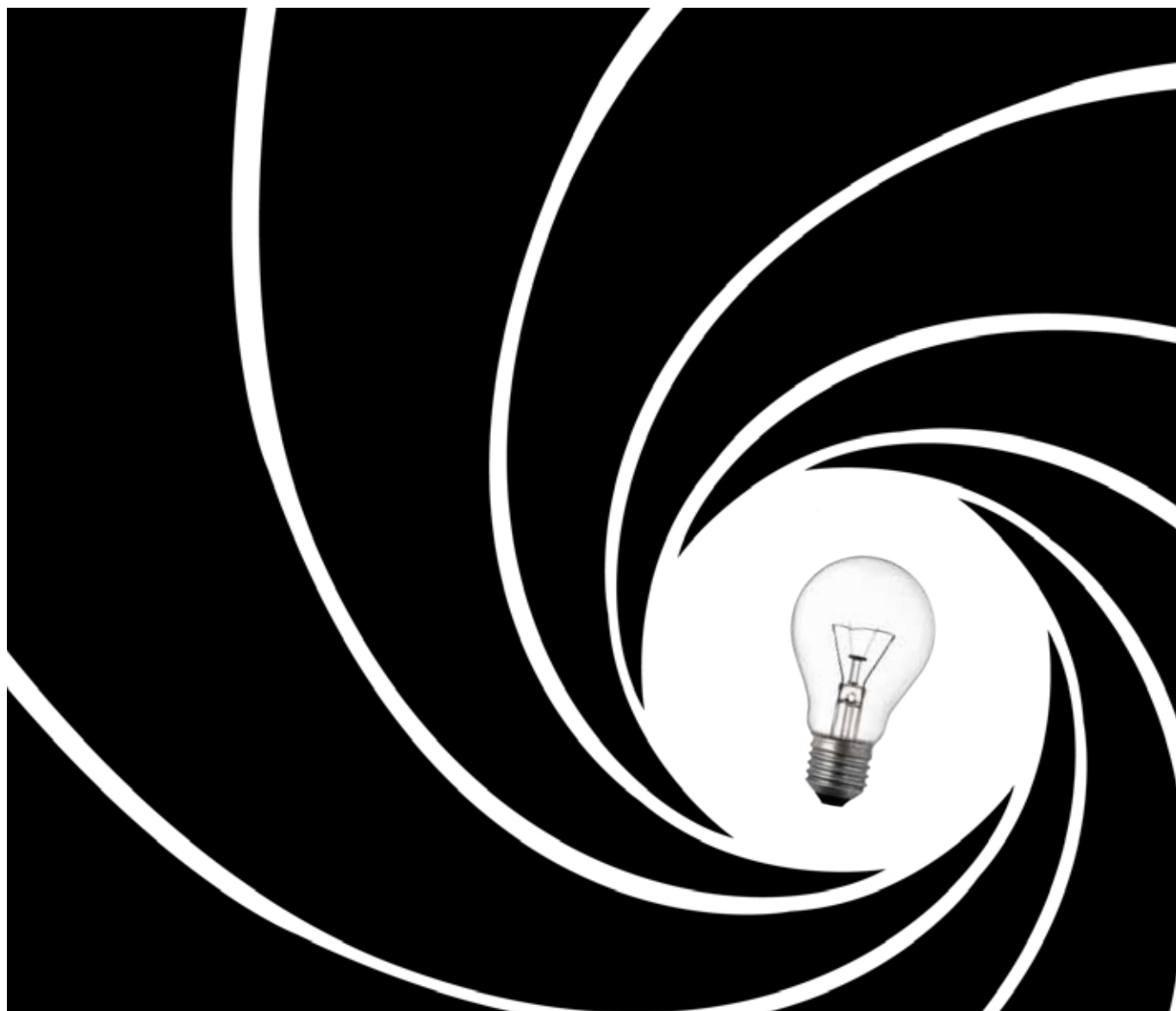


Fotoquímica

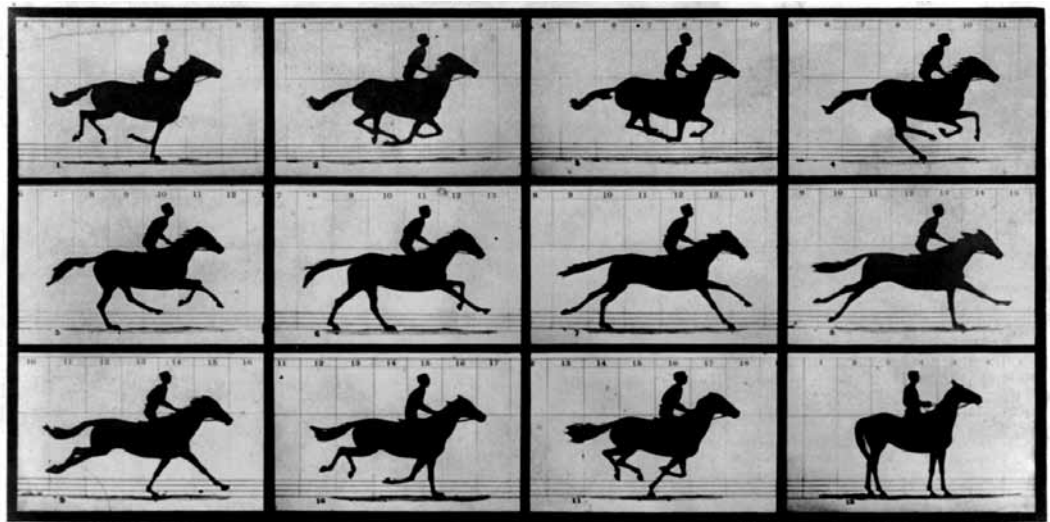
# Cazadores de luz

Cecilia Draghi | cdraghi@de.fcen.uba.ar  
Fotos. Diana Martinez Llaser

*La luz no sólo sirve para iluminar, sino que también puede tener aplicaciones muy diversas, desde descontaminar el agua, hasta destruir células tumorales o generar fuentes alternativas de energía. El Laboratorio de Fotoquímica del Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía de la FCEyN se ocupa precisamente de sacarle a la luz todo el provecho posible.*



En 1878, E.J. Muggeridge consiguió fotografiar los distintos momentos del movimiento de las patas de un caballo al galope, ideando un sistema que permitía obtener imágenes cada 70 centímetros a lo largo de unos 40 metros, para averiguar si había algún momento en que no apoyara ninguna pata en el suelo.



A simple vista nada los distingue de otros investigadores. Es posible toparse con ellos en el colectivo o en los pasillos de la Ciudad Universitaria. A diario su trabajo puede observarse en el Laboratorio de Fotoquímica del Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía (INQUIMAE) en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (FCEyN-UBA). Desde hace años, estos científicos persiguen la luz. No sólo pretenden atraparla, sino que buscan llevarla a distintos sitios para lograr cumplir ambiciosos objetivos como eliminar contaminantes ambientales, destruir células tumorales o generar fuentes alternativas de energía.

Si bien las aplicaciones prácticas que se logren son bienvenidas, en realidad a estos particulares cazadores les interesa o, mejor dicho los obsesiona, conocer qué pasa, dónde, cuándo, cómo, por qué y responder otro sinfín de preguntas. Ellos quieren describir, entender o descifrar cómo ocurren estos procesos en que la luz es protagonista junto con colorantes que la absorben, y generan una serie de reacciones a velocidades tales que requieren equipamientos muy sofisticados para lograr observarlas. Basta imaginar que, en esta dimensión, un segundo es una eternidad, equiparable casi a la noción humana de varios milenios. Las medidas que aquí se manejan son femtosegundos, que es un segundo dividido mil millones de millones. Por cierto, no es tarea sencilla seguir los pasos de la luz.

Estos particulares cazadores no usan la fuerza física, sino la estrategia. A su alrededor, la naturaleza ofrece innumerables ejemplos a imitar. Uno clave es el que ocurre durante la fotosíntesis de las plantas, que convierte energía lumínica en energía química a través de diversos pigmentos, en particular la clorofila. Para aprovechar eficientemente la luz del sol, las hojas de

las plantas poseen una gran cantidad de moléculas de colorante, ordenadas sistemáticamente de modo tal de canalizar —en tiempos muy cortos— la energía solar hacia un centro de reacción, capaz de inducir la síntesis de hidratos de carbono a partir de dióxido de carbono y agua, y efectuar otros procesos vitales. “Si queremos aprovechar la luz solar en el laboratorio, tenemos que diseñar sistemas que puedan hacer más o menos lo mismo a escala simplificada. Nuestro interés consiste en organizar moléculas que puedan absorber luz, y que puedan llevar a un resultado útil como atacar células tumorales o destruir una sustancia contaminante. Éstas son las metas a largo plazo, lo que nos interesa es estudiar los mecanismos a través de los cuales ocurren esos procesos de manera de mejorar su eficiencia”, precisa el doctor en química Enrique San Román, desde su lugar de trabajo en el Departamento de Química Inorgánica, Analítica y Química Física de FCEyN-UBA.

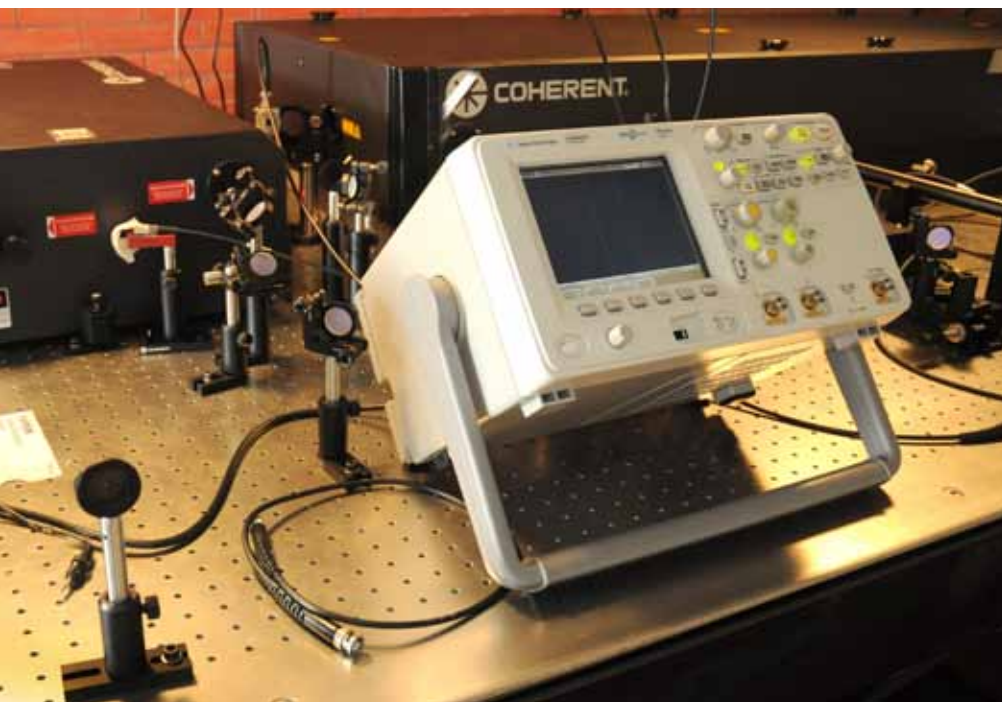
Allí, este investigador principal del CONICET dirige uno de los grupos de trabajo que integran el Laboratorio de Fotoquímica, abocado a estudiar materiales fotoactivos. Es decir, aquellos que son capaces de absorber luz y usar la energía adquirida en eliminar un contaminante, destruir microorganismos o células tumorales, generar fuentes alternativas de energía o sintetizar una sustancia. En este terreno, los colorantes o pigmentos son los sustratos que se excitan ante la presencia de la luz desencadenando una serie de procesos físicos y químicos que inducen reacciones diversas en la propia molécula y en las moléculas vecinas. “En el medio, —detalla— hay una serie de intermediarios, que se forman y descomponen en cierto tiempo. De ahí viene la necesidad de hacer una secuencia de fotografías que indique cómo evoluciona

el sistema”. ¿Qué pasa con la luz que se absorbe? ¿Qué camino sigue? ¿Qué cambios genera en las moléculas que la están absorbiendo y en las de alrededor? ¿A dónde va a parar la energía?, son algunos de los interrogantes a develar.

#### Imágenes costosas

Obtener imágenes de este proceso que ocurre muy rápidamente requiere tener un equipamiento acorde a esta velocidad. Un preciso instrumental adquirido recientemente permitirá espiar qué y cómo ocurre. Este proceso es dinámico y una secuencia de fotos logra aclarar numerosas dudas al mostrar en cámara lenta el fenómeno, como demuestra el siguiente ejemplo: “Hacia el último cuarto del siglo diecinueve se discutía si las cuatro pezuñas de un caballo se separaban del suelo al mismo tiempo durante una carrera hípica. La respuesta la obtuvo el fotógrafo inglés Edward James Muggeridge en 1878 tomando fotografías de un caballo en movimiento a intervalos cercanos al milésimo de segundo”.

Enseguida, el doctor San Román agrega: “Precisamente en esto consiste el estudio de la dinámica de los procesos fotofísicos. En lugar de abrir un obturador durante un intervalo de tiempo pequeño, se suele recurrir a iluminar el sistema en estudio con pulsos de luz muy cortos. Cuanto más corto es el pulso, mayor es el detalle de la información que se obtiene. Por este motivo fue la reciente adquisición de un equipo láser de pulsos de algunas decenas de femtosegundos de duración (1 femtosegundo, ya lo dijimos, es un milbillonésimo de segundo), que compramos en forma conjunta con varios grupos de investigación coordinados por el doctor Pedro Aramendía. Este equipo permitirá contar con una herramienta muy poderosa, que reduce un millón de veces la escala



Vista parcial del sistema de generación de pulsos de luz ultracortos. El sistema permite obtener pulsos de alrededor de 100 femtosegundos de duración con una velocidad de repetición de 1000 pulsos por segundo. Laboratorio de Fotoquímica. Departamento de Química Inorgánica, Analítica y Química Física de la FCEyN.

de tiempos disponible hasta el momento. Es un flash muy corto que cuesta varios cientos de miles de dólares”. El costo se debe a que requirió un titánico esfuerzo construir sofisticadas herramientas para dilucidar paso a paso qué ocurre en el interior de una molécula y cómo reacciona, entre otras posibilidades.

#### En la mira

Al igual que la fotosíntesis, otro proceso propio de la naturaleza es la descomposición de la materia orgánica. En este caso, y a diferencia de la fotosíntesis, esta descomposición opera en sentido inverso, es decir destruye moléculas complejas y las transforma en unidades más pequeñas. Este mecanismo, que a diario se registra en el ciclo natural, también es objeto de estudio de este equipo de trabajo.

Algunos materiales, como los semiconductores, tienen la propiedad de captar luz y transformarla, aumentando la energía de los electrones que componen el material. “Para la descontaminación de aguas se suele usar un tipo particular de semiconductor, el dióxido de titanio, en forma de pequeñas partículas que absorben luz ultravioleta. Los electrones ‘excitados’ pueden incorporarse a determinadas sustancias –reducirlas, en la jerga química– y los ‘agujeros’ que quedan pueden oxidar otras, incorporándoles oxígeno de alguna manera. Esta es la base de ciertos procesos de descontaminación naturales. Ello ocu-

rre, por ejemplo, en líquidos donde la materia orgánica contaminante se convierte en dióxido de carbono y agua”, precisa San Román. Sin embargo, dado que la luz ultravioleta proveniente del sol es escasa, los científicos incorporan al dióxido de titanio un colorante capaz de absorber luz visible. “Esto –indica– permite un mayor aprovechamiento de la energía solar, que resulta abundante y barata”.

En este campo, los científicos han puesto la mirada en un contaminante: el cromo, desecho industrial típico de las curtiembres, la industria metalúrgica, las fábricas de pintura, entre otras. La variedad más tóxica de este metal es el cromo (VI), que es cancerígeno. En este sentido, el equipo ha trabajado en combinación con la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y la Universidad Nacional de Mar del Plata. “Hemos logrado avances para comprender el mecanismo de la eliminación del cromo del agua en estudios a nivel básico”, indica San Román. “Usando dióxido de titanio y un colorante apropiado, el cromo VI se reduce a cromo III, que no es tan tóxico, y se oxidan otros contaminantes orgánicos. Si bien existen otros métodos de tratamiento, éste tiene la ventaja de que se usan reactivos no tóxicos y económicos, luz visible y no se producen desechos adicionales”, sostiene.

Los diversos materiales desarrollados por estos cazadores de la luz son de uso po-

tencial en campos tales como la purificación de aguas que contienen metales pesados y contaminantes orgánicos o microbiológicos, la conservación de alimentos o la fotomedicina. Esta última línea de investigación prueba –en el laboratorio– colorantes para terapias de cáncer. “Los colorantes que se usan habitualmente tienen la particularidad de que no son muy selectivos y suelen producir lesiones en la piel y en células no tumorales”, advierte San Román. “Contar con colorantes firmemente unidos a un material que pueda retirarse luego de su uso evitaría este problema cuando se trata de tumores superficiales. Aquí, la forma en que se organizan los colorantes en el material es fundamental”, puntualiza.

En el laboratorio, los investigadores buscan permanentemente mejorar los conocimientos adquiridos. “El diseño de materiales es un problema de prueba y error: imaginar un ordenamiento posible de los colorantes sobre el soporte elegido, tratar de lograrlo en la práctica, cuantificar su eficiencia y encontrar vías para mejorarla”, relatan como *modus operandi* del laboratorio. Dedicado a la investigación básica, este equipo persigue el objetivo de sacar de la oscuridad mecanismos donde opera la luz. Acceder a tiempos cada vez más cortos en el estudio de estos procesos permitirá un considerable avance en pos del objetivo buscado. ▣