

Interacciones entre plantas y animales frugívoros

Interaction Between Plants and Frugivores

¿Cómo crece un bosque? Cuando admiramos una ladera de bosque mediterráneo, con los diferentes tonos de verde de madroños, encinas, agracejos, acebuches o cornicabras, no reparamos en que es el resultado de un proceso complejo de regeneración natural. Los árboles y arbustos tienen ciclos de vida en los que la llegada, la supervivencia y la germinación de las semillas son fases clave. El bosque mediterráneo tiene a este respecto muchas similitudes con los trópicos, pues son los animales los que intervienen en las etapas cruciales de polinización y dispersión de semillas de muchas especies. Sin ellos no crecería el bosque. Gran parte de los arbustos y árboles producen frutos carnosos que son alimento para los animales frugívoros, ya sean aves como zorzales, mirlos, currucas y petirrojos, o mamíferos como zorros, garduñas, tejones, jinetas u osos. El beneficio es mutuo, pues dispersan las semillas en condiciones adecuadas para su germinación. Es una interacción mutualista sin la cual el bosque se colapsaría.

Los trabajos que sobre interacciones entre plantas y animales realizan desde hace años distintos investigadores de la Estación Biológica de Doñana (CSIC) se han convertido en referencia internacional para esta área de la ecología evolutiva. Entre otras muchas, publicaciones aparecidas recientemente en revistas como *Ecology*, *Ecological Monographs* o *Molecular Ecology* vienen revelando distintos aspectos de la dispersión de semillas por animales y sus implicaciones evolutivas. No sólo se trata de un proceso clave para que puedan establecerse nuevos individuos de aquellos árboles y arbustos que dependen de los frugívoros, y que llegan a ser el 60% de las especies de ciertos bosques mediterráneos. Al dispersar las semillas, e igualmente el polen en el caso de animales polinizadores, están dispersando también los genes de la planta. De ello dependen la colonización de nuevas áreas o la sucesión natural tras alteraciones como el fuego, la erosión o la fragmentación.

Por ejemplo, investigaciones recientes sobre el amenazado cerezo de Santa Lucía (*Prunus mahaleb*) apuntan a una movilización de semillas muy limitada, a distancias cortas y con una distribución espacial muy agregada. Es decir, a la mayor parte del suelo no llega nunca ninguna semilla, pero algunos puntos, cercanos a los árboles productores, tienen muchas. Para saberlo los investigadores han registrado cuántos frutos y semillas se producen, qué fracción de los frutos disponibles es consumida por los animales, y qué movimientos y preferencias de hábitat tienen éstos. Así han comprobado que es más probable encontrar a los animales implicados en lugares con mayor cobertura de vegetación, y también que las semillas son defecadas o regurgitadas rápidamente tras ser consumidas. Un tipo de trampas o colectores dispuestos en diferentes lugares del bosque recogen las semillas dispersadas, cuya distribución, representada mediante sistemas de información geográfica, resulta ser muy heterogénea y fuertemente agregada.

How does a forest grow? When we admire the slope of a Mediterranean forest with the different shades of green of the arbutus, holm oak, barberry, wild olive and terebinth or turpentine tree, we do not stop to think that it is the result of a complex process of natural regeneration. Trees and bushes have life-cycles in which the arrival, survival and germination of the seeds are key phases. In this respect, the Mediterranean forest has much in common with the tropical forest, since animals play a key part in the vital stages of pollination and seed dispersal of many of its species. Without them, the forest would not grow. Many of the trees and bushes produce fleshy fruits which are the food of frugivores, whether they are birds such as thrushes, blackbirds, warblers and robins, or mammals such as foxes, beech martens, badgers, genets and bears. The benefit is mutual because they disperse the seeds in just the right conditions for them to germinate. It is a mutual interaction without which the forest would collapse.

Studies on plant and animal interaction carried out for many years by researchers at the Doñana Biological Research Station (CSIC) have become an international reference point in the field of evolutionary ecology. Among many others, recent publications in journals such as *Ecology*, *Ecological Monographs* and *Molecular Ecology* reveal different aspects of seed dispersal by animals and its ensuing implications from an evolutionary perspective. Seed dispersal is a key process in the parentage of new saplings of trees and bushes, and as many as 60% of the species of certain Mediterranean forests depend on frugivores to do the job. Moreover, by dispersing the seeds, or pollen in the case of pollinating animals, they are also dispersing the plant's genes. This is vital for the colonisation of new areas and for natural succession after events such as fire, erosion or fragmentation.

For example, recent research into the threatened St Lucie cherry tree (*Prunus mahaleb*) points to a very limited mobilisation of seeds, which takes place over short distances and within a highly concentrated area of distribution. In other words, there are large areas of land with no seeds, and small areas, near the producing trees, with many seeds. To gather this information, the researchers recorded how many fruits and seeds were produced, what percentage of the available fruit was eaten by animals, and the movements and habitat preferences of those animals. Their findings confirmed that the animals involved were more likely to be found where there was a greater degree of vegetation cover, and that the seeds were defecated or regurgitated shortly after consumption. Receptacles placed in different parts of the forest collected the dispersed seeds, and their distribution, represented by geographical information systems, proved to be particularly heterogeneous and highly concentrated.

But how can the origin of these seeds be traced? Molecular genetic identification techniques enable the parent tree to be identified. Although the seed or embryo is a new individual, with its own unique genetic properties, the woody coat or endocarp protecting it is a maternal tissue inherited from the mother tree



Numerosas especies de árboles y arbustos del bosque mediterráneo dependen de los animales frugívoros para la dispersión de sus semillas. Esta interacción mutualista es clave en el ciclo de regeneración natural del bosque

Numerous species of trees and bushes of the Mediterranean forest rely on frugivores to disperse their seeds. This mutual interaction is key to the forest's natural regeneration cycle



Foto tomada con una "trampa cámara", activada por sensor remoto, de un tapir consumiendo frutos de palmera (*Syagrus sp.*) en la Amazonia de Brasil. Los tapires pueden dispersar las semillas a kilómetros de distancia. La pérdida de los tapires de los bosques fragmentados acarrea pérdidas de diversidad genética de las poblaciones de palmas debido a que las semillas no son dispersadas a larga distancia, entre poblaciones. Foto: Wilson Spironello

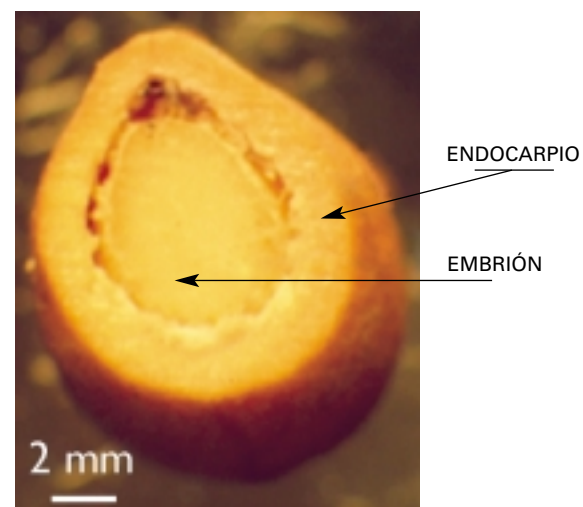
Photograph, taken with a 'camera trap' activated by a remote sensor, of a tapir eating palm fruits (*Syagrus sp.*) in the Amazonia of Brazil. Tapirs can disperse seeds over distances of kilometres. The disappearance of tapirs from the fragmented forests causes losses of genetic diversity in the palm populations because the seeds are not dispersed over a long distance, between populations. Photograph: Wilson Spironello

¿Pero cómo saber de dónde han venido estas semillas? Técnicas moleculares de identificación genética permiten establecer el árbol de procedencia. Si bien la semilla propiamente dicha, el embrión, es un nuevo individuo con una dotación genética propia y única, la cubierta leñosa o endocarpio que la protege es un tejido materno que proviene del árbol madre y cuyo genotipo por tanto comparte. Extraído el ADN del endocarpio, su comparación con el obtenido a partir de las hojas de los árboles adultos de la población permite establecer cuál es la distancia de dispersión. La mayor parte de los nuevos cerezos nacen de semillas de la misma población, pues las distancias de dispersión son cortas, la mayoría inferiores a 30 metros. Pero los genotipos de algunas semillas, aproximadamente entre un 15 y un 20%, no coinciden con ninguno de los árboles locales. Proceden, por tanto, de otras poblaciones, situadas a considerables distancias. La combinación de inferencias estadísticas con datos genéticos de poblaciones próximas revela la existencia de dispersión desde árboles situados a más de 6 kilómetros. Los responsables de este importante intercambio genético son zorros, garduñas o zorzales charlos, capaces de largos desplazamientos en breve tiempo.

Estas técnicas están siendo aprovechadas por otros grupos de investigación para estimar la dispersión de semillas en bosques tropicales, donde tucanes, monos, tapires y aguties pueden transportar semillas a largas distancias. Además, las conclusiones afectan directamente a las estrategias de conservación de poblaciones fragmentadas, como el cerezo de Santa Lucía. La alteración de los bosques naturales puede acarrear pérdidas notables en su acervo genético. Si se pierden los frugívoros se colapsará el flujo de semillas entre poblaciones aisladas y se reducirá su diversidad genética. En los bosques mediterráneos, como en los tropicales, muchas especies dependen de complejas redes de interacción mutualista. La extinción de especies lleva consigo una forma mucho más insidiosa de extinción, la de las interacciones ecológicas, que son la arquitectura de la biodiversidad.

and thus has the same genotype. When the DNA is extracted from the endocarp, comparison with DNA obtained from the leaves of the adult trees makes it possible to establish the dispersal radius. Because dispersal distances are short, less than 30 m in most cases, most new cherry trees are born of seeds from the same population. However the genotypes of certain seeds, approximately 15 to 20% of them, do not correspond to those of any of the local trees. They come from other populations located a considerable distance away. Statistical inferences together with genetic data of nearby populations reveal the existence of dispersal distances of more than six kilometres. Foxes, beech martens and mistle thrushes are responsible for this important genetic exchange, all of them capable of travelling long distances in a short period of time.

Other research teams are using these techniques to calculate seed dispersal in tropical forests, where toucans, monkeys, tapirs and agouties can carry seeds over long distances. The findings are having a direct effect on conservation strategies for fragmented populations, such as the St Lucia cherry tree. The modification of natural forests can lead to considerable losses in terms of their genetic heritage. If the frugivores disappear, the flow of seeds between isolated populations will stop and their genetic diversity will diminish. In both Mediterranean and tropical forests, many species depend on complex mutual interaction networks. The extinction of species brings with it a much more insidious type of extinction, that of ecological interaction, which is the architecture of biodiversity.



Corte transversal de una semilla de cerezo de Santa Lucía, *Prunus mahaleb*, mostrando el embrión y el endocarpio leñoso. Al ser tejido materno, el ADN extraído del endocarpio es utilizado para identificar el árbol donde el frugívoro consumió el fruto, lo cual permite determinar la distancia de dispersión de la semilla

Cross section of the seed of a Santa Lucia cherry tree, *Prunus mahaleb*, showing the embryo and woody endocarp. As it is maternal tissue, the DNA extracted from the endocarp is used to identify the tree where the frugivore ate the fruit, so enabling the seed-dispersal distance to be calculated