

En el cuadro se reproducen en parte las medidas de seguridad que deben implementarse, según la propuesta realizada por el *National Institute of Health* de los Estados Unidos de América, antes de arriesgarse en la aplicación clínica de las células madre, independientemente de su origen (NIH, 2001).

Como puede observarse, todas tienen riesgo potencial y a todas deben afectar las medidas de seguridad, pero las embrionarias lo precisan en mayor grado. Finalmente, el riesgo seguro de

rechazo inmunológico que presentan las embrionarias es algo que preocupa menos, ya que se confía en poder “domesticar” las células mediante terapia génica para suprimirles esa capacidad. En todo caso, el desarrollo farmacológico permite dominar con garantías el rechazo inmunológico, aunque no exento de toxicidad y riesgo de inducción neoplásica. Así mismo, según avance el conocimiento, la clonación terapéutica podría ser una solución definitiva a este problema. Pero este es otro asunto que deberá tratarse separadamente.

BACTERIAS TERMÓFILAS. AL LÍMITE DE LO TOLERABLE

Elena Sánchez Fernández

Las bacterias termófilas son aquellas que se desarrollan a temperaturas superiores a 45°C, pudiendo superar incluso los 100°C (hipertermófilos) siempre que exista agua en estado líquido, lo que se consigue si la presión es elevada como ocurre en las profundidades oceánicas. Actualmente se están descubriendo muchas especies nuevas de bacterias termófilas en chimeneas hidrotermales de las profundidades marinas, como es el caso de *Rhodothermus obamensis* en la Bahía Tachibana (Japón) con un crecimiento óptimo a 80°C [Int J Syst. Bact, **46**:1099-1104 (1996)], *Deferribacter desulfuricans* en la montaña marina de Suiyo (Japón) con un crecimiento óptimo a 60-65°C [Int J Syst. Evol Microbiol, **53**:839-846 (2003)], *Marinithermus hydrothermalis* aislada a una profundidad de 1.385 metros [Int J Syst. Evol Microbiol, **53**:59-65 (2003)], o *Thermodesulfobacterium hydrogeniphilum* con un crecimiento óptimo a 75°C [Int J Syst. Evol Microbiol, **52**:765-772 (2003)], entre otros.

Existen organismos marinos capaces de desarrollarse alrededor de las chimeneas hidrotermales gracias a su asociación simbiótica con bacterias termófilas. Estas bacterias usan los sulfuros que les proporciona el organismo marino para convertirlos en una fuente de materia orgánica con la que el animal se desarrolla. Estos organismos marinos poseen adaptaciones bioquímicas para soportar la toxicidad del sulfuro (hemoglobinas modificadas, más volumen de sangre del habitual) y adaptaciones para eliminar este azufre tóxico. Así, en estas fuentes hidrotermales se cita al Filo *Pogonophora* con bacterias simbióticas en el interior de su trofosoma, al Filo *Annelida* (concretamente tubícolas de la Clase *Polychaeta*) o a la Clase *Bivalvia* con bacterias asociadas a las branquias (*Lucinidae*).

Los termófilos se caracterizan a nivel de

membrana porque poseen una proporción alta de lípidos saturados de cadena larga, lo que hace que tenga la fluidez adecuada a altas temperaturas. En cuanto a las proteínas, se ha visto que poseen gran estabilidad debido a enlaces de tipo covalente e interacciones hidrofóbicas.

El estudio de los termófilos se inició hace unos cuarenta años pero se ha ido intensificando cada vez más ya que poseen enzimas diferentes que les permiten trabajar en condiciones extremas y que tienen multitud de aplicaciones industriales. Se han aislado enzimas como α -amilasas, DNasas y serínproteasas de la bacteria termófila marina *Pyrococcus furiosus*, xilanasas termoestables de la bacteria *Rhodothermus marinus*, etc.

Las industrias dedicadas a blanquear papel, textil y otros productos ven mejor usar para el blanqueo el peróxido de hidrógeno que el cloro tóxico, aunque sería deseable eliminar el peróxido una vez utilizado para que el agua empleada en el proceso pueda reutilizarse o eliminarse al ambiente sin problema. Actualmente, el peróxido del proceso se diluye en grandes cantidades de agua limpia que suele tener alto coste o se trata con agentes como bisulfito de sodio o hidrosulfito que dejan sal en el agua. Las enzimas catalasas convierten el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno, pero los procesos de blanqueado industrial se llevan a cabo a elevadas temperaturas, con lo que las catalasas disponibles comercialmente se estropean rápidamente. Se han encontrado, en el Parque Nacional de Yellowstone, bacterias termófilas que producen catalasas termoestables que podrían emplearse en el proceso de blanqueado sin que la elevada temperatura les afecte en absoluto [Chemical & Engineering News, 26 Mayo (2003)].

Otra gran utilidad industrial de las bacterias termófilas sería la degradación de los PCBs (policlorobifenilos). Estos compuestos son muy

tóxicos y poseen una alta recalcitrancia. Son muy comunes, ya que forman parte fundamental de plásticos, refrigerantes, intercambiadores de calor, etc. El tratamiento biológico para degradarlos es muy lento y la contaminación por otro microorganismo afecta a la eficacia de degradación en serie. Se están empleando bacterias termófilas que crecen a 60°C y pueden utilizar bifenil, 4-clorobifenil y ácido benzoico como fuente de carbono, por lo tanto van a participar en la degradación de los PCBs, y, a esta elevada temperatura la posibilidad de contaminación por otro microorganismo que afecte al proceso es baja [Railway Technical

Research Institute, Octubre (2001)].

En el ámbito de la Biología Molecular, la aparición de las DNA polimerasas termoestables ha facilitado en gran medida la metodología de la PCR gracias a su capacidad para desnaturalizar el DNA. La primera usada fue la *Taq* polimerasa de *Thermus aquaticus*, de la que se han ido obteniendo variantes más fieles y eficaces.

Multitud de ejemplos se podrían seguir citando y con ellos corroboraríamos que las bacterias termófilas nos ofrecen un amplio abanico de aplicaciones allá donde otros microorganismos no llegan.