

EL OXÍGENO Y LOS PROCESOS DE OXIDACIÓN DE MATERIALES

ENTREVISTA A LA DOCTORA LUCIEN VELEVA

Por Ariadne Gallardo Figueroa

La propuesta al momento es hablarles de un elemento que resulta fundamental para la vida en el planeta y que debido a sus propiedades encontramos una serie de valores fundamentales para la vida en su esencial composición; es a partir de él que podemos notar diversas cualidades y su ciclo en distintos campos del conocimiento, al comprender su proceso e interacción con la vida, más adelante iremos a campos más específicos donde los investigadores han transformado y utilizado sus cualidades para determinados proyectos.

I.- El Oxígeno

Antes que nada entendamos su ciclo y composición química

El oxígeno es el elemento químico más abundante en el aire (atmósfera) que estamos respirando y sin el cual sería imposible nuestra vida. Así mismo forma parte de muchos compuestos inorgánicos (por ejemplo, el agua tan importante para nuestro planeta) y orgánicos. En los seres vivos el agua ocupa hasta 70% del nuestro cuerpo y el resto son moléculas orgánicas con la participación del oxígeno y otros elementos químicos. Como molécula, el oxígeno está formado por 2 átomos, en forma de O_2 y su presencia en la atmósfera se debe a la actividad fotosintética de primitivos organismos.

Al principio debió ser una sustancia tóxica para la vida, por su gran poder oxidante. Todavía ahora, una atmósfera de oxígeno puro produce daños irreparables en las células. Pero el metabolismo celular se ha adaptado a usar la molécula de oxígeno como agente oxidante de los alimentos, abriendo así una nueva vía de obtención de energía mucho más eficiente que la anaeróbica (en ausencia de oxígeno).

La reserva fundamental de oxígeno utilizable por los seres vivos está en la atmósfera. Su ciclo está estrechamente vinculado al del carbono (el elemento químico - C), pues

el proceso por el que el C está asimilado por las plantas (fotosíntesis), supone también devolución del oxígeno a la atmósfera, mientras que el proceso de respiración humana ocasiona el efecto contrario.

Otra parte del ciclo natural del oxígeno que tiene un notable interés indirecto para los seres vivos de la superficie de la Tierra es su conversión en **ozono**. Las moléculas de O₂, activadas por las radiaciones solares de onda corta, se rompen en átomos libres de oxígeno que reaccionan con otras moléculas de O₂, formando O₃ (ozono). Esta reacción es reversible, de forma que el ozono, absorbiendo radiaciones ultravioletas vuelve a convertirse en O₂.

El oxígeno (ver tabla) es un elemento químico gaseoso, símbolo O, número atómico 8 en la Tabla periódica química y su peso atómico es 15.9994 g por una molécula. En condiciones normales el oxígeno es un gas incoloro, inodoro e insípido; se condensa en un líquido azul claro. Es el elemento más abundante en la corteza terrestre. Cerca de una quinta parte (en volumen) del aire es oxígeno. El oxígeno gaseoso no combinado suele existir en forma de moléculas diatómicas, O₂, pero también existe en forma triatómica, O₃, llamada ozono (como señalamos con antelación).

Propiedades químicas del oxígeno

| | |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Nombre | Oxígeno (O) |
| Número atómico | 8 |
| Valencia (estado de oxidación) | -2 |
| Electronegatividad | 3,5 |
| Radio covalente (Å) | 0,73 |
| Radio atómico (Å) | 1,40 |
| Configuración electrónica | 1s ² 2s ² 2p ⁴ |
| Primer potencial de ionización (eV) | 13,70 |
| Masa atómica (g/mol) | 15,9994 |
| Densidad (g/ml) | 1,14 |
| Punto de ebullición (°C) | -183 |
| Punto de fusión (°C) | -218,8 |

El oxígeno es parte de un pequeño grupo de gases ligeramente paramagnéticos, y es el más paramagnético de este grupo. El oxígeno líquido es también ligeramente paramagnético.

Casi todos los elementos químicos, menos los gases inertes, forman compuestos con el oxígeno. Entre los compuestos binarios más abundantes de oxígeno están el agua, (H₂O) y la sílica, SiO₂ componente principal de la arena. De los compuestos del oxígeno que contienen más de dos elementos, los más abundantes son los silicatos, que constituyen la mayor parte de las rocas y suelos. Otros compuestos que abundan en la naturaleza son el carbonato de calcio (caliza y mármol), sulfato de calcio (yeso), óxido de aluminio (bauxita) y varios óxidos de hierro, que se utilizan como fuente para la manufactura de aceros.

Como se mencionó anteriormente, este elemento, el oxígeno es de gran interés por ser el elemento esencial en los procesos de respiración de la mayor parte de las células vivas y en los procesos de combustión.

Existen equipos capaces de concentrar el oxígeno del aire, llamados generadores o concentradores de oxígeno. La utilización de gases licuados a baja temperatura fue objeto de experimentación en los años 30, al utilizarse, por ejemplo el nitrógeno licuado en la congelación de alimentos, si bien hubo de desecharse por las cantidades limitadas de gas de que se disponía, los avances en las técnicas y el número y la cantidad de gas de que se dispone actualmente, han hecho que se apliquen en muy diversos campos. También el oxígeno se separa de otros elementos por licuación.

Sin embargo, este trabajo, pretende formar parte de una serie de encuentros con estudiosos de los materiales, en cuya manipulación y experimentación han logrado desentrañar procesos de degradación y descubrir las cualidades de su composición química y física, ante todo aquellos que centran su interés en las propiedades del oxígeno y sus principales aplicaciones en orden de importancia, como pueden ser: 1) fundición, refinación y fabricación de acero y otros metales; 2) manufactura de productos químicos por oxidación controlada; 3) propulsión de cohetes; 4) apoyo a la vida biológica y medicina, y 5) minería, producción y fabricación de productos de piedra y vidrio.

Efectos del oxígeno sobre la salud

Todo ser humano necesita oxígeno para respirar, pero como ocurre con muchas sustancias, un exceso de oxígeno no es bueno. Si uno se expone a grandes cantidades de oxígeno durante mucho tiempo, se pueden producir daños en los pulmones. Respirar un 50-100% de oxígeno a presión normal durante un periodo prolongado provoca daños en los pulmones. Las personas que en su trabajo sufren exposiciones frecuentes o potencialmente elevadas a oxígeno puro, deben hacerse un chequeo de funcionamiento pulmonar antes y después de desempeñar ese trabajo. El oxígeno es normalmente almacenado a temperaturas muy bajas y por lo tanto se deben usar ropas especiales para prevenir la congelación de los tejidos corporales. (Agradezco la cortesía de la Web de Lenntech, para consolidar esta introducción.

II.- El factor climático como elemento degradante donde interviene el oxígeno. Entrevista a la Dra. Lucien Veleva (veleva@mda.cinvestav.mx) (trabajo de investigación de Física Aplicada):

En el Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados (CINVESTAV), del Instituto Politécnico Nacional (IPN), unidad Mérida, nos adentramos en la labor del área del Departamento de Física Aplicada, con los científicos que laboran el campo de la corrosión y oxidación de metales, en primer término abordamos a la Dra. Lucien Petrova Veleva, oriunda de Sofía, Bulgaria. Ella ha sido invitada por CINVESTAV en

1994 y desde entonces forma parte de este Departamento. Su grado académico (Doctor en Ciencias Químicas) fue obtenido en 1981 en su país de origen. Antes de venir a México ha trabajado en el Centro Nacional de Corrosión y Protección de Metales, en Sofía y ha sido nombrada Jefe del Laboratorio Nacional de Corrosión, certificado por ISO. Ha colaborado con el Instituto de Físicoquímica de la Academia de Ciencias de Moscú, en el año de 1982, con la especialización en inhibidores de corrosión, así mismo ha dirigido el grupo de Corrosión Atmosférica en el CNIC (La Habana, Cuba) durante 1986-89. Actualmente es Profesor Titular en CINVESTAV, investigadora nivel II del Sistema Nacional de Investigadores, SNI, miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. Ha organizado el laboratorio de Electroquímica en su Departamento, con el primer microscopio de barrido electroquímico (SECM) en México, durante la colaboración con la Universidad de Mississippi (Dr. D. Wipf).

Después de una visita preliminar al cubículo de la científica Lucien Veleva ella puso en mis manos parte de la labor desarrollada a lo largo de su trayectoria académica, donde ha generado un caudal importante de publicaciones, entre las cuales se cuentan trabajos en revistas internacionales, todos ellos desarrollados en CINVESTAV y diversos artículos generados gracias a su participación en congresos internacionales y nacionales.

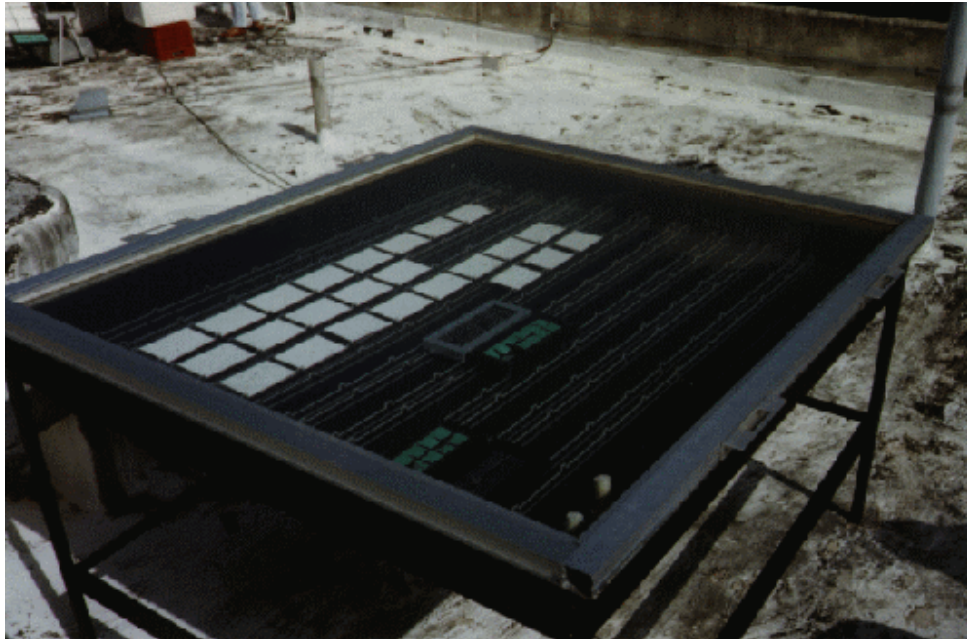
Como parte de su quehacer en el ámbito nacional podemos mencionar su trabajo sobre "Corrosividad atmosférica en el norte de la Península de Yucatán y el Caribe Mexicano", que realizó en colaboración con su colega, el investigador yucateco el Dr. Luis Alfonso Maldonado López.

No menos importante y trascendente está su investigación sobre "Corrosión de metales en suelos, agresividad corrosiva del suelo" que se encuentra en el libro "Infraestructura del concreto armado: deterioro y opciones de preservación".

También podemos señalar su labor con la introducción del Microscopio Electroquímico de Barrido (SECM) para estudio in situ de corrosión localizada, como parte de su proyecto con el CONACYT.

Para dar inicio a esta entrevista con la Dra. Lucien Veleva, hablaremos de su trabajo sobre "Relleno mineral en la foto-oxidación, como mecanismo de degradación en polietileno de alta densidad", el cual versa sobre la reacción que hay entre las energías que absorben los fotones y el nivel de energías que determina el tipo de ruptura y cambios químicos que pueden ocurrir, precisamente en el polietileno de alta densidad. Este es un estudio que se ha llevado a cabo en colaboración con el Dr. Alex Valadez del CICY.

Dentro de dicho artículo ella explica el empleo de la "Caja Negra" (Fig.1) utilizada como método de estudio, basada en la norma generada por la Sociedad Americana de Estudios de Materiales, ASTM, en dicha investigación la Dra. Veleva ha aplicado a las condiciones del clima tropical húmedo de Yucatán, los resultados que se fincan en la norma de la ASTM.



Vista general de la Caja Negra en exposición en la estación de ensayos de Mérida (CINVESTAV)

¿Qué nos puede decir respecto a este trabajo?

Se considera un método nuevo de estudio de materiales, exponiendo a éstos a degradación en condiciones naturales, aumentando los valores de algunos parámetros (como temperatura y humedad). De esta manera se han obtenido resultados importantes con el uso de polietileno en este clima.

¿Podría explicarnos un poco respecto al empleo de este método de degradación?

Durante los últimos años los estudios sobre aceleración climática en condiciones naturales ha atraído la atención de varios investigadores. Ya que los métodos acelerados (en cámaras con ambiente artificial) no son muy confiables, ya que se cambia el mecanismo de degradación del material. Los estudios más confiables son aquellos que utilizan un material expuesto en condiciones naturales. Por ello, la búsqueda de métodos donde el material se encuentra en dichas condiciones, además acelerando algunos parámetros climáticos de importancia, por ejemplo, humedad relativa y temperatura, se obtienen resultados en corto tiempo y bastante confiables sobre la conducta de un material, sin necesidad de elementos artificiales, reitero.

¿Cómo se logra esto?

Desde 1996 hasta 1998, muestras de polietileno de alta densidad (PVC) fueron expuestas de forma estacionaria, en la Caja Negra en el clima tropical de la Península de Yucatán, en dos ambientes típicos: marino- costero (MC) y rural-urbano (RU).

¿Por qué el empleo de una caja negra?

Debido a su color y por ser tapada con un cristal especial (que filtra los rayos ultravioletas), se obtiene una aceleración en los parámetros de temperatura, al igual

que en el porcentaje de humedad relativa, incluso por las noches. (La circulación del aire con sus contaminantes es libre en la caja, entrando por los orificios en su base).

Este material (PVC), es de uso común en el Sureste de México (techos, por ejemplo), así mismo en otras regiones del país y se busca un tiempo más largo para su vida útil, cambiando su composición.

¿Se puede decir que este método está bien espectado en climas tropicales, cómo nos explicaría dicha dinámica?

El análisis estadístico de los valores de temperatura y humedad relativa (T y HR), muestran que hay una diferencia significativa en el complejo T/HR de Mérida (ambiente rural-urbano) y de Progreso (marino-costero). (En este análisis ha colaborado con su colega el Dr. Gabriel Pérez). El ambiente de Mérida sufre de bruscos aumentos de la T (temperatura) con el consecuente disminución fuerte de la humedad, durante el día, mientras en Progreso estos cambios son casi insignificativos.

En Progreso, Yucatán en pleno litoral costero, la humedad relativa (y la temperatura) es relativamente constante durante el día y noche, e incluso durante casi todo el año, oscilando entre 87 y hasta 95% el porcentaje de humedad debido al contacto del aire con una importante fuente termodinámica que es el mar. Por su parte, en Mérida la humectación de los materiales ocurre solamente durante la noche y durante eventos de lluvia cuando la humedad relativa alcanza y sobrepasa valores de 80% -100%

En el caso del proceso de degradación de los polímeros y plásticos (materiales orgánicos), los cambios drásticos en la T (temperatura) y HR(humedad relativa) en Mérida son los que provocan su rápido deterioro y pérdida de propiedades mecánicas, rupturas y grietas prematuras. Periódicamente las muestras poliméricas, desarrolladas en la planta piloto del CICY han sido evaluadas, usando diferentes técnicas como FTIR y DSC, para conocer el proceso cinético de foto-oxidación y degradación de los polímeros.

De esta manera, los resultados del estudio de diferentes muestras del PVC, a prueba en la Caja Negra (Fig.1) han demostrado que se aceleran los mecanismos de degradación en la conformación del polímero y fue más alta la degradación en el ambiente rural-urbano de Mérida, debido a la mayor energía infrarroja proveniente del sol recibida durante el día.

La investigación realizada se fundamenta, hasta el momento, en mecanismos de degradación polimérica, el uso de diferentes rellenos antioxidantes (por ejemplo, carbonato de calcio) para la exposición del polímero, contaminación proveniente del clima tropical endógeno de Yucatán, prueba de aceleración y observación del mecanismo de degradación del polímero en el tiempo, durante su exposición dentro de la Caja Negra. La influencia del relleno mineral en la foto- oxidación como mecanismo de degradación del polietileno de alta densidad, forma parte de la secuencia de este ensayo.

¿Qué nos puede señalar en esta parte del proceso Dra. Lucien Veleza, hubo alguna innovación o cambio?

En las pruebas climáticas que se llevaron a cabo con el polímero de alta densidad y carbonato de calcio, empleando a este como relleno mineral, las muestras se expusieron también en las condiciones naturales, en ambos ambientes mencionados

anteriormente (RU y MC). Además se utilizó otro método del ASMT, el llamado Panel Rotatorio (Fig.2), coloquialmente denominado "perseguidor del Sol", donde dichas muestras obtuvieron la radiación completa durante el día, al ser colocadas en dicho panel. Este dispositivo fue construido en CINVESTAV-Mérida.



Vista general del "Panel Rotatorio" utilizado para estudio acelerado de polímeros y pinturas.

Las pruebas fueron analizadas para percibir los cambios en sus propiedades físicas y químicas con relación al comportamiento térmico, la absorción de radiación infrarroja y finalmente la degradación de los polímeros.

Despejando las diferencias entre la temperatura y la humedad relativa del ambiente RU y MC en sus evaluaciones diarias, se puede ver que la temperatura ambiental aparente es la clave en la proporción de impacto/envejecimiento, más que de humedad/ambiente para los materiales orgánicos.

En este estudio se subraya que las pruebas a nivel de laboratorio, utilizando diferentes cámaras de intemperismo, como pueden ser las generadas en atmósferas artificiales, proveen resultados rápidos en corto tiempo, puesto que usualmente se utilizan parámetros y valores altos, por ejemplo: **temperatura, humedad y diferentes radiaciones.**

Sin embargo en muchos casos se ha detectado que estos resultados no son confiables, ya que cambian el mecanismo de degradación del material. Por lo tanto, siempre son preferibles los ensayos acelerados, pero realizados en condiciones naturales (Caja Negra, Panel Rotatorio), donde los materiales sufren todos los cambios reales que les proporciona el ambiente natural.

Lo relevante del trabajo de la Dra. L. Veleza se centra en que ella utiliza condiciones ambientales naturales, en tiempo real en las atmósferas de interés, donde para medir los valores de humedad y temperatura realizó muestreos durante 3 años consecutivos, del 1997 al 1999, dando por resultado una variación exponencial en la cristalización

del carbonato de calcio durante los 6 primeros meses y posteriormente se estabilizó alrededor de un 77 a 80%.

Para este objetivo, fue desarrollado bajo su dirección un equipo electrónico con sensores de T, HR y TOW (tiempo de humectación – time of wetness), para medición continua de estos parámetros, directamente sobre la superficie de los materiales en estudio. En este proyecto participaron los Ing. Felipe Kantún y el Ing. José Bante, del CINVESTAV – Mérida.

En las condiciones del clima de Yucatán, el uso de techos de materiales poliméricos es muy común, sin embargo en dichos ambientes, estos materiales sufren una rápida degradación, bajo las temperaturas altas diarias y radiación solar infrarrojo, especialmente, seguidas por bruscas bajadas durante la noche. Sin embargo, el ambiente marino-costero de Progreso, por ejemplo, es menos dañino para estos tipos de materiales.

Por último preguntamos a la investigadora Lucien Veleva:

¿Serviría este proceso para degradar o reciclar PVC, es posible construir en grandes dimensiones la caja negra para uso industrial?

No, por el momento. El objetivo de este estudio ha sido otro: obtener información sobre el mecanismo de degradación del polímero, detectar el factor principal, así mismo estudiar la aplicación de un relleno mineral que podría detener su deterioro.

Ariadne GALLARDO FIGUEROA
agalfi@yahoo.com