

Durante la transición de metafase a anafase hay una disolución rápida de la cohesión, que depende de la proteína Esp1p y promueve la degradación de Scc1p/Mcd1p. Tal degradación de Scc1p/Mcd1p podría desestabilizar la cohesión al inducir la disociación entre el complejo de cohesinas y los cromosomas, lo que induciría la separación de éstos hacia los polos opuestos de la célula madre.

Existen también otras moléculas consideradas como cohesinas que, aunque no forman parte del complejo de cohesinas, son indispensables para el establecimiento, el mantenimiento o ambos de la cohesión. Se trata de Eco1p/Ctf7p, Scc2 y Scc4p. Eco1p/Ctf7p es necesaria para establecer la cohesión durante la fase S, pero no para mantenerla durante las fases G2 o M. Por su parte, Scc2p y Scc4p forman un complejo aparte cuya actividad se precisa para la asociación del complejo de cohesinas con los cromosomas.

A pesar de que las cohesinas se adhieren al ADN antes de la fase S en levadura, la cohesión no es eficaz si no va acompañada de la síntesis del ADN; posiblemente, a medida que los cromátidas van emergiendo de la burbuja de replicación. De acuerdo con estudios genéticos en levadura se daría una conexión entre la polimerización del ADN y el establecimiento de la cohesión. De hecho, la proteína Trf4p de *S. cerevisiae* es una polimerasa de ADN llamada *pol κ*, y mutaciones en ésta producen defectos en el mantenimiento de la cohesión de los cromátidas. Quizá los factores que establecen la cohesión necesitan de la proximidad de una polimerasa del ADN; y cuando la maquinaria de polimerización se encuentra con un sitio de cohesión, se intercambia la polimerasa por Trf4p para polimerizar este sitio.

No obstante los avances en el conocimiento de los procesos de cohesión entre los cromátidas gemelos, así como de sus procesos de separación durante la mitosis, quedan por dilucidar no sólo los mecanismos moleculares y estructurales de tales procesos, sino también la manera en que determinados errores en ellos pueden provocar enfermedades.

IRENE CASTAÑO
Departamento de Genética
y Biología Molecular
Universidad Johns Hopkins
Baltimore

Eponjas

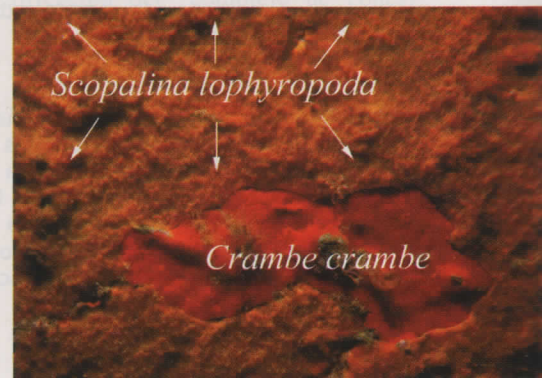
Cooperación entre reproducción asexual y sexual

Ningún organismo se encuentra distribuido de manera uniforme sobre el planeta. La existencia de discontinuidades en el ambiente provoca que las especies queden geográficamente fragmentadas, formando poblaciones más o menos separadas por zonas que les resultan inhabitables. La aparición de nuevas poblaciones fuera del límite de distribución conocido para una especie sólo puede deberse a que al menos un individuo o un propágulo reproductor ha llegado allí desde otra población; observación que se predica incluso de los organismos más sedentarios. A este respecto, las esponjas marinas ofrecen un problema particularmente interesante.

Este grupo constituye un ejemplo paradigmático de ubicuidad, estando bien representado en casi todas las profundidades y desde el ecuador hasta los mares polares. Sin embargo, su potencial colonizador es teóricamente muy limitado. Los adultos viven fijos sobre el fondo; la dispersión de las especies queda a cargo de unas pequeñas larvas (0,5-2 mm) ciliadas nadadoras, que aparecen por reproducción sexual, generalmente una vez por año. La motilidad de la larva es muy limitada y su incapacidad para alimentarse sólo le permite vivir muy pocos días en el plancton. Por ello, raramente aparecen larvas

de esponjas en muestras de agua oceánica; tampoco en muestras tomadas más allá de unas pocas decenas de metros de la costa. Resulta, por tanto, muy difícil explicar la existencia de esponjas con poblaciones distribuidas por varios mares o a lo largo de cadenas de islas oceánicas separadas entre sí por decenas de kilómetros.

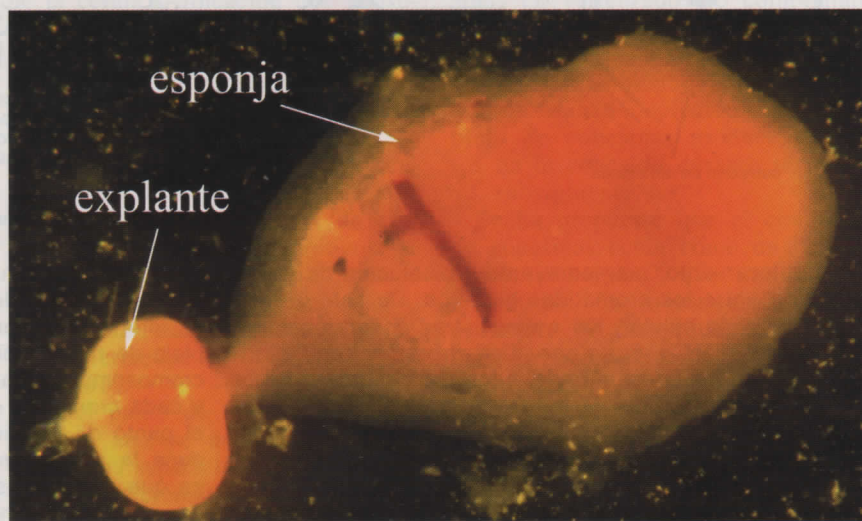
A primera vista, la razón se es-



1. Colonia de *Scopalina lophyropoda* (naranja) en torno a otra, menor, de *Crambe crambe* (rojo)

condería en sus múltiples formas de transporte pasivo, además de la dispersión larvaria: fragmentos capaces de reorganizar un individuo completo, yemas de reproducción asexual y esponjas pequeñas establecidas sobre substratos ligeros, arrastrados por las corrientes.

Pero las posibilidades de éxito de todos estos mecanismos son virtualmente nulas. El miembro fundador tendría que multiplicarse por métodos asexuales, originando una



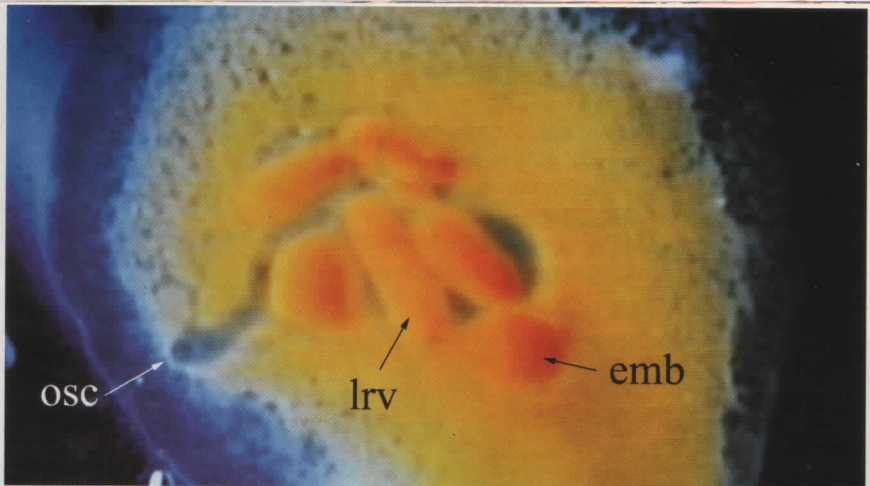
2. Un fragmento de tejido sin reorganizar (explante) junto a otro en avanzada fase de progreso hacia su conversión en esponja

población de individuos clónicos condenada a la extinción, ya que cualquier intento de reproducción sexual sería una autofecundación. Para que una incipiente población fundadora no se hunda por efecto de la consanguinidad, se requiere la llegada de más de un genotipo al nuevo hábitat.

Ahora bien, la posibilidad de que las corrientes y turbulencias arrastren más de un propágulo hasta el mismo lugar remoto, de que al menos dos de ellos se establezcan y sobrevivan hasta la madurez y de que sus gametos se crucen para iniciar una nueva población es mínima.

O así se suponía hasta que abordamos la reproducción en *Scopalina lophyropoda*, una demosponja bastante común en el infralitoral mediterráneo español. Se ha descubierto un mecanismo que permite que la posibilidad insignificante aludida en el párrafo anterior se torne alta probabilidad.

Como muchas otras esponjas, tras la fecundación, *S. lophyropoda* incuba los embriones en su interior hasta el estado de larva. Las larvas son entonces expulsadas al exterior a través de los canales acuíferos. La etapa planctónica de la larva dura sólo 2,5 días en promedio. De ahí que se creyera que los nuevos individuos originados por estas larvas se



3. Esponja reorganizada desde un fragmento. Se aprecian las larvas (lrv) y embriones (emb) en una cámara de incubación con salida al exterior por el ósculo (osc)

Estas tornan a ser resuspendidas y dispersadas por las corrientes. Pero si los explantes permanecen inmóviles sobre un sustrato adecuado durante 2-3 días, terminan por fijarse en él, convertidos en pequeñas esponjas funcionales, genéticamente idénticas (clones) a la esponja fragmentada.

Ese método de propagación asexual entre las esponjas se conocía desde antiguo. El interés de nuestro hallazgo reside en que si la fragmentación tiene lugar en esponjas reproductoras, pedazos de tan sólo 1 o 2 mm de diámetro pueden contener varios embriones.

En condiciones normales, el desarrollo embrionario requiere la presencia de un pseudoepitelio placentario y de células nodrizas del embrión. Pero tales estructuras históricas se desorganizan en el fragmento desprendido, que se diferencia para tornar a ser una bola de tejido totipotente. En tal estado, cabría suponer que los embriones contenidos en los explantes se resorbieran y cedieran su contenido energético al proceso de reorganización del explante en esponja. No siempre acontece eso.

Contra todo pronóstico, los embriones son capaces de completar su desarrollo hasta larva en el interior de las bolas de tejido. Si el explante se convierte en esponja antes de que termine la embriogénesis, se forma una cámara de incubación que comunica con el exterior por un conducto, a través del cual serán liberadas las larvas.

Cuando la embriogénesis concluye antes de que el explante se convierta en esponja, porque el sustrato no

es adecuado o porque el hidrodinamismo lo impide, las larvas se abren camino hacia el exterior, atravesando la masa de tejido desorganizado del explante.

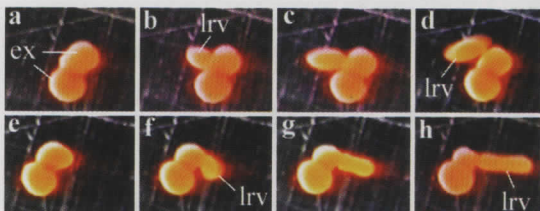
En nuestros experimentos, los fragmentos tardaron de tres a 28 días en convertirse en esponjas. Aunque no podemos determinar la distancia a la que podría llegar un fragmento de 1-2 mm durante ese intervalo temporal, se sabe que fragmentos mucho mayores arrancados por las tormentas se propagan a lo largo de kilómetros, con gran rapidez.

Mientras las corrientes dispersan los fragmentos, los embriones se van desarrollando en el interior. Por tanto, la reproducción sexual y asexual cooperan para maximizar la dispersión del propágulo sexual (la larva) por adición de la dispersión previa experimentada por el propágulo asexual (el fragmento).

Y lo que es aún más importante, la dispersión de fragmentos portadores de embriones maximiza la probabilidad de que genotipos diferentes alcancen simultáneamente un nuevo hábitat, reduciendo la consanguinidad del episodio fundador y aumentando la probabilidad de establecer una población viable. La dispersión sólo adquiere valor si el propágulo dispersivo establece una nueva población.

Aunque nuestro estudio se ha limitado a una sola especie, puede afirmarse que probablemente ese mecanismo de colonización, simple y eficiente, lo utilizan numerosas esponjas.

MANUEL MALDONADO,
MARÍA JESÚS URIZ,
M.^A CARMEN CARMONA
Centro de Estudios Avanzados
de Blanes (CSIC).



4. Secuencia de liberación de dos larvas (lrv) desde un fragmento de tejido (ex) que aún no se ha reorganizado en esponja

establecerían dentro de los límites de la población parental o en sus alrededores.

Sin embargo, se desconocía que el potencial de dispersión puede verse aumentado notablemente si las esponjas son fragmentadas cuando están en proceso de gestación. Las colonias de esponjas pueden romperse en cualquier época del año por perturbaciones físicas (oleaje o rotura del sustrato) y biológicas (mordisqueo y actividades erosivas de peces e invertebrados).

Los fragmentos desprendidos se redondean rápidamente y forman explantes, bolas de tejido indiferenciado.