

# Paisajes eléctricos

## 1. Pasaje

La naturaleza nos da una cantidad de electricidad perfectamente determinada, independientemente de los cuerpos sobre los cuales actúa.

M. Faraday

Esta idea puesta aquí como epígrafe del físico químico autodidacta perteneciente a una familia obrera de Newington, Inglaterra, hijo de un herrero nacido a finales del siglo de las luces brumosas del despegue industrial (1791), se ha convertido en pertinaz aventura del hombre de ciencia de nuestros días en su afán de medir trozos del Universo (grandes, medianos o chicos), a través del fluido eléctrico. Un anhelo por hallar los instrumentos capaces para determinar los parámetros que nos acerquen lo más humanamente posible al comportamiento de la naturaleza.

Antes de llegar al tema de los paisajes eléctricos creados por el microscopio de tunelamiento electrónico de barrido, quisiera citar a don Isaac Asimov<sup>1</sup> cuando escribe del azar, de la suerte y de la vida singular de Michel Faraday, quien fuera de la educación elemental no disfrutó de las comodidades de una familia "educada" y cuya obra ofrece la prueba excepcional de la completa independencia del genio creador de los conocimientos conferidos por la formación académica: "[...] no hubo ninguna duda respecto a la educación del joven Faraday, que se hizo aprendiz de un encuadernador [...] Sucedió que esto fue un golpe de suerte para él porque tuvo los libros a su alcance, que oficialmente sólo le incumbían por el exterior pero que no pudo evitar hojearlos. [...] Su segundo golpe de suerte fue que su patrón sentía simpatía por el deseo que tenía el joven de aprender, y le permitía leer los libros y asistir a conferencias científicas."

Con la reserva de invitar al lector atento a que acepte una disculpa por no tratar con la debida profundidad al más ilustre entre los grandes experimentadores del siglo XIX, descubridor

de los principios sobre los cuales reposa la tecnología eléctrica contemporánea; intuitivo visionario que no trabaja con fórmulas, sino con bobinas, galvanómetros, imanes, anillos de hierro dulce, con "corrientes permanentes por inducción" y magnetismo de rotación; y lo más importante del *ontos* de su creatividad, con imágenes, como las líneas de fuerza que surgían de las fuentes magnéticas y eléctricas; y de no procurar el relato de algunos pasajes claves de su vida, como la modestia científica que le impidiera aceptar la presidencia de la Royal Society; o de las sospechas y calumnias levantadas en su contra por su maestro y en algún tiempo "gurú" Davy Humphry; de ser el primer químico que alcanzó temperaturas farenheit bajo cero; de ser el descubridor del benceno; pionero de la criogénesis e ingenioso empírico que licuó gases con una profunda sensibilidad para mostrar el comportamiento termodinámico de sus características físicas y químicas, y cuyo talento descriptivo del Universo en cierta medida fue más incitador a nuevos estudios que la mecánica galileana o newtoniana y que fuera reconocido por Maxwell y Einstein por la originalidad de sus diseños experimentales, me concretaré a interpretar algunos aspectos de los *Paisajes eléctricos* que ilustran este texto, realizados por Rigoberto García Cantú, jefe de la sección de Metrología del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. El instrumento construido por el científico y su grupo, es una versión modificada del microscopio de tunelamiento electrónico de barrido por el que Gerd Binnig y Heinrich Rohrer se hicieron merecedores del premio Nobel de Física en 1986.

## 2. Los paisajes del mundo microscópico

Alejo Carpentier explica en *Tientos y diferencias*,<sup>2</sup> que "la luz, ciertas peculiaridades de la luz, modifican las perspectivas, los valores de distancia, la colocación de los planos en cuanto al ángulo de observación del novelista."

La posibilidad de extender la percepción humana que incluye a cierta gente, novelistas, pintores, fotógrafos y científicos, es una constante que desvela a los espíritus inquietos, pues la luz no sólo "pesa" y se mueve sino que también al "frenar", no se detiene: cambia de color al trastornarse su longitud de onda en el espacio gravitacional.

Fragmento del libro *Voces de la ciencia (incursiones en el periodismo científico)*, de próxima aparición.

<sup>1</sup> Isaac Asimov. *Enciclopedia Biográfica de Ciencia y Tecnología*, Madrid, Alianza Diccionarios, 1973.

<sup>2</sup> Alejo Carpentier. *Tientos y diferencias*. Buenos Aires, Calicanto.

Entre los espíritus inquietos del siglo XVII destaca la figura de Anton van Leeuwenhoek, quien a través de la microscopía óptica descubrió un nuevo mundo poblado de vida unicelular apenas imaginado por el hombre: observó, con gran detalle para su época, los glóbulos rojos y los espermatozoides por primera vez. Leeuwenhoek fue el inspirador del memorable cuarteto de Jonathan Swift:

Así los naturalistas observan que a una pulga  
Le pican aún más pequeñas  
Y que a éstas otras más pequeñas todavía  
Y así hasta el infinito.

El microscopio de tunelamiento ofrece, para regocijo de esos hurgadores de los ínfimos abismos, la profundidad de la materia; y hoy satisface (con electrones) las imágenes de los paisajes, nimios para el ojo humano, con mayor detalle que la microscopía óptica.

A escalas de diez a la menos ocho metros ( $10^{-8}$  m) sin este instrumento cualquier imagen sería informe, con lo que se perdería un cuadro sugerente e inaccesible a nuestra percepción.

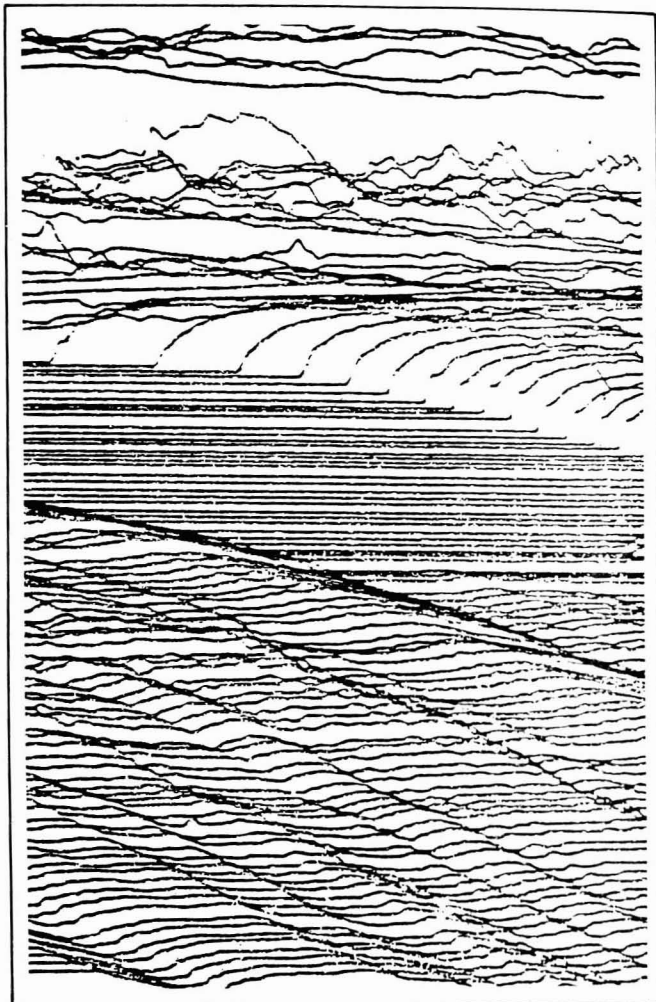
“El microscopio de tunelamiento electrónico de barrido se basa en el efecto túnel de electrones que pasan a través de una barrera potencial.”<sup>3</sup>

En algunos de los registros microtopográficos realizados a través del primer instrumento de esa resolución construido en México existe un universo cuyas rugosidades semejan, asombrosamente, rostros de la superficie terrestre.

En una muestra de cobre de 12 x 33 milésimas de milímetro cuadrado, es decir como la punta de un fino alfiler, se pueden apreciar, sin menoscabo de una interpretación alucinante unívoca, tierras de labranza, de riego y temporal; un canal conductor de agua, el acueducto. Al fondo, un macizo montañoso propio de una cadena hemisférica, e incluso para darle profundidad a ese diminuto trozo del metal, asoman las nubes que enmarcan el paisaje de campo en una simbiosis de materia inerte que se encuentra en la ínfima pequeñez de su estructura material con la imagen de su propio universo macroscópico: de las mismas entrañas terrícolas de donde, en su origen, fue extraído.

La punta fría del filo de un bisturí, sometida a un leve punzón eléctrico del microscopio de tuneleo que hace el recorrido por su superficie —separado tan sólo por 10 angstroms—, muestra ante los ojos del científico, vericuetos, escarpados y sugerentes, las características microtopográficas del material.

La pureza, la debilidad, la corrosión, las corrugadas líneas de los ángulos del cristal incoloro o de carbono que entre los joyeros, ciertos médicos y damas de pulquérrimos (y no tanto) recursos, constituye la más apreciada entre todas las gemas, la huella del diamante en el acero, se somete a la frialdad objetiva de este instrumento capaz de determinar la calidad de su estructura y las cualidades de su comportamiento físico.



En nuestras proporciones perceptuales, menester es recordar que el diamante, cuya dureza no tiene igual, trata al acero como una piedra moldea a la plastilina: deformando, rajándolo a su capricho.

### 3. Espacios y electrones

La distancia es dura y tantálica por lo mismo que crea imágenes-espejismos que están fuera de los alcances musculares del contemplador. La desproporción es cruel por cuanto se opone al módulo del número, a la eurritmia pitagórica, a la belleza del número, a la sección de oro.

A. Carpentier

Aplicando un voltaje de dos volts cuando máximo por un pequeño espacio que causa una corriente electrónica de tunelamiento que fluye entre la sonda y la superficie que deja la huella de la gema en el metal, el metrólogo obtiene altas resoluciones de la vertical, así como de las paredes del acero, con lo que recibe una gran cantidad de información fundamental en la comprensión y medición del comportamiento de la materia.

En el arte, la ciencia y las técnicas de las mediciones, la metrología juega un papel fundamental: “A partir de la aparición del microscopio de tunelamiento —escribe Rigoberto García

<sup>3</sup> Rigoberto García Cantú, Miguel Ángel Huerta G. *Aspectos prácticos en el diseño y construcción de un microscopio de tunelamiento electrónico de barrido*, CINVESTAV.

Cantú-, se han desarrollado una serie de técnicas de espectroscopía y microscopía proporcionando imágenes tridimensionales con resolución atómica en ultraalto vacío, presión atmosférica y aun en líquidos.”

La extrema sensibilidad del tunelamiento en vacío permite definir con asombrosa precisión las rugosidades del más fino de los materiales. Lo que vemos en las imágenes que acompañan al texto es la respuesta eléctrica del material; es decir el registro visual corresponde a la conductividad eléctrica de su superficie.

#### 4. Paisajes de futuro

Las cerámicas superconductoras descubiertas recientemente en óxidos de cobre y tierras raras, y en las que trabaja un importante grupo de investigadores de vanguardia a nivel mundial en el Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM, dirigido por el doctor Roberto Escudero, muy pronto empezarán, en nuestro país, a recibir ese leve punzón eléctrico del microscopio de tunelamiento a fin de crear “paisajes superconductores”.

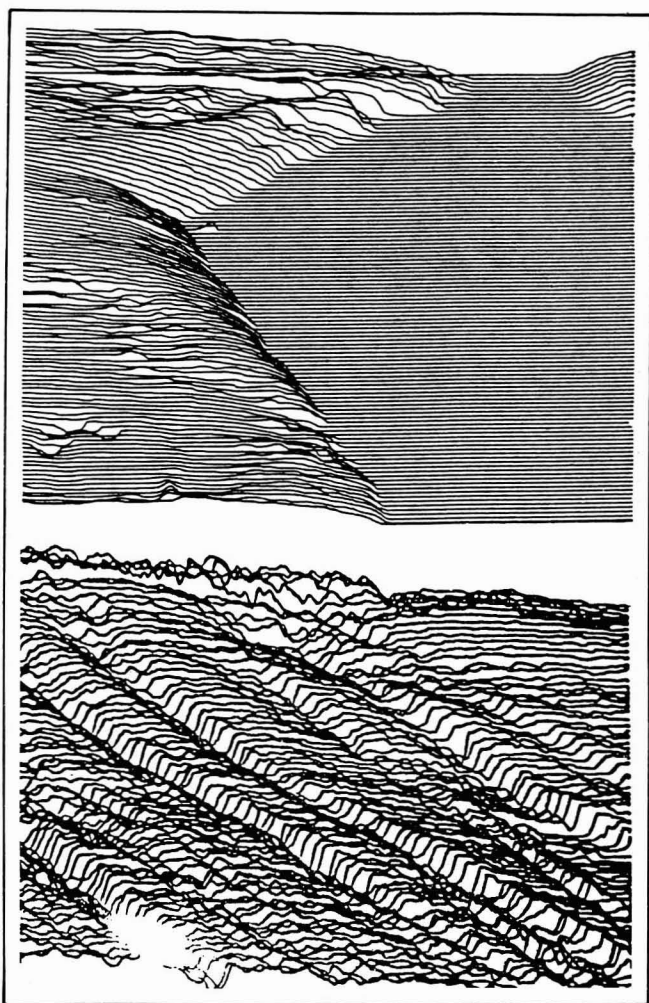
Quizá se obtengan rostros inéditos de la materia en la física del estado sólido, y es muy probable que los investigadores encuentren una mayor cantidad de información respecto de sus características microtopográficas a fin de facilitar caminos más certeros hacia los marcos teóricos que demandan esos materiales. A través de la imperceptible electricidad de tunelaje podrían hallarse nuevas luces en la búsqueda de un mejor entendimiento del fenómeno superconductor; llave para una compuerta tecnológica sin precedentes.

Ser optimista no daña. Escéptico tampoco.

¿Acaso estamos en una frontera eléctrica con suficientes elementos tecnológicos para crear una teoría que explique los efectos de resistencia a temperatura cero y Meissner en los materiales superconductores, entre otros no menos importantes?

Otro campo de investigación en el que son alentadoras las expectativas generadas a partir del microscopio de tunelamiento de resolución atómica, es el que se está realizando en catalizadores en forma de partículas metálicas, en pequeñas aleaciones metálicas cuasicristalinas y en materiales cerámicos y poliméricos en el laboratorio de física de superficies del Instituto de Física de la UNAM en Ensenada, Baja California, bajo la dirección del doctor Leonardo Morales. Los investigadores del Instituto de Física de la UNAM que incursionan productivamente en tecnologías de frontera a nivel mundial han logrado ya imágenes tridimensionales en el nivel atómico de esos materiales.

Es indudable que las aportaciones que en este campo obtengan los científicos universitarios tendrán, en un futuro a mediano plazo –y se les apoya sustancialmente–, significativas repercusiones en la industria petroquímica si consideramos la importancia que cumplen los catalizadores al ser los principales elementos físico-químicos de esa industria de transformación, y a la información que se está produciendo con esa tecnología de microscopía en la visualización y medición de rugosidades en partículas pequeñas de diversos catalizadores.



Otras reflexiones: ¿acaso el conjunto tridimensional de átomos de una supermolécula no podrá ser mejor comprendido en sus espacios y comportamientos físico-químicos a través del nuevo microscopio de tunelamiento de fuerza atómica que en los últimos meses de 1989 se empezó a construir en la Sección de Metrología del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional?

Evidentemente lo primero sería que hubiera la capacidad en nuestros laboratorios para elaborar los “criptatos” (como se les llama a las supermoléculas construidas por los químicos sintéticos) y luego someterlos al punzón eléctrico.

Pero, fuera de restricciones tecnológicas, ¿se sabrá más del comportamiento del material orgánico e inorgánico en los niveles atómicos a partir de ese instrumento y ser una tecla que conduzca a una dimensión poco concurrida del espacio científico?

¿Estas tecnologías aportarán mayor información de las singularidades físico-químicas que ocurren en las “rugosidades” de las supermoléculas al capturar iones metálicos o incluso moléculas orgánicas? ¿Incidirá el microscopio de tunelamiento en un mejor conocimiento de la llamada “sociología de las poblaciones moleculares”?

Habrá que esperar nuevos paisajes y ver, si la luz, en unos años más llega, o se detiene. ◇

Quiero expresar mi agradecimiento a Rigoberto García Cantú por haberme facilitado el material gráfico que acompaña este ensayo.