

Análisis de la biodiversidad de la abeja de Francia, 1ª parte: el origen maternal de las colonias

**Por Agnès RORTAIS - Gérard
ARNOLD - Lionel GARNERY
Laboratoire Populations, Génétique,
Evolution, CNRS, Gif-sur-Yvette
Michel BAYLAC
Muséum National d'Histoire Naturelle
Paris**

avec l'aimable autorisation de la revue

Abonnez-vous =>

La abeja domestica Apis mellifera ocupa una superficie geográfica muy extensa (África, Europa y el Oriente Medio) y muestra una variabilidad morfológica y genética significativa.

Esta especie se ha diferenciado en 4 líneas evolutivas principales:

1. la línea M (en el oeste de Europa: de España a Escandinavia),
2. la línea A (en África)
3. la línea C (en el centro y el norte de Europa) y
4. la línea O (en Turquía y en el Cáucaso).

Cada una de estas líneas se ha diversificado en varias razas geográficas (o subespecies). Todas las razas se pueden cruzar entre ellas pero dos razas que pertenecen a la misma línea están genéticamente más cercanas que dos razas que pertenecen a diversas líneas. En total se han descrito 26 razas en base a su genética, ecología, morfología y comportamiento.

La raza de la abeja establecida originalmente en Francia es *A. mellifera mellifera* (o "abeja negra"). Pertenece a la línea M que abarca solamente otra raza más, la ibérica (o *A. mellifera iberiensis*) presente en España. Se ha demostrado que las poblaciones de la

línea M tienen una variabilidad genética más baja que las poblaciones de las otras líneas lo cual hace particularmente crucial su conservación.

Francia está rodeada de manera natural por varias razas de abejas que pueden intercambiar genes con las poblaciones de abeja negra situadas en áreas próximas a sus fronteras. Además de la ibérica se encuentra la raza ligustica en Italia y carnica en Alemania; estas dos razas pertenecen a la línea evolutiva C. A este respecto se debe hacer una observación ya que la abeja negra era la raza originaria en Alemania pero ha sido prácticamente erradicada hace algo más de diez años en beneficio de la raza carnica. Las abejas Buckfast están también presentes en gran número en Suiza y en Luxemburgo. Este tipo de abejas son el resultado de diversos cruzamientos entre varias razas pero con un fuerte predominio de razas que pertenecen a la línea C.

La propia abeja negra presente en Francia se diferenciò a lo largo de millones de años en poblaciones locales adaptadas a las particulares condiciones ecológicas y características climáticas de ciertas áreas. Estas diferenciaciones son de dos tipos según si están determinadas genéticamente o no. Si la diferenciación es genética las abejas constituyen entonces un ecotipo y cuando uno mueve colonias de un ecotipo determinado a otra área se preservan sus características. El único ejemplo de ecotipo del cual existe prueba de su adaptación demostrada científicamente está actualmente presente en las Landas de Gascogne (ecotipo landais). Fue descrito allí hace cuarenta años por Louveaux y Albisetti. Probablemente existen otros ecotipos en Francia restringidos en ciertas áreas, los trabajos que estamos llevando a cabo actualmente, en estrecha colaboración con los apicultores, deben permitir identificarlos. Si las adaptaciones no están genéticamente determinadas, las diferenciaciones locales pueden corresponder a una simple plasticidad sin posibilidad de heredarse y entonces las colonias pueden adaptarse a un nuevo ambiente cuando son movidas.

La biodiversidad de la abeja negra está amenazada en Francia y en otros países principalmente por dos factores: la reducción en el tamaño de las poblaciones de abejas y su homogeneización genética. La reducción de las poblaciones de abejas es una consecuencia de la mortalidad de la colonia que puede ser debida a varias causas tales como enfermedades y parasitosis así como al uso inadecuado de pesticidas en agricultura. Si ocurren mortalidades importantes en las poblaciones se empobrece la reserva genética de la abeja negra y se debilita su capacidad de adaptación. La homogeneización de las poblaciones se relaciona con ciertas prácticas apícolas en concreto las importaciones de reinas y la trashumancia de las colonias que tienden a acelerar de manera artificial el flujo de genes entre poblaciones diferenciadas distantes entre sí varios cientos o miles de kilómetros. Estas prácticas son opuestas a las fuerzas que la selección natural ejerce para distinguir a las poblaciones. Al contrario que con otros animales domésticos mantenidos en cautiverio (como los bóvidos por ejemplo) en los que los productores controlan generalmente su reproducción, en la abeja los individuos de los dos sexos (las reinas y los zánganos) se reproducen en libertad estando fuera del control de los apicultores el origen genético de los individuos reproductores. La presencia de colonias de razas importadas en un área determinada implica la diseminación de zánganos que fertilizarán a reinas vírgenes de la raza negra. Además los enjambres de estas colonias importadas también contribuirán a diseminar a reinas y obreras de las razas foráneas que se usen en cada región. La utilización por parte de los apicultores de otras razas aparte de la abeja negra no es en sí mismo un problema si no conduce a la desaparición irreversible de las poblaciones locales de abejas. Con el fin de evitar llegar a este punto, se propuso realizar un programa de investigación con tres objetivos principales:

caracterizar y cuantificar la diversidad natural del ganado apícola francés.

establecer las bases científicas indispensables para crear reservorios genéticos de abejas en concreto eligiendo aquellas colonias que presenten características consideradas como propias.

desarrollar un sistema experto de morfometría geométrica basado en el análisis de las alas de las abejas con el fin de determinar su origen genético fácilmente.

La identificación de las abejas (determinación de los ecotipos de las razas de las líneas) se realiza por medio de tres tipos de análisis: análisis morfométricos, moleculares y eco-etológicos. En este artículo describiremos los métodos usados y los resultados obtenidos hasta la fecha para la realización del primer objetivo: cuantificar la biodiversidad de la abeja en Francia. En los artículos siguientes daremos un informe sobre la marcha de los trabajos respecto a los otros dos objetivos.

Métodos

Los métodos de este estudio se basan principalmente en el uso de un marcador molecular el ADN mitocondrial (ADNmt) de las abejas. Esta molécula de ADN está en cada célula de las abejas dentro de pequeños orgánulos que participan en el metabolismo celular: las mitocondrias. Al contrario que el ADN nuclear (encontrado en el núcleo de cada célula) la transmisión del ADNmt es exclusivamente maternal. Este hecho hace que el tipo mitocondrial sea transmitido de reina a reina durante las sucesivas generaciones y que el conjunto de obreras y zánganos nacidos de estas reinas tengan la misma molécula. Este tipo de transmisión hace a esta molécula un marcador de colonia.

Como en el caso del ADN que constituye los cromosomas, el ADN mitocondrial acumula a lo largo del tiempo mutaciones que dan lugar a variaciones en la molécula. En función del tiempo en el que se produjeron las mutaciones la molécula presentará dos tipos de mutaciones:

mutaciones significativas (más antiguas) que son características de las grandes líneas evolutivas y que nos permitirán caracterizar el origen maternal de la colonia estudiada. El tipo mitocondrial entonces pertenecerá a las líneas M, A, C u O (las líneas C y O no se distinguen con la prueba empleada). Esta prueba es particularmente eficaz para caracterizar las colonias importadas (o colonias descendientes de colonias importadas) que pertenecen a las líneas C, O y A.

cambios de menor importancia (más recientes) que distinguirán a los tipos mitocondriales dentro de las líneas evolutivas. Cada una de las variantes observadas recibe el nombre de haplotipo. Por ejemplo los haplotipos M4, M7 y M8 llevan todas las mismas antiguas mutaciones que hacen que pertenezcan a la línea evolutiva M pero se diferencian por mutaciones más recientes. Estos números asignados a la línea permiten determinar el nivel de la variación de la población y de una manera más fina observar la diferenciación de las poblaciones dentro de cada línea evolutiva. La diferenciación observada dentro de cada línea debe permitirnos en teoría evaluar el impacto de la trashumancia en la diferenciación de las poblaciones en la línea M.

Así el uso de ADNmt debe permitirnos obtener dos tipos de conclusiones:

el índice de la introgresión maternal de la abeja negra en una población dada de abejas

(al nivel de colmenar, departamento, región y país). El nivel de introgresión maternal en una población se representa con el porcentaje de abejas de cada una de las 4 líneas evolutivas. Un colmenar puede tener por ejemplo el 60 % de sus colmenas de la línea M, el 39 % de C y O y el 1 % del A. El mismo razonamiento se aplica para cada departamento cada región y en el nivel de país.

el índice de diferenciación regional de la abeja negra de Francia: ¿la población francesa de abejas negras es homogénea o existe estructuración local en las poblaciones?

Resultados

Este programa de investigación comenzó el 1 de septiembre de 2003 y acabará el 31 de agosto de 2006. Se han obtenida ya muchos resultados pero todavía quedan algunas áreas francesas sin ser analizadas. Los resultados finales serán publicados al final del proyecto en forma de publicaciones científicas en revistas internacionales y artículos en publicaciones apícolas. Además estos resultados serán también accesibles en unos meses en la página web del laboratorio. Los resultados publicados en revistas científicas internacionales deben ser totalmente originales es decir con la condición previa de no haber sido nunca publicados en ningún otro medio. Esta es la razón por la cual el conjunto de los resultados alcanzados hasta este momento no son presentados en este artículo.

1 Índices de introgresión maternal de la abeja negra

Situación general en Francia: los resultados referentes al análisis de 1800 abejas demuestran que las colonias que tienen un origen maternal perteneciente a la raza melífera (abeja negra) siguen siendo muy frecuentes en Francia y representan aproximadamente el 85 % de las abejas muestreadas hasta la fecha. La línea A está muy poco representada en Francia, el origen de estas abejas no es debido a las importaciones sino a la presencia de las abejas que vienen naturalmente de España donde está presente esta línea. Por el contrario la línea mitocondrial C (representando las líneas C y O en morfometría) se encuentra principalmente debido a las importaciones de reinas - que vienen ocurriendo desde hace diez de años - en particular de las razas ligustica, caucasica y carnica, y de la línea sintética Buckfast.

Variaciones regionales: en Francia los niveles del introgresión maternal de la abeja negra son muy variables, son débiles en ciertas áreas en donde la abeja negra todavía está en mayoría, y muy altos en otras áreas en donde la abeja negra está empezando a ser considerada como rara. A título ilustrativo, el cuadro 1 muestra los resultados obtenidos en el departamento de l'Orne (61) en donde el muestreo fue realizado en el conjunto del departamento. Los puntos rojos representan la raza mellifera mientras que los puntos azules representan las abejas de la línea C. Se puede observar que el nivel del introgression en este departamento es débil: 6 %.

2 Différencions régionales de l'abeille noire en France.

Diferenciación regional de la abeja negra en Francia: nuestro estudio ha permitido definir hasta la fecha alrededor de sesenta haplotipos en la abeja negra. De ellos cerca de treinta nunca han sido descrito antes y están siendo secuenciados actualmente. La frecuencia de estos haplotipos es muy variable pero uno de ellos (M4) es mayoritario en Francia encontrándose en aproximadamente el 3/4 de los haplotipos. Su distribución se presenta en el cuadro 2. Se puede observar claramente un gradiente sur-norted.

Conclusión

Si bien no es posible preservar colonias de todas las poblaciones regionales de abejas si que es absolutamente esencial considerar la conservación de las poblaciones mejor adaptadas a su ambiente local. Esto está siendo desarrollado por asociaciones apícolas en varias regiones francesas a las cuales aportamos nuestra ayuda científica para la elección de las colonias para ser preservados. Presentaremos en un artículo próximo nuestra contribución a este trabajo. Los métodos de análisis moleculares que permitan caracterizar el origen genético de las colonias son de un grado elevadote exactitud pero relativamente pesado de utilizar y con un alto coste. Estas son las desventajas que generalmente nos ponen las asociaciones apícolas y es la razón por la cual un método fiable como el análisis morfométrico de las abejas está siendo llevado a cabo. También será presentado en un artículo próximo.

Agnès RORTAIS - Gérard ARNOLD - Lionel GARNERY
Laboratoire Populations, Génétique,
Evolution, CNRS, Gif-sur-Yvette

Michel BAYLAC
Muséum National d'Histoire Naturelle Paris