

ENCUENTROS EN LA
BIOLOGÍA es editado por:

Editor ejecutivo
Salvador Guirado

Comité editorial
Ramón Muñoz-Chápoli
Antonio de Vicente
José Carlos Dávila
Francisco Cánovas
Francisca Sánchez Jiménez
Luis Javier Palomo

**Colaborador en este
número**
Alejandro Pérez García

2

Evolución del código
genético

Noticias breves

3

Un reciente cambio evo-
lutivo en el comporta-
miento migratorio de la
curruca capiroxada

Número de neuronas y
comportamiento

Noticias breves

4

Noticias breves

ENCUENTROS EN LA BIOLOGÍA

AÑO 1, NÚMERO 5, FEBRERO 1993.

BACTERIAS Y "MOUSSE DE CHOCOLATE"

El desastre ecológico producido por el petrolero griego "Mar Egeo" en las costas gallegas, junto con el causado por el "Braer" en las islas Shetland, al norte de Escocia, han centrado una vez más, por desgracia, la atención de la opinión pública sobre los problemas de contaminación ocasionados por los vertidos masivos de petróleo, las denominadas mareas negras, emulsiones de agua en petróleo muy viscosas llamadas también por su aspecto "mousse de chocolate". Una de las posibles armas en la lucha contra la contaminación por hidrocarburos es la biodegradación de los mismos por las poblaciones microbianas naturales.

Los principales organismos biodegradadores de hidrocarburos en el medio ambiente son las bacterias y los hongos, predominando las bacterias en el medio acuático marino. Las principales bacterias biodegradadoras son *Pseudomonas*, *Micrococcus*, actinomicetes y corineformes. También se han descrito algas capaces de degradar algunos compuestos, no así en el caso de los protozoos.

En una reciente revisión de Leahy y Colwell [(*Microbiol. Rev.*, 54, 305 (1990))] se repasan los diferentes factores tanto físico-químicos como biológicos que afectan a la biodegradación de los hidrocarburos. Entre los estrictamente físico-químicos destaca la propia composición química del vertido, ya que no todas las fracciones de hidrocarburos que componen el petróleo presentan la misma susceptibilidad a la degradación. Por otro lado, el estado físico del vertido también es un factor importante, ya que la degradación será mucho más efectiva cuanto más disperso se encuentre el crudo y por lo tanto presente una mayor superficie para el ataque microbiano, por lo que el empleo de dispersantes resulta muy útil para favorecer la biodegradación siempre que no sean tóxicos en sí mismos.

La temperatura también influye en la biodegradación por su efecto sobre la naturaleza física y química del petróleo y la composición de la comunidad microbiana. Aunque una temperatura elevada favorece la degradación, se han descrito altas tasas de biodegradación a temperaturas próximas a 0°C. Además, el metabo-

lismo de los hidrocarburos necesita de condiciones aeróbicas ya que requiere oxígeno molecular para los pasos iniciales de la oxidación de los mismos. Normalmente no hay limitación de oxígeno en la columna de agua, en cambio, en los sedimentos se dan condiciones anóxicas, donde a pesar de que la tasa de degradación anaeróbica de hidrocarburos es insignificante, se produce la degradación de compuestos aromáticos. Por otro lado, un vertido de petróleo al mar provoca una brutal desproporción entre C por un lado y N y P por otro, desfavorable para el crecimiento microbiano, lo que convierte al N y al P en importantes factores limitantes de la degradación. El reajuste de estas proporciones puede corregirse mediante la adición de estos nutrientes en forma de fertilizantes oleofílicos de muy distinto tipo.

Entre los factores biológicos que influyen sobre la biodegradación de los hidrocarburos destacan la composición de la comunidad microbiana indígena y su capacidad de adaptación, fenómeno por el cual se produce un incremento del potencial biodegradador de la comunidad como consecuencia de una exposición anterior a los hidrocarburos. Se han descrito tres mecanismos interrelacionados por los cuales puede ocurrir la adaptación: 1) inducción y/o desrepresión de enzimas específicos, 2) cambios genéticos como son la transferencia de genes y la mutación y 3) enriquecimiento selectivo en microorganismos capaces de transformar hidrocarburos. Los plásmidos pueden jugar un importante papel en la adaptación genética, ya que se ha demostrado, sobre todo en *Pseudomonas*, que la capacidad de degradar muchos hidrocarburos reside en estos elementos extracromosómicos altamente móviles.

En la lucha contra las mareas negras también se ha planteado la introducción de microorganismos alóctonos para aumentar la tasa de degradación. En este sentido, se han utilizado tanto cultivos mixtos con capacidades degradadoras complementarias, como superdegradadores creados mediante ingeniería genética, pero los resultados en experiencias de campo no son muy satisfactorios y los

Noticias breves

Belladona: Sírvase usted mismo

La Belladona (*Atropa belladonna*) es una planta solanácea fuertemente tóxica debido a su contenido en alcaloides, especialmente hiosciamina y atropina. La hiosciamina, muy abundante en la belladona, es transformada por la planta en escopolamina mediante una reacción catalizada por una hidroxilasa. La escopolamina tiene muchas aplicaciones farmacológicas debido a su acción parasimpaticolítica (anticolinérgica), por ejemplo, prevenir el mareo durante los viajes o los espasmos intestinales. Pero el contenido en escopolamina de la belladona es muy escaso y debe ser purificado por cromatografía. El panorama es diferente desde que un grupo de biotecnólogos han conseguido insertar y expresar en la belladona genes extra para la hidroxilasa que cataliza la síntesis de escopolamina [Yun et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, **89**, 11799 (1992)]. Las plantas genéticamente alteradas producen grandes cantidades de este alcaloide en tallo y hojas, de las que puede ser extraído fácilmente por cristalización. Por cierto, la belladona debe su nombre a que, en el siglo XVI, las mujeres empleaban el jugo de sus frutos para dar brillo a sus ojos.

mayores logros se han conseguido en ambientes controlados como son fermentadores o quimiostatos.

No obstante, se tienen depositadas fundadas esperanzas en un nuevo produc-

to que se compone de bacterias, polvo de arcilla que coagula el petróleo para que no se hunda y un fertilizante basado en el nitrógeno. **A.P.G.**

EVOLUCIÓN DEL CÓDIGO GENÉTICO

Un grupo de investigadores japoneses reúnen una serie de evidencias sobre la "no universalidad" del código genético en una reciente revisión [(Osawa et al., *Microbiol. Rev.*, **56**:229 (1992)]. El código genético es el sistema que permite emplear la información del DNA y RNA en la síntesis de proteínas; se estableció en 1966, sobre todo a partir de *Escherichia coli*, y se consideró universal, pues se observó que era común a organismos tan diversos como virus y vertebrados. De los 64 tripletes, 61 codones codificaban aminoácidos específicos y los otros tres indicaban la finalización de la síntesis de la proteína. Esta aparente universalidad llevó a considerar que su evolución había quedado detenida.

En 1979, se descubre que el código en las mitocondrias de vertebrados varía del código "universal", y esto hace, en tan sólo algunos años, tambalearse la idea del código genético universal e invariable. Aún durante algunos años tratan de buscarse algunas explicaciones que no afecten esta universalidad, como que el pequeño tamaño del genoma mitocondrial podía tolerar cambios en el código inaceptables para el genoma nuclear. No obstante, las evidencias acumuladas en los últimos diez años, incluyendo las modificaciones del código que afectan a organismos completos, han llevado a plantearse el código genético como algo *que está todavía evolucionando*.

El primer dato que apoya esta evolución se publicó en 1979 por Barrell et al. (*Nature*, **282**: 189) que encontraron que los codones universales AUA (isoleucina) y UGA (terminación) codifican para metionina y triptófano, respectivamente, en mitocondrias humanas; estudios posteriores han demostrado que UGA también codifica para triptófano en varias especies de *Mycoplasma* y en las mitocondrias de todos los organismos estudiados, salvo en las de plantas. En los últimos años se han seguido encontrando otras modificaciones en distintos organismos, así, los codones universales de terminación UAA y UAG

codifican glutamina en el alga verde *Ace-tabularia* y en protozoos ciliados, excepto *Euplotes octacarinatus* que emplea UAA como terminación, pero UGA para cisteína. Especies de la levadura *Candida* usan CUG (leucina) para serina. De cualquier manera, la mayor parte de las desviaciones del código genético "universal" se han observado en las mitocondrias de organismos no vegetales: los cuatro codones CUN (leucina) codifican treonina en levaduras; AAA (lisina) asparragina en platelmintos y equinodermos; UAA (terminación) tirosina en planarias y los dos codones AGR (arginina) codifican serina en diferentes grupos de invertebrados y para terminación en vertebrados.

Hasta el momento no se han descrito desviaciones del código genético universal en arqueobacterias, en la mayoría de las eubacterias (salvo micoplasmas), en cloroplastos y mitocondrias de plantas y genoma nuclear de plantas y vertebrados; por el contrario en las mitocondrias de protozoos, metazoos, mohos y levaduras, pueden seguirse una serie de modificaciones en el significado de algunos tripletes, que han llevado a algunos autores [Jukes et al., *Nature*, **352**: 575 (1991)] a establecer árboles filogenéticos en función de estas modificaciones del código genético mitocondrial.

Osawa et al. (ib.) sugieren que los cambios se inician por la pérdida de un codón de todas las secuencias codificantes en un organismo u orgánulo, acompañada por la pérdida del tRNA que traduce dicho codón; posteriormente, reaparece el codón por conversión de otro codón y la aparición de un tRNA que traduce el codón reaparecido con un significado distinto. Todavía en algunos textos, estos códigos "no universales" se consideran como excepciones, pero éstas son cada vez más numerosas, y algunos de estos códigos no universales están ampliamente distribuidos en varios grupos de organismos. Los autores de esta revisión vaticinan que se seguirán descubriendo modificaciones del código genético ¿universal?. **A.V.**

Noticias breves

Bacterias como conservantes para ensaladas

La técnica propuesta por un grupo de la Universidad de Wageningen (Holanda) permite conservar las ensaladas frescas durante varias semanas almacenadas en el refrigerador, e "incluso mejora su sabor y mantiene una textura perfecta", sin necesidad de añadir conservantes artificiales para evitar el desarrollo de organismos perjudiciales que alteran habitualmente estos productos. La técnica consiste en añadir una cepa de *Lactobacillus* aislada de aguas, parecida a la empleada en la fermentación del yogur o los embutidos. La bacteria se mezcla con el aliño o la salsa, y después se prepara y empaqueta la ensalada, se incuba 7 horas a 45°C y se mantiene refrigerada hasta su consumo. El ácido láctico producido durante la incubación es suficiente para evitar el crecimiento de las bacterias socrófilas y mejorar el sabor [*European Microbiology*, 2, 38 (1993)].

Agente anticancerígeno de origen bacteriano

Una cepa bacteriana aislada recientemente en África del Sur produce una sustancia que presenta características potenciales para el tratamiento del cáncer. Esta bacteria produce un metabolito secundario: "altromicinas". Los ensayos de laboratorio

UN RECIENTE CAMBIO EVOLUTIVO EN EL COMPORTAMIENTO MIGRATORIO DE LA CURRUCA CAPIROTADA

La Curruca capirotada (*Sylvia atricapilla*) es un pequeño pájaro insectívoro, migrador parcial, frecuente en España. Hasta los años cincuenta no invernaba en las Islas Británicas, pero desde entonces algunos miles de ejemplares permanecen allí durante todo el invierno. Experimentos de marcaje demostraron que no se trataba de ejemplares sedentarios, que renuncian a su habitual migración hacia Francia y España, ni tampoco de aves procedentes de Escandinavia en su ruta hacia el cálido sur. En realidad, estas curruccas procedían de Centroeuropa, concretamente de Austria y Alemania. Todo parece indicar que, en el curso de tres o cuatro décadas, una parte de la población centroeuropea (estimada entre un 7 y un 11%) ha cambiado sus hábitos de migración invernal hacia el suroeste por una nueva ruta noroccidental hacia las Islas Británicas. Un grupo de ornitólogos alemanes decidieron averiguar las causas de este cambio [Berthold et al., *Nature*, 360, 668 (1992)]. Capturaron curruccas en el oeste de Inglaterra durante el invierno y permitieron su reproducción en grandes jaulas situadas en Alemania. Cuidadosos experimentos de orientación en la época de la migración mostraron la tendencia de estas curruccas a dirigirse hacia el noroeste, lo cual podría ser interpretado como un comportamiento de "homing", es decir, de "vuelta a casa". Pero lo interesante del caso es que todos sus descendientes, nacidos en Alemania, mostraron

exactamente el mismo comportamiento de orientación hacia las Islas Británicas. Curruccas "control" capturadas en Alemania, se orientaban en cambio hacia el suroeste. Por tanto se concluía que el comportamiento tendente a seguir una nueva ruta de migración tiene una clara base genética.

Los autores del trabajo afirman que probablemente la "ruta noroeste" entraba dentro del rango normal de variabilidad genética de las curruccas centroeuropeas y quizá fuera seguida en el pasado con muy baja frecuencia. Se puede ahora especular sobre las causas que han favorecido el rápido incremento de esta "variante migratoria" que parece ofrecer una clara ventaja selectiva, puesto que las curruccas que presentan este comportamiento han pasado de ser el 0% a alrededor del 10% de la población en treinta años. Algunas posibles causas que se avanza son las nuevas fuentes de alimento (la costumbre británica de suministrar alimento a los pájaros durante el invierno), inviernos más suaves en las Islas Británicas por el calentamiento del clima, menor distancia de migración, menos competencia intraespecífica o incluso el más temprano retorno a las áreas de cría debido a la diferencia de fotoperiodo entre Gran Bretaña y España. Esta temprana vuelta a las zonas de reproducción quizás se traduzca en ventajas para la pareja nidificante, que pueden elegir los mejores territorios. **R.M.**

NÚMERO DE NEURONAS Y COMPORTAMIENTO

La forma en que un animal siente, percibe y actúa depende de cómo está organizado su sistema nervioso, es decir, cuántas neuronas lo componen y cómo están interconectadas. El número de posibles conexiones entre neuronas dependerá pues del número de éstas y consecuentemente mientras mayor cantidad de neuronas más posibilidades de interconexión existirán. Así, el número de neuronas de un sistema nervioso puede darnos una idea de la complejidad del comportamiento de un determinado grupo animal.

El número total de neuronas de un sistema nervioso maduro es muy variable: desde menos de 300 que tienen los peque-

ños metazoos de vida libre como los nematodos, pasando por alrededor de 30 millones en el pulpo y mamíferos pequeños como las musarañas, hasta más de 200.000 millones en los grandes mamíferos como elefantes y ballenas (las estimaciones más "generosas" para el cerebro humano calculan el número total de neuronas en un billón (10^{12}), aunque estudios más precisos dan un número de unos 85.000 millones para un cerebro de tamaño medio [Lange, *Cell Tiss. Res.*, 157, 115 (1975)].

Aunque la complejidad del comportamiento no es función del tamaño del cuerpo, las especies más grandes tienen cere-

Noticias breves

han puesto de manifiesto que estas altromicinas son entre 6 y 200 veces más potentes que la adriamicina, la droga anticancerosa más usada. Aunque las altromicinas son también muy tóxicas, se espera que sus propiedades anticancerosas se manifiesten a concentraciones donde los efectos colaterales sean aceptables. El mecanismo de acción es aún desconocido aunque en principio parece distinto al de otras drogas anticancerosas [*European Microbiology*, 2, 14 (1993)].

bros mayores. Un aumento de la masa cerebral tampoco tendría que ir emparejada con un aumento en el número de neuronas, ya que éstas podrían ser más grandes y estar dispuestas más laxamente, pero lo cierto es que los cerebros grandes tienen más neuronas (y de mayor tamaño) que los pequeños. El número de neuronas y su abundancia relativa en diferentes partes del cerebro es un determinante de la función neural y, por tanto, del comportamiento. Los grupos cuyos miembros tienen cerebros más grandes y con más neuronas, responden al cambio ambiental con una mayor versatilidad de comportamiento. Así, los mamíferos con cerebros grandes, tales como los cetáceos y primates, son más hábiles que aquellos con cerebros pequeños, tales como los insectívoros y los marsupiales. Esta relación se rompe, sin embargo, cuando comparamos especies parecidas o individuos de la misma especie. A pesar de todo, hay evidencias experimentales de una relación entre número de neuronas e inteligencia.

Un exceso en el número de neuronas no da lugar a un comportamiento más inadaptado, sino al contrario, tal y como han mostrado varios estudios, cualquier neurona supernumeraria puede ser incorporada a los circuitos neuronales existentes dando como resultado comportamientos más adaptativos. Sin embargo parece existir un límite superior en este número dentro de los distintos grupos animales. ¿Cuáles son entonces las presiones selectivas que establecen el límite superior? Una posible explicación tiene que ver con el gasto energético de las neuronas. Las neuronas son células ávidas. En los seres humanos en reposo, el 18% del oxígeno circulante es consumido por el tejido cerebral, aunque el cerebro represente tan sólo el 2% de la masa corporal. El metabolismo cerebral no se reduce apreciablemente ni siquiera en periodos en los que el metabolismo corporal está muy disminuido como ocurre durante la hibernación de muchos animales. Así pues, las neuronas representan un gasto metabólico alto y fijo, y el coste de la alimentación de las neuronas y células gliales asociadas es indudablemente uno de los factores principales que condicionan el tamaño total de la población neuronal.

El coste relativo de las neuronas dependerá no sólo del tamaño del animal, sino también de su tasa metabólica funcional y de la tasa metabólica específica de su tejido nervioso. Por ejemplo, este coste es proporcionalmente más alto en

aves, carnívoros pequeños y primates, en los cuales el cerebro puede representar hasta un 10% del peso corporal adulto.

El alto coste relativo de las neuronas en especies pequeñas y de alta tasa metabólica podría explicar, al menos en parte, la pérdida de algunas poblaciones de neuronas que sólo "funcionan" estacionalmente, por ejemplo durante el crecimiento o en épocas de apareamiento. Un patrón de pérdida neuronal y reemplazo ha sido demostrado recientemente [Goldman y Nottebohm, *Proc.Natl.Acad.Sci.*, 80, 2390 (1983)] en el canario adulto -un pájaro con un cuerpo pequeño, un cerebro relativamente grande y una tasa metabólica basal extremadamente alta. En el canario, la población neuronal implicada en la producción y reconocimiento del canto fluctúa desde alrededor de 40.000 en primavera (época de apareamiento) a 25.000 en otoño e invierno. Una regresión periódica similar puede observarse también en otras especies muy encefalizadas.

Las especies grandes pueden "permitirse el lujo" de una superabundancia de neuronas, aunque no tengan una necesidad apremiante de esas células, ya que la demanda metabólica adicional de éstas va a representar una mínima parte de su consumo total de energía y, sin embargo, las neuronas supernumerarias pueden proporcionar mayor versatilidad en la conducta frente a cambios impredecibles en el ambiente. Por el contrario, un incremento equivalente en el número total de neuronas en animales pequeños representará un incremento más grande en la carga metabólica y puede estar fuertemente seleccionado en contra.

Resulta entonces que el sistema nervioso de las especies pequeñas parece estar diseñado más eficientemente que el de las grandes, esto es, sus neuronas individuales trabajan "más duro" y son más "imprescindibles". Así por ejemplo, la pérdida de una simple neurona en nematodos baja a cero la capacidad reproductora, haciendo imposible la puesta del huevo, mientras que, en el otro extremo, la pérdida de más del 90% de las células ganglionares de la retina o de la población de células de Purkinje del cerebelo en algunos mamíferos puede quedar sin cambios conductuales detectables. Este tipo de análisis, sin embargo, debe hacerse con ciertas reservas ya que es probable que la contribución funcional de las neuronas en las diferentes partes del sistema nervioso dependa más de otros factores que de su número exacto. **J.C.D.**