

Wilkins, nacido en 1916, estudió física en el St John's College de Cambridge. Realizó su tesis doctoral en la teoría de fosforescencia y la estabilidad de los electrones atrapados por el fósforo en la Universidad de Birmingham. Durante la segunda guerra mundial trabajó en la separación de isótopos de uranio y participó en el proyecto Manhattan para la fabricación de la bomba atómica. Tras la guerra, se unió al equipo del Dr. J. Randall

en la Unidad de Biofísica del Medical Research Council en el King's College de Londres. Inicialmente estudió los efectos genéticos de los ultrasonidos, pero pronto desarrolló nuevos tipos de microscopios y cámaras para estudios de difracción de rayos X con las que consiguió nuevas imágenes de la forma A del DNA. Wilkins y su equipo pasaron siete años verificando experimentalmente el modelo de DNA construido por Watson y Crick.

## LA IMPORTANCIA DE SER UN EXTREMÓFILO

Juan Carlos Codina Escobar.

*Profesor de Educación Secundaria en el I.E.S. Los Montes de Colmenar (Málaga).*

Espero que el genial Óscar Wilde sepa disculpar mi atrevimiento al plagiar como título para este artículo el de su incomparable obra, *The importance of being Earnest*. Pero es que la importancia de estos microorganismos está resultando tal, que semejante título venía como anillo al dedo. Los microorganismos extremófilos viven en condiciones que, consideradas desde el punto de vista humano, resultan extremas. La mayor parte de estos microorganismos pertenece al grupo de las arqueas, muy semejantes a las bacterias, pero diferentes desde el punto de vista molecular. Dentro de los extremófilos hay microorganismos que viven y se reproducen en ambientes de elevada temperatura, como las fuentes termales (organismos termófilos). Otros, por el contrario, se desarrollan en ambientes fríos, próximos al punto de congelación del agua (psicrófilos). Los hay que toleran valores extremos de pH, tanto bajos (acidófilos) como elevados (alcalófilos). Y también los hay que sobreviven en ambientes de gran salinidad (halófilos).

Pero, ¿cuáles es la importancia de estos microorganismos que habitan lugares donde ningún ser humano podría vivir? La importancia de los extremófilos se basa en diversos aspectos de índole tanto básica como aplicada. De una parte, su descubrimiento y posterior estudio genético y molecular vino a confirmar la propuesta de que la vida consistía de tres líneas evolutivas principales, y no de las dos que se habían descrito de forma casi rutinaria en los libros de texto de ciencias. Estas dos líneas eran las bacterias (organismos unicelulares procariontes) y los eucariotas (organismos cuyas células presentan un núcleo verdadero). Pero un estudio comparativo de ARN ribosómico de diferentes organismos, permitió concluir en 1977 que un grupo de microorganismos, clasificados inicialmente como bacterias, pertenecían de hecho a una nueva línea, las arqueas [Madigan y Mairs. *Scientific American*, april number:82-87 (1997)]. La secuenciación de la primera arquea, *Methanococcus jannaschii* y su comparación con las bases de datos ha permitido la corroboración de tal hecho. El 44 % de sus genes se asemeja a los de las bacterias, a los de los eucariotas o a ambos, mientras que el 56 % restante son genes exclusivos de este organismo. El hecho de

que *M. jannaschii* posea caracteres de bacterias y de eucariotas, pero al mismo tiempo presente también marcadas diferencias, permite pensar que las tres líneas tienen un ancestro común. Ya que muchas arqueas y algunas bacterias están adaptadas a condiciones de vida similares a las existentes en la Tierra en sus orígenes (especialmente elevadas temperaturas y ausencia de oxígeno), se sugiere que estos dos grupos aparecieron primero, divergiendo desde un antepasado común. Posteriormente los organismos eucariotas evolucionaron a partir de las arqueas.

El hecho de que estos microorganismos extremófilos subsistan en condiciones muy desfavorables es uno de los aspectos que ha potenciado la búsqueda de vida en otros planetas. Así, las condiciones de Marte en cuanto a temperatura, condiciones atmosféricas y otras características, son muy diferentes de las que observamos actualmente en la Tierra. Y, sin embargo, existen lugares en nuestro planeta muy diferentes de los considerados «normales» para la vida. No es de extrañar, pues, que dichos lugares se hayan convertido en laboratorios al aire libre donde investigar sobre el origen de la vida. No hay que irse muy lejos para encontrar uno de esos lugares, la cuenca del río Tinto en la provincia de Huelva, cuyas características geológicas, hidroquímicas, biológicas y botánicas lo convierten en un fecundo manantial de proyectos de investigación. Pero, ¿qué tiene este río que lo asemeja tanto al planeta vecino? El parecido está en los minerales que aparecen en ambos lugares. A pesar de que aún queda lejos el momento en el que lleguen a la Tierra muestras del planeta rojo, el pasado mes de marzo, el robot Opportunity, mediante técnicas espectroscópicas, envió a nuestro planeta indicios de la existencia de jarosita, un sulfato de hierro que para formarse necesita la presencia de aguas ácidas. Aunque este mineral ha aparecido en otros lugares de la Tierra como Chile, sólo en el río Tinto hay vida evolucionada, lo que hace pensar a los científicos que en Marte hay o ha habido vida [Recio. *Andalucía Investiga*, 14: 10-13 (2004)]. Hay organismos extremófilos capaces de vivir en agua con pH extremos, que esté muy caliente o muy fría, siempre y cuando aquélla se encuentre en estado

líquido. Éste parece ser el requisito indispensable para la existencia de vida: la presencia de agua en estado líquido. De ahí las expectativas creadas en torno a la existencia de hielo en Marte. Si en algún momento de su larga historia ha existido agua líquida en Marte, las probabilidades de que puedan haber existido organismos vivos se ven incrementadas. Por otra parte, la existencia de organismos psicrófilos, como *Polaromonas vacuolata*, que viven a temperaturas cercanas al punto de congelación del agua, han llevado a los investigadores del Instituto de Astrobiología de la NASA a especular sobre la posible existencia de vida en algún momento, no sólo en Marte, sino también en Europa, una de las lunas heladas de Júpiter [Wysong. En: [www.accessexcellence.com/WN/Suextremefeb04.html](http://www.accessexcellence.com/WN/Suextremefeb04.html) (2004)].

Como se ha indicado, actualmente se considera que los organismos eucariotas evolucionaron a partir de arqueas. No es pues de extrañar que su estudio esté dando resultados sorprendentes sobre la evolución. Así, recientemente se ha encontrado en un organismo extremófilo, *Aeropyrum pernix*, una forma primitiva de hemoglobina, denominada protoglobina, que además también presenta casi la misma estructura que la mioglobina humana, si bien no muestra una capacidad de unión al oxígeno eficaz [Wysong. En: [www.accessexcellence.com/WN/SU/oxybreathjulo4.html](http://www.accessexcellence.com/WN/SU/oxybreathjulo4.html) (2004)].

Desde el punto de vista práctico, los extremófilos han supuesto una fuente potencial para multitud de aplicaciones industriales. Si tenemos en cuenta, por citar un ejemplo, que en el año 1996 las industrias biomédicas y de otro tipo gastaron más de 2 millones de euros en enzimas de uso diverso, y si consideramos que las enzimas estándar dejan de funcionar en situaciones donde sí funcionan las enzimas de los extremófilos, no es de extrañar, pues, que el uso de las denominadas extremoenzimas se haya incrementado [Madigan y Marrs. *Scientific American*. April number: 82-87 (1997)]. Así, la enzima *Taq* polimerasa, obtenida a partir de *Thermus aquaticus*, se emplea de forma generalizada en la técnica de PCR, una técnica utilizada de forma extensiva en investigación biológica, diagnóstico médico o investigación forense. Dicha técnica requiere de ciclos de baja y alta temperatura. Cuando Mullis diseñó esta técnica, las polimerasas utilizadas provenían de microorganismos no termófilos y dejaban de funcionar en el ciclo caliente del proceso. Ello significaba que había que reponer de forma manual las enzimas después de cada ciclo. El empleo de la *Taq* polimerasa vino a solucionar el problema. Recientemente, en algunos casos, la *Taq* polimerasa se ha reemplazado con la *Pfu* polimerasa. Esta enzima, aislada del hipertermófilo *Pyrococcus furiosus*, funciona a 100 °C. Un uso diferente de este tipo de extremoenzimas es el de una enzima que ha incrementado la eficiencia en la producción de ciclodextrinas. Las ciclodextrinas permiten estabilizar sustancias volátiles, mejorar la toma de medicamentos y enmascarar olores no agradables de

alimentos y medicinas.

Por su parte, los microorganismos psicrófilos han despertado la atención de las industrias que necesitan enzimas que operen a temperaturas propias de sistemas de refrigeración, tales como las relacionadas con el procesado de alimentos o fabricantes de perfumes y fragancias, así como productores de detergentes para lavado en frío. Las aplicaciones potenciales de las extremoenzimas de los acidófilos van desde su empleo como catalizadores para la síntesis de compuestos en solución ácida hasta su uso como aditivos para comida de animales. Estas enzimas mejoran la digestibilidad de granos de bajo coste en un ambiente ácido como es el estómago de los animales. Las enzimas de los microorganismos alcalófilos se están utilizando ampliamente para fabricar detergentes. El objetivo fundamental de un detergente es la eliminación de las manchas de comida y de otras fuentes de naturaleza grasa. Esta tarea se consigue con enzimas como las proteasas y las lipasas. Sin embargo, ambas resultan muy afectadas negativamente por el carácter básico de los detergentes. Las variantes «alcalófilas» de tales enzimas solucionan el problema. Llamativo resulta el empleo de estas enzimas en la producción de prendas vaqueras con aspecto de lavado a la piedra. Estas enzimas ablandan y decoloran los tejidos mediante la degradación de celulosa y la liberación de los tintes y colorantes.

Las extremoenzimas de los halófilos encuentran aplicación en la industria del petróleo. Se está investigando incorporar estas extremoenzimas en los procedimientos usados para incrementar la cantidad de crudo extraído de los yacimientos petroleros. Para crear canales a través de los cuales el petróleo pueda fluir al exterior, se bombea una mezcla viscosa de goma tipo guar y arena. Se fractura, mediante explosiones, la roca encajante y se fuerza a la mezcla a entrar en las nuevas grietas formadas. La goma guar facilita la dispersión de la arena en las fracturas y ésta permite el mantenimiento de la abertura de las mismas. Antes de que el petróleo pueda pasar, se debe eliminar la goma. Esto podría conseguirse incorporando en la mezcla una extremoenzima que facilitase su degradación. Teniendo en cuenta que los yacimientos de petróleo son, a menudo, lugares salinos, una extremoenzima halófila serviría para llevar a cabo tal función.

Si a todo esto le añadimos las posibilidades que supone la manipulación genética de estos microorganismos, su importancia se ve incrementada. Así, en el caso de la protoglobina aislada de *A. pernix*, el siguiente paso tras su descubrimiento fue la identificación de los genes responsables de su síntesis. Una vez secuenciados los genes, se ha solicitado la patente correspondiente, en anticipación a la posible obtención de un nuevo sustituto sanguíneo. No resulta, pues, sorprendente que los microorganismos extremófilos hayan adquirido ese status actual de organismos importantes. Llamarse extremófilo es el equivalente biológico a llamarse Ernesto en literatura.