

Burbujas del tamaño del Sol. Imágenes de partículas subatómicas en portadas de *rock*

Gustavo Arciniega^{1*}

¹ Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México

* Dirección para correspondencia: gustavo.arciniega@ciencias.unam.mx

La fotografía de un experimento de partículas tomada en las instalaciones del Consejo Europeo para la Investigación Nuclear (CERN, por sus siglas en francés) impactó la atención de Julian, cantante líder de una banda de rock británico. La portada del álbum debut del grupo The Strokes, del cual Julian era el cantante y que en esos momentos volaba junto a su equipo rumbo a Australia, había nacido (por segunda vez):

—¡Esta es! —dijo entusiasmado a sus acompañantes, miembros del grupo y personal de producción, mientras señalaba reiteradamente la imagen con el dedo y levantaba el libro para que la vieran todos—. ¡Esta es la fotografía para la portada del disco!

—¡Pero Julian, ya tenemos una portada! —le aclararon contrariados los demás.

Era cierto. El día anterior la banda completa se había reunido con los encargados de la producción y entre todos habían decidido quedarse con la imagen tomada por el fotógrafo Colin Lane. La disquera RCA, con la que trabajaban, había empezado inmediatamente la impresión de la portada:

—Julian, es imposible parar la producción del disco con la portada ya elegida... bueno, al menos, la producción del disco en Gran Bretaña —le dijeron los de la compañía, según se registra en el relato que el fotógrafo Lane hizo en una entrevista en 2019 (Heaf, 2019) y que nosotros recreamos aquí como lo imaginamos.

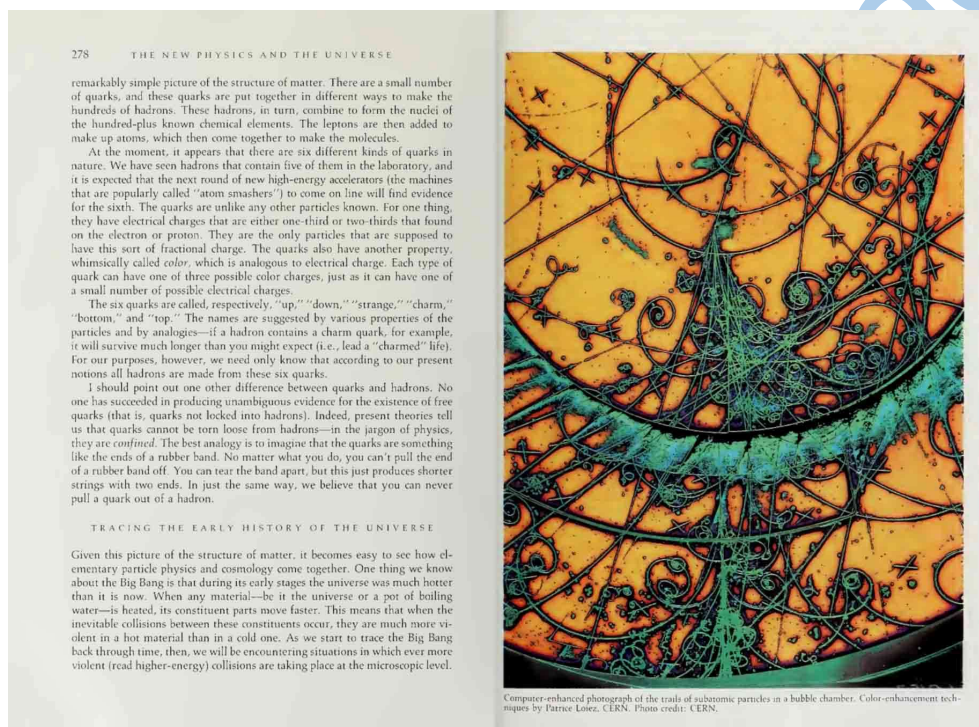


Foto 1. Páginas 278 y 279 del libro *The Universe* donde aparece la imagen del CERN tomada por Patrice Loiez y que ilustra el texto "The new physics and the universe" de James Trefil.

El libro que estaba hojeando Julian y que daría pie a la portada en su viaje a Australia era un libro que mezclaba historias de ciencia ficción y ensayos de divulgación científica (Foto 1). Tenía algunas ilustraciones a todo color de tamaño de una página completa. Las ilustraciones acompañaban tanto a los cuentos de

ciencia ficción como a las partes con temas científicos. Los cuentos estaban escritos por autores famosos del género; sin embargo, los escritos de divulgación fueron realizados por científicos especialistas en el tema. Todo esto es importante si se quiere saber por qué un libro con ilustraciones científicas se encontraba en manos de un músico con gusto por la ciencia y la ciencia ficción, aunque sin entrenamiento científico.

La ilustración que hipnotizó a Julian era una imagen llena de colores estridentes: verde esmeralda con tonos azul claro sobre un fondo amarillo huevo brillante. La ilustración se encontraba en la página 279 y representaba una cascada de partículas (Preiss y Fraknoi, 1987).

En 2001, gracias al empeño de Julian, el disco debut *Is This It* de la banda The Strokes salió al mundo mostrando una de las portadas más icónicas del rock (Foto 2). La ciencia y el arte musical se fusionaron de nuevo, pues habían pasado casi 25 años desde que el disco del grupo Joy Division y la imagen del pulsar descubierto por la astrónoma Jocelyn Bell hicieran lo propio en 1977.

El disco con la fotografía de Colin Lane salió al mercado para el público de Inglaterra, mientras que el álbum con la fotografía de Patrice Loïez en la portada — la de las partículas, la imagen psicodélica, la del amarillo huevo brillante— salió para el mercado estadounidense.

Una cosa muy interesante sobre esta portada es que puede leerse. Tiene un mensaje en lenguaje científico gráfico, pero, para lograrlo, debemos tomarnos un

poco de tiempo, muy brevemente, para saber cómo es posible detectar partículas subatómicas con un gas supercalentado y tomarles una foto.



Foto 2. Carátula y disco del álbum *Is This It* del grupo The Strokes que salió a la venta en EE. UU. en 2001 y que reproduce un fragmento de la fotografía de Patrice Loïez.

La fotografía en el CERN y Patrice Loïez

Donald Glaser, físico y neurobiólogo estadounidense, se dirigía a la selecta audiencia que lo miraba encantada:

—Es un gran honor y privilegio tener la oportunidad de describirles la invención, desarrollo y usos de la cámara de burbujas para estudiar partículas elementales (Glaser, 1960).

Era el año 1960, Donald tenía apenas 34 años y estaba dando el discurso de recepción del Premio Nobel de Física por la creación de la cámara de burbujas (Glaser, 1954), un dispositivo capaz de ver a las partículas subatómicas al dejar un rastro impreso creado a su paso por la cámara (Foto 3); un dispositivo capaz de ver las partículas subatómicas que todo el tiempo están pasando a nuestro alrededor y revelarnos la existencia de este fascinante mundo.

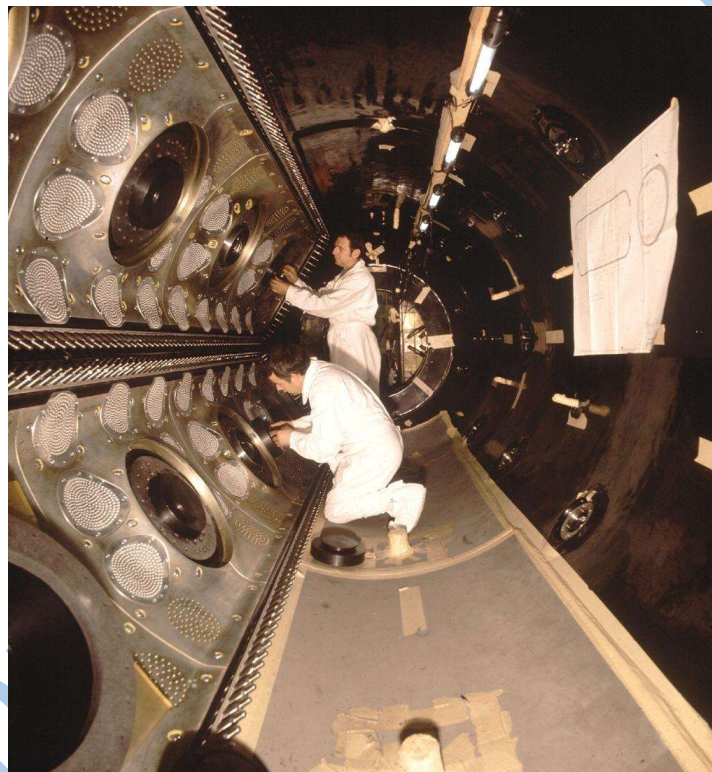


Foto 3. Interior de una cámara de burbujas del CERN, llamada Gargamelle. En la imagen se aprecian las ventanas con lentes de ojo de pez que se usaban para observar el interior. CERN Photo Archive: <https://cds.cern.ch/record/615825?ln=en>.

La cámara de burbujas fue uno de los principales instrumentos para la detección de partículas durante varios años; incluso veinte años después del discurso de Donald se seguía usando profusamente en el CERN.

Patrice Loïez trabajaba ahí mismo, en el CERN, como fotógrafo científico en la década de los ochenta. Su historia está documentada solo por la firma de sus fotografías, pues no hay más datos disponibles en Internet, pero hay muchísimas imágenes usadas en artículos científicos, reportes y comunicados de prensa que llevan su nombre.

Podemos suponer que la dirección de difusión científica del centro de investigación era quien le daba instrucciones sobre qué imágenes necesitaba que Patrice tomara para hacer investigación, o para crear un folleto o para tener algo para ilustrar un artículo de divulgación; seguramente, otras veces, él mismo tomaba la iniciativa y realizaba alguna fotografía personal que no podía dejar pasar ante el lente de su cámara para inmortalizar la ciencia y hacerla arte, por el simple placer de quemar la emulsión del rollo de película con las fascinantes trayectorias que dejaban impresas las partículas en la cámara de burbujas del CERN. Si la fotografía era para investigación, entonces pasaba a personal entrenado para identificar las trazas que aparecían en la imagen, en su mayoría mujeres, como la conocida Madeleine Znoy (Foto 4), quien se volvió tan experta en detectar partículas y eventos importantes en las imágenes que llegó a ser capaz de preparar 750 fotografías en un solo día.

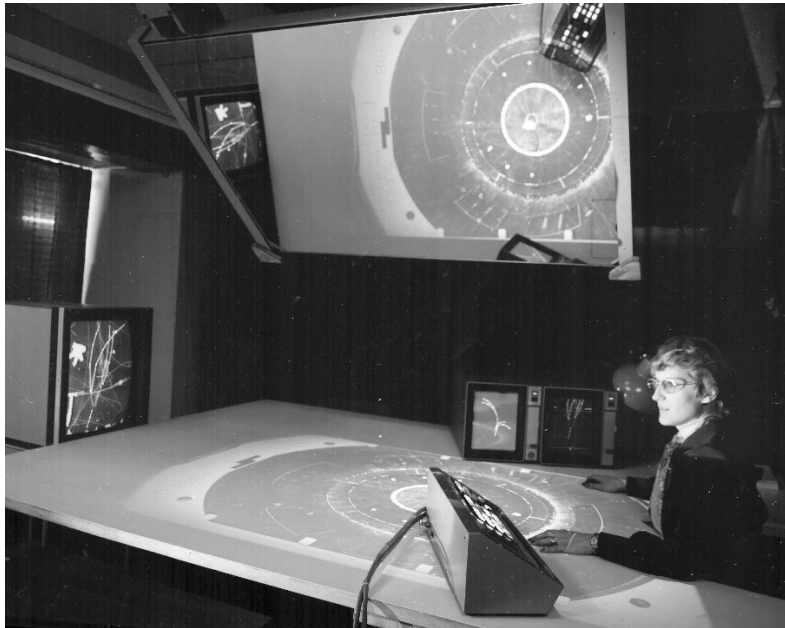


Foto 4. Madeleine Znoy analiza trazas de la cámara de burbujas BEBC en 1976 en la llamada tabla de escaneo. CERN Photo Archive: <https://cds.cern.ch/record/1822109>.

Antes de terminar la década de los ochenta, el editor de fotografía del libro que Julian tendría en sus manos en el vuelo de Inglaterra a Australia, Bruce Stevenson, seleccionó dos fotografías de Patrice para acompañar el ensayo del físico James Trefil, titulado "La nueva física y el universo". Cuando Patrice tomó la foto, preparó el líquido del contenedor metálico, que es un cilindro grande y sellado por todos lados. Parece un submarino donde cabrían varios adultos dentro. El cilindro tiene montadas en las paredes una serie de ventanas redondas con una lente ojo de pez en cada una, la cual permite un mayor ángulo de visión al interior que puede iluminarse. Solo hay que activar el líquido poco antes de que lleguen las partículas y pasen por la cámara de burbujas, prender la luz interior, montar la cámara fotográfica en uno de sus lentes y disparar.

Receta para ver partículas subatómicas

Se nos dice que una partícula subatómica es más pequeña que un átomo, y que un átomo es tan pequeño que no podemos verlo ni usando el microscopio óptico más poderoso del mundo; entonces, si no podemos ver los átomos, ¿cómo podemos ver partículas que son todavía más pequeñas que los átomos? Por eso le dieron el Nobel a Donald: por crear una receta y fabricar un dispositivo que logra que lo invisible se vea.

Tomemos un gas puro, pero en su estado líquido (Donald usó alcohol, pero con el tiempo se cambió a hidrógeno en dispositivos mejorados y ahora se usa argón líquido como última tecnología) y calentémoslo lento, muy lento, sin perturbarlo, sin llegar a la temperatura de ebullición (esta temperatura cambia dependiendo del líquido usado). Después, con un pistón o algo que mueva rápidamente las paredes del recipiente, agrandemos la caja o recipiente, de modo que se reduzca la presión cuando se jale el pistón hacia afuera. Al hacer lo anterior, además de la presión, disminuye la temperatura del punto de ebullición del líquido que se usa, de modo que queda en el punto donde debería hervir, pero sin hacerlo. En ese momento tenemos un líquido a temperatura de ebullición que no hierve. A este líquido se le llama líquido supercalentado.

El líquido supercalentado es muy parecido a un líquido superenfriado, el cual algunas personas hemos podido ver en nuestros congeladores cuando metemos una botella de refresco o cerveza y al abrirla, ¡zas!, se empieza a formar hielo en su

interior, desde el centro hacia las paredes. Lo mismo con el supercalentado, pero a la inversa: el líquido, en lugar de congelarse, hierve.

La cámara de burbujas

Una partícula subatómica que entra a la cámara de burbujas se encuentra con un conjunto de cuerpos aislados a su alrededor, como estrellas dispersas en el cielo nocturno y sumidas en un espacio vacío y frío. Si las estimaciones de 2010 del equipo del físico Randolph Pohl son correctas (Pohl *et al.*, 2010), el espacio vacío entre el núcleo del átomo de hidrógeno y la cáscara en la que se encuentra orbitando y distribuido el electrón es equivalente al espacio que hay entre una canica esférica colocada flotando en el centro de la cancha y las paredes externas del Estadio Azteca; no hay distinción de club para el hidrógeno. Una partícula subatómica sería comparable al tamaño de la canica entrando a ese estadio, una canica más grande o más chica, dependiendo de la partícula que se prefiera.

Una burbuja de una fracción de milímetro de diámetro que se forme en la cámara de burbujas sería equivalente a una burbuja del tamaño del Sol si la partícula fuera del tamaño de la canica y el átomo del tamaño del estadio (Carnell y Welford, 1971). Parece demasiado, parece imposible que una canica y un estadio formen una estructura del tamaño del Sol, pero el estado de supercalentamiento del líquido requiere una mínima perturbación de los electrones para que empiecen a hervir y formar esas enormes y gigantes gotas solares que aparecen minúsculas

ante el ojo del fotógrafo. Pero mover y perturbar a los electrones, que son mucho más pequeños que las canicas, y lograr pegarles con una partícula es casi imposible si no fuera por una propiedad importantísima de los electrones y otras partículas: la carga eléctrica.

La carga eléctrica atrae o repele a otras cargas que se encuentran en su entorno. No necesita saber exactamente dónde está, solo que esté cerca y será suficiente para que sienta la presencia de otra carga e inicie el proceso.

Así que tenemos dos mecanismos para formar gotas de gas dentro de la cámara de burbujas: enviamos partículas subatómicas con carga eléctrica que atraigan o repelan a los electrones (u otras partículas) del líquido supercalentado y se inicie la ebullición, o las partículas subatómicas colisionan directamente con el núcleo —una patada en la superficie rígida de la canica que flota en el centro de la cancha— y lo destruyen con la misma patada, formando subpartículas con carga eléctrica que ahora sí perturbarán a los electrones de la misma manera que si hubieran pasado cerca de ellos sin pegarle a la pelota.

En realidad, los detalles son más complicados, pero la descripción anterior es una caricatura apropiada de la idea fundamental del proceso (Seitz, 1958). Sí o sí, las partículas con carga eléctrica son las que formarán burbujas enormes que se verán superpequeñas desde afuera y dibujarán el trazo de la partícula que irá atravesando los estadios de fútbol, uno tras otro, con burbujas solares que marcan su camino.

El álbum

La portada del disco cuenta una historia codificada en los trazos de colores:

1. Si existe un rastro, entonces una partícula con carga eléctrica lo ha dibujado.
2. El grosor de la línea del rastro indica qué tan rápido viaja la partícula que imprimió el rastro.
3. Hacia qué dirección se curva la trayectoria indica qué tipo de carga eléctrica es: positiva o negativa, según si va hacia arriba o hacia abajo, hacia la derecha o hacia la izquierda. Es decir, si van en sentidos contrarios, tienen carga eléctrica contraria.

Patrice Loïez tomó la fotografía, la retocó artísticamente con técnicas que solo él conoce y le puso colores psicodélicos, exóticos y chillones: fondo amarillo con tonos naranjas cerca de los trazos de las partículas en color verde vibrante y tonos azules. Si no supiéramos que es una fotografía de una cámara de burbujas, podríamos confundirla con la escritura del mundo de Gallifrey y los señores del tiempo de la serie de ciencia ficción británica *Doctor Who*. Pero sabemos qué es y podemos leer la imagen: son trazos de partículas donde todas las que aparecen en el disco tienen la misma carga eléctrica. Todas se curvan formando rizos en la misma dirección. Esto es así porque la foto del disco solo es un fragmento de la fotografía tomada por Loïez. En la foto del libro, que está completa, se aprecia el chorro de partículas que colisionan con los núcleos y protones y se esparcen como si fuera un caudal de líquido azul que cae de una fuente parecida a las que hay en

los parques, baja, choca con el suelo, empieza a dividir el chorro casi simétricamente y forma remolinos en direcciones contrarias; luego parece que se impacta contra una barrera que genera un nuevo flujo radial y caótico de partículas y una especie de continuación de partículas que forman de nuevo remolinos que se dispersan simétricamente en ambas direcciones. Es una vista hermosa, y no solo lo digo yo; es posible encontrar la fotografía de Patrice en venta por Internet como pieza de arte y del tamaño adecuado para colgarla en la pared de la sala.

Epílogo

El álbum *Is This It* vendió 16,000 discos en la primera semana en Estados Unidos, alcanzó el disco de oro al vender 500,000 unidades en 2002 y llegó al millón de copias vendidas en 2006, sin contar las ventas en Reino Unido y Canadá, donde también obtuvieron discos de platino. En 2009 fue reconocido como el mejor disco de la década por la revista británica *New Musical Express*. La banda sigue viva, dando conciertos y cosechando premios.

La cámara de burbujas se inventó en 1952 por Donald Glaser. El CERN empezó a construir aceleradores de partículas en 1957. En los ochenta, cuando Loïez tomó la foto, ya se tenía la tecnología para colisionar iones pesados y en 2012 la física Fabiola Gianotti anunció el descubrimiento del bosón de Higgs (CERN, 2012), que le dio el Premio Nobel de Física a Peter Higgs y François Englert. La doctora Gianotti fue directora del CERN hasta finales de 2025 (CERN, 2022), puesto

que ostentaba desde 2016 (CERN, 2024). Desde enero de 2026, el director es el doctor Mark Thompson, físico británico. La cámara de burbujas dejó de usarse en investigación al surgir nuevos detectores, pero recuperó su uso con los experimentos de detección de materia oscura como los del Experimento PICO, ubicado a 2 mil metros bajo tierra en una reserva indígena de Ontario, Canadá, pero la detección de materia oscura en lo profundo de oscuras minas es una historia que tendrá que contarse en otra ocasión.

La magia de la relación entre ciencia y música tiene un origen en el álbum *The Dark Side of the Moon* de 1973 con Pink Floyd, se repetiría en 1977 con el pulsar de Jocelyn Bell y el disco del grupo Joy Division, en 2000 con Pearl Jam, en 2005 con la banda Coldplay y en 2012 con Muse.

Referencias

Carnell K and Welford W (1971). Estimation of the size of bubbles in a bubble chamber by contrast measurement. *Nuclear Instruments And Methods* 92(2):229-232. DOI: [https://doi.org/10.1016/0029-554x\(71\)90197-2](https://doi.org/10.1016/0029-554x(71)90197-2).

CERN (2012). ATLAS and CMS observe a particle consistent with the Higgs boson. Recuperado de: <https://timeline.web.cern.ch/atlas-and-cms-observe-particle-consistent-higgs-boson>.

CERN (2022). Women in science through the decades – CERN Courier. CERN Courier. Recuperado de: <https://cerncourier.com/a/women-in-science-through-the-decades/>.

CERN (2024). Fabiola Gianotti. Recuperado de: <https://www.home.cern/about/who-we-are/our-people/biographies/fabiola-gianotti>.

Glaser DA (1954). Progress report on the development of bubble chambers. *Il Nuovo Cimento* 11(S2):361-368. DOI: <https://doi.org/10.1007/bf02781098>.

Glaser DA (1960) Nobel Lecture. Nobel Prize Outreach AB 2024. Sat. 16 Mar 2024. Recuperado de: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1960/glaser/lecture/>.

Heaf J (2019). The Strokes Is This It album cover history. *British GQ*. Recuperado de: <https://www.gq-magazine.co.uk/article/the-strokes-is-this-it-album-cover>.

Pohl R, Antognini A, Nez F *et al.* (2010). The size of the proton. *Nature* 466(7303):213-216. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature09250>.

Preiss B and Fraknoi A (Eds.) (1987). *The Universe*. New York: Bantam Books.

Seitz F (1958). On the Theory of the Bubble Chamber. *The Physics of Fluids* 1(1):2-13. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.1724333>.

Manuscrito aceptado