falta de estadísticas, de las dinámicas de producción de medicamentos?)

También entran a jugar los supuestos de linealidad y ofertismo en el desarrollo tecnológico, que permean a la comunidad científica desde hace más de medio siglo:

• Al asumir que los problemas son biológicos (o químicos) las soluciones se reducen a un diseño técnico experto. Se asume que estas tecnologías, al estar “bien diseñadas” (incorporando “buena ciencia”), van a ser una “buena solución”, funcionando de manera universal (válidas en todo tiempo y lugar). Desde esta concepción, no hay incentivos para involucrarse con otras personas, grupos o distintos tipos de conocimientos:

- No considerar la necesidad de involucrar actores ajenos a la investigación en biociencias/biotecnología. La mayoría de los proyectos se desarrollan dentro de las paredes del laboratorio, con mínimo o nulo contacto con otras disciplinas y/o otros tipos de saberes (por ejemplo, saberes productivos o conocimiento de las dinámicas del territorio específico donde estas tecnologías esperan ser aplicadas). Esto tiende a reforzar la construcción biológica y técnica de los problemas y soluciones, al no ser interpeladas desde otra racionalidad y saberes.
- Construir imaginariamente quiénes van a ser los usuarios (inter-



medios y finales). En la mayoría de los casos, el contacto con usuarios y adoptantes para producción fue pensado al final del diseño de las tecnologías (¿porque esta parte es “social”, no “biológica”?). El escaso contacto con personas, grupos o instituciones ajenos a las biociencias reforzó la tendencia a diseñar soluciones universalistas, pensadas para un usuario genérico, que resultaron inadecuadas para su producción y uso en territorios situados.

• **Diseñar soluciones puntuales aisladas, sin considerar las redes (sociales, tecnológicas, productivas, económicas, regulatorias) necesarias para hacerlas funcionar en un espacio y un lugar (ser producidas, adoptadas, compradas, usadas).**

Pensar la Ciencia y la Tecnología por fuera de la sociedad ha sido desde mediados del siglo XVII parte del *ethos* de la comunidad científica. Y se reproduce aún hoy. Se reproduce en las currículas de las carreras científicas, que no cuestionan ni la historia de las disciplinas, ni cómo están compuestos los programas (ni por qué son así), ni qué conocimiento se enseña (que suele ser universalista, no situado). En la investigación, que no cuestiona qué conocimiento se produce, ni quiénes son (quién *pensamos* que son o quién *efectivamente* son, que son cosas bien distintas) los usuarios del conocimiento que generamos. También se reproduce en la evaluación, cuando organismos de financiamiento y revisores pares desestiman proyectos o trayectorias que apuntan a pensar problemas y soluciones de manera sistémica e interconectada, por “dispersas” o “demasiado ambiciosas” o porque “eso es ‘social’”. Y de ahí a la enseñanza. Y a la investigación. Y se sigue reproduciendo. Esto nos lleva a los estímulos que reciben los/as investigadores/as y grupos que deciden dedicar tiempo y esfuerzo a generar soluciones tecnológicas para resolver problemas sociales y ambientales.

### “EL SISTEMA NO ESTÁ PENSADO PARA ESTAS COSAS”

El investigador M decide comenzar un proyecto de voluntariado para comunidades con problemas de acceso a agua segura. No lo consigna en sus informes de actividades de investigación para evitar problemas. Por más que estas actividades las realizaba en horarios de almuerzo, fines de semana o por las noches, era mal visto por su instituto de investigación. Invisibilizaba sus acciones como forma de resistencia silenciosa, para evitar que lo forzaran a cerrar el proyecto. A la investigadora D le sucede lo mismo, pero sí lo consigna, como posición política. La investigadora D lleva adelante un proyecto de desarrollo tecnológico de gran envergadura, al mismo tiempo sostiene sus líneas de investigación básica, que son las que le permiten publicar y promover en su carrera, desarrolla actividades de extensión y de militancia sobre Ciencia y Género. Sus informes ponderan su producción pero califican negativamente su actividad como “dispersa”. La investigadora T presenta un proyecto orientado a conservación ambiental, contemplando el trabajo coordinado de diversos grupos y áreas de trabajo. La iniciativa es vetada por la agencia financiadora por ser excesivamente ambiciosa y no centrarlo en su objeto de estudio específico: ¿por qué considerar a tantos investigadores con temas tan distintos para abarcar el problema ambiental?

La investigadora F supo de una nueva forma de evaluación diferencial para proyectos de desarrollo tecnológico y productivo que le permitiría dedicarse más de lleno a su proyecto de desarrollo tecnológico. La falta de claridad sobre las nuevas posibles reglas del juego la hicieron optar por una estrategia más conservadora y seguir dividiendo su agenda de trabajo para ser evaluada por *papers*. La investigadora W desarrolló una tecnología de detección para una enfermedad y lidera la red de vigilancia epidemiológica contra la misma. Las tareas de publicación, por las que finalmente será evaluada, las realiza en el fin de semana porque el trabajo “en terreno” demanda casi todo su tiempo. Grupos de becarios/as e investigadores/as jóvenes desarrollaron proyectos biotecnológicos en base a ciencia abierta, después de hora, durante los fines de semana y durante las vacaciones. No tienen cómo consignar estas actividades en sus evaluaciones porque no son publicables ni patentables. Programas de incubación los alientan a convertirse en “emprendedores” y convertir tecnologías en “start ups”, pero no quieren abandonar la investigación, que es –de hecho– lo que les gusta hacer. Saben que si se apartaran de la investigación temporalmente la evaluación los penalizaría en promociones posteriores. Al no tener quién las impulse y manufacture, estas tecnologías quedan consignadas en una página web.



Foto 7: Un elemento permanente fue la contradicción entre las señales recibidas por quienes investigan, que operaron como una matriz material de afirmaciones y sanciones. Fuente: Wikimedia Images en Pixabay

Pasan a engrosar el museo de prototipos implementables no implementados. El trabajo de campo realizado durante cuatro años me llevó a poder escuchar más de 50 historias (injustamente condensadas en algunos microrrelatos arriba) y a leer muchas otras. Fue una oportunidad para registrar búsquedas personales y grupales de movilizar conocimientos (en biología molecular, genética, inmunología, microbiología, biología sintética, bioprocesos), estrategias distintas para construirles una utilidad por fuera del espacio del laboratorio, para resolver problemas concretos. También para escuchar las satisfacciones del proceso y las múltiples frustraciones encontradas. Todos los relatos estuvieron signados por un conjunto de señales en distintas direcciones, muchas veces contradictorias, que interpelaron estas trayectorias.

**Señales explícitas de oportunidad, que sirvieron como puntapié para dar origen a los proyectos,** desde instrumentos de política convocando a proyectos orientados, programas de voluntariado, competencias de proyectos que premiaban “productos innovadores”, o la proliferación de notas en portales de CyT dando visibilidad a quienes desarrollaron proyectos “socialmente útiles”. **Señales implícitas, que alertaban que al embarcarse en estas iniciativas estaban desarrollando actividades a contramano de aquello “deseable” para el sistema científico.** Éstas iban desde las demandas de una evaluación bibliométrica exigente, que ponía a los investigadores ante la dificultad de compatibilizar entre aquello que les redituaba en términos de carrera de aquello que impulsaban desde su “compromiso social” (“Si uno le pregunta a cualquier investigador qué le convenía más, a nivel de su carrera le servía siempre más publicar *papers*”). Esto también llevó en general a la disociación y tensión entre ambas agendas de trabajo, con asignaciones diferenciales de tiempo y recursos, con consiguientes conflictos internos personales o institucionales. La anticipación de visiones reprobatorias desde sus instituciones al dedicar tiempo a la extensión o trabajo en territorio (actividades ¿sociales? – no reconocidas como “académicamente relevantes”), hizo que muchos investigadores invisibilizaran sus prácticas “frente al sistema”. La invisibilización de estas actividades tiende a reforzar los patrones hegemónicos de reproducción científica, basados en publicaciones internacionales, en agendas internacionales, disociadas de problemáticas locales. En años recientes, **proliferaron señales que orientaban a los investigadores como camino “deseable” a construir la utilidad social de sus conocimientos a través de innovaciones en el mercado.** Éstas se materializaron en subsidios para consorcios público-privados y programas de incubación, emprendedorismo, a través de start-ups tecnológicas. Éstas parecían menos contradictorias, quizás hasta compatibles con las actividades de investigación “que pide el sistema”, y atractivas para investigadores que diseñaron soluciones innovadoras –aún en fase de prototipo– que buscaban que esos conocimientos tecnológicos se transformaran en un producto (¿y que se use!). Estas personas y grupos de investigación fueron viendo un conjunto de señales positivas: desarrollaron un producto innovador en el laboratorio, obtuvieron un prototipo mostrable, participaron de concursos de innovación (quizás hasta los ganaron), recibieron algún premio, algún subsidio, recibieron mentores sobre cómo armar planes de negocio e inversiones, hicieron *networking*, les hicieron entrevistas, adquirieron capital simbólico a través de notas en portales web de Ciencia y Tecnología. Todas estas señales les indicaban que el camino que estaban transitando era bueno, deseable y adecuado... para el sistema CTI. Pero al traspasar las paredes del laboratorio, aventurarse hacia el “territorio” y hacer funcionar estas tecnologías allí (es decir, hacer que alguien las produzca, las adopte, las compre, las use) se encontraron con todo otro conjunto de señales que les manifestaron la

inadecuación de las estrategias implementadas (a nivel logística, financiamiento, temas regulatorios, preferencias de usuarios intermedios y finales, entre muchas otras). Lamentablemente, es más frecuente recibir mentoreo en planes de negocios, que en entender en qué dinámica social, tecnológica y productiva se inserta el problema que pensamos y la solución que diseñamos. En entender quiénes son nuestros usuarios reales, cómo hablar con ellos, cómo conocerlos y entender que lo que nosotros desde el laboratorio construimos como problema y como solución innovadora quizás no sea tal para otros.

• Y qué pasó con estas tecnologías? Algunos de estos casos fueron finalmente transferidos a una empresa, perdiendo los/as investigadores/as la gobernanza sobre la dirección de sus desarrollos y el sentido original de “utilidad social”. Otros realizaron pequeñas producciones en el laboratorio e implementados a baja escala. Otros permanecieron como prototipos sin implementación, en una oferta de tecnologías que aún espera un adoptante y que construye su utilidad en términos de potencialidad y aplicabilidad futura (“podría servir para...”). Y aun queriéndolo y poniendo mucho empeño, las señales que quienes investigan recibieron como buenas, deseables y posibles (y compatibles con sus actividades académicas) no permitieron salir del círculo del CANA: ese conocimiento que tiene todo para aplicarse pero no termina de ser implementado en soluciones a nuestros problemas como sociedad... porque “lo biológico” sigue quedando disociado de “lo social”.

### LOS CAMINOS MENOS TRANSITADOS (Y EL DESAFÍO DE POBLARLOS)

Otros casos, minoritarios y muy interesantes, fueron explorando qué elementos en territorio alinear y coordinar para que sus iniciativas funcionaran sin perder el sentido de utilidad

social con la que concibieron sus proyectos, producir y escalar bienes y/o servicios y sostenerse en el tiempo. Estos casos hilan “lo biológico” y “lo tecnológico” con “lo social” en un tejido sin costuras.

Los ejemplos van desde un yogur probiótico diseñado para resolver enfermedades asociadas a desnutrición infantil, alineado con una política alimentaria provincial, y que se transformó en dinamizador de un proceso de desarrollo local mediante la recuperación de la cuenca láctea provincial. A un laboratorio farmacéutico público, asociado a una universidad nacional, que mejora la accesibilidad de medicamentos estratégicos, regulando precios en el mercado y sustituyendo importaciones de alto valor terapéutico. Hasta un acuario de peces autóctonos, diseñado para la conservación ambiental de los recursos naturales y el desarrollo sustentable del ecosistema de uno de

Foto 8 y 9: El Centro Científico Tecnológico y Educativo “Acuario del Río Paraná”. El centro desarrolla actividades de investigación en biotecnología acuática, comunicación y educación de la ciencia, servicios para acuicultores y proyectos con comunidades vinculadas a la producción, la conservación ambiental y la cultura ligada al río Paraná y su humedal. Fuente: fotos de la autora.



los principales ríos del país, que asocia investigación, educación científica, servicios productivos y actividades con la comunidad para el manejo sustentable de los recursos fluviales.

**P**ero estos senderos son aún poco transitados. Usualmente no emergieron de manera premeditada, ni siguiendo un modelo de gestión prefijado ni figuras estabilizadas (ni empresa de base tecnológica, ni *start up*, ni transferencia tecnológica, ni licencias, ni extensión universitaria). No son (aún) alentados por instrumentos de las agencias de promoción de CyT ni de las universidades. No hay (aún) concursos que los premien. No hay (aún) modelos que los estilicen ni reconocimientos que emitan señales de “es por acá”. **Su construcción es lenta y pausada.** Requiere muchísimo tiempo de vincularse con actores sociales en el territorio, de conversaciones y discusiones, de negociaciones entre conocimientos, intereses y racionalidades. Conversaciones y negociaciones que, hasta ahora, para los/as investigadores/as fueron tiempos sustraídos a la investigación por la que son reconocidos, publicados, promovidos, por la que juntan mérito y más recursos para trabajar. ¿Cómo consignar en el SIGEVA<sup>5</sup> el tiempo de negociación con un municipio, gobierno provincial o con un ministerio nacional? ¿Cómo acreditar el tiempo que lleva discutir con productores (agricultores, tamberos, acuicultores y pescadores, industriales de distintos sectores, productores de fármacos o reactivos de diagnóstico, servicios de tratamiento de residuos) para desarrollar un producto que no sólo funcione en el laboratorio sino que sea deseable para sus usuarios y factible de ser escalado? Estos caminos poco transitados surgieron desde las acciones particulares de investigadores/as que se aventuraron a salir a “territorios” social, geográfica, institucional, política y económicamente situados. Y que al salir fueron inmediatamente interpelados por esos “territorios”, por sus dinámicas, sus necesidades, por sus actores y sus racionalidades. Contemplarlas e incorporarlas en el diseño de los proyectos se volvió para quienes impulsaban estas iniciativas una condición sine qua non para construir el funcionamiento (situado) de soluciones intensivas en conocimiento científico para problemas sociales y ambientales en distintos rincones de Argentina. **Porque las tecnologías son sociales, por más biológicas que parezcan, y funcionan insertas en dinámicas sociales.**

**E**n este proceso de articulación con actores sociales, porque “el territorio lo pedía”, porque “sacar adelante el proyecto lo pedía”, ningún proyecto tecnológico quedó idéntico a su diseño original. Todas estas soluciones fueron experimentando adecuaciones, transformaciones, reformulaciones, adiciones, a partir del intercambio con actores heterogéneos y distintos tipos de conocimientos (disciplinarios y consuetudinarios, explícitos y tácitos). Porque la concepción de cuáles eran los problemas fue cambiando también: la percepción de que aquello que puede ser problemático para unos no lo es para otros, o lo es pero de otra manera, y fundamentalmente, que si empezamos a pensar problemas de desarrollo no existen problemas sociales ni ambientales aislados de otros problemas. Y que el diseño de soluciones, tiene que poder contemplar estas confluencias de problemas para que funcionen para todos, dando soluciones a distintos órdenes de problema. Ninguna tecnología es autónoma, ni aislada, ni funciona disociada de dinámicas que son inextricablemente sociales, tecnológicas, geográficas, políticas, regulatorias y económicamente situadas. Y no es casual que de esos 66 proyectos, que fueron para mí tanto un punto de llegada como de partida, hayan sido estos últimos los que pudieron ser implementados, sostenerse en el tiempo (atravesando distintos períodos de gobier-



Foto 10 y 11: [izq.] Envase original del Yogurito Escolar. Fuente: foto de la autora. (Der.) La tecnología se distribuye en las escuelas de la provincia como parte de una política pública adoptada en Tucumán desde 2008. Fuente: Agencia CTS (2012).

no y sus vaivenes), producir y escalar bienes y servicios, adoptados y utilizados. **A estas modalidades heterogéneas de articulación las denominé tentativamente “redes colaborativas”.** Porque evidentemente los humanos no logramos salir adelante sin poner nombres a las cosas. Y porque, por un proceso performativo<sup>6</sup>, ponerle nombres a las cosas nos permite visibilizar lo invisible, crear realidades, darles entidad y construirles condición de posibilidad.

### A MODO DE CIERRE

**E**l 2019 muestra un escenario diferente al del 2012, en este caso de contracción de los recursos asignados a la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Pero la apertura de un nuevo ciclo electoral, es también la oportunidad de repensar las estrategias a futuro. Repensar estas estrategias requiere no caer ni en la falsa antinomia de ciencia útil vs ciencia inútil, ni en pensar que repetir un camino centrado en los recursos nos va a llevar a un puerto distinto. Los recursos son muy necesarios, desde luego. Pero las mismas herramientas de política, las mismas señales que interpelan a quienes hacen ciencia y tecnología, no permiten conseguir otros resultados. Conseguir resultados nuevos y diferentes requiere generar también herramientas nuevas y diferentes. Argentina presenta problemas sociales y ambientales en abundancia. Faltan conocimientos aplicados (no sólo aplicables, sino aplicados de hecho). Y son una deuda del sistema científico y tecnológico nacional. La generación de redes colaborativas que permitan que los conocimientos públicamente generados se transformen en soluciones concretas, complejas, intensivas en conocimientos, tan “biológicas” y “tecnológicas” como “sociales”, que aborden problemas de manera sistémica, que apunten a generar dinámicas de desarrollo local, es hoy un camino todavía poco transitado. Aprender de estas experiencias, nombrarlas, visibilizarlas, es fundamental. Para que las excepciones, llevadas adelante contra viento y marea, puedan también transformarse en una forma buena,

### BIBLIOGRAFIA

- Anlló, G., et al. (2016). Biotecnología argentina al año 2030. Llave estratégica para un modelo de desarrollo tecno-productivo. Buenos Aires: MINCYT.
- Bortz, G. (2017). Biotecnologías para el desarrollo inclusivo y sustentable. Políticas públicas y estrategias de producción de conocimiento, desarrollo tecnológico e innovación para resolver problemas sociales y ambientales en Argentina (2007-2016). Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires.
- Bush, V. (1999). Ciencia, la frontera sin fin. Un informe al presidente, julio de 1945. *Redes*, 4(14), 89-137.
- MINCYT (2016, 5 de agosto). Barañaño: “Casi el 42 % de los subsidios del Ministerio está adjudicado a la investigación biomédica”. Obtenido el 6 de agosto 2016 de <http://www.mincyt.gob.ar/noticias/baranao-casi-el-42-de-los-subsidios-del-ministerio-esta-adjudicado-a-la-investigacion-biomedica-12227>
- Muñoz de Malajovich, M. A. (2012). Biotecnología. Bernal: Universidad Nacional de Quilmes.
- SICYTAR (2017). Portal de Información de Ciencia y Tecnología Argentino. Disponible en <http://sicytar.mincyt.gob.ar/estadisticas/>
- Thomas, H. y Kreimer, P. (2002). What is AKNA? Social utility of Scientific and Technological Knowledge: challenges for Latin American Countries. The 4th Triple Helix Conference, Copenhagen Business School.

posible y deseable de hacer las cosas, y en el puntapié para transformar las normas del juego, para éstas y para todas las que vendrán.

GABRIELA BORTZ

VOLVER

### REFERENCIAS

- 1 - Para entonces, este discurso no era exclusivo de Argentina. Desde comienzos de la década de '2000 el problema de cómo direccionar a la Ciencia, la Tecnología y la Innovación hacia generar soluciones para los problemas de pobreza y exclusión de amplios sectores de la población mundial estaba presente en las agendas de organismos internacionales como el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Mundial y el Programa Naciones Unidas para el Desarrollo (entre otros). En la región, también países como Uruguay y Brasil fueron generando en la misma época políticas y agendas de investigación orientadas a este fin.
- 2 - Se denomina “modelo lineal de innovación” a aquel que supone que el conocimiento puede ser expresado como una línea continua, que va desde un extremo de mayor abstracción (investigación básica) hasta otro más vinculado con problemas prácticos (investigación aplicada y producción de tecnología) y finalmente el consumo. El modelo lineal ofertista asume que el “empuje” proviene desde el extremo en el que se ubica la investigación básica.
- 3 - Es decir: no se incluyeron proyectos que manifestaban la potencialidad de utilización de conocimientos en su justificación sino sólo aquellos que presentaban una intención explícita a desarrollar tecnología e implementarla.
- 4 - Esto es que a cada entrevistado e informante clave se le pedía que sugiriera algún otro proyecto o investigador con estas características.
- 5 - El Sistema Integral de Gestión y Evaluación (SIGEVA) es el sistema informático de gestión de la producción científico-tecnológica en Argentina, a partir de la cual se realiza la evaluación de actividades.
- 6 - El filósofo del lenguaje John Austin llamaba “enunciado performativo” a aquel que no se limita a describir un hecho sino que por el mismo hecho de ser expresado realiza el hecho.


**LUCIANA M. GUTIÉRREZ\***

Laboratorio de procesos remodelativos y nichos celulares. Área de bioingeniería. Instituto de Medicina Traslacional e Ingeniería Biomédica (IMTIB) – CONICET- IUHI – HIBA.


**MATÍAS VALENZUELA ALVAREZ\***

Laboratorio de procesos remodelativos y nichos celulares. Área de bioingeniería. Instituto de Medicina Traslacional e Ingeniería Biomédica (IMTIB) – CONICET- IUHI – HIBA.


**ENRIQUE G. FERNÁNDEZ**

Cátedra Banús. Departamento de Biología. Ciclo básico Común (CBC), Universidad de Buenos Aires (UBA).


**MARCELA F. BOLONTRADE**

Laboratorio de procesos remodelativos y nichos celulares. Área de bioingeniería. Instituto de Medicina Traslacional e Ingeniería Biomédica (IMTIB) – CONICET- IUHI – HIBA.

\* Autoría compartida

# CÉLULAS MADRE: MITOS, REALIDADES Y EL FANTASMA DEL TURISMO MEDICINAL

Las células madre tienen diversos orígenes y propiedades, por lo tanto no puede hacerse referencia a ellas como un único tipo celular. Aquí abordaremos las propiedades funcionales de diversos tipos de células madre y progenitoras, haciendo referencia al concepto de nicho o microambiente celular. Además presentaremos un panorama amplio acerca de las realidades y los mitos del uso de estas células en enfoques terapéuticos, realizando un llamado de atención sobre muchos procedimientos clínicos que ofrecen la aplicación de células madre sin tener una aprobación por entes reguladores o valiéndose de vacíos legales.

Desde principios de este siglo se ha ido generando un incremento enorme en las expectativas sobre los potenciales usos de las células madre. Las vemos mencionadas en propagandas, en notas periodísticas, y parecería que pueden usarse para curar cualquier mal, y hasta para rejuvenecer. Las vemos publicitadas en cremas y para tratamientos estéticos invasivos. ¿Es cierto todo esto? Parecen pertenecer a un descubrimiento científico de los últimos 5 o 10 años... pero no: la realidad es que hace muchos años que se sabe acerca de la existencia de las células madre. Para tratar de aclarar las dudas, y despejar un panorama muy poco claro (si uno se basa solamente en los medios o en una búsqueda un poco descuidada en google), primero intentaremos comprender que es una célula madre. Empecemos por decir que madre, en este caso, no hay una sola.

Primero entonces, ¿qué es una célula madre? Es una célula capaz de permanecer sin dividirse (en quiescencia) por períodos más cortos o más largos de tiempo (eso dependerá del tipo de célula), pero que cuando se divide, es capaz de generar una célula igual a sí misma y otra que va a diferenciarse hacia un tipo o linaje celular determinado (este tipo de división en particular se llama división asimétrica). Por ejemplo, las células madre que se encuentran en la piel, permiten mediante este mecanismo restituir o “regenerar” células especializadas de la piel (queratinocitos) que vamos perdiendo a lo largo del día sin darnos cuenta. Sí: nos “descamamos” continuamente como un mecanismo natural de recambio de la piel. Es entonces que un tipo particular de células madre que residen en este caso en la piel, recibe una serie de señales, las integran, y como respuesta

comienzan con el proceso de división. De esta manera se dividirán de manera asimétrica, con una de las células hijas comprometiéndose hacia un tipo celular determinado, en nuestro ejemplo siguiendo un camino de diferenciación hacia queratinocito (si este mecanismo no ocurriese nos quedaríamos sin la última capa de la piel, lo cual sería muy inconveniente). La otra célula producto de la división quedará igual a la que le dio origen (en realidad, casi casi igual), y permanecerá en quiescencia hasta que reciba nuevamente una señal química que permita la regeneración de algún componente celular de ese tejido. En este punto tengamos en cuenta el concepto de célula progenitora, que es la descendiente de la célula madre que se compromete en el camino de la diferenciación hacia un tipo celular, sin haber aún completado esa diferenciación final. Dentro de este contexto, las

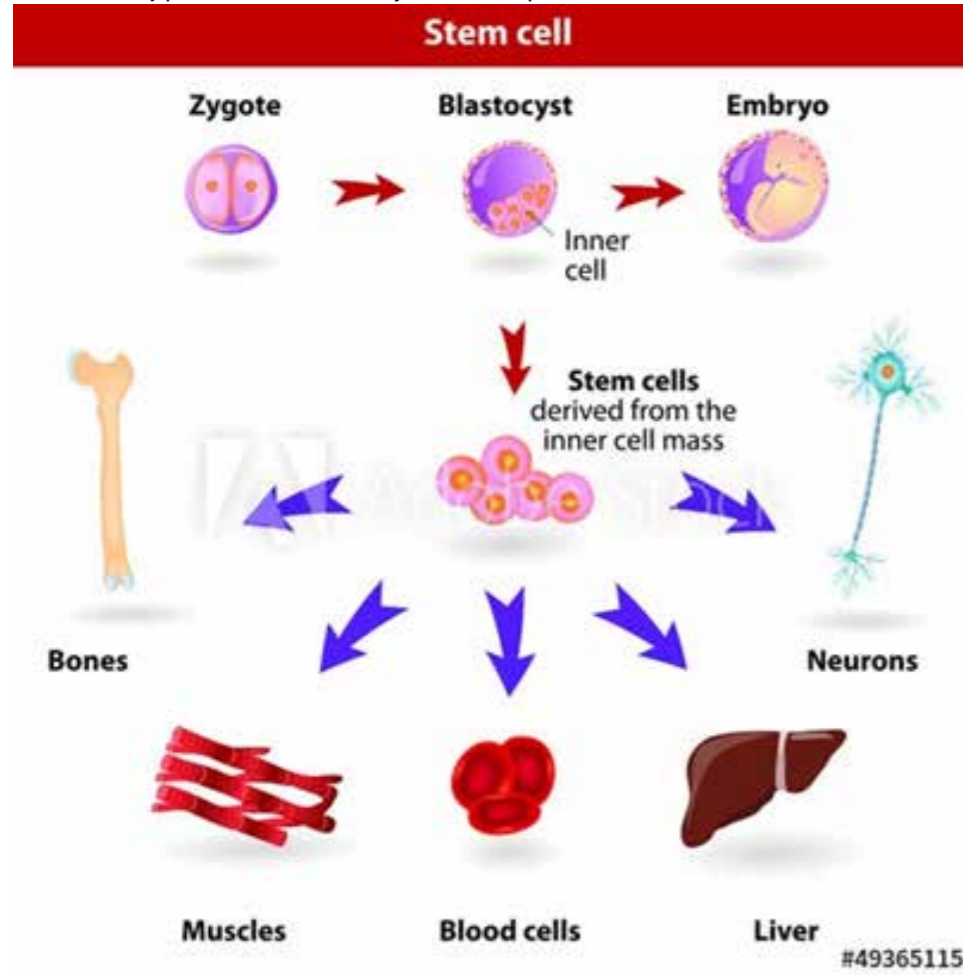
poblaciones celulares con características funcionales de célula madre que se aíslan de diversas fuentes son heterogéneas, por esa razón muchas veces se hace referencia a ellas como células madre y progenitoras, o directamente células progenitoras.

En segundo lugar, veamos qué tipos de células madre existen. Una gran división nos permite distinguir entre células madre embrionarias y células madre adultas. Por ejemplo, las que mencionamos hace un rato participando en la regeneración de la piel, pertenecen a esta última categoría: son células madre de un tejido adulto. Todos los tejidos de nuestro cuerpo tienen células madre propias de ese tejido (u órgano), algunas específicas del compartimiento funcional de este y otras específicas del compartimiento “de soporte” de ese tejido. Por otro lado, las células

madre embrionarias se encuentran solo en el embrión, en la etapa de blastocisto (que es un embrión de 5 - 6 días de desarrollo con aproximadamente 200 células), en una zona llamada masa celular interna, y son capaces de generar todos los tipos celulares. No pueden generar los tejidos extra embrionarios, como la placenta o el cordón umbilical (Figura 1).

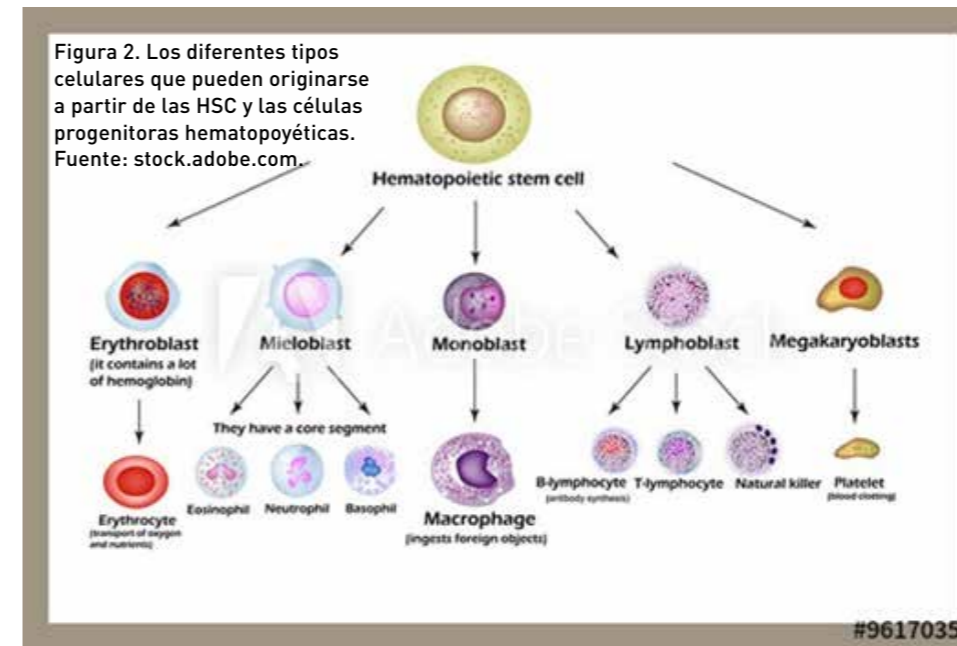
Entonces mientras analizamos y visualizamos que hay células madre adultas en cada órgano y/o tejido, y que hay células madre embrionarias capaces de organizarse para originar un individuo completo, generando todos los tipos celulares pero no así el cordón umbilical o la placenta, nos damos cuenta que otra característica en la que difieren las células madre es en su potencial. Este potencial o potencialidad está relacionado con la capacidad para

Figura 1. Esquema que muestra el cigoto a partir del cual se origina el blastocisto. En el blastocisto se encuentra la masa celular interna, que contiene las denominadas células madre embrionarias, células pluripotentes capaces de originar las tres capas embrionarias y por lo tanto todos los tejidos del cuerpo. Fuente: Adobe.stock.com.



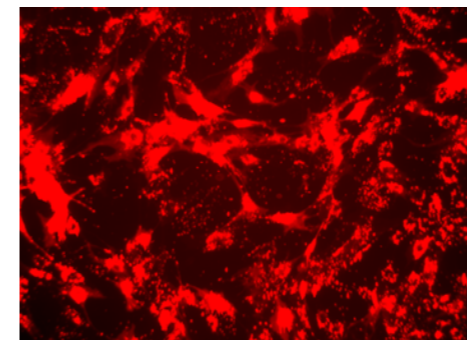
generar diferentes tipos celulares, que pueden ser muchos o pocos. La categoría que presenta mayor potencialidad es la que le corresponde a la célula madre totipotente, que es ni más ni menos que el cigoto: en el momento en que este se origina, al unirse un óvulo y un espermatozoide, la célula obtenida tiene la capacidad de generar todos los tejidos, tanto embrionarios como extraembrionarios. Le sigue en grado de potencialidad la célula madre embrionaria (CME, o ESC por sus siglas en inglés), capaz de generar las tres capas germinales embrionarias, por lo tanto todos los tipos celulares del cuerpo, lo cual la define como pluripotente. En la escala siguen las células madre multipotentes, capaces de generar varios de los tipos celulares somáticos (corporales), aunque no todos; estos linajes celulares corresponden a tipos celulares que suelen tener una relación (por ejemplo tienen un origen embrionario común, esto es endodérmico, mesodérmico, o ectodérmico). Muchas de las células madre adultas son multipotentes. Como ejemplo, tenemos a las células madre hematopoyéticas (CMH, o HSC por sus siglas en inglés) que son las que dan origen a los tipos celulares sanguíneos (Figura 2).

Pensemos que así como los queratinocitos no son los mismos que teníamos durante nuestros primeros días de vida, ni siquiera los que teníamos el año pasado, las células de la sangre tampoco son las mismas que teníamos en los mismos puntos de tiempo que mencionamos. Tienen también una vida limitada, por lo tanto al morir son reemplazadas por otras células, ya que si no nos quedaríamos sin los valiosos glóbulos rojos, las células inmunes, las plaquetas. ¿Cómo son reemplazadas? Las HSC integran señales que indican el momento en que deben salir de la quiescencia, dividiéndose de la manera ya descrita, originando de esta manera células que serán capaces de comprometerse hacia los distintos linajes celulares sanguíneos. Diferentes se-



ñales químicas censadas por las células hijas de las HSC que sigan un camino de diferenciación, determinarán si ese destino celular final será un glóbulo rojo, un monocito, un linfocito T, etc. Las HSC originan aproximadamente  $2 \times 10^{11}$  glóbulos rojos y  $10^{10}$  leucocitos por día, permitiendo que el número de células de la sangre se mantenga más o menos constante aun con el recambio frecuente de estas células. Claro que la otra célula que se origina a partir de la división de una HSC, la que no se compromete hacia ningún linaje celular, será otra célula madre (igual -o casi- a la que le dio origen). Esto permite que tras la división quede un reservorio celular con características de célula madre en ese tejido, que posibilitará la homeostasis, ya que este proceso de muerte ce-

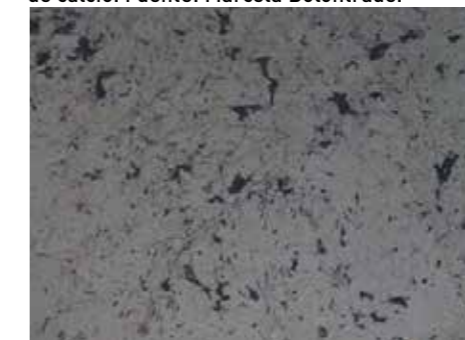
Figura 3. Fotografía de un cultivo de MSC. Las células fueron pre-marcadas con un fluorocromo lipofílico, visualizable mediante microscopía de fluorescencia en el espectro rojo. Fuente: Marcela Bolontrade.



lular y reposición de las células muertas continúa de por vida. Otro ejemplo de células multipotentes son las células madre mesenquimales (MSC por sus siglas en inglés), también llamadas células estromales mesenquimales, que dan origen principalmente a osteocitos (células óseas), condrocitos (células del cartílago), adipocitos (células grasas) y a células de tipo fibroblástico (Figuras 3 y 4).

Estas células son muy polifacéticas, cumpliendo funciones en el compartimiento de soporte de cualquier determinado tejido. Además tienen habilidades migratorias pudiendo, ante señales específicas, migrar de un órgano a otro en el cual se establecerán (Figura 5). Asimismo pueden modu-

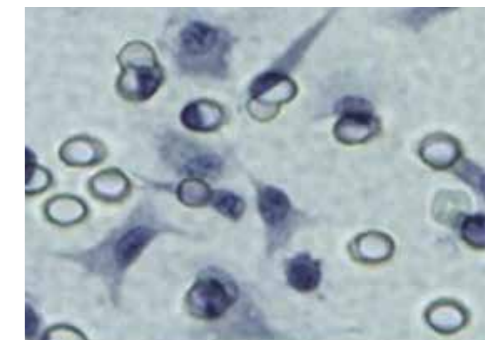
Figura 4. Diferenciación de MSC hacia el linaje osteoblástico. Las áreas de calcificación se detectaron mediante una técnica de tinción denominada Von Kossa, que demuestra la presencia de depósitos de calcio. Fuente: Marcela Bolontrade.



lar funcionalmente órganos alejados de su sitio de residencia mediante la producción de moléculas varias como citoquinas, quimioquinas y factores de crecimiento, y también mediante la producción de microvesículas (las microvesículas son estructuras membranosas con contenido molecular empaquetado de manera selectiva, que se encuentran en todos los fluidos y merecen un capítulo aparte).

Siguiendo con la potencialidad, hay otro tipo de célula madre que merece ser mencionada a los fines de este artículo, estas son las células madre pluripotentes inducidas (CMPI, o iPS por sus siglas en inglés). Como su nombre lo indica, son pluripotentes y por lo tanto capaces de originar todos los tipos celulares del cuerpo correspondientes a las tres capas embrionarias, pero su origen es distinto al de las ESC. Las iPS se originan mediante un proceso de des-diferenciación inducida (que se realiza en un laboratorio), mediante el cual se parte de una célula diferenciada (total o parcialmente), y se reprograma su núcleo de manera que “se enciendan” unos genes y “se apaguen” otros, y luego de muchos eventos moleculares esa célula originalmente ya diferenciada, “va marcha atrás” convirtiéndose (reprogramándose) en

Figura 5. Ensayo realizado en el laboratorio mostrando como las MSC migran a través de una membrana de policarbonato, que presenta poros de 8 micrometros ( μm) de diámetro. Las células cambian de forma adaptándose al tamaño del poro en respuesta a quimioattractantes esto es a moléculas capaces de despertar una respuesta migratoria en las MSC. Fuente: Marcela Bolontrade.



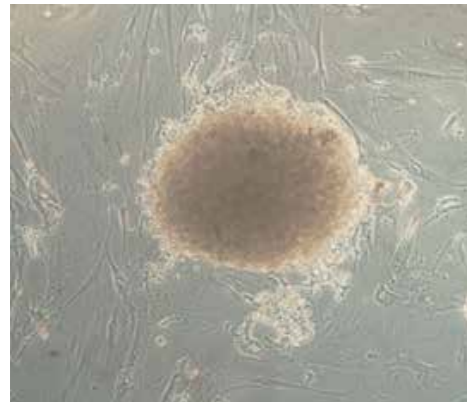


Figura 6. iPS creciendo sobre una capa de células "feeder". Las iPS se fabrican en el laboratorio a partir de células diferenciadas total o parcialmente, reprogramándolas de manera que vuelvan a una condición de pluripotencialidad. Estas células crecen agrupadas formando una estructura del tipo de una colonia. Fuente: Marcela Bolontrade.

una célula pluripotente: o sea, vuelve a una condición de potencialidad muy amplia partiendo de una condición de potencialidad nula o muy limitada (Figura 6).

Hay otros tipos de células madre como las células germinales embrionarias (embryonic germ cells, EG cells) que se aíslan de la cresta gonadal de un embrión tardío, pero con lo descrito hasta aquí ya podemos darnos cuenta que en realidad, no todas las células madre son iguales, a veces ni siquiera parecidas. Incluso células con el mismo tipo de potencialidad, por ejemplo las pluripotentes, pueden ser radicalmente distintas en su origen: como las ESC y las iPS. Pensemos que las ESC se obtienen de la masa interna del estadio embrionario blastocisto y las iPS se crean en un laboratorio a partir de células del cuerpo diferenciadas, por lo tanto ya hay una gran división entre ellas que afecta, entre otros varios aspectos, a consideraciones éticas que puedan plantearse en cuanto a su potencial uso. Esto último también es un capítulo aparte que excede este artículo. La capacidad regenerativa de las células madre dentro de nuestro propio cuerpo dio origen a la idea de posibles aplicaciones administrando células manipuladas o sin ninguna manipulación, mediante diversas rutas de administración y para distintas patologías, generando el concepto de medicina regenerativa. Este plantea la utilización de estrategias celulares para reemplazar tejidos u órganos que estén dañados ya sea por una condición patológica o

por un trauma o daño. Pero la realidad es que muy pocos tratamientos han demostrado ser efectivos y seguros. Dentro de este contexto y comprendiendo ahora que es una célula madre y que no hay un solo tipo, ya nos vamos dando cuenta que cada una de estas células madre y progenitoras tienen una importancia singular en su entorno, y algunas además presentan propiedades funcionales muy interesantes desde el punto de vista terapéutico como poder migrar desde un sitio anatómico a otro o bien modular desde el lugar en donde estén, mediante microvesículas o exosomas, el mismo sitio anatómico de residencia u otros alejados. Podemos visualizar el enorme potencial o futuro que ofrecen los distintos tipos de células madre.

Uno de los puntos clave es que no todas las células madre originan cualquier tipo de tejido, y las que sí pueden originar cualquier tipo de tejido (las iPS y las ESC) tienen serios problemas potenciales, como la generación espontánea de tumores sin presentar ellas mismas ningún fenómeno de transformación. Queda claro que no podemos plantear que todas las células madre podrían ser utilizadas para cualquier propósito asociado a medicina regenerativa, porque habría que establecer muy bien cuál es la patología a abordar, y que tipo de enfoque terapéutico y tipo de célula madre sería el indicado. Un punto muy importante que mencionamos es que no hay muchos tratamientos aprobados por organismos re-

guladores en salud. De hecho la gran mayoría de los tratamientos que se ofrecen en clínicas, con la promesa de paliar una gran variedad de patologías utilizando células madre del propio paciente (muchas veces sin especificar qué tipo de célula madre se utilizaría) no están aprobados o bien se valen de vacíos legales tanto en nuestro país como en el resto del mundo. Este mismo planteo es válido para tratamientos que utilizan productos celulares distintos a las células madre, como el plasma rico en plaquetas (PRP) con fines estéticos o con la promesa de la cura de enfermedades. Los entes reguladores que evalúan en base a evidencias obtenidas a partir de la investigación básica, pre-clínica y clínica son, en Argentina, el Instituto Nacional Central Único Coordinador de Ablación e Implante, INCUCAI; la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica, ANMAT; en USA, la *Food and Drug Administration*, FDA y en Europa, la *European Medicines Agency* (EMA).

Hoy por hoy la terapia celular de uso más extendido y que en realidad está aprobada desde hace décadas es el trasplante de médula ósea utilizando células progenitoras hematopoyéticas (CPH). Las llamamos así y no células madre hematopoyéticas de acuerdo a la definición anterior, porque el producto celular aislado para el trasplante de médula ósea no está constituido puramente por la fracción "mas multipotente" o "mas madre" sino por una población celular heterogénea que incluye a las HSC. Resulta que este tratamiento de terapia celular al que pocas veces se le presta atención es justamente eso, un tratamiento de terapia celular, aprobado desde hace años por organismos de salud internacionales y nacionales y efectivo en casos puntuales, por ejemplo ciertas patologías hematológicas o metabólicas. Para que un tratamiento nuevo sea aprobado por los entes reguladores pertinentes, este debe ser respaldado

por una evidencia robusta basada en experimentación básica y ensayos pre-clínicos que involucran el uso de animales de experimentación. Luego debe pasar por diversas fases de ensayos clínicos y si el tratamiento propuesto aprueba estas fases, recién allí puede ser considerado para su uso, esto es, aprobado por los entes regulatorios y ofrecido como tratamiento.

Una búsqueda en la página sobre ensayos clínicos enlistados en el NIH (National Institutes of Health, USA) nos permite encontrar ensayos clínicos (tanto activos, como no reclutando pacientes aun), donde se describe la fase en que se encuentran (I, II, III y IV si corresponde) y se aporta detalle tanto de la patología a abordar como del producto celular a aplicar para el abordaje terapéutico. Por ejemplo, una búsqueda con los términos correspondientes a algunos de los tipos de células madre que hemos mencionado aquí nos arroja los siguientes datos (tabla 1):

El término de búsqueda "stem cells" (células madre) es muy amplio y estará englobando a muchos de los estudios encontrados utilizando los siguientes términos de búsqueda. A medida que refinamos la búsqueda el número de ensayos se reduce, incluso al distinguir los términos "hematopoietic stem cell" (HSC) y "hematopoietic progenitor cell" (HPC) obtenemos cifras similares debido a superposición, y la mayoría de los ensayos clínicos descritos están enfocados a enfermedades hematológicas. La búsqueda utilizando

los términos "mesenchymal stem cell" y "mesenchymal stromal cell" (MSC), permite observar un grado de superposición, y la mayoría de los ensayos clínicos descritos bajo estos términos están enfocados en el abordaje terapéutico de complicaciones asociadas al trasplante de médula ósea, en enfermedades que presentan un componente inflamatorio en general, en enfermedades óseas, y en algunas patologías cardíacas y neurológicas. Cuando se utiliza el término de búsqueda "induced pluripotent stem cells" (iPS), el número de los ensayos clínicos se reduce drásticamente debido en parte al peligro potencial antes mencionado, y el listado de patologías es mucho más heterogéneo que las que involucran los términos de búsqueda anteriores. La búsqueda utilizando el término *embryonic stem cells* (ESC), si bien brinda un panorama heterogéneo, destaca en las degeneraciones maculares y patologías de la retina en general.

La información vertida en este listado incluye, si corresponde, la fase en que se encuentra el ensayo clínico. Tenemos que tener en cuenta que en general los tratamientos alternativos a los estandarizados, en formato de ensayo clínico, para cualquier patología, se aplican (una vez superada la fase I) en pacientes que no responden al tratamiento estandarizado y cuya condición es severa. Además, los pacientes listados en estos ensayos clínicos no deben pagar por ellos: este punto es muy importante. Se desprende que no es ético aplicar tratamientos con células madre (así, en general, como muchas

veces se promociona en clínicas en el exterior o en la Argentina), ya que como mencionamos, la mayoría de estos tratamientos no están aprobados, y en muchos casos hasta podría empeorar la condición del paciente o potencialmente podría generar una patología en una persona sana. Como ejemplos, si me ofrecen la aplicación de "células madre" con fines estéticos en el rostro, pueden estar sacándome sangre, centrifugándola, aislando la fracción de células mononucleares e inyectándolas en el rostro: esta fracción celular incluye células del sistema inmune que pueden generar una reacción inflamatoria (de hecho la disminución de las arrugas estaría asociado a este fenómeno, con un efecto transitorio) e incluso podría llegar a generar una patología autoinmune. Si me ofrecen la aplicación de "células madre" en la rodilla para tratar una artritis, pueden estar utilizando la misma fracción celular mencionada, lo cual puede generar complicaciones de tipo inmune. Recordemos que en Argentina y muchos otros países estos tratamientos no solo no están o aprobados o regulados, sino que además se cobra por ellos. No está de más decir que estos tratamientos son muy costosos. Estas ofertas de tratamientos aplicando supuestas células madre muchas veces de oscuro origen, para el tratamiento de múltiples males o con fines estéticos han dado origen a una variedad de turismo medicinal. Esta actividad es hoy día una industria lucrativa que ofrece hasta paquetes turísticos en el lugar en donde se llevará a cabo la intervención.

No estamos hablando de pacientes de países con poca infraestructura y desarrollo que viajan a países desarrollados para recibir un tratamiento aprobado, sino de una diversidad de pacientes, muchos provenientes de países desarrollados, atraídos por los bajos costos ofrecidos en el país de destino. En este destino se ofrecen tratamientos no aprobados en los países de origen del "turista medicinal", que pueden

TABLA 1

Término de búsqueda	Número de estudios
<i>stem cells</i>	7,290
<i>hematopoietic stem cell</i>	3,594
<i>hematopoietic progenitor cell</i>	3,575
<i>mesenchymal stem cell</i>	965
<i>mesenchymal stromal cell</i>	202
<i>induced pluripotent stem cells</i>	86
<i>embryonic stem cells</i>	61

estar aprobados en el país de destino o simplemente no regulados, con lo cual se aplican sin regulación (y se cobran a costos muy altos). El término en inglés que describe esta actividad es “*circumvention tourism*” cuya traducción hace alusión a la acción de evadir las reglas vigentes. Esto puede resultar muy peligroso. Vamos a mencionar aquí dos casos de aplicaciones celulares utilizadas sin normativa, con malos resultados. Un paciente pediátrico Israelí diagnosticado con ataxia telangiectasia (una enfermedad poco frecuente, asociada con fenómenos de inmunodeficiencia, que es progresiva y conlleva un deterioro neurológico), recibió en Moscú tres administraciones de células madre neuronales fetales humanas a lo largo de cuatro años (recordemos el concepto de turismo medicinal en este contexto). Menos de un año posterior a la última administración celular y en su país de origen, examinando posibles causas de dolores de cabeza persistentes, se le detectaron al paciente lesiones en el sistema nervioso central que concluyeron con un diagnóstico de tumor cerebral multifocal. En el centro de salud Israelí donde realizaron este diagnóstico, pudieron determinar que las células tumorales no se habían originado en el receptor (el paciente), sino a partir de las células administradas en la clínica en la que se le había realizado el tratamiento celular no autorizado. Otro caso es el de una paciente que acudió a un cirujano plástico en Beverly Hills para un tratamiento cosmético. Le realizaron una lipoaspiración y de ahí aislaron lo que se llama fracción vascular estromal, que es una población celular que contiene una baja proporción de células madre y progenitoras, y una gran proporción de células grasas maduras, células sanguíneas, endoteliales, etc. El cirujano administró a la paciente estas células sobre una matriz de hidroxiapatita (un soporte mineral) en el área alrededor de los ojos. La paciente estaba aquejada de dolor en los párpados y percibía “ruidos” al cerrar y abrir los ojos. Luego descubrieron que se es-

ta formando tejido óseo en el área en donde se aplicaron las células: resulta que dentro de esa proporción relativamente baja de células madre hay MSC de tejido adiposo, que al estar localizadas sobre una matriz de hidroxiapatita, integraron una serie de señales que les indicaron que tenían que diferenciarse hacia hueso. Este caso no fue publicado como un reporte de un caso clínico (*case report*) pero tuvo repercusión (<https://www.scmp.com/lifestyle/technology/article/1131716/stem-cell-treatment-left-woman-bone-growing-around-one-eye>).

Particularmente esta tendencia en Argentina también se está expandiendo, y si se realiza una búsqueda en google utilizando el término “tratamientos con células madre” aquí, hay muchas centros que ofrecen distintos “tratamientos”. Argentina se ha ranqueado entre los primeros 5 países de Latinoamérica que son visitados con fines de turismo medicinal (recordemos que esto incluye tanto tratamientos aprobados pero menos costosos aquí que en otros países, como la oferta no regulada de terapia celular que origina el “turismo medicinal de evasión”), ya que cuenta con excelentes profesionales, tecnología de avanzada y principalmente bajos costos para pacientes provenientes de países con mayor capacidad adquisitiva, por ejemplo estos costos pueden ser hasta 60% más bajos que en USA.

Como conclusión general podemos decir que no hay que dejarse llevar por resultados prometedores y esperanzadores pero de los cuales aun no se ha probado su seguridad y eficacia, ya que pueden traer complicaciones muy graves para la salud y no resolver el cuadro clínico por el cual se consultó. No todas las células madre son iguales, y no todos los sitios anatómicos (nicho, microambiente) a los que lleguen estas células mediante administración, serán iguales. Esos nichos o microambientes pueden ser normales (en principio el área alrededor de los ojos de la

paciente cosmética) o patológicos (el ejemplo del paciente con enfermedad neurodegenerativa). Es razonable llegar a la conclusión que de la misma manera que en situaciones fisiológicas normales, cada tipo de célula madre o progenitora cumple una función específica, también cada patología, si puede ser abordada con un tratamiento celular, requerirá tipos específicos de células madre/ o progenitoras. Todo esto debe ser abordado y evaluado rigurosamente previo a su aprobación. Para sumar a la complejidad de este panorama, no es lo mismo cultivar (crecer o producir ex vivo a estas células, que aislarlas y administrarlas como un producto “crudo”). Resumiendo, no todos los tratamientos celulares están aprobados, y otros aun no tienen legislación, en algunos casos dejando vacíos legales (como la aplicación de plasma rico en plaquetas, PRP). De estos vacíos legales muchas veces toman ventaja quienes administran células de cualquier tipo para abordar cualquier patología.

• Cuáles son los tratamientos que utilizan células madre ya aprobados, en que países y para que patologías? Además del trasplante de médula ósea que ya mencionamos, hay algunos productos celulares aplicados para tratamientos específicos que fueron aprobados en algunos países. A modo de ejemplo, el uso de MSC autólogas (esto último significa provenientes del propio paciente), para el tratamiento de desórdenes asociados a tejido conectivo, que fue aprobado en Corea del Sur en 2010; el uso de MSC provenientes de tejido adiposo autólogo para el tratamiento de la inflamación en articulaciones, también aprobado en Corea del Sur en 2012; la aplicación de MSC para el tratamiento de daño en la médula espinal, aprobado en Japón en 2018. El uso de MSC para el tratamiento de la enfermedad de injerto contra huésped (graft vs. host disease, GVHD), una complicación asociada al trasplante de médula ósea, fue aprobado en Canadá y en Nueva Zelanda.

Esperamos que este artículo sea útil para aportar un panorama más claro en un campo en el cual la legislación y el desarrollo no avanzan en paralelo, y para enfatizar que los tratamientos celulares que se ofrecen en muchas clínicas o consultorios no están aprobados o se valen de falta de legislación. Es necesario ser cautos y asesorarse antes de invertir fortunas en aplicaciones terapéuticas muchas veces ficticias que pueden empeorar una condición clínica (tratamientos que si no están autorizados, no deberían cobrarse), y tener claro que no todas las células madre o progenitoras sirven para cualquier enfoque terapéutico. Todo esto no significa que no exista mucho potencial en el uso de productos celulares derivados de células madre o progenitoras, sino que hay que seguir investigando con rigurosidad y siguiendo las pautas establecidas para la emergencia de un nuevo tratamiento clínico.

GUTIÉRREZ - ALVAREZ - FERNÁNDEZ

VOLVER

## BIBLIOGRAFIA Y LINKS

- Weissman IL. Stem cells: units of development, units of regeneration, and units in evolution. *Cell*. 2000 Jan 7;100(1):157-68.
- Takahashi K, Tanabe K, Ohnuki M, Narita M, Ichisaka T, Tomoda K, Yamanaka S. Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors. *Cell*. 2007 Nov 30;131(5):861-72.
- Buckley Rebecca H. A historical review of bone marrow transplantation for immunodeficiencies. Murray Dworetzky & Sheldon Cohen, Editors. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2004.01.764>
- Mesenchymal Stromal Cells as Tumor Stromal Modulators. Marcela F. Bolontrade & Mariana G. Garcia, Editors. ISBN 978-0-12-803102-5. 1st. Edition, Cambridge: Elsevier, Inc. Academic Press [AP] 2016. [644 pag].
- Amariglio N, Hirshberg A, Scheithauer BW, Cohen Y, Loewenthal R, et al. (2009) Donor derived brain tumor following neural stem cell transplantation in an ataxia telangiectasia patient. *PLoS Med* 6(2): e1000029. doi:10.1371/journal.pmed.1000029
- Cyranoski, D. (2012). Canada approves stem cell product. *Nature Biotechnology*, 30(7), 571-571. doi:10.1038/nbt0712-571b
- Patient Handbook on Stem Cell Therapies. <http://www.isscr.org/about-stem-cells#patienthandbook>
- Comisión Asesora en Terapias Celulares y Medicina Regenerativa, exMincyt. <http://www.celulasmadre.mincyt.gob.ar/institucional.php>
- National Institutes of Health (NIH), USA. Ensayos clínicos. <https://clinicaltrials.gov/>



### MARTÍN PARSELIS

Investigador y profesor titular de la UCA, imparte cursos en universidades latinoamericanas y europeas. Cuenta con experiencia en el sector privado, público y en cooperación internacional. Es miembro del Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Sociales y del Centro de Estudios sobre Ingeniería y Sociedad de la Facultad de Ingeniería, ambos de la Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA). Es doctor en Estudios Sociales de la Tecnología (Universidad de Salamanca), con máster en Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología (Universidad de Salamanca), máster en Administración de Empresas (UCAEOI Madrid), diplomado en Innovación Tecnológica (Universidad de Oviedo), ingeniero electrónico (ITBA) y con estudios en Comunicación Periodística.

## CTS E INGENIERÍA ¿AGUA Y ACEITE?

Oveja Dolly (Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0)



Mientras la demanda de ingenieros aumenta y se pone de moda la educación STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) para cubrir una gran cantidad de puestos que requieren capacidades orientadas al diseño y producción de productos y procesos que atraviesan casi toda actividad humana, se mantienen vivos algunos problemas conceptuales relacionados con la reflexión sobre qué es la ingeniería y qué es exactamente lo que hace un ingeniero. En una primera mirada pareciera que estas respuestas existen hace mucho tiempo. Sin embargo esto no es así. La naturalización de la actividad del ingeniero probablemente se debe a que existen diversas definiciones institucionales sobre su campo de acción y sobre el tipo de conocimiento que requiere el desarrollo de esas capacidades. Así, la estandarización de los planes de estudio en cada país no se diferencia demasiado entre países y regiones en una especie de acuerdo global sobre qué debe saber un ingeniero<sup>1</sup>. Aceptando la utilidad de este tipo de definiciones para contar con algunos parámetros de equivalencia para los ingenieros que operan en distintas partes del mundo, hay muchas preguntas que permanecen en el sustrato de la actividad y que afortunadamente son tenidas en cuenta por algunos campos de estudio que reflexionan sobre eso. Es decir que

pragmáticamente necesitamos esas definiciones, pero conceptualmente todavía tenemos mucho trabajo por hacer. Un buen punto de partida puede ser la afirmación del filósofo español Ortega y Gasset quien afirma que “para ser ingeniero, no basta con ser ingeniero” y agrega “es preciso estar alerta y salir del propio oficio: otear bien el paisaje de la vida, que es siempre total”. En otras palabras, sin una mirada completa de la vida, no hay un buen ingeniero (Ortega y Gasset, 1939). ¿En qué momento un ingeniero tiene la oportunidad de reflexionar sobre la ingeniería en la vida? Probablemente la experiencia diaria indique que es muy difícil que esto ocurra trabajando en una planta o tratando de cumplir objetivos de producción y rentabilidad. Algunos ingenieros hacia el final de sus carreras realizan alguna reflexión, pero en ese momento parece demasiado tarde.

La etapa de formación de los ingenieros puede ser una buena oportunidad para entender a la ingeniería desde distintos campos de estudio que observan la actividad ingenieril, que estudian su racionalidad, la relación interdependiente con la cultura y con nuestra forma de vida. Ciertamente esto complejiza la idea de que el ingeniero es un simple solucionador de problemas y, según los autores que seleccio-

nemos, serán sentados en el banquillo de los acusados de destruir el planeta o serán una especie de gurús de nuestra época. Pero afortunadamente la literatura reflexiva sobre la ingeniería no se resume en estas dos posturas ingenuas. Los ingenieros son actores principales de la producción de tecnologías que cambian el mundo y nuestra forma de vida. Por lo tanto, son creadores de cultura y parte fundamental del fenómeno técnico, entendido como un fenómeno general que acompaña a la humanidad desde siempre, y cuya influencia se acentúa cada vez más con una aceleración nunca vista durante las últimas décadas. Con frecuencia se habla de tecnología bajo el supuesto de que se trata de algo sobre lo que podríamos decidir. Aceptar o no las condiciones de uso de una red social, comprar o no un nuevo smartphone, tener en casa una impresora 3D, etc. Esta forma de entender a la tecnología como algo “fuera de nosotros”, como objeto de decisión de consumo, esconde una serie de procesos que no son ajenos a los ingenieros: cada tecnología tiene una historia y en las etapas de diseño y producción se toman muchas decisiones que se orientan a cercar las posibilidades de decisión libre de los usuarios, e incluso de atraparlos. Pero además hay tecnologías que no dan opciones para la decisión libre como las infraestructuras. Autopistas, ferrocarriles, potabilización y distribución de agua, cloacas, energía eléctrica, vacunas, etc. son ejemplos de tecnologías sobre las que no podemos tomar decisiones individuales en forma directa. Estas tecnologías no se relacionan con la lógica del consumo sino con algo que consideramos de interés público, y entonces ya no se trata de la decisión individual sino de decisiones políticas en una sociedad jurídicamente ordenada. Pero la cuestión es más profunda: las tecnologías asociadas a la salud o el agua potable no tienen que ver con “deseos” o “facilitar la vida” (slogan típico, por cierto cuestionable), sino con nuestra posibilidad de supervivencia en este momento histórico. Es decir que el fenómeno técnico no solamente ha cruzado aspectos de confort, eficiencia y productividad, sino que también asegura nuestra posibilidad de estar vivos. Ortega y Gasset diferenciaba las necesidades “básicas” (biológicas, naturales) de las necesidades “superfluas”. Las necesidades básicas no cambian en el tiempo mientras sigamos siendo mamíferos, pero las necesidades superfluas cambian con el tiempo, según el momento histórico de una sociedad y se asocia a sus valores y creencias. Ortega fue mucho más allá proponiendo que creamos una “sobrenaturaleza” para cubrir estas necesidades “superfluas”, y que esta sobrenaturaleza se compone nada menos que de la técnica (Ortega y Gasset, 1939).

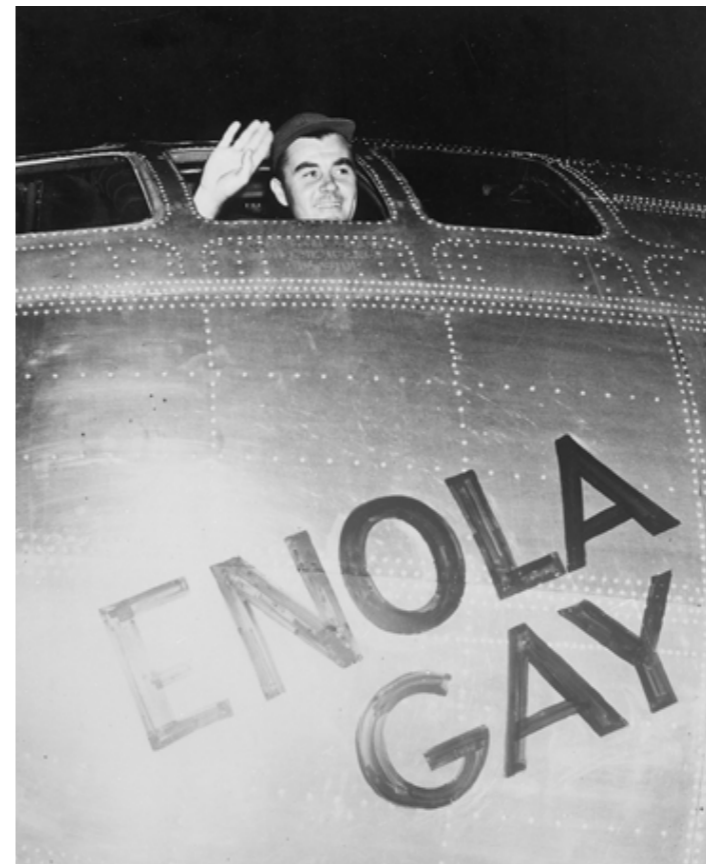
En las pocas décadas que han transcurrido desde el surgimiento de esta poderosa idea no solamente cubrimos con los productos de la técnica nuestras necesidades superfluas, las que dependen de nuestra cultura, sino también nuestras necesidades básicas. No sabemos producir nuestro

propio alimento, no podemos identificar qué agua es segura para beber, ni cómo curarnos con los elementos que podemos encontrar en nuestro entorno. Es decir que esta sobrenaturaleza conformada por nuestras creaciones técnicas tiene un peso mucho más importante que el que solemos darle.

Por otra parte, esta sobrenaturaleza tiene una relación muy compleja con la naturaleza. Uno de los aspectos de esta relación resulta evidente para cualquier ingeniero: si no conocemos las regularidades del entorno en el que un diseño funcionará no podremos diseñar. Pero también esta obviedad tiene sus matices desde el punto de vista de la idea del conocimiento asociado y la noción de regularidad. Las ciencias naturales son una fuente muy importante de este conocimiento necesario, y describen estas regularidades a través de leyes, cuyo valor para la ingeniería es su carácter predictivo. Esto, a su vez abre otras reflexiones basadas en las actividades del ingeniero y las posibles delimitaciones entre ciencia y tecnología sobre las que hay mucho escrito. Dejando de lado las confusiones entre ciencia y tecnología e incluso cierta creencia errónea del ingeniero como una especie de “pseudocientífico” (cosa que no es), también es necesario advertir que la ingeniería se vale de muchos otros conocimientos que no son de origen científico pero que dan pautas de conocimiento de estas regularidades. En cualquier caso, estas regularidades son una restricción física y material a las posibilidades de diseño.

Otra relación fuerte con la naturaleza es la de los recursos. Para que exista un automóvil tal como lo conocemos tiene que existir aluminio, hierro, y alguna fuente de energía que luego se convierta en energía mecánica para que cumpla con su función técnica. Todo ello proviene de la naturaleza. Esto es otra obviedad, pero el modo en el que entendemos y gestionamos estos recursos también ha cambiado a lo largo del tiempo y no resulta tan simple. Nos referimos a la cuestión ecológica, pero también cambios de enfoque de profunda raigambre cultural. En muy pocos años pasamos de la tradición de la idea del hombre como dominador del mundo a perspectivas relacionales y complejas acerca de la relación hombre-naturaleza, dando como resultado ideas como la ecología profunda, o el desarrollo sostenible. Cualquiera de estas perspectivas encuentran problemas pragmáticos de definición concreta de límites por cuestiones políticas, pero también conceptuales como por ejemplo cuánto y qué preservar exactamente para las generaciones siguientes.

Por último, no solamente tomamos recursos para crear cosas sino que éstas tienen una vida útil (que también está diseñada y entonces se abren todas las discusiones acerca de la obsolescencia programada), y en algún momento se convierten en residuos. Si bien se trata de un tema asociado a los recursos tiene sus particularidades, da-



This image is a work of the United States Department of the Treasury, taken or made as part of an employee's official duties. As a work of the U.S. federal government, the image is in the public domain in the United States.

do que desde la perspectiva de los residuos puede cambiar la lógica de decisión y gestión de los recursos. Un ejemplo paradigmático es el plástico. Un derivado del petróleo con muchísimos aditivos tóxicos (ftalatos, bisfenol A) que no se degrada (ver las islas de plástico en los océanos y los microplásticos en la orina humana), y que tiene efectos hormonales en los seres humanos. Ese mismo plástico tiene ventajas indiscutibles en términos de confort y eficiencia en muchas industrias. Es entonces cuando se presenta una mirada típica en la racionalidad técnica: el costo-beneficio. Es probable que la lógica del costo-beneficio sea útil en decisiones particulares, en una escala determinada, en decisiones prácticas de todos los días, pero no parece adecuado extrapolar este tipo de criterios en decisiones que involucran escalas muy diferentes y especialmente cuando a gran escala muchos no tienen ninguna posibilidad de decidir. Entonces se presentan más frentes para complejización del diseño tecnológico, y por lo tanto, para la ingeniería. El cambio de escala cambia el fenómeno. Hay diversas formas de entender estos cambios de escala, pero tal vez uno de los autores que más influyeron inicialmente en las últimas décadas fue Hardin (1968) cuando a través del ejemplo del pastoreo de ovejas en fracciones privadas orientadas al beneficio de sus dueños observó que en una escala mayor se producían cambios irreparables. Luego la premio nobel Ostrom

(1990) aseguraba que a gran escala siempre nuestras decisiones serán destructivas, y con el tiempo se fue conformando un rico campo de estudios sobre los commons. Pero la conclusión general puede resumirse en la idea de que un conjunto de decisiones individuales muy racionales pueden dar como resultado global un comportamiento absolutamente irracional. He aquí otro problema “nuevo” que tampoco suele ser parte importante en la formación de los ingenieros.

Podemos pensar que buena parte de la poca reflexión que la ingeniería tiene sobre la vida se debe a que de a poco el ingeniero quedó encerrado en actividades muy específicas, probablemente por aquellas definiciones institucionales que obligan a demarcar su actividad. Si el ingeniero es fundamental dentro de este fenómeno técnico también resultaría deseable que no quede encerrado y que tenga presente el modo en que está imbricado con la cultura y la naturaleza. Pero los ingenieros no son los únicos que construyen la técnica. Dentro de la familia hay muchos miembros, como los arquitectos, los diseñadores industriales y los tecnólogos, que en algunas ocasiones se encuentran, pero que nuestro imaginario se mantienen como mundos diferentes, posiblemente por el sesgo estético de los arquitectos o el sesgo de usabilidad de los diseñadores industriales. Sin embargo se trata esencialmente de actividades muy próximas con las que se pueden compartir todas estas reflexiones. Dentro de esta simplificación la ingeniería perdió la noción de que todo objeto estético es un objeto técnico y todo objeto técnico es un objeto estético. Del mismo modo que perdió de vista que el “gesto” que está obligado a realizar un usuario es prefigurado en el diseño y que ese gesto no es meramente operativo sino también cognitivo y que se incorpora gradualmente a la cultura. Tanto la dimensión estética como la gestual son aspectos fundamentales de esta sobrenaturaleza que es nuestro entorno vital. Nada “simplemente funciona”. También crea entornos con los que cada uno de nosotros se relaciona abriendo criterios a partir de nuestra percepción estética del mundo, como crea hábitos culturales a partir de gestos. Eliminar del horizonte ingenieril estas dimensiones es un modo cruel de embrutecer al ingeniero, y también de quitarle responsabilidades cuando los valores de eficiencia o por decisiones de costo-beneficio arruinan un entorno o crean hábitos que no son deseables (Parselis, 2018a).

En síntesis, la ingeniería parece mantener una perspectiva encapsulada en sus especialidades teniendo en cuenta “intercambios con su entorno”, y no parece admitir algunas de las reflexiones que mencionamos. Por otra parte los estudios sobre las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad provienen en su mayoría de la filosofía y la sociología, y dentro de su producción existen muchas propuestas sobre las políticas de ciencia y tecnología. Pero es poco frecuente la reflexión desde el campo CTS sobre la actividad ingenieril que





Museo Xul Solar (Foto: M. Parselis)

es fundamental para comprender muchas problemáticas en la relación entre ciencia y tecnología, como en la relación entre la tecnología y la cultura. Así, los ingenieros como actores principales muchas veces se convierten en sujetos que deben ser “evangelizados” por los sociólogos, o son acusados de ser insensibles a problemáticas sociales. Según este diagnóstico, el “mainstream” de las publicaciones parecen mostrar que se trata de agua y aceite. No hay una solución homogénea posible. Cada actividad se mantiene separada de la otra.

Afortunadamente algunos ingenieros han realizado esfuerzos por incorporarse dentro del campo CTS, y en consecuencia comienzan a emerger miradas CTS sin desnaturalizar a la ingeniería. Poco a poco los “hacedores” sistematizan, reflexionan y proponen modelos que pueden crear un cocktail, más que una mezcla imposible entre el agua y el aceite. Como todo cocktail puede estar compuesto de diferentes elementos y en distintas proporciones, pero en cualquier caso es un resultado de escapar de un solo componente. En este sentido hay esfuerzos desde la formación de ingenieros en muchas de las cátedras de Introducción a la Ingeniería con sesgo reflexivo hasta la creación de modelos analíticos que permiten identificar espacios de intervención en las

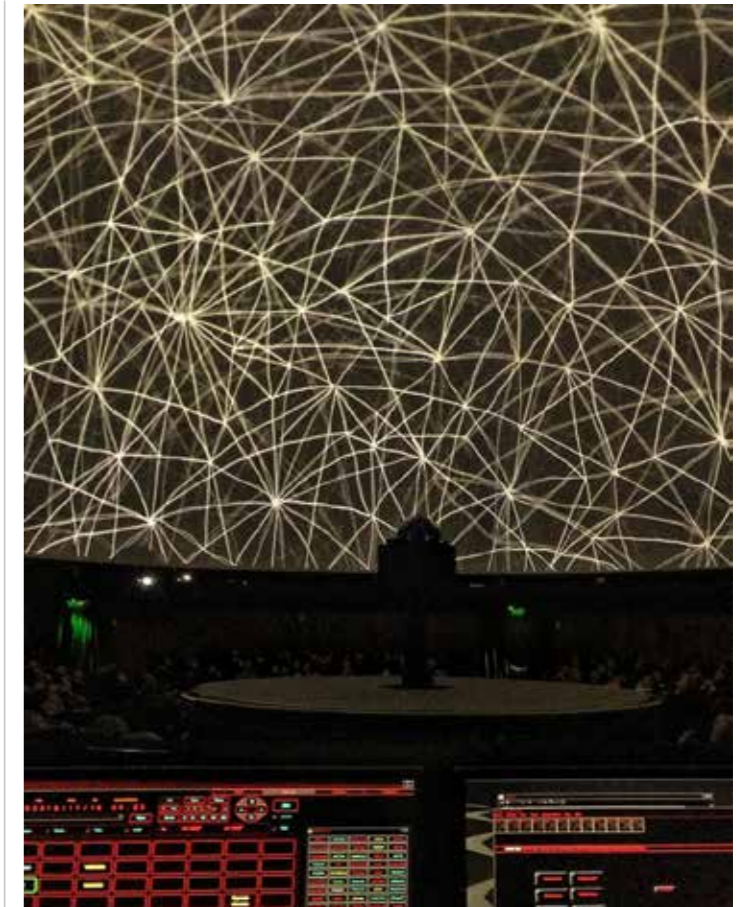
actividades ingenieriles desde criterios más amplios que los clásicos de eficiencia, rentabilidad y costo-beneficio. Estos modelos evitan la construcción desde perspectivas monodisciplinarias para dar relevancia e intensidad a cada componente del cocktail para que el resultado sea realmente una experiencia nueva y compleja.

Para este tipo de perspectivas una actividad central es el diseño tecnológico, donde se define la relación entre forma y función, entre la estructura y los objetivos, y también el gesto que deberá adoptarse en el contexto de uso. Estas relaciones no están predeterminadas, y por lo tanto es posible derivar otros problemas fundamentales: todas las tecnologías que conocemos podrían ser diferentes, y entonces ¿Qué tipo de decisiones tomamos para que sea de un modo u otro? ¿quiénes toman esas decisiones? ¿qué tipo de juicio realizan para optar por unas u otras? ¿cuáles son los criterios y qué actores sociales pueden evaluar las opciones posibles? Todas estas preguntas en la mirada clásica de la ingeniería tienen respuestas relativamente sencillas, y también suelen encontrarse respuestas tajantes desde las perspectivas sociológicas. Y estos conjuntos de respuestas coinciden muy poco. Por ello es muy valiosa una ingeniería que pueda dar res-

puestas ancladas en un contexto que comienza a exigir algo más a los diseñadores, pero sin perder de vista que el diseño tecnológico no puede dejar de ser ingenieril (Parselis, 2018a).

Parte del desafío consiste en encontrar una vía orientada a lo posible frente a dos extremos que han producido un corpus bastante amplio: la crítica condescendiente y la crítica radicalizada. La crítica condescendiente asume que la mayoría de las prácticas actuales no pueden ser modificadas en forma profunda, aunque sí reconoce “fallas del sistema” que podrían resolverse con algún control. Diríamos que las normas ISO 26000 de Responsabilidad Social Corporativa son parte de este nivel de crítica. Supone entonces que los actores sociales y las relaciones que existen hoy más bien tienden a mantenerse (Parselis, 2018b). La crítica radicalizada tiende a no tolerar ningún aspecto del sistema y por lo tanto busca cambiarlo a partir de la implementación de uno nuevo que no deje ningún rastro de capitalismo. Tal es el caso de Latouche con su teoría del decrecimiento, o de Gorz, por ejemplo. Los argumentos que suelen utilizarse son totalizadores, esto quiere decir que hay algún diagnóstico que fundamenta un cambio mesiánico de todo el sistema, como por ejemplo la finitud de recursos. Aquí cambian los actores sociales, con pretensión de toma de poder por parte de los actores sociales que hoy se encuentran dominados (Quintanilla, Parselis, Sandrone, & Lawler, 2017), (Parselis, 2018a)

La opción que evita tanto el statu-quo como la destrucción de todo el sistema puede denominarse crítica prudente y está caracterizada por un análisis más cercano a la producción de tecnologías, con alguna distancia con respecto a algún sistema político-económico, pero sin perderlo de vista. La cercanía con algunas cuestiones de la producción de tecnologías abre nuevas posibilidades analíticas dado que es más preciso en discernir las fuentes de los problemas que generan nuestro extrañamiento hacia ellas. Un concepto que puede considerarse dentro de la crítica prudente son las Tecnologías Entrañables, que son un conjunto de criterios para el desarrollo tecnológico orientados a evitar el fenómeno de extrañamiento que tenemos con las tecnologías y que derivan de algunos modelos analíticos de Quintanilla y de Parselis. Estos modelos identifican instancias clave donde se producen distintos tipos de extrañamiento entre los agentes intencionales que diseñan y los gentes que utilizan las tecnologías. Describen cuatro modos de extrañamiento: técnico (la posibilidad de explorar las tecnologías), socio-cultural (la posibilidad de legitimar los fines de los diseños), representacional (las diferencias entre las representaciones sociales sobre las tecnologías y sus aspectos técnicos), y finalmente la posibilidad de decidir y gestionar bienes comunes (commons) asociados a ellas tanto en el contexto de diseño, como en el contexto de uso. La potencia del concepto de Tecnologías Entrañables se



Noviembre electrónico 2018. Planetario Galileo Galilei, CABA. Foto: Martín Parselis

basa en que a partir de la identificación de estas posibles desvinculaciones entre diseñadores y usuarios propone criterios desde las instancias de diseño. Esto coincide con varios autores que han identificado al diseño como la actividad central que define los tipos de mediación tecnológica y futuras relaciones sociales, gestos y hábitos; como por ejemplo Winner (1987), Feenberg (1991), Quintanilla (2005), Giuliano (2016) y Parselis (2018a). Estos criterios se agregan a los criterios clásicos de la ingeniería, pero sin desnaturalizarla, y algunos pueden considerarse como restricciones a las posibilidades de diseño, que finalmente conforman el espacio habitual de los ingenieros. Los criterios son procurar tecnologías abiertas, polivalentes, dóciles, limitadas, reversibles, recuperables, comprensibles, participativas, sostenibles y socialmente responsables. Dado que la tendencia a cumplir con ellos implica una relación más transparente entre diseñadores y usuarios, Parselis resume que la característica central en términos de relación social de las tecnologías entrañables es que son tecnologías honestas.

Estos criterios pueden ser aplicados en las instancias de diseño tecnológico, y también pueden ser utilizados en la evaluación de proyectos tecnológicos, y su caracterización muestra que es posible encontrar una relación dentro del campo CTS modelada, analítica y además aplicable a una

de las actividades fundamentales dentro del campo como la ingeniería.

Partiendo de la crítica prudente y entendiendo que muchos diagnósticos sobre el desarrollo tecnológico son muy claros, sumado a que los nuevos estudiantes de ingeniería muestran mayor sensibilidad por aspectos ecológicos y sociales, el intento por mezclar agua y aceite (la ingeniería clásica y las humanidades que analizan a la tecnología) que fue típico en la producción del corpus CTS, hoy no tiene mucho sentido existiendo la posibilidad de contar con el cocktail propuesto por la honestidad tecnológica y las tecnologías entrañables.

**MARTÍN PARSELIS**

VOLVER

## REFERENCIAS

1 - Para ampliar sobre el perfil del ingeniero acordado institucionalmente puede consultarse el sitio del Consejo Nacional de Decanos de Facultades de Ingeniería (CONFEDI) <https://confedi.org.ar/>

## BIBLIOGRAFIA

- Feenberg, A. (1991). *Critical Theory of Technology*. Oxford: Oxford University Press.
- Giuliano, G. (2016). *La Ingeniería. Una introducción analítica a la profesión*. Buenos Aires: Nueva Librería.
- Hardin, G. (1968). The tragedy of the commons. *Managing the Commons*, 162(December 1968), 16-20.
- Ortega y Gasset, J. (1939). *Meditación de la Técnica* (7th ed.). Madrid: Revista de Occidente 1977.
- Ostrom, E. (1990). Reflections on the Commons. In *Governing the Commons. The evolution of institutions for collective action*. (20th ed., pp. 1-28). - Cambridge University Press 2007.
- Parselis, M. (2018a). Dar sentido a la técnica ¿pueden ser honestas las tecnologías? Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos - Catarata.
- Parselis, M. (2018b). La honestidad y otras características deseables para el desarrollo tecnológico. *SCIO. Revista de Filosofía*, (15), 177-212.
- Quintanilla, M. Á. (2005). *Tecnología: Un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología*. Mexico: Fondo de Cultura Económica.
- Winner, L. (1987). *La Ballena y el Reactor*. Barcelona: Gedisa.

# OVEJA

Villa Quila Quina, San Martín de los Andes ( Neuquen) (2019)  
**DENISE BLANCHET:** me gusta pintar, sacar fotos y soy profesora de historia.




**MARIANA ESPINOSA ALDAMA**

Física, fotógrafa, diplomada en Divulgación de la Ciencia y magister en Filosofía de la Ciencia, (especialidad en Comunicación de la Ciencia) UNAM. Fue corresponsable de la Oficina de Difusión y la del Año Internacional de la Astronomía 2009 del Instituto de Astronomía de la UNAM, impulsando proyectos de ciencia en las calles como la Noche de las Estrellas y levantando puentes entre la comunidad amateur y la profesional. Desde hace doce años, se dedica a estudiar y comunicar cuestiones relacionadas con la astronomía, la cosmología, el problema de la materia oscura y las teorías alternas a la gravitación a través de textos, imágenes, infografías, videos, análisis y visualizaciones de datos metacientíficos.

## Y SI NO HUBIERA MATERIA OSCURA, QUE...?

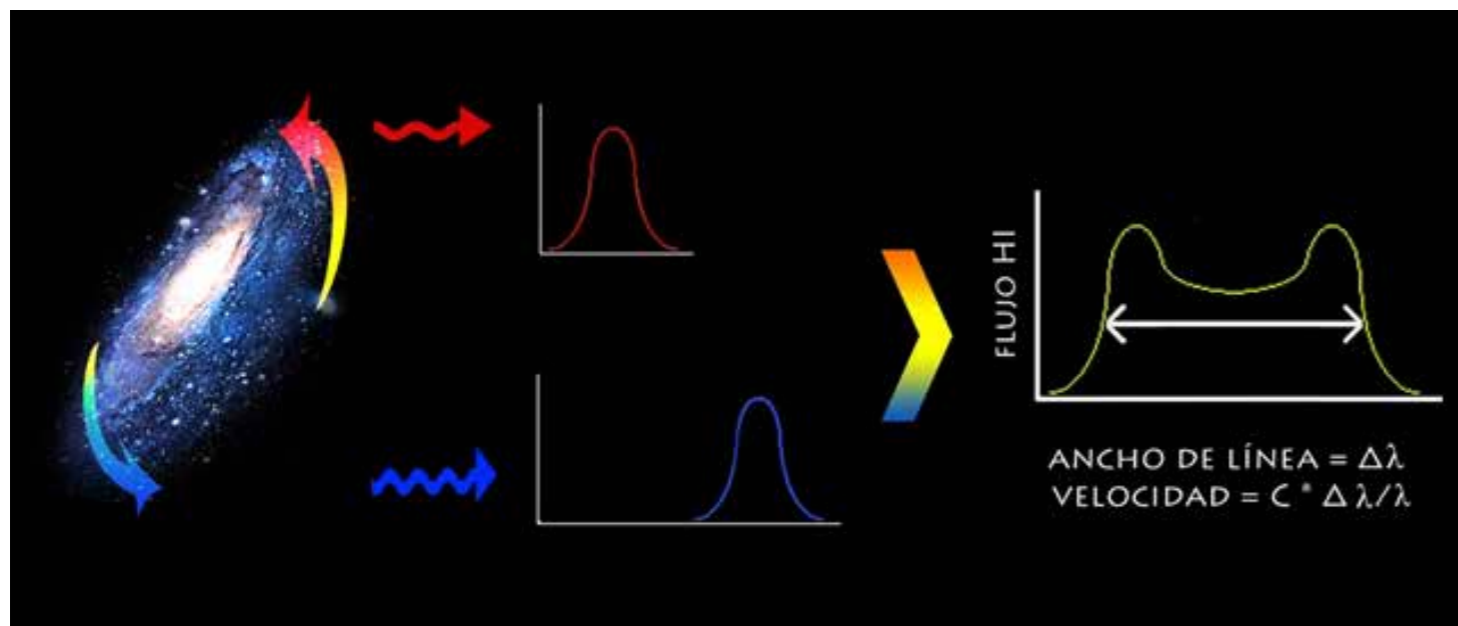


Figura 1. Al medir la separación entre las líneas del espectro de emisión de los extremos de los discos de las galaxias espirales, podemos calcular su velocidad de rotación.

Pensemos en dos galaxias espirales; dos conjuntos de miles de millones de estrellas, gas y polvo que giran como remolino alrededor de su centro como la Galaxia de Andrómeda (M31), o la Galaxia del Cigarro (M81). De ellas, nos preguntamos a qué distancia se encontrarán. Podemos observar que aparentemente una brilla más que la otra y pensar que es porque se encuentra a menor distancia. Podemos igualmente comparar sus diámetros y pensar que la mayor pudiera estar a menor distancia. Ciertamente, la que tenga mayor número de estrellas será intrínsecamente más luminosa, y probablemente sea de mayor tamaño. Observamos galaxias con forma de remolino distantes y no tan distantes y entendemos que su apariencia espiral se conserva por millones y millones de años, y pensamos que su momento angular se conserva y que por tanto la velocidad de rotación debe estar relacionada con la cantidad de materia que forma la galaxia.

Podemos medir la frecuencia de su luz haciéndola pasar por un prisma para observar las líneas de emisión y comprobar que se trata de luz emitida por átomos de hidrógeno. Los espectros provenientes de un extremo de la galaxia vista casi de canto se encuentran corridos hacia el rojo y los espectros provenientes del otro extremo

al azul. Es el efecto Doppler, que nos dice que la galaxia está girando, que el extremo corrido al rojo se aleja de nosotros y el extremo corrido al azul se acerca. Al medir la distancia en el espectro que separa ambas líneas de emisión, podemos deducir la velocidad de giro de las galaxias. A esta velocidad de los extremos del disco que se calcula a partir del espectro la llamaremos “velocidad de rotación” y es la máxima velocidad tangencial de rotación del material galáctico (ver fig. 1).

Los astrónomos Brent Tully, del Observatorio de Marsella, Francia, y Richard Fisher del Observatorio Nacional de Radioastronomía en Nuevo México, E.E.U.U. siguieron este razonamiento a finales de los años setenta, para calcular la luminosidad intrínseca de las galaxias [1], (ver figuras. 2 y 3). Resulta ser que la luminosidad intrínseca de las galaxias es proporcional a su velocidad de rotación elevada a una cierta potencia:  $L \propto v^b$ . Y siendo que la masa es proporcional a la luminosidad, resulta por tanto previsible que la masa de las galaxias sea de alguna manera proporcional a la velocidad de rotación:  $M \propto v^b$ . Los astrónomos estiman las distancias a las galaxias con métodos variados, como el de las estrellas variables cefeidas, relacionando el periodo de pulsa-

Figura 3. Brent Tully

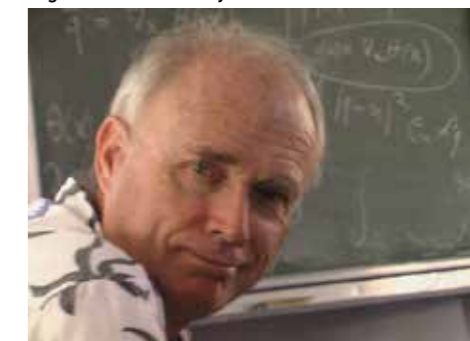


Figura 2. J. Richard Fisher



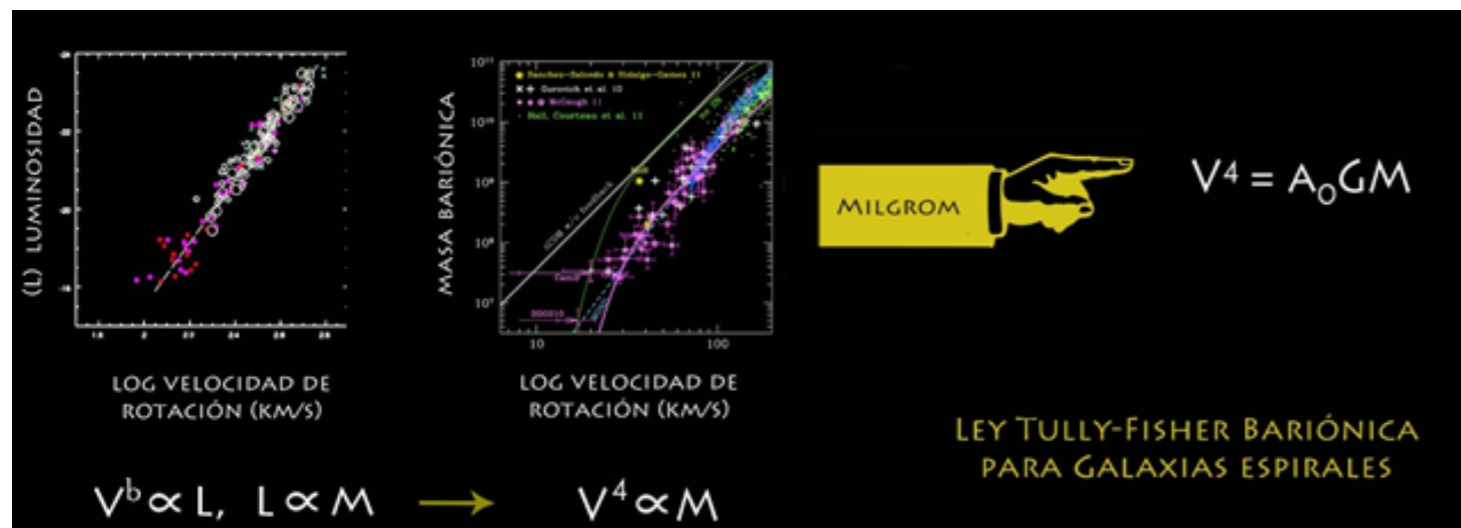


Figura 4. La velocidad de rotación elevada a la cuarta potencia es proporcional a la masa bariónica. Las predicciones del modelo estándar no coinciden con los datos. Las predicciones de los modelos de gravedad modificada sí coinciden con las observaciones. La constante de proporcionalidad obtenida con múltiples mediciones coincide con las predicciones de Milgrom. Fuente: Silk y Mamon [2].

ción con la luminosidad. Al comparar con la luminosidad intrínseca con el brillo aparente, obtenemos una medida de distancia. La correlación empírica entre luminosidad y velocidad de rotación, se obtiene primeramente para galaxias cuya distancia es conocida. Luego, admitiendo que tal relación es generalizable a galaxias más lejanas del mismo tipo, podemos usar la medición de la velocidad de rotación para estimar su luminosidad y comparar su luminosidad con el brillo aparente y calcular así a qué distancia está esa galaxia. La astronomía utiliza numerosos métodos que funcionan como agarraderas con las que vamos escalando a mayores distancias, y con las que vamos calibrando nuestras estimaciones. La relación Tully-Fisher es muy apreciada pues tiene un amplio espectro de aplicación y aunque el método no es muy preciso, puede aplicarse a grandes muestras de galaxias y en cualquier momento, en comparación con otros métodos como el de las supernovas 1a que requieren del constante monitoreo telescópico en busca de explosiones repentinas. El método de Tully-Fisher también es utilizado para calibrar la constante de expansión del Universo, la constante de Hubble.

Por más de 35 años, estas relaciones han sido calibradas con lujo de de-

talle y múltiples mediciones, tomando en cuenta la información obtenida con distintas longitudes de onda, la proyección en la velocidad, la aportación del gas y el polvo según los modelos galácticos, etc. Esto, tomando en cuenta sólo las aportaciones de la materia bariónica, es decir de la materia común, formada por partículas con 3 quarks como los protones y neutrones. El resultado, es una ley empírica que ha sorprendido a muchos, pues no corresponde a la predicción newtoniana que nos dice que la masa debe ser proporcional al cuadrado de la velocidad sobre el radio

$$v^2 = \frac{MG}{r},$$

sino que la masa total es proporcional a la velocidad elevada a la cuarta potencia:  $M \propto v^4$  (ver fig. 4)<sup>1</sup>.

Unos años antes de estos estudios, en los setenta, la astrónoma Vera Rubin había medido la velocidad de rotación de las estrellas en los discos de más de 200 galaxias en función de su distancia al centro de las mismas, y las comparó con la velocidad que debían tener según las predicciones de las leyes de Newton. Sorpresivamente, y en todos los casos, la velocidad de rotación no seguía una caída kepleriana; es decir, la velocidad de las estrellas no dis-



Figura 5. Vera Rubin

minuye conforme la distancia al centro de la galaxia aumenta, como sucede con la velocidad de los planetas que giran alrededor del Sol. En cambio, la velocidad permanece constante. A esto se le conoce como el aplanamiento de las curvas de rotación y es explicado tradicionalmente mediante la postulación de la existencia de cierta materia extraña, inobservable, conocida como materia oscura. (Ver figuras 5 y 6).

Motivado por estos fenómenos, en 1983 Mordehai Milgrom se propuso resolver el problema revisando otras posibilidades, como que las leyes que rigen la física en los discos galácticos pudiera ser distinta a la física de los planetas en el sistema solar. Más precisamente, supuso que cuando los cuerpos sufren cambios en su velocidad muy muy pequeños, menores a una aceleración crítica, la resistencia al cambio (la inercia) es menor a lo que dice la segunda ley de Newton. La idea de modificar una ley tan fundamental no se ha tomado con buenos ojos; sin embargo, Milgrom abrió varias líneas de investigación al hacer señalamientos importantes, como que la constante de proporcionalidad de la relación Tully-Fisher debiera ser igual a la constante de gravitación universal multiplicada por dicha aceleración crítica, ahora llamada aceleración de Milgrom:

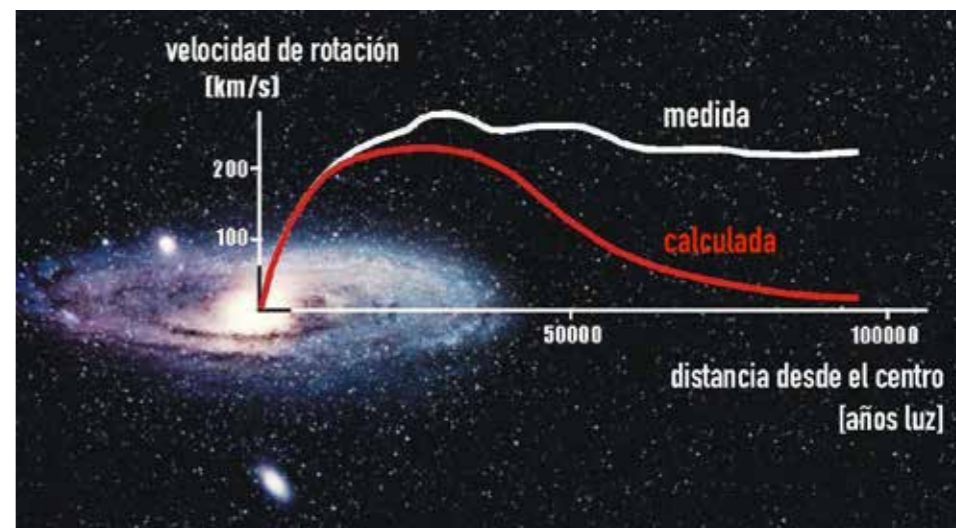
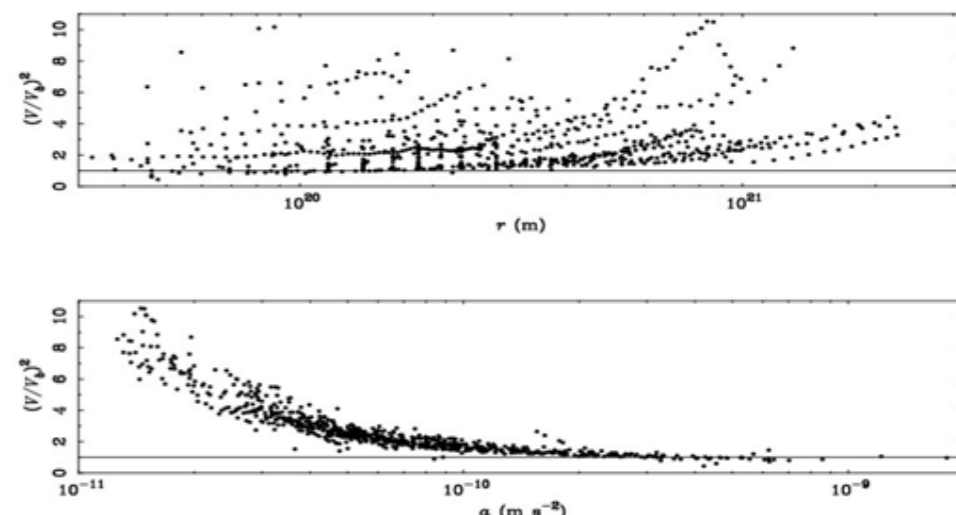


Figura 6. La caída kepleriana esperada según la teoría newtoniana no se observa en las curvas de rotación de los discos galácticos.

$$a = 1.2 \times 10^{-10} \text{ m/s}^2.$$

Milgrom estimó el valor de esta constante haciendo uso de la Tully-Fisher. Estudios posteriores han mostrado que la discrepancia entre las observaciones y la teoría dependen de la aceleración del sistema. La corriente de teorías de dinámica newtoniana modificada, (MoND, por sus siglas en inglés) han dado seguimiento al camino que señaló Milgrom (ver fig. 7).

Figura 7. Stacy McGaugh graficó la discrepancia de masa  $D = V^2 / V_b^2$  como función de distintas variables: el radio, la frecuencia orbital y la aceleración en 1145 puntos de medición en 74 galaxias [3]. Aquí,  $V$  es la velocidad observada y  $V_b$  es la velocidad atribuible a la materia bariónica. El recuadro superior muestra la discrepancia en función del radio. Ninguna escala lineal es favorecida. Hay galaxias con radios pequeños y grandes que exhiben discrepancias de distintas magnitudes. En el recuadro inferior se grafica la discrepancia en función de la aceleración centrípeta  $a = V^2/r$ . La amplitud de la discrepancia de masa se incrementa sistemáticamente al disminuir la aceleración



Luego de treinta años, tras múltiples mediciones y calibraciones de la relación entre la velocidad de rotación, la luminosidad a distintas bandas y la masa total bariónica (incluyendo el gas y el polvo pero sin materia oscura) no sólo en galaxias espirales, sino en múltiples sistemas como estrellas binarias muy separadas, cúmulos globulares y cúmulos galácticos, se ha comprobado que el señalamiento de Milgrom es acertado, y que la relación Tully-Fisher es de hecho:

$$v^4 = a_0 M G.$$

Cada vez hay mayor consenso en que la Tully-Fisher, expresada en términos de masa total bariónica, sucede en todos los sistemas astronómicos de bajas aceleraciones y puede por tanto considerarse una ley empírica con un dominio (o un régimen) de aplicación bien definido. Quienes intentan explicar las discrepancias observadas asumiendo que la ley universal de gravitación de Newton (y la Relatividad General de Einstein) es tal cual válida en todo el universo, se han visto obligados a suponer la presencia de materia inobservable, la famosa materia oscura. La hipótesis de la materia oscura es una hipótesis ad hoc porque está planteada para salvar la teoría de gravitación de sus problemas. Es un modo de proceder racionalista. Sin embargo, ningún modelo de materia oscura ha logrado reproducir satisfactoriamente la ley empírica de Tully y Fisher. A la fecha, ninguna partícula de materia oscura ha sido detectada, a pesar de que se han utilizado instrumentos y detectores de la más alta tecnología con los que se ha recorrido prácticamente todo el umbral energético en donde podrían vivir las supuestas partículas [4]. En favor de esta hipótesis se han apostado millones y millones de dólares. Sanders [5] proporciona una historia de la problemática de la materia oscura bastante completa, equilibrada y amena.

¿Qué habría hecho Newton si ésta hubiera sido la información observacional disponible en su tiempo? La pregunta no es absurda. Newton lo explica claramente en su obra magna, los Principios Matemáticos de Filosofía Natural, donde considera muchas posibles formas que puede tener una fuerza central, y elige aquella que reproduce los fenómenos, en particular, la tercera ley de Kepler. Haciendo una sencilla sustitución de la velocidad por su correspondiente valor en términos del período orbital y el radio en la ley de Tully-Fisher, podemos encontrar una relación semejante a la tercera ley de Kepler (ver las fig. 8 y 9). Para un sistema de masa  $M$ , en un régimen de bajas aceleraciones, la proporción entre el período orbital y el radio es constante:

$$\frac{T}{r} = \frac{2\pi}{\sqrt[4]{a_0 G M}}$$

Newton decía: las fuerzas de la naturaleza deben ser deducidas por análisis a partir de los fenómenos y de las leyes más simples de las fuerzas. Su cuarta regla acerca del método científico que convino seguir es reflejo del espíritu empirista empeñado en descubrir los secretos de la naturaleza:

“En filosofía experimental debemos recoger proposiciones verdaderas o muy aproximadas inferidas por inducción general a partir de fenómenos, prescindiendo de cualesquiera hipótesis contrarias, hasta que se produzcan otros fenómenos capaces de hacer más precisas esas proposiciones o sujetas a excepciones. Hemos de seguir esta regla para que el argumento por inducción no pueda ser eludido por hipótesis” [6]

Respecto a la universalidad, decía que la ley debía ser Universal has-


$$\begin{aligned} v^4 &= a_0 G M \\ v &= d / T \\ d &= r 2\pi \\ (r 2\pi / T)^4 &= a_0 G M \\ r 2\pi / T &= (a_0 G M)^{1/4} \\ T &= \frac{r 2\pi}{(a_0 G M)^{1/4}} \end{aligned}$$


Figura 8. Cálculo del período orbital utilizando la Ley Tully-Fisher

### Tercera Ley de Kepler

El cuadrado del período orbital es directamente proporcional al cubo del semi eje mayor.

$$T^2 / r^3 = k$$

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$$

Figura 9. Comparación entre la tercera Ley de Kepler y la Ley Tully-Fisher

### Ley de Tully y Fisher

Los tiempos periódicos de las órbitas son directamente proporcionales a los semidiámetros de sus órbitas

$$T/r = k$$

$$T = \frac{r 2\pi}{(a_0 G M)^{1/4}}$$

ta que Dios (o la Naturaleza diríamos ahora) dispusiera lo contrario.

Los astrónomos mexicanos, Xavier Hernández y Sergio Mendoza, del Instituto de Astronomía de la UNAM, junto con un creciente equipo de investigadores han seguido la filosofía newtoniana para abordar el problema de la materia oscura [7], fig (10). Han tomado la relación de Tully-Fisher como una ley empírica que rige en todos los sistemas de bajas aceleraciones y de baja densidad superficial, como las afueras de las galaxias y el cosmos en general; y han tomado la constante de Milgrom  $a_0$  como una constante fundamental. Los estudios empíricos evidencian que existe una escala de aceleración universal que depende de la masa y del cuadrado del radio de los sistemas (de

$$r_m = \sqrt{a_0 G M}$$

la superficie, no del volumen), y un radio característico, llamado radio de Milgrom o radio de MoND: que en cierto sentido es semejante al radio de Schwarzschild que marca el punto en que los efectos relativistas se hacen presentes:

$$r_s = \frac{GM}{c^2}$$

El radio de Milgrom marca el punto donde los efectos mundianos, por así decirlo, se hacen presentes. Con esta información, y sin modificar la sagrada segunda ley de Newton, han calculado una nueva ley de gravitación universal:

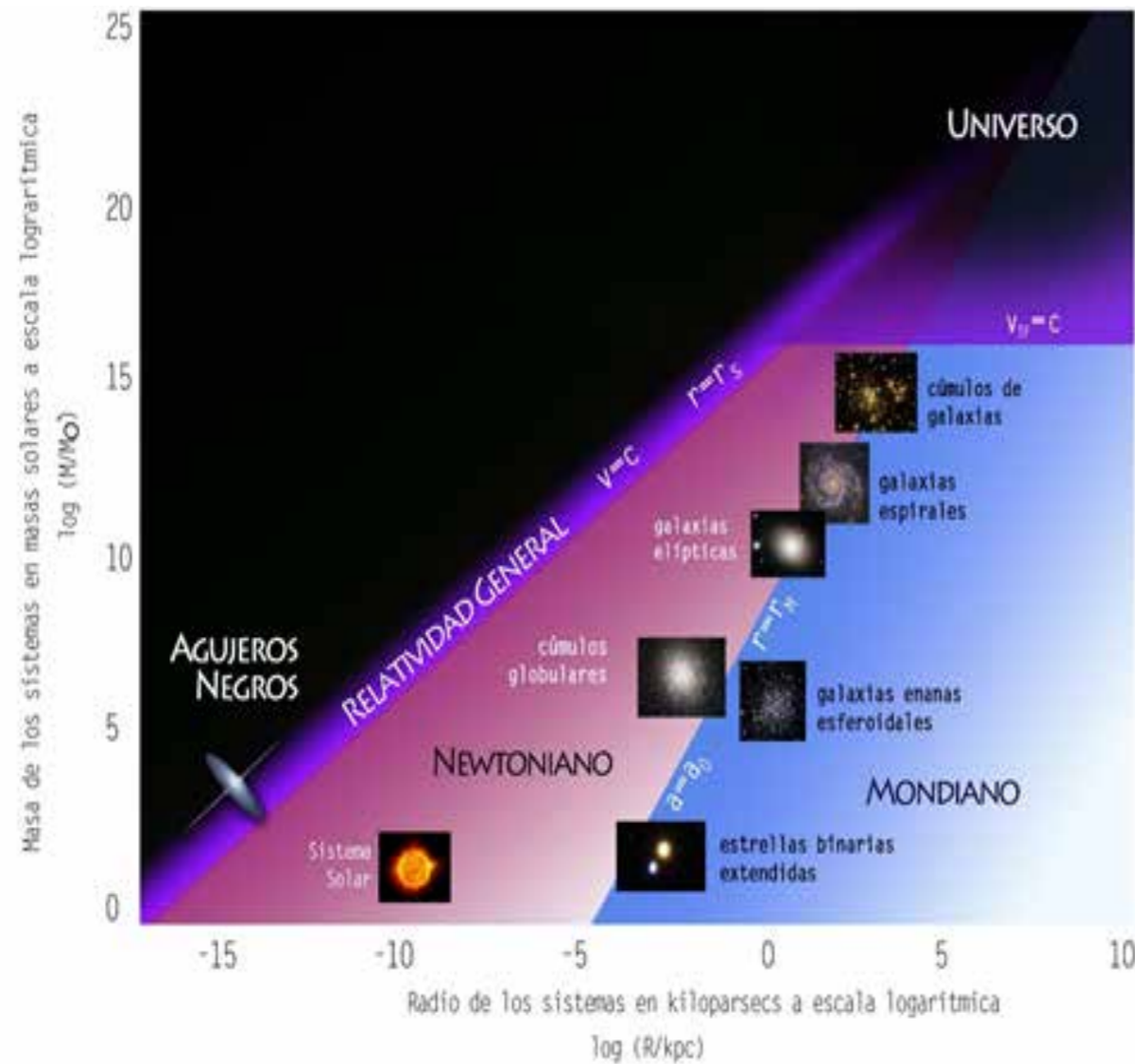
$$\frac{g}{a_0} = \frac{GM}{a_0 r^2} + \sqrt{\frac{GM}{a_0 r^2}}$$

Esta formulación particular se presenta dividida por  $a_0$  para hacer explícito que la fuerza requerida a escalas galácticas para explicar las observaciones sin materia oscura es precisamente la raíz cuadrada de la fuerza

Figura 10. Xavier Hernández



Figura 11. Diagrama que relaciona el tamaño de los sistemas con su masa, publicado en [8]. El cambio de régimen newtoniano (rojo) al mondiano (azul) sucede cuando los sistemas son muy dispersos, a la altura del radio de Milgrom, en donde curiosamente viven la mayor parte de los sistemas. El cambio de ámbito newtoniano al relativista sucede cuando los sistemas son muy compactos y alcanzan el radio de Schwarzschild. Si extendemos dichas dos líneas divisorias, encontramos que se unen a la altura donde se ubicaría el Universo visible. Los cúmulos galácticos se encuentran cerca de la zona relativista, donde las velocidades son cercanas a la de la luz. Este estudio implica predicciones hacia sistemas más pequeños, a escalas del Sistema solar, e incluso moleculares y atómicos.



requerida a nivel sistema solar. La nueva ley es una extensión a la Ley Universal, no una sustitución. Lo que se plantea es que el régimen de aplicación es distinto: la extensión propuesta se aplica en el régimen que bautizamos como mondiano; a saber: aquellos sistemas que sufren aceleraciones menores a la de Milgrom, dada su densidad superficial. El diagrama de la fig. (11), publicado por Hernández [8], muestra precisamente la extensión del régimen newtoniano (rojo, el mondiano (azul) y el relativista (morado) en donde viven objetos muy compactos como los agujeros negros y las estrellas de neutrones. En el eje x encontramos el radio promedio de los sistemas, y en el eje y localizamos su masa en términos de masas solares. Notamos que la mayor parte de los sistemas se encuentran

en la zona de transición entre el régimen newtoniano y mondiano, lo que dificulta el uso de un solo modelo para describir su dinámica completa.

Sin embargo, estos descubrimientos no han sido incluidos en los libros de texto universitarios sobre cosmología y formación galáctica. Merritt [9] revisó 34 libros publicados entre 2005 y 2016, buscando cuáles abordaban el tema del fracaso de los experimentos para detectar materia oscura, el tema de la existencia de una aceleración universal  $a_0$  y la relación entre la aceleración y la discrepancia de masa, encontrando que solo 14 abordan el primer tema, mientras que solo un libro menciona los otros dos temas. Esta omisión nos habla, como explica Merritt, de lo arraigado que se encuentra el modelo es-

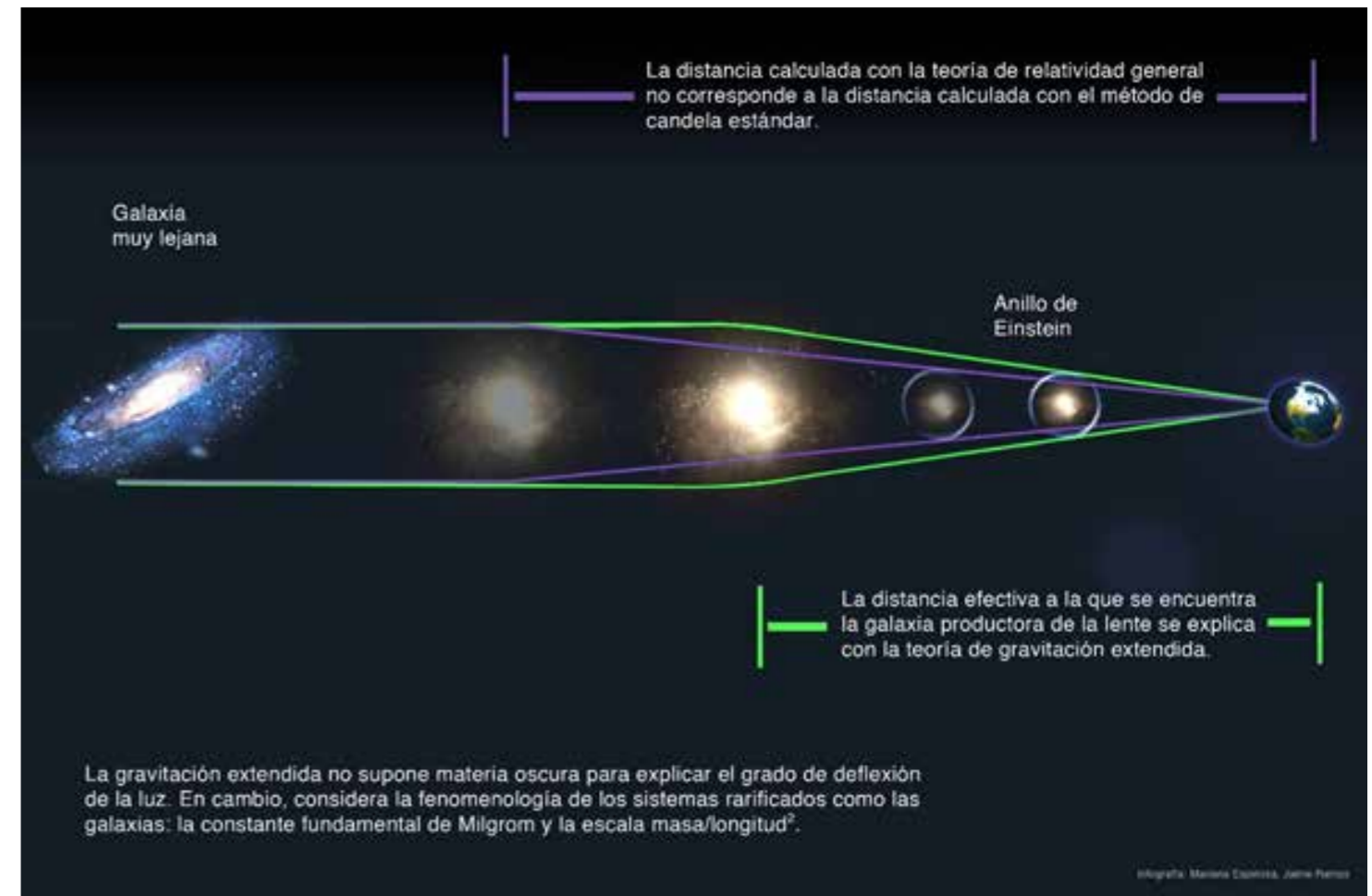


Figura 12. En las fotografías de campo profundo, podemos observar los llamados anillos de Einstein que son imágenes distorsionadas de galaxias muy lejanas que pasan cerca de objetos muy masivos. Las distancias a las galaxias medidas con el método de cefeidas estándar muestran una discrepancia entre las observaciones y la teoría einsteiniana. La teoría extendida predice correctamente el ángulo de deflexión de la luz y la distancia a los objetos.

tándar así como la visión racionalista. Aún no hay una explicación fundamental para la existencia de este punto de quiebre en particular, pero las investigaciones se dirigen a explorar otras cualidades geométricas del espacio-tiempo que pudieran explicar este cambio repentino y tal vez explicar otros fenómenos misteriosos como la reciente aceleración del Universo, conocida como energía oscura.

Hacer modificaciones a la teoría de gravitación en el siglo XXI implica no sólo dialogar con Newton, sino también con Einstein y los principios de la Relatividad General. Ahora entendemos que el movimiento de los astros está definido por la curvatura del espacio-tiempo, y a su vez, la curvatura está definida por la presencia de masas.

La velocidad de giro de los discos galácticos es considerablemente menor que la velocidad de la luz y por tanto, una aproximación clásica es suficiente para analizar las galaxias. Sin embargo los cúmulos galácticos interactúan a velocidades del orden de los mil kilómetros por segundo. Pensemos que ésta es ya una velocidad considerable si la comparamos con la velocidad de Mercurio, que es de 48 km/s, pues para explicar satisfactoriamente la precesión de su órbita se requirió de la teoría general de Einstein. Más aún, si deseamos hacer ciencia robusta, debemos pensar igualmente en las aplicaciones cosmológicas que una nueva teoría debe satisfacer.

Si tomamos al Universo en su conjunto como un sistema muy difu-

so, que cumple dichas condiciones, entonces es preciso pensar que para hacer estudios cosmológicos tales como el análisis de la tasa de expansión, la radiación de fondo cósmico y la formación de estructura cosmológica, debemos explorar nuevas ecuaciones que describan los movimientos efectivos de los cuerpos en dicho régimen de bajas aceleraciones y teorías, reconociendo el papel que juega la  $a_0$ . Es decir, no es posible estudiar por qué sucede justamente  $a_0$  si no se reconoce en primer lugar que existe este punto de cambio. Pequeños grupos han explorado ya una decena de teorías de dinámica newtoniana modificada (MoND) que funcionan bien para los casos galácticos, pero han sido poco aplicadas a problemas cosmológicos. Con ese fin, Jacob Bekenstein, físico israelí nacido en México, desarrolló la versión relativista conocida como TeVeS (Tensor-Vector-Scalar theory). Esta teoría gravitatoria se ha topado con algunos problemas, en particular que sus ecuaciones son muy pesadas. Con su muerte en 2015 es posible que esta línea de investigación no continúe. Mendoza y sus colaboradores trabajan en el desarrollo de una teoría de gravitación relativista extendida que a la fecha ha permitido explicar otros fenómenos como lo es el grado de deflexión de la luz al pasar cerca de cúmulos galácticos [10] (ver fig. 12).

El camino aún es arduo y bastante más complejo. La aproximación extendida newtoniana apunta a que la ley Universal como la conocemos sea válida sólo dentro de cierto régimen, esto es, que no sea universal, como sucede con muchas otras leyes mecánicas que conocemos, y que ciertas coincidencias geométricas del espacio-tiempo propio del cosmos produzcan efectos emergentes que habían sido imprevistos. Para representarlo en el esquema relativista es preciso encontrar criterios geométricos covariantes, es decir, válidos para todo sistema de coordenadas que marquen cuándo se da el cambio de régimen. Hernández camina ya en esa dirección [11]. La naturaleza misma nos señala a través de constantes y de leyes empíricas las peculiaridades del espacio-tiempo físico que de hecho sucede y que no debemos eludir con hipótesis ad-hoc.

MARIANA ESPINOSA

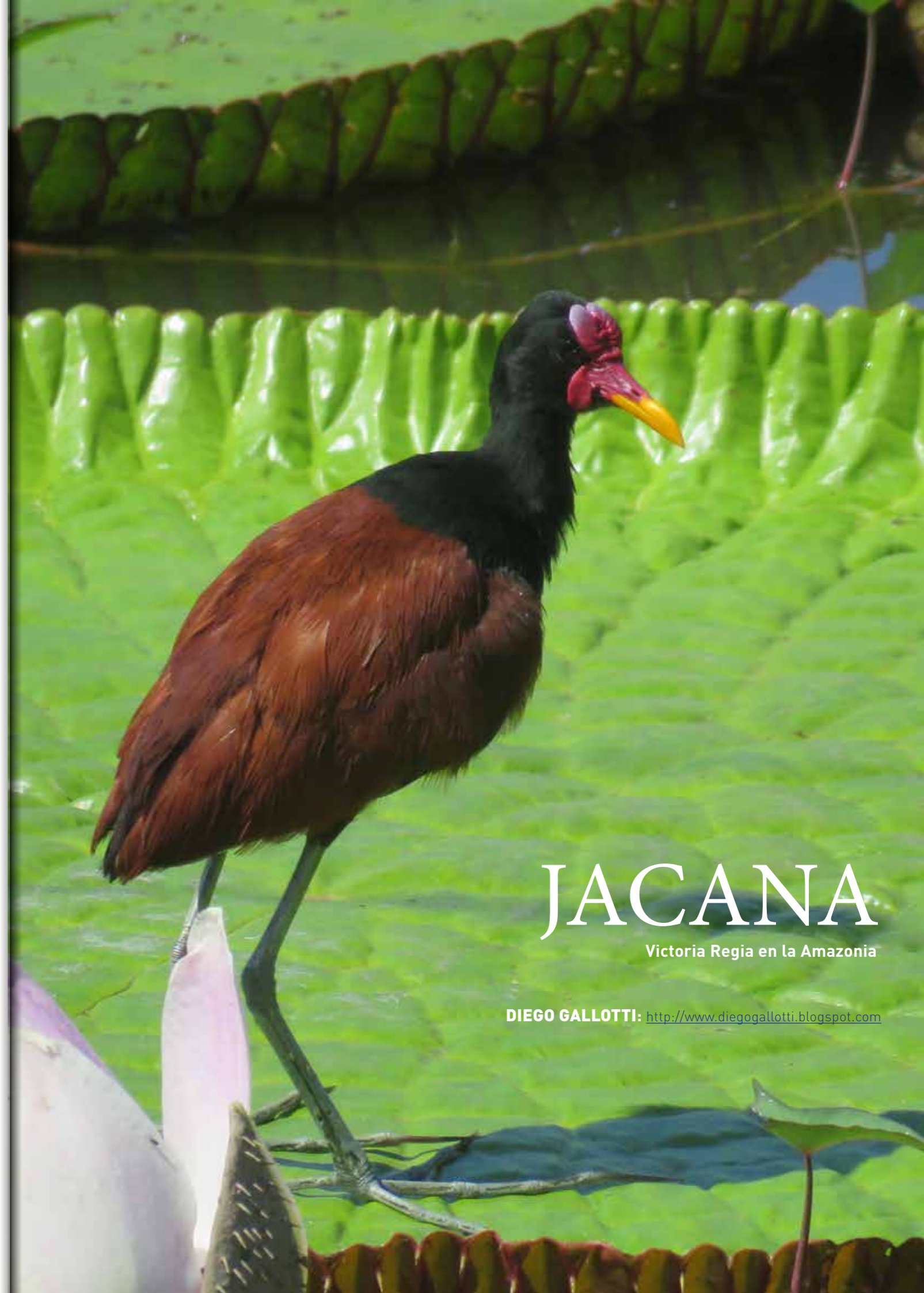
VOLVER

## REFERENCIAS

1 - La relación Faber-Jackson es el equivalente a la relación Tully-Fisher para galaxias elípticas y se distingue por ocupar la dispersión de velocidades en vez de la velocidad de rotación.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] S. S. McGaugh, J. M. Schombert, G. D. Bothun, and W. J. G. de Blok. The baryonic tully-fisher relation. *ApJL*, 533:L99-L102, April 2000.
- [2] J. Silk and G. A. Mamon. The current status of galaxy formation. *Research in Astronomy and Astrophysics*, 12:917-946, August 2012.
- [3] S. S. McGaugh. The Mass Discrepancy-Acceleration Relation: Disk Mass and the Dark Matter Distribution. *Astrophysical Journal*, 609:652-666, July 2004.
- [4] J. Liu, X. Chen, and X. Ji. Current status of direct dark matter detection experiments. *Nature Physics*, 13:212-216, March 2017.
- [5] R.H. Sanders. *The Dark Matter Problem: A Historical Perspective*. Cambridge University Press, 2010.
- [6] I. Newton and A. Escototado. *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Clásicos - Clásicos Del Pensamiento. Tecnos, 2011.
- [7] S. Mendoza, X. Hernandez, J. C. Hidalgo, and T. Bernal. A natural approach to extended newtonian gravity: tests and predictions across astrophysical scales. *MNRAS*, 411:226-234, February 2011.
- [8] X. Hernandez. A Phase Space Diagram for Gravity. *Entropy*, 14:848-855, May 2012.
- [9] D. Merritt. Cosmology and convention. *Studies in the History and Philosophy of Modern Physics*, 57:41-52, February 2017.
- [10] S. Mendoza, T. Bernal, X. Hernandez, J. C. Hidalgo, and L. A. Torres. Gravitational lensing with  $f(?) = ?/2$  gravity in accordance with astrophysical observations. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2013.
- [11] X. Hernandez, R. A. Sussman, and L. Nasser. Approaching the Dark Sector through a bounding curvature criterion. *ArXiv e-prints*, May 2017



# JACANA

Victoria Regia en la Amazonia

DIEGO GALLOTTI: <http://www.diegogallotti.blogspot.com>



#### PROF. RODOLFO F. SAAVEDRA

Profesor de Educación Tecnológica en la Escuela Industrial N° 6 "X Brigada Aérea" en Río Gallegos, Provincia de Santa Cruz, y Coordinador General del Club de Ciencias del Indu 6, actualmente también Asesor Técnico Pedagógico en la Coordinación Provincial de Ciencia y Tecnología de Santa Cruz



#### FLAVIO ESPECHE NIEVA

Téc. Sup. en Sistemas Energías Alternativas y Diplomado en Formulación y Evaluación de Proyectos . TIC. STEM. Docente y asesor técnico (ad-honorem) del Club de Ciencias de la Industrial 6 "X Brigada Aérea" en Río Gallegos, Provincia de Santa Cruz. Capacitador independiente en temas relacionados con las TICs.

## CLUB DE CIENCIAS DE LA ESCUELA INDUSTRIAL 6, RÍO GALLEGOS

El Club de Ciencias de la Industrial 6 de Río Gallegos nace a partir de la inquietud de los propios alumnos y se concreta de la mano de diversos proyectos de robótica educativa, que luego evolucionan hacia distintos talleres con temáticas relacionadas con ésta, pero siempre de interés para sus integrantes. Actualmente cuenta con talleres de: robótica educativa, domótica, impresión 3D, drones, AI (Inteligencia Artificial), urbano, fotografía, cubero (cubos Rubik), gamers, charlas TedEd, ciencia divertida, ingenio matemático, deportes, radio educativa y un largo etc. La misión del Club, expresada en los documentos de su creación es "proporcionar a nuestros integrantes aprendizajes, prácticas, contención, socialización y así poder difundir en la Comunidad Educativa de la Escuela Industrial N° 6 y en la Comunidad de Río Gallegos las Nuevas Tecnologías" La proyección hacia la comunidad se refleja en las charlas de extensión que brindan desinteresadamente los alumnos, en aulas talleres móviles, y la participación y organización de eventos de relevancia internacional, como los FLISoL y Arduino Day. Para sustentar todas estas acciones hay una sólida estructura fundamentada en la muy buena voluntad del staff de docentes y padres que, desinteresadamente se sumaron a colaborar y en el trabajo que se realiza con los Alumnos participantes, que va más allá del horario destinado los días sábados, ya que, durante todos los días de la semana, se gestionan y se desarrollan actividades.



#### INICIOS

Río Gallegos, siendo la más austral de las capitales de provincia continentales, tiene un clima riguroso. Días largos en un corto verano, y en el invierno el omnipresente viento que todo hiela sumado la ocasional nieve que blanquea hasta el horizonte de la inmensidad patagónica del paisaje.





Aquí, funcionando en un antiguo hangar de la FF AA Argentina, desarrolla sus actividades la Escuela Industrial N° 6 “X Brigada Aérea”. Los alumnos provienen de distintos orígenes, característica particular de la región, donde muy pocos presumen de su linaje de pioneros y la mayoría vienen atraídos o urgidos por la esperanza de un trabajo y un futuro mejor que el que promete su lugar de nacimiento. En este escenario y de la matriz de alumnos de la escuela, nace el Club de Ciencias, de la mano de unos jóvenes inquietos acerca de la robótica y el acompañamiento incondicional del profesor Saavedra y otros colegas que supieron ver la oportunidad de hacer un aporte significativo a la vida institucional y al proceso significativo de aprendizaje de los jóvenes.

### LOS PRIMEROS PROYECTOS: ROBÓTICA EDUCATIVA

Reza una de las definiciones sobre Robótica Educativa que “es una disciplina que permite concebir, diseñar y desarrollar robots educativos para que los estudiantes se inicien desde muy jóvenes en el estudio de las ciencias y la tecnología<sup>1</sup>.” y bajo este precepto, los primeros proyectos fueron orientados a la automatización, la domótica e incluso, cierta experimentación con inteligencia artificial.



A medida que la complejidad de los proyectos aumentaba (a la par que el ansia de saber de los jóvenes) se fueron sumando diferentes profesionales, la mayoría de ellos contagiados por el empuje de los mismos alumnos. Muchos de estos proyectos participaron en eventos de ferias de ciencias, donde obtuvieron excelentes posiciones, tanto a nivel local como regional y nacional.

### BRIGADA INFORMATIVA - EL CLUB EN LA RADIO

A medida que nuevos integrantes se sumaban, aparecieron nuevas inquietudes y nuevas formas de explotarse. Entre ellas, el grupo que coordina “Brigada Informativa” que produce, dirige y conduce un programa radial en LU14 Radio Provincia AM 830 FM 96.3. En este espacio se difunden tanto las actividades del Club de Ciencias como se habla de temas de tecnología y sociedad desde la visión de los jóvenes participantes. Se han realizado también entrevistas en vivo a personalidades locales como, vía telefónica, a referentes de nivel nacional, entre los que se cita



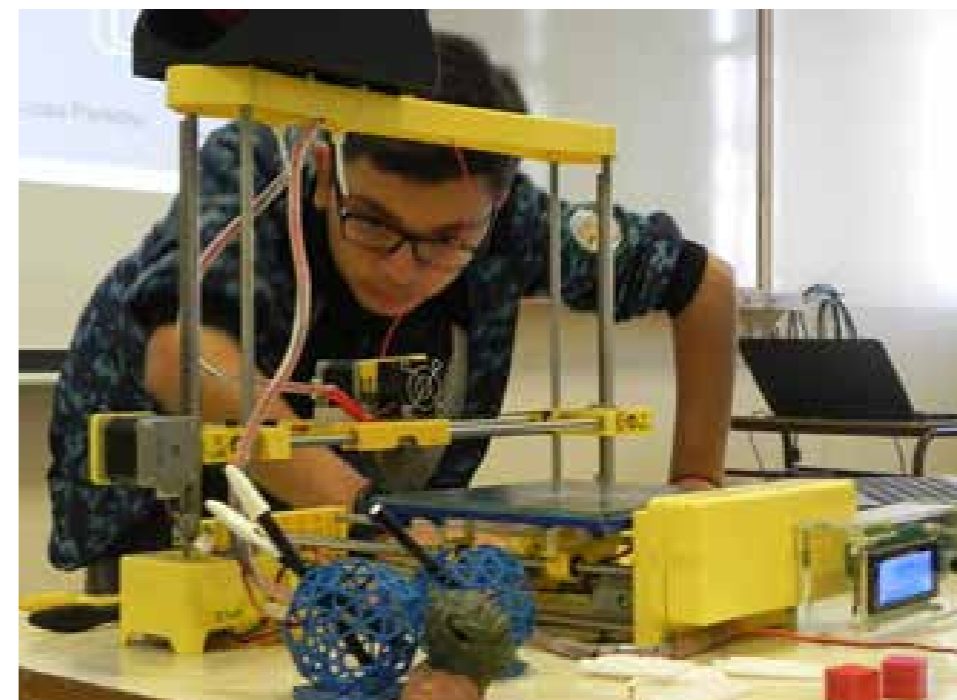
sólo a título de ejemplo a Paula Cramer de la Red de Clubes de Ciencia y Gonzalo Zabala, autor de libros sobre la temática robótica y coordinador de proyectos en el C3.

### TALLER DE DRONES

Este ambicioso taller busca abarcar todo el proceso de diseño y construcción de Drones, a través de la investigación en la web y bibliográfica, contando con la asistencia de diferentes asesores con experiencia y muy buena predisposición que, sincronizados estructuralmente con integrantes del Proyecto “Impresora 3D”, permitieron transitar el recorrido desde la conceptualización y creación de las partes necesarias, para el posterior ensamblaje de los dispositivos.

### TALLER IMPRESIÓN 3D

Una verdadera revolución se ha gestado desde la popularización y abaratamiento de esta técnica, que cambió la concepción tradicional del diseño y fabricación de piezas tanto en escala industrial como individual.



Particularmente en el taller se consiguió independencia y se fortaleció paralelamente el trabajo coordinado y en equipo de los integrantes, toda vez que eran requeridos para la construcción de Drones y piezas para Robots, de significativa importancia, debido a la exclusividad del diseño y adaptabilidad de los mismos, a las especificaciones brindadas por los demás grupos de trabajo en el Club.

### TALLER INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Orientado a la investigación y desarrollo a través de la creación y puesta a punto de una cabeza robotizada con apariencia humanas, que dotada con Inteligencia Artificial, posibilitará que reconozca por sí misma rostros, voces, movimientos.

### TALLER CHARLAS TED-ED

Este particular taller del Club, donde se persigue el desarrollo de habilidades discursivas y comunicativas tales como la oratoria o la capacidad de elaborar historias para transmitir con fuerza y convicción ideas, propuestas o defender las propias opiniones y posturas para brindar una charla o monólogo en un evento final con tiempo limitado y apoyado con imágenes, siguiendo el modelo internacionalmente exitoso de las Charlas TED.



### TALLER INGENIO MATEMÁTICO Y TALLER CUBERO

Independientes entre sí, pero muy relacionados, el primero es un taller donde los participantes investigan y disfrutan las Matemáticas como eje fundamental, pero alejados de la estereotipada imagen del “genio loco” y más cercana a la moderna gamificación del aprendizaje, ya que se aplican a juegos de ingenio y dinámicos, resolución y planteo de enigmas. Por el otro lado, el equipo que compone a los “cuberos” dan vía libre con su pasión por el armado de los cubos de Rubik mediante habilidad manual, rapidez mental y aplicación de algoritmos, y donde se comparten estrategias y saberes, organizando Torneos, para demostrar sus capacidades y rendimientos.

### TALLER CIENCIA DIVERTIDA

Asimilitud del taller Ingenio Matemático, en este espacio, como si de intrépidos alquimistas o modernos cazadores de mitos se tratara, los miembros desarrollan actividades y proyectos dinámicos, llevando a la vida real, demostraciones de materias como Química, Física, Matemática, demostrando que la ciencia no tiene porqué ser estática ni aburrida.

### TALLER ZONA GAMER

Los e-Sports son una actividad que día a día convoca más adeptos, seguidores y fanáticos. En el aspecto educativo, tanto la participación en estas actividades lúdi-

cas como su análisis y, en conjunto con otros talleres, la creación de videojuegos propios, ofrece un enorme potencial para el desarrollo motor y cognitivo de los alumnos. En este grupo, sus miembros, en forma online y organizada, demuestran sus habilidades lúdicas, organizando torneos, ligas o grupos, para competir y compartir estrategias y secretos en un gran trabajo colaborativo.

Como indicamos unos párrafos atrás, el Club de Ciencias tiene una importante proyección hacia la comunidad de donde provienen sus integrantes, por lo cual han surgido diversos convenios de colaboración con instituciones del medio, como canales de TV zonales, empresas particulares de robótica, la EPJA N° 1 para la utilización de instalaciones y desarrollo de proyectos de los anteriormente mencionados, etc. También el espíritu inquieto y emprendedor de los integrantes del Club ha permitido la obtención de variados logros a nivel grupal, académico e institucional. Solo a título ilustrativo, pueden mencionarse: participación en Feria de Ciencias Provincial 2016; creación de la Página Oficial del Club de Ciencias de la Escuela Industrial N° 6 en la Red Social Facebook, contando actualmente con 3.200 Seguidores; participación en el 2do Congreso TIC de Río Gallegos; participación (con ganancia de premio) en “Expo Cytar 2017” en Sta. Rosa, La Pampa; Triunfo en la Feria Provincial de Ciencia, Arte y Tecnología 2017, para representar a la Provincia de Santa Cruz, en la instancia Nacional de la Feria de Ciencias (Tecnópolis, Buenos Aires). Premio con Mención Destacada en la Feria Nacional 2017; Certificación para participar en la EXPOCIENCIA NACIONAL DE MEXICO en la localidad de Torrejón, Nuevo León, en Diciembre 2019; Invitación Especial a la Feria Nacional de Ciencia, Arte y Tecnología 2018, para representar a la Provincia de Santa Cruz, en la instancia Nacional de la Feria de Ciencias (Predio Ferial Córdoba). Premio con Mención Destacada en la Feria Nacional 2018, etc, etc.



### INVITADOS AL FLISOL 2018

El FLISOL, Festival Latinoamericano de Software Libre, es el evento de Software Libre más grande de Latinoamérica, celebrándose la cuarta semana de abril desde el año 2008. Es un encuentro abierto a todo público, desde estudiantes e interesados en general hasta especialistas en las diversas disciplinas relacionadas con el desarrollo y uso de aplicaciones. La sede Río Gallegos está coordinada por Libre Sur, un grupo de usuarios de software libre provenientes de variados ámbitos: universitarios, usuarios avanzados, programadores, entusiastas y demás. Para el evento local del año 2018, que se realizó en la Unidad Académica Río Gallegos de la Universidad de la Patagonia Austral, el Club de Ciencias fue convoca-



do para brindar charlas y exponer sus proyectos en los stands, ya que las tecnologías con las que se trabajan son Open Hardware.

### ORGANIZADORES DEL ARDUINO DAY 2019

El Arduino Day es un evento internacional, orientado a la difusión de las herramientas de código abierto desarrollados por y para la plataforma de desarrollo Arduino y, además, se convierte en un punto de encuentro para la comunidad Maker y docente STEM alrededor del mundo, ya que habitualmente se hacen transmisiones por streaming desde las distintas sedes. Este 2019 participaron 106 países, con 659 sedes... entre ellas, la más austral fue la de Río Gallegos, que estuvo a cargo en su organización del Club de Ciencias. La organización del evento, se gestó a principios del año en curso, a partir del conocimiento del Evento a Nivel Mundial y por la injerencia y concordancia de las temáticas que desarrolla el Club de Ciencias del Indu6 en la diversidad de sus talleres dinámicos. Era una manera de salir a la Comunidad y contar en forma concreta lo que se trabaja y en qué forma, se lo realiza, con la Exhibición y Muestra de diferentes Proyectos que se gestaron en el Club de Ciencias. Además se invitaron a diferentes Organizaciones del Medio, que también están desarrollando actividades en Robótica y que trabajan con Hardware Libre como lo es ARDUINO, como la Escuela de Robótica “ZimaTech”, la Empresa “Robótica Patagonia”, un Desarrollo Institucional del “Hospital Regional de Río Gallegos”, donde trabajan con Prótesis realizadas con Tecnologías de Impresión 3D o la UTN Universidad Tecnológica Nacional con sus Proyectos en “Energías Sustentables”.

En el Evento en cuestión, los jóvenes miembros del Club de Ciencias, fueron los Anfitriones, y para su asombro, el público les tomaba una especial atención al explicar los Proyectos, en los que venían trabajando, además hubo también Charlas o Talleres en el Anfiteatro de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional de Río Gallegos, ante un numeroso público. La experiencia, tanto del equipo organizador, como de los expositores, fue única, ya que los alumnos sabían que era un Evento a Nivel Mundial y que estábamos en el punto más austral del planeta, algo que entendieron y valoraron todo el tiempo. Tuvimos la visita de diferentes medios de prensa, así, como también de autoridades de diferentes organismos públicos y privados, lo que le dio a nuestro evento una singular importancia a Nivel Provincial, tuvimos la dicha de que la Coordinación Provincial de Ciencia y Tecnología, lo difundiera en todos los establecimientos educativos, públicos y privados de la provincia, eso resaltó la relevancia, ya que también, además de presenciar el Evento, se lo pudo ver en streaming (vivo y en directo). En definitiva, fue una experiencia maravillosa, que esperamos repetir, el año que viene, ya que fomenta también, el desarrollo del hardware y el software libre. Y aquí no termina todo, también el Club de Ciencias tiene talleres de portugués, grupos intensivos de deportes, taller de literatura, o de lenguaje de señas. Como ven, desde una de las zonas más australes del país, de inviernos duros y primaveras ventosas, los chicos luchan por un futuro mejor, instruidos y actualizados en ciencia, tecnología y sociedad.

SAAVEDRA- ESPECHE NIEVA

VOLVER

### REFERENCIA

Ruiz-Velasco, Enrique (2007). Innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología. Madrid: Díaz de Santos. p. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=638909>. ISBN 978-84-7978-822-3. Consultado el 30 de mayo de 2018.


**MARÍA DEL CARMEN BANÚS**

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

# ARTE, CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN SOCIEDAD

Arte, ciencia, tecnología, cultura, son productos del hombre. ¿Cómo los vemos? ¿Cómo nos vemos? Indudablemente a pocos de nosotros se nos ocurriría decir que nuestros propios inventos, que nuestros propios productos no son buenos o geniales. ¿Quién podría renegar de las ventajas de contar con un automóvil, una TV o un teléfono móvil? ¿Quién podría cuestionarse la practicidad de un descartable? Sin embargo, cuando ponemos esos “avances” a escala planetaria, las respuestas comienzan a tabalear. Vivimos en el Antropoceno y los 7500 millones de humanos presentes en el planeta generamos un cúmulo de acciones que repercuten en la Naturaleza. Los artistas, al igual que los científicos, somos exploradores y narradores de historias. Buscamos comprender, modificar o comunicar que mundo nos rodea. En este sentido el arte puede abrir la puerta hacia una comprensión profunda de los procesos y las consecuencias que ellos tienen sobre nuestra propia casa. Indagar, visibilizar o ejercer una “vigilancia creativa”, Como dijera Edwar Said es nuestro compromiso intelectual y creativo, para hacer visible aquello que inconscientemente queremos ignorar.

## UN MOMENTO PLANETARIO

Desde tiempos inmemoriales, arte y naturaleza establecieron un diálogo que se mantiene al día de hoy. Podemos marcar un inicio con las pinturas rupestres, donde el hombre plasmaba su entorno, lo que veía y su vida cotidiana. Muchísimo más adelante con la pintura de los paisajes y la mirada bucólica del artista, la actitud contemplativa que admiraba el paisaje y la belleza natural; finalmente el land art, considerando el ambiente natural como el propio lienzo a pintar. Sin embargo todo cambió y varias miradas se tornaron críticas, pesimistas y catastróficas. ¿Qué sucedió? En 1760 comenzó la revolución industrial, y, una vez avanzada, el paisaje se modificó abruptamente. Si consideramos entonces, que los artistas de algún modo, se inspiran en su paisaje y su entorno, lo que hay para mirar hoy, no es esperanzador.

Tal es el cambio ambiental generado, que en el año 2000, el ganador del Premio Nobel de química, Paul Crutzen, acuñó el término *Antropoceno*, para definir una nueva era geológica considerada por el comportamiento humano sobre la Tierra. Más allá del término, se intenta distinguir como una etapa posterior al Holoceno, donde el impacto generado por las actividades de los humanos, deja una huella indiscutible. Desde el punto de vista científico, podrá discutirse si estratigráficamente puede considerarse una escala temporal geológica. Pero desde un punto de vista informal, resulta una excelente metáfora del cambio ambiental global. Aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, sobreexplotación de combustibles fósiles, deforestación y otra serie de impactos humanos que comienzan a quedar grabados en los estratos de las rocas, como los “plastiglomerados” (conjunción de arena, plásticos, rocas y desechos humanos) parecen ser la huella que dejaremos sobre el planeta cuando quizás estemos casi extinguidos.

Imagen prehistórica: Bisonte. Cuevas de Altamira. Santillana del Mar, Cantabria. España  
Tomado de Wikipedia. Imagen de dominio público



Spiral Jetty (Robert Smithson) desde la montaña Roze Point, Utah.  
Tomado de Wikipedia. Imagen de dominio público





Coloración del Gran Canal con fluoresceína  
Tomado de <https://www.nicolasuriburu.com.ar/bellasartes.html>

### QUEDAN LOS ARTISTAS

Los artistas, como actores sensibles a la realidad que nos rodea, comenzaron a retratar esos cambios. Primero quizás con ojos benévolo o hasta inocentes frente al progreso que prometía un futuro promisorio. Así encontramos obras como las de Benito Quinquela Martín, que retrata un barrio de La Boca con un puerto activo y pujante, con chimeneas humeantes, combustionando carbón y más carbón, considerado como un símbolo de progreso. Unos años después, aparecerán las obras de Antonio Berni, delatando las desigualdades sociales que el progreso traería, con sus personajes como Juanito Laguna. Pero también comenzarían las experiencias más allá del lienzo, como cuando Nicolás García Uriburu cometió la “osadía” de teñir el Gran Canal de Venecia de color verde con una pintura fluorescente; ¿la intención? Hacer un llamado de atención sobre la salud de los cursos de agua. Como olvidar al genial Gyula Kosice, que ya en 1944, manifestaba “El hombre no ha de terminar en la Tierra”, anticipando así su proyecto de la Ciudad hidroespacial, una propuesta urbanística que recrea un entorno utópico, suspendido en el espacio, que nos obliga a reflexionar sobre la corta vida que tendrán nuestras ciudades y la necesidad de poder colonizar otros espacios. Podemos ver entonces, como mucho antes aún de hablar del Antropoceno, los artistas comienzan a percibir y manifestar que estábamos transformándonos en una plaga biosférica, que ponía en riesgo los biomas, transformándolos en antropomas



Montaje de la Ciudad Hidroespacial, Museo Gyula Kosice  
Tomado de <http://kosice.com.ar>



Imágenes de diferentes montajes de las obras de Tomás Saraceno.  
Fotografías: Estudio Tomás Saraceno

### NADA ES SUFICIENTE

Sin embargo, para llamar a la reflexión, e impactar en todos los sentidos del habitante del Antropoceno, el arte tenía que trascender fronteras, y valerse de la ciencia y la tecnología. Como productos de la cultura, cobran sentido y se resignifican cuando se enlazan y potencian en lugar de ser analizados y utilizados como herramientas disociadas. Y así, permiten entender y “denunciar” este tiempo desde una mirada integral, filosófica, política, económica, social, científica. Se habla de una estética del Antropoceno, donde la ciencia y la tecnología no pueden estar ausentes y dialogan con el arte, aprendiendo así a explorar en las implicancias de la degradación ambiental en el futuro del planeta y en el de la especie humana. De esta manera, se busca que los mensajes destinados a tomar conciencia de las causas y peligros de la degradación ambiental no sean simplemente mensajes tecno-científicos, ya que esa formalidad recortará el alcance que dicho mensaje pueda alcanzar; el arte, en este sentido tiene muchas posibilidades de diálogo, involucra diversos perfiles y públicos más amplios. Por este camino transitan las obras de Tomás Saraceno, quien basa su obra en la arquitectura, las ciencias naturales, las artes visuales y las sociales. Su proyecto “ciudad nube” busca darle forma a un período de tiempo, una época post-combustibles fósiles en un paisaje hecho de esferas

interconectadas de prácticas y plataformas participativas abiertas de producción y distribución del conocimiento. En una de sus muestras de 2018, la curadora Alejandra Aguado comentó de él y de Gyula Kosice: “*Su práctica, y la de Saraceno -admirador de Kosice- años más tarde, han estado inspiradas por postulados poéticos y filosóficos que, si bien parten de los permisos que el arte otorga a la intuición, abrazándola con su naturaleza permanentemente libre de toda función, integran el pensamiento científico a sus procesos creativos, borrando los límites entre disciplinas e integrando arte, ciencia y tecnología en una poética de la movilidad, la integración, la construcción y la evasión.*”

Saraceno ha diseñado esculturas con forma de globo, capaces de viajar kilómetros sin quemar una sola gota de combustible fósil. Este proyecto lo llevó a participar en un programa de la NASA. “Me decían el señor de los globos. Intenté convencerlos de que se puede llegar al espacio sin quemar hidrocarburos”. Junto con el MIT (Massachusetts Institute of Technology) desarrollamos un software que predice cómo se pueden navegar las llamadas “autopistas de los vientos”: una vez seleccionado el punto de destino se elige la altura, que ofrece diferentes direcciones y velocidades. Ese proyecto de sistema abierto, llamado Aerocene, consta de una serie de esculturas movidas por el aire que permitirán descarbonizar la dependencia que la sociedad tiene con los combustibles fósiles, proponiendo viajes aerosolares alrededor del planeta. Las esculturas de Aerocene se valen de las energías termodinámicas del Sol y de la Tierra que flotan libremente por medio de corrientes en la estratósfera. En similar camino encontramos a otro argentino, artista-ingeniero-científico, Joaquín Fargas. En su proyecto Biósfera Joaquín indaga sobre los ecosistemas naturales. ¿Qué sucede si estos ecosistemas crecen en recipientes herméticamente sellados, teniendo como única interacción con el medio la luz y el calor? “Estas esferas representan a escala infinitesimal nuestro planeta poniendo de manifiesto su fragilidad y el cuidado que le debemos todos los que habitamos la Tierra”. “Debemos hacer algo aunque no sepamos los resultados, porque de no hacer nada ya sabemos los resultados”

Imágenes de diferentes montajes de las obras de Tomás Saraceno.  
Fotografías: Estudio Tomás Saraceno



Proyecto Biosfera. Imagen tomada de <https://www.joaquinfargas.com/obra/proyecto-biosfera/>



### BUSCO MI DESTINO

Buscando nuestro futuro y nuestro destino, debemos concientizar, difundir, explorar y finalmente llegar a un momento de resarcimiento. Para ello será menester poner en diálogo todo aquello que tengamos al alcance de nuestra mano. El arte generativo, en ese sentido es prácticamente biomimético, simulando la realidad de la naturaleza, para comprender los sistemas complejos y comprender el orden y la sinergia de todos ellos en conjunto. Y aunque la virtualización parezca ser parte del proceso de hominización, es nuestra madre Naturaleza quien nos ha dado todo lo que tenemos; es momento de poner ciencia, tecnología y arte al servicio reparador de la Tierra: por respeto a ella y por nosotros mismos.

MARÍA DEL CARMEN BANÚS

VOLVER

### PARA INDAGAR MÁS

<https://www.nicolasuriburu.com.ar/>

<http://kosice.com.ar/otros-recursos/los-textos/de-kosice/manifiesto-la-ciudad-hidroespacial/>

<https://revistacodigo.com/arte/ciento-sesenta-y-tres-mil-anos-luz-de-tomas-saraceno/>

<https://www.museomoderno.org/es/noticias/5-cosas-sobre-tomas-saraceno>

[http://es.artedialdia.com/Internacional/Contenidos/Artistas/Tomas\\_Saraceno](http://es.artedialdia.com/Internacional/Contenidos/Artistas/Tomas_Saraceno)

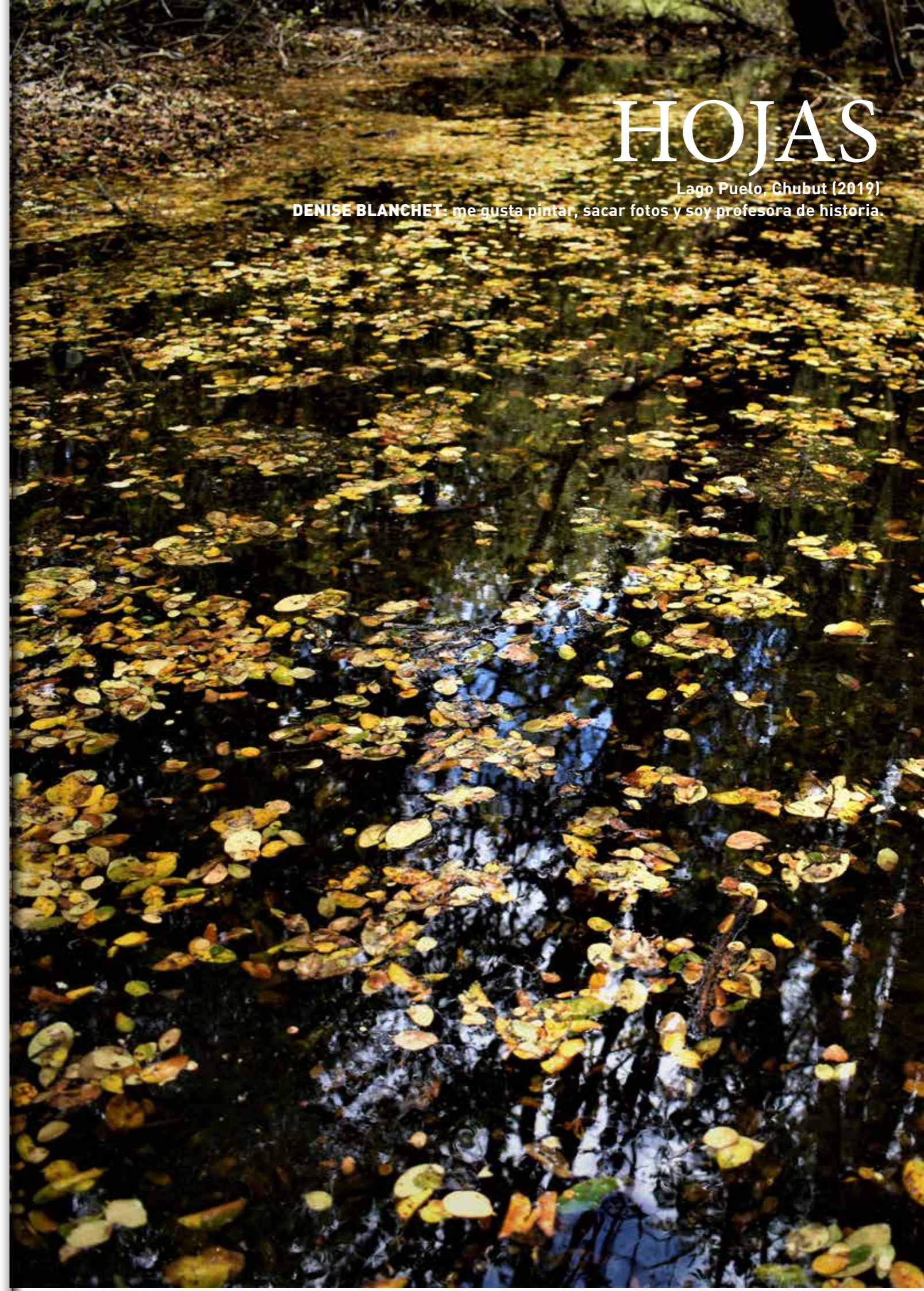
<https://www.joaquinfargas.com>

<https://www.fundacionluminis.org.ar/biblioteca/entrevista-a-emiliano-causa-arte-generativo-tecnologias-digitales-y-cognicion-distribuida-boletin-de-novedades-educativas-n-100>

# HOJAS

Lago Puelo, Chubut (2019)

DENISE BLANCHET: me gusta pintar, sacar fotos y soy profesora de historia.



## STAFF

**Elementalwatson "la" revista**

Revista cuatrimestral de divulgación  
Año 10, número 29

Universidad de Buenos Aires  
Ciclo Básico Común (CBC)  
Departamento de Biología  
Cátedra 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:**

Gonzalo Agüero | Alejandro Ayala  
María del C. Banús | Marcela Bolontrade  
Gabriela Bortz | Joaquín Braude López  
Florencia Ciocan | Liliana Enz  
Patricia Ercoli | Flavio Espeche Nieva  
Mariana Espinosa | Mónica Faigelbaum  
Adrián Fernández | Enrique Fernández  
Ayelén Gazquéz | Flavia Grimberg  
Luciana Gutierrez | Dolores Marino  
Camila Mildiner | Florencia Naso  
Víctor Panza | Martín Parselis  
Agustina Peque | Rodolfo Saavedra  
Sergio Tedesco  
Matías Valenzuela Álvarez  
Guillermo Venier

**Diseño:**

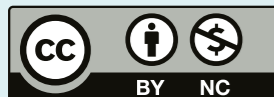
Guillermo Orellana

**Fotografías:**

Denise Blanchet, Diego Gallotti  
y Evangelina Indelicato

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

54 011 5285-4307



Registro de la propiedad intelectual  
N° 841211

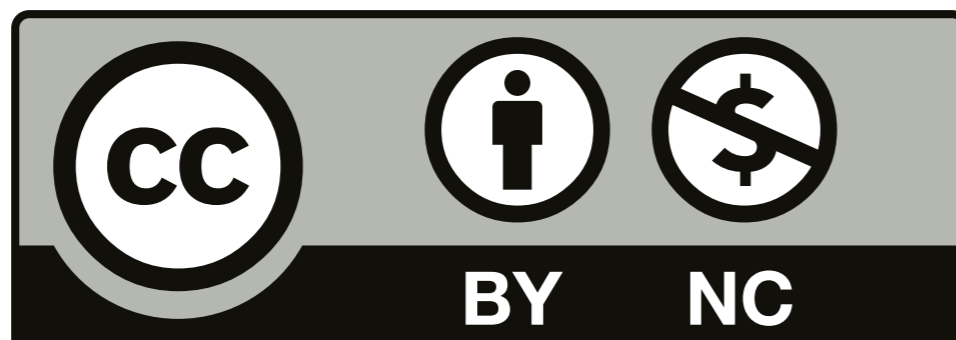
ISSN 1853-032X

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

**Imagen de tapa:**

"SIN TÍTULO"

Óleo sobre cartón, año 2012  
María del Carmen Banús



Porque sabemos que muchos docentes y estudiantes son nuestros lectores, adoptamos publicar la revista bajo licencia Creative Commons 4.0

Esto significa que sos libre de copiar y redistribuir el material; mezclar, o transformar. Siempre que lo hagas, deberá ser de modo no comercial (no puedes lucrar económicamente con sus contenidos); debes otorgar el correspondiente crédito apropiado, proporcionando un enlace a la licencia e indicar si se realizaron cambios. Y por último, las modificaciones, no podrán restringir la difusión del material.

Muchas gracias por respetar a los autores y nuestro trabajo



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

**NOS VEMOS EN DICIEMBRE!!!**

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