



## Plasma, aplicaciones en la vida diaria

◆ Yamillet Rodríguez  
Horacio Martínez

**A**demás del plasma sanguíneo, que es la parte líquida de la sangre, existe otro tipo de plasma. El plasma del que hablaremos es un gas ionizado, es decir, un gas en el cual se han separado las partículas positivas de las negativas, fundamentalmente los electrones (que tienen carga negativa) y los iones (unos tienen carga positiva y otros negativa). Se dice que el plasma es el cuarto estado de la materia. Los otros tres restantes son bien conocidos: el sólido, el líquido y el gaseoso.

El plasma es la materia más abundante del universo. Las estrellas son tan calientes que sólo pueden existir en estado de plasma, incluyendo, por supuesto, al sol. La temperatura de la superficie del sol es de 6000 °C, mientras que la temperatura en su interior es de aproximadamente 15 millones °C. Para comparar tomemos como ejemplo que la temperatura normal del cuerpo humano es de 36.5 °C, pudiendo llegar hasta 42 °C en caso de fiebre; asimismo, la mayor temperatura registrada en la tierra es de 58 °C, en el desierto de Sahara, al norte de África. La capa más externa del sol, la corona, está tan caliente que todos sus átomos están ionizados. Los átomos ionizados (plasma), se expanden fuera del sol, lo cual se conoce co-

mo viento solar o plasma interplanetario. El viento solar influye en fenómenos como las auroras boreal y polar, las tormentas magnéticas, entre otros. La aurora polar es una luminosidad de rayos generalmente verdosos que se produce por el choque de las partículas cargadas eléctricamente emitidas por el sol —que son guiadas por el campo magnético de la tierra— contra las capas superiores de la atmósfera. Cuando este fenómeno se presenta en el hemisferio norte se le llama aurora boreal; en el hemisferio sur se le llama aurora austral. Se le llama tormenta magnética a la variación irregular del campo magnético (las variaciones son más grandes, más rápidas y más irregulares que las variaciones diarias del campo magnético). Ésta puede afectar las comunicaciones; además, las personas enfermas o de edad avanzada pueden enfrentar problemas de salud, ya que altera la presión arterial y aumenta el nivel de adrenalina.

En nuestra atmósfera también encontramos plasma. La atmósfera terrestre está dividida en varias capas. La ionosfera es una de ellas y es la capa de la atmósfera que se encuentra alrededor de los 80 km de altura de la superficie de la tierra. Ésta se ioniza (formación del plasma), debido a la fotoionización que provoca la radiación solar. Otra capa de

---

◆ Profesor-Investigador, Facultad de Ciencias UAEM  
Profesor-Investigador, Instituto de Ciencias Físicas UNAM



la atmósfera que se encuentra ionizada es la magnetosfera, que comienza a unos 500 km de altura, por encima de la ionosfera.

Por todos es sabido, y sufrido en muchos casos, que las tormentas vienen acompañadas de relámpagos. Durante una tormenta, debido a las condiciones ambientales, los iones positivos emigran a la parte alta de las nubes y los negativos a la parte baja (recordar que la separación de las cargas negativas de las positivas no es más que el plasma); asimismo, la tierra también se carga de iones positivos. Esta separación de las cargas hace que se genere una diferencia de potencial de millones de voltios lo cual produce las descargas eléctricas que conocemos como relámpagos. Los relámpagos se producen entre diferentes puntos de una misma nube, entre una nube y la tierra, o entre distintas nubes.

### Cómo producir plasma

Los plasmas se pueden producir induciendo la separación de las cargas con campos eléctricos, ya sea con corriente alterna o corriente directa.<sup>1</sup> En la corriente alterna, los electrones del circuito se desplazan primero en una dirección y luego en sentido opuesto; esta corriente es la que llega a nuestras casas a través de la red eléctrica y con la cual

hacemos funcionar los aparatos eléctricos. La corriente directa es aquella en la cual el flujo de carga fluye siempre en una sola dirección; en una pila o batería los electrones se mueven siempre en el circuito en la misma dirección: del borne<sup>2</sup> negativo que los repele al borne positivo que los atrae. Las radio frecuencias y las microondas son también ejemplos de corriente alterna que se utilizan para generar plasmas. Las radio frecuencias están en el intervalo entre 1 y 100 MHz, es decir, 1 MHz =  $10^3$  Hz (donde un mega Hertz equivale a 1,000,000 Hertz, y un Hertz equivale a un ciclo por segundo); las ondas de radio FM<sup>4</sup> comercial tienen frecuencias que van desde los 88 a los 108 MHz. Las microondas están en el intervalo entre los 300 MHz y los 300 GHz; dicho intervalo corresponde a longitudes de onda entre 1 m y 1 mm. Los hornos de microondas que se utilizan para calentar o cocinar los alimentos trabajan a 2.45 GHz (donde 1 GHz = 10<sup>9</sup> Hz). La frecuencia (ciclos por segundo) es el inverso del periodo de la onda y nos indica el número de veces que se repite la onda en la unidad de tiempo. La longitud de onda es la distancia entre dos crestas consecutivas de la onda y es inversamente proporcional a la frecuencia.

También se pueden generar los plasmas con láser o con haces de electrones.<sup>5</sup> El término láser

<sup>1</sup> H.V. Boening. *Plasma Science and Technology*. Nueva York, Cornell University Press, 1982.

<sup>2</sup> Cada uno de los botones de metal en que suelen terminar ciertas máquinas y aparatos eléctricos, y a los cuales se unen los hilos conductores.

<sup>3</sup> H. Martínez, y Y. Rodríguez-Lazcano. "N-isopropylacrylamide decomposition process in helium plasma", en *Journal of Applied Polymer Science*, 2006 (en prensa).

<sup>4</sup> Frecuencia Modulada.

<sup>5</sup> H.V. Boening, *ibid.*

proviene del inglés y de acuerdo con el *Diccionario de la Real Academia* significa: “amplificación de luz mediante la emisión inducida de radiación” y se utiliza en lectores y grabadoras de CD-ROM, en impresoras láser, etcétera. Quizá los siguientes ejemplos nos ayuden a comprender mejor qué es un láser. Está muy de moda actualmente en lo que se conoce como depilación por láser (las mujeres lo habrán oído mencionar o utilizado); así como en las operaciones para corregir la miopía para dejar de utilizar los incómodos lentes. Los haces de electrones, como los que se producen en el tubo de rayos catódicos de los televisores y monitores de computadoras convencionales, los veremos más adelante.

#### Aplicaciones en la vida diaria

Además de que ya sabemos que el plasma forma parte de la naturaleza, es bueno saber que también forma parte de nuestra vida cotidiana. El plasma tiene aplicaciones importantes en la casa y en la oficina. El primer ejemplo y más común son las lámparas fluorescentes. Están formadas por un tubo que contiene mercurio y un gas inerte, que es generalmente argón a una presión ligeramente inferior a la presión atmosférica (la presión atmosférica es la presión que ejerce el aire sobre la superficie terrestre). El gas ionizado o plasma excita los átomos de mercurio que, como consecuencia, emiten luz visible y ultravioleta. El tubo se revisa con un recubrimiento que contiene fósforo, ya que éste emite luz cuando recibe radiación ultravioleta. Los letreros de neón y las luces (de sodio y

de mercurio) de las calles y avenidas funcionan por un principio similar. La luz es la parte del espectro electromagnético que se conoce como visible porque es la que detecta el ojo humano y está en el intervalo entre los 380 nm, violeta y 780 nm, rojo ( $1 \text{ m} = 10^9 \text{ nm}$ ).

Un ejemplo que también empieza a ser común en las casas es la televisión por plasma. Estas pantallas se basan en el principio de que haciendo pasar alto voltaje por un gas a baja presión, éste se ioniza. El gas en estado de plasma reacciona con el fósforo de cada subpixel para producir luz (roja, verde o azul). También existen los monitores de plasma para las computadoras de escritorio. La tecnología del plasma tiene la ventaja de una mayor fidelidad en los colores, además de un mejor ángulo de visión comparado con los televisores y monitores convencionales. Es bueno recordar que los televisores y monitores convencionales funcionan por medio de un tubo de rayos catódicos, el cual consiste en un cañón que dispara electrones al frente del mismo haciendo que el fósforo que está allí se ilumine. Además, existen televisores y monitores (los de las computadoras portátiles o laptop) que utilizan cristal líquido. El cristal líquido es un estado especial de agregación de la materia que tiene propiedades intermedias entre un líquido y un sólido.

El plasma también tiene muchas aplicaciones en medicina. Una de las más importantes desde nuestro punto de vista es la de aumentar la biocompatibilidad de los biomateriales que se utilizan para implantes que estén en contacto con la san-



gre. Ejemplos de esto son válvulas y catéteres para cirugías cardiovasculares; prótesis para implantes ortopédicos y otros. Un biomaterial es un material diseñado para ser implantado o incorporado dentro de nuestro cuerpo para que reemplace o restaure alguna función de nuestro organismo o incluso alguna parte del mismo. Para ello se necesita que el material sea biocompatible, es decir, que interaccione favorablemente con nuestro organismo, sin que éste lo rechace. Estudios han demostrado<sup>6</sup> que un plasma de amoníaco crea grupos funcionales de amina que actúan como ganchos para los anticoagulantes, como la heparina, evitando que se produzcan las trombosis. La trombosis no es más que la formación de un coágulo que bloquea una vena o arteria. Los coágulos se pueden presentar en cualquier parte del organismo y pueden llegar a ser mortales.

Una de las aplicaciones es en lentes de contacto donde mediante un plasma de oxígeno se logra un aumento de la hidroficidad (afinidad por el agua) del material, evitando que se reseque el ojo, además se logra disminuir la adhesión de bacterias, lo que conlleva a mejorar el confort del paciente.<sup>7</sup>

Otra de las aplicaciones muy importantes del plasma es en la limpieza de superficies. Ésta incluye aplicaciones tan variadas como la esterilización de implantes y materiales para usos médicos, así como la limpieza de dispositivos en la industria

electrónica. Este efecto se obtiene debido a la acción del plasma sobre los contaminantes en la superficie. El gas que se usa es fundamentalmente el oxígeno, cuyas moléculas reaccionan con los contaminantes orgánicos, promoviendo su volatilización con lo cual son removidos de la superficie. En el caso de los implantes o materiales médicos la limpieza con plasma esteriliza las superficies, evitando infecciones.

Otra aplicación muy importante del plasma es en la eliminación de desechos tóxicos y peligrosos, ya sea provenientes de hospitales o de la industria. Para esto se genera un plasma a través de un arco eléctrico obteniéndose temperaturas superiores a los 3 000 °C con lo que se consigue destruir sus moléculas, desintegrando prácticamente el residuo original. Dicho método tiene la ventaja, respecto de otros tratamientos de residuos, de no producir emisiones contaminantes a la atmósfera, pues sólo se generan gases simples y un residuo inerte que puede ser empleado en la construcción.

Los tratamientos con plasma se utilizan en la industria textil. Una de las aplicaciones es para la limpieza y esterilización de las telas. También se utilizan para evitar que los tejidos absorban líquidos. Esto último significa que cuando se derrama algún líquido sobre la superficie de la tela se evita que éste sea absorbido, por lo que se disminuye la posibilidad de que se ensucie o manche el pro-

<sup>6</sup> C.M. Chan y T.M. Ko. "Polymer surface modification by plasmas and photos", en *Surface Science Reports*. Vol. 24, 1996, pp. 1-54.

<sup>7</sup> *Ibid.*

ducto. Ello es posible ya que las moléculas del gas (fundamentalmente oxígeno) reaccionan con la superficie de los tejidos creando grupos químicos que hacen que ésta se transforme de hidrofílica a hidrofóbica (que rechaza el agua).

Otra aplicación más del plasma es la nitruración iónica, técnica que permite aumentar la dureza de la superficie de los aceros y sus aleaciones, así como su resistencia al desgaste. Este método se utiliza a gran escala en la industria, fundamentalmente en piezas de maquinarias y de vehículos.

#### La universidad

En el Instituto de Ciencias Físicas de la UNAM existe un laboratorio de plasma. En él nos dedicamos al estudio de las propiedades físicas de las descargas luminiscentes.<sup>8</sup> También se colabora en este tema con la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM).<sup>9</sup> Además, se realizan tratamientos por medio del plasma a diferentes materiales para mejorar sus propiedades su-

perficiales. En especial se ha trabajado en la descomposición de polímeros como el N-isopropilacrilamida.<sup>10</sup> Asimismo, se ha incursionado en la nitruración de materiales, como la aleación Mo3Si con Nb,<sup>11</sup> trabajo conjunto con investigadores del Centro de Investigación en Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la UAEM. Actualmente, entre otras cosas, nuestro interés se enfoca en aumentar la fotoluminiscencia del silicio poroso, material con muchas aplicaciones en dispositivos optoelectrónicos.

Como hemos podido comprobar, el plasma tiene muchas aplicaciones en distintas áreas de nuestra vida. Esto hace que sea una especialidad multidisciplinaria. Los médicos, ingenieros (de prácticamente cualquier rama), los físicos, químicos y matemáticos pueden encontrar en el estudio del plasma un fascinante mundo con muchísimas aplicaciones reales, donde además podemos aportar nuestro granito de arena en el mejoramiento del bienestar de nuestra sociedad.

---

<sup>8</sup> H. Martínez, F.B. Yausif, A. Robledo-Martínez y F. Castillo. "Optical and electrical characteristic of AC glow discharge plasma in N<sub>2</sub>O", en *IEEE Transaction on Plasma Science*. Vol. 34(4), 2006, pp. 1497-1501; y R. Pérez. *Caracterización eléctrica y óptica de la descarga luminiscente de un plasma de N<sub>2</sub>O*. Tesis de maestría, UNAM, 2004.

<sup>9</sup> H. Martínez, C.L. Hernández y F.B. Yausif. "Absolute differential and total cross section for charge transfer of O<sup>+</sup> ground and mixed states ions in N<sub>2</sub>", en *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*. Vol. 39, 2006, pp. 2535-2543.

<sup>10</sup> H. Martínez y Y. Rodríguez-Lazcano, *ibid.*

<sup>11</sup> H. Martínez y I. Rosales. "Pulsed plasma nitrided Nb alloyed Mo3Si intermetallic alloy", en *Surface Engineering*. Vol. 21(2), 2005, pp. 139-143.