

Inhóspita dulzura

Hay palabras que producen cierto vértigo al oír las o pronunciarlas. Me sucede, por ejemplo, con “galaxia”, “abisal” o “Precámbrico”. También con “biodiversidad”, más ahora que me dedico a estudiar algunos microbios. Es inevitable estremecerse cuando uno lee que el número de especies de hongos que habitan en nuestro planeta puede superar los cinco millones, que una tonelada de suelo alberga hasta cuatro millones de especies de bacterias o que tan solo en los bosques atlánticos de Brasil podría haber trece millones de especies de bacterias esperando a ser descubiertas por la ciencia. Suponiendo, claro está, que el concepto de “especie” sea aplicable a las bacterias.

Cada una de estas incontables especies es una solución viable y diferente a un mismo problema: producir un número suficiente de copias del propio genoma para existir indefinidamente. Esos millones de especies son como millones de palabras diferentes para designar un mismo concepto, escritas todas ellas con los caracteres de un alfabeto formado por sólo cuatro letras, los nucleótidos que conforman los ácidos nucleicos. Es difícil no evocar el desconcertante vértigo que provocan las páginas de *La biblioteca de Babel* de Jorge Luis Borges: “El universo (que otros llaman la Biblioteca) se compone de un número indefinido, y tal vez infinito, de galerías hexagonales...”

Precisamente el análisis de las secuencias de nucleótidos en muestras de ácidos nucleicos obtenidas del medio natural está permitiendo cuantificar las especies de microbios que habitan el suelo, el agua o la superficie de las plantas, sustratos todos ellos caracterizados por extraordinarias diversidades. Las nuevas herramientas moleculares y tecnológicas han impulsado un avance sin precedentes en la evaluación de las auténticas dimensiones de la diversidad microbiana, permitiendo esbozar cifras como las que he mencionado en el párrafo inicial. También han hecho posible formular por primera vez preguntas sobre la ecología y evolución de las comunidades de microbios que hasta hace muy poco eran impensables. ¿Qué factores ecológicos afectan a la diversidad de las comunidades de microbios? ¿Existen reglas que rijan la formación de esas comunidades en su medio natural? Y, si existen, ¿son iguales o muy dispares a las que gobiernan la formación de las comunidades de animales o plantas superiores? Responder a estas preguntas es uno de los retos más candentes que existen hoy en las fronteras de la ciencia ecológica.

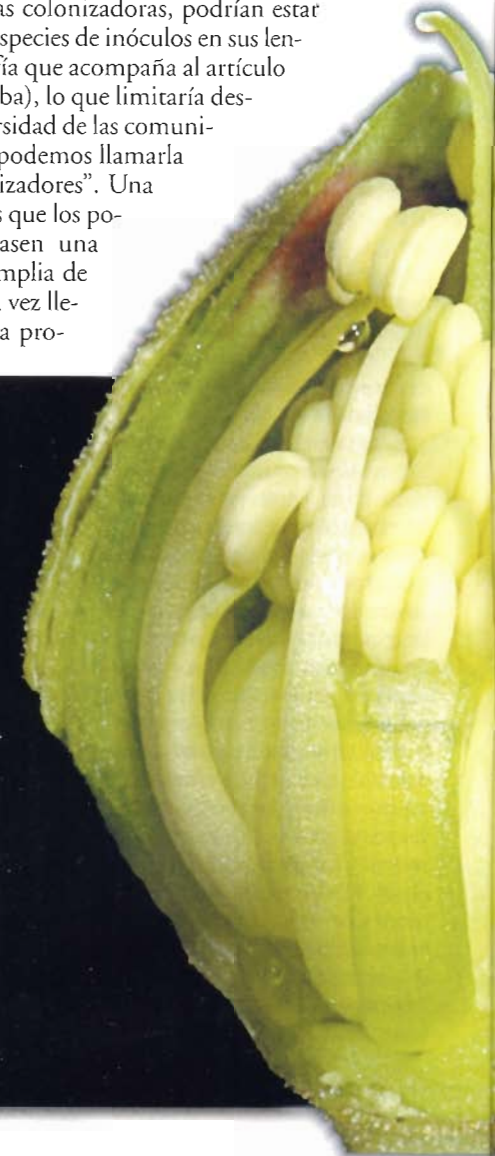
LEVADURAS DEL NÉCTAR

Los interrogantes anteriores pueden resultar todavía inabordables en comunidades microbianas hiperdiversas, como las del suelo o el mar, pero es posible obtener algunas primeras aproximaciones aplicando las nuevas herramientas moleculares al estudio de comunidades microbianas de baja diversidad, que también existen. El néctar de las flores es un hábitat natural para muchas levaduras, donde a menudo sus densidades superan las 100.000 células por

El refrán “Lo que a uno cura a otro mata” se cumple en la naturaleza. El azucarado néctar floral del que se alimentan tantos polinizadores es un hábitat inhóspito y hasta mortífero para muchas levaduras, donde sólo pueden multiplicarse algunas especies adaptadas a ambientes extremos.

milímetro cúbico (puede verse una descripción general del sistema en mi artículo del número 269 de *Quercus*, publicado en julio de 2008). Una de las sorpresas que nos ha deparado el estudio de estas comunidades es que el número de especies implicadas es bastante bajo, si lo comparamos con casi cualquier otra comunidad microbiana estudiada hasta la

fecha. En el sur de España, el néctar de una especie de planta puede contener a lo sumo cuatro o cinco especies de levaduras, pero lo habitual es que sean solamente una o dos. ¿Por qué son tan pobres en especies las comunidades de levaduras del néctar? ¿Qué factores limitan su diversidad? Dado que son los polinizadores quienes al visitar las flores introducen en el néctar las primeras células colonizadoras, podrían estar transportando pocas especies de inóculos en sus lenguas (véase la fotografía que acompaña al artículo de *Quercus* citado arriba), lo que limitaría desde el principio la diversidad de las comunidades. Esta hipótesis podemos llamarla de “pobreza de colonizadores”. Una hipótesis alternativa es que los polinizadores transportasen una gama relativamente amplia de especies pero que, una vez llegadas al néctar, alguna pro-



Flor de eléboro o hierba ballestera (*Helleborus foetidus*) con parte del perianto eliminado para dejar ver su interior. En primer plano puede observarse uno de los nectarios traslúcidos casi lleno de néctar, energético alimento para los abejorros que visitan y polinizan la flor pero inhóspito hábitat para muchas de las especies de levaduras que aciertan a llegar a él transportadas por dichos abejorros.

riedad de éste limitase o impidiese el crecimiento de una parte de ellas, quedando al final sólo un subconjunto empobrecido de las colonizadoras iniciales. Esta sería la hipótesis del “filtrado por el néctar”.

No es difícil imaginar un experimento que dilucide cuál de las dos hipótesis anteriores explica mejor la escasez de especies de levaduras en el néctar floral. Basta con comparar las especies que “viajan” como inóculos en las lenguas de los polinizadores con las que acaban creciendo en el néctar algún tiempo después de haber sido infectado artificialmente tras libar en él. Si ambos conjuntos de especies resultasen ser similares, la hipótesis de la pobreza de colonizadores saldría triunfadora. Si, por el contrario, las especies que creciesen en el néctar fuesen un subconjunto empobrecido de las que viajan en la boca de los polinizadores, entonces ganaría la hipótesis del filtrado. Hicimos este experimento usando flores de eléboro o hierba ballestera (*Helleborus foetidus*) y uno de sus principales polinizadores, el abejorro *Bombus terrestris*. Las flores de eléboro poseen en su interior un anillo de nectarios, cada uno de los cuales puede llegar a acumular bastante néctar, como se aprecia en la fotografía. Ese es el hábitat natural donde viven densas poblaciones de levaduras dominadas por una especie, *Metschnikowia reukaufii*. Capturamos abejorros mientras se alimentaban en el campo y los dividimos en dos grupos. Frotamos las lenguas del primero de ellos sobre la superficie de un medio de cultivo específico de levaduras. Respecto al otro, introdujimos brevemente la lengua en néctar virgen de eléboro, esperamos 48 horas y luego depositamos ese néctar en el medio de cultivo para levaduras. El primer grupo nos permitiría conocer qué especies eran las que estaban transportando los abejorros, mientras que el segundo nos diría cuántas y cuáles de las anteriores eran las que quedaban después de haber sido “filtradas” por el néctar.

Los resultados de nuestro experimento no dejaron lugar a dudas. Al secuenciar el ADN de un gen que las diferencia bien (su “código de barras”,

por así decirlo), identificamos la especie a la que pertenecían todas las cepas de levaduras. Mientras que en la boca de los abejorros viajaban hasta diez especies diferentes, sólo cuatro de ellas fueron capaces de prosperar en el néctar de eléboro. Y de estas últimas, únicamente *Metschnikowia reukaufii*, la especie que predomina en el néctar silvestre, alcanzó densidades importantes. Rechazamos, por tanto, la hipótesis de la pobreza de colonizadores como explicación de la baja diversidad microbiana en el néctar de eléboro y aceptamos la hipótesis del filtrado por el néctar. Pero, como siempre sucede en ciencia, responder a una pregunta conlleva la formulación de otras nuevas. ¿Qué tiene el néctar de eléboro que lo vuelve inhabitable o inhóspito para la mayoría de las levaduras que viajan en la boca de los abejorros? ¿No es la palabra “néctar” un sinónimo habitual de bondad, exquisitez y dulzura? ¿Por qué hay tantas especies de insectos que pueden alimentarse con normalidad del néctar de eléboro pero sólo una o dos especies de levadura logran hacerlo? O, lo que es lo mismo, ¿por qué lo que es comida para unos es veneno para otros?

DULCE COLOFÓN

Nuestra explicación, que de momento no pasa de ser una hipótesis, es que precisamente la característica del néctar de eléboro que lo hace apetecible para tantos insectos –incluidos los abejorros transportadores de levaduras– es la misma que limita la diversidad de dichas levaduras: su alta concentración de azúcar. El néctar contiene un 40-50% de azúcar, lo que representa un aporte energético nada desdeñable para los insectos polinizadores. Pero sólo una pequeña proporción de las especies de levaduras, algo menos del 15%, pueden crecer en un medio donde la presión osmótica resultante de la elevada concentración de azúcar impone un estrés hídrico generalmente incompatible con la vida celular. *Metschnikowia reukaufii* es una de esas privilegiadas.

El “filtrado” de especies es un mecanismo ecológico bien conocido en invertebrados y vertebrados. Por ejemplo, de todas las especies de orugas que habitan en un bosque y que podrían potencialmente consumir las hojas de una planta concreta, sólo lo hacen aquellas que tienen la capacidad de tolerar sus compuestos químicos defensivos o para desactivarlos transformándolos en sustancias inocuas. De todos los pájaros frugívoros que pueblan un bosque, sólo aquellos que sean inmunes a los venenos que tan a menudo contienen los frutos de muchas especies podrán usarlos como alimento. Por ejemplo, la dosis letal del alcaloide atropina, presente en las bayas de la belladona (*Atropa belladonna*), es casi mil veces más alta para los mirlos (*Turdus merula*) que para los humanos. Es posible, por tanto, que los mecanismos que configuran algunas comunidades de microbios no sean tan distintos de los que actúan en las comunidades de “macrobios”. Pero lo que me parece más sugerente de esta historia de abejorros, levaduras y néctar es su valor como metáfora del papel enriquecedor de la heterogeneidad, las diferencias y los contrastes abruptos. Una misma estructura o sustancia biológica puede jugar papeles ecológicos radicalmente diferentes y hasta contradictorios para distintos organismos. Intuyo que la polivalencia ecológica de un mismo recurso es una fuente de especialización y diversificación que, en última instancia, amplifica y alimenta la diversidad biológica. Expresado en términos literarios, es como si una profusión indefinida, y tal vez infinita, de encarnaciones biológicas de Jano, el dios de las dos caras, ayudase a convertir nuestro planeta en una biblioteca de Babel habitada por incalculables sinónimos hechos con combinaciones de sólo cuatro caracteres. ☞

Nota del autor

El estudio sobre las levaduras y el eléboro descrito en este artículo lo hicimos Azucena Canto, Maribel Pozo, Pilar Bazaga y yo mismo.

