

Enfoque y avances del programa de mejoramiento genético de la palma de aceite en Embrapa

Approach and Advances of the Program of Genetic Improvement of the Oil Palm in Embrapa



Manoel Teixeira Souza Júnior

PhD, Director General de Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa, Agroenergía
manoel.souza@embrapa.br

Palabras CLAVE

Embrapa y Embrapa Agroenergy, laboratorios de investigación, desarrollo sostenible de las agroempresas, Plan de Agroenergía de Brasil, fitomejoramiento y programa de biotecnología, marcadores moleculares.

Embrapa and Embrapa Agroenergy, research laboratories, sustainable development of agribusiness, Brazilian Agroenergy Plan, plant breeding and biotechnology program, molecular markers.

Editado por Fedepalma a partir de la grabación de video y la presentación en power point.

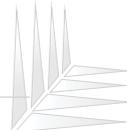
Resumen

Embrapa con 39 años de experiencia es una de las compañías que lidera la producción agrícola en Brasil y está acompañada de Embrapa Agroenergy, con solo seis años de constituida, que también tiene un destacado desempeño en el campo de la investigación científica para un mejor desarrollo sostenible de las agroempresas. La compañía está integrada por 42 instituciones de investigación y cinco de servicios y también se incursiona en otros países.

Embrapa trabaja en cuatro áreas de investigación: desarrollo de la agricultura, tecnología agrícola, producción sostenible y desarrollo de sistemas de tecnología industrial. Y cuenta con laboratorios de genética y biotecnología, genética inversa, instrumentos químicos y procesamiento bioquímico.

Si bien la palma de aceite no es el primer producto agrícola en Brasil, ocupa un segundo o tercer lugar en el rango de exportaciones, con cerca de 100.000 hectáreas de cultivos de palma de aceite, y para ampliar este panorama en 2010 se implementó un programa nacional para producción sostenible y uso del aceite de palma.





Como complemento de lo anterior se puso en marcha un programa de biología y biotecnología, como complemento al de fitomejoramiento y se estableció que había muy poca información con respecto a *Elaeis oleifera*, de ahí que desde hace dos años se inició un estudio de su relación con el desarrollo de híbridos intraespecíficos.

Abstract

Embrapa, with 39 years of experience, is one of the leading companies in agricultural production in Brazil, and is accompanied by Embrapa Agroenergy, with just six years of being established, which also has an outstanding performance in the field of scientific research for a better sustainable development of agribusiness. The company comprises 42 research and five service institutions and also forays into other countries.

Embrapa works in four research areas: agricultural development, agricultural technology, sustainable production, and development of industrial technology systems, and it has genetics and biotechnology, reverse genetics, chemical instruments, and biochemical processing laboratories.

Although oil palm is not the first agricultural product in Brazil, it occupies a second or third place in exports, with nearly 100,000 hectares of oil palm plantations, and to expand this scenario, a national program for sustainable production and use of palm oil was implemented in 2010.

In addition to the above, a biology and technology program was launched, as a complement to the plant breeding program and it was established that there was very little information regarding *Elaeis oleifera*. For this reason, a study on its relationship with the development of interspecific hybrids was initiated two years ago



Embrapa Agroenergy es una de las 42 unidades de investigación que tiene la compañía en Brasil. Esta presentación se divide en tres partes: en primer lugar se presenta Embrapa y Embrapa Agroenergy; después se aborda el tema de producción de palma de aceite en Brasil; y en tercer lugar, se hace referencia al fitomejoramiento y programa de biotecnología de la compañía, porque este es un momento específico importante para la palma de aceite en el país.

¿Qué es Embrapa?

En Brasil se ha constituido el Sistema de Investigación y Desarrollo en Agricultura, coordinado y organizado por Embrapa, que a su vez está vinculada al Ministerio de Agricultura. El sistema está integrado por diecisiete orga-

nizaciones públicas de investigación agrícola, en diecisiete estados. El sistema también está conformado por varias instituciones de investigación y universidades públicas y privadas, así como por numerosas compañías privadas.

Embrapa con 39 años de existencia, es una de las instancias responsables de Brasil en el campo de la producción agrícola, siendo en la actualidad uno de los líderes mundiales.

La compañía está integrada por 42 instituciones de investigación y cinco de servicios. También se adelantan trabajos en otros países como Estados Unidos, algunos europeos, China y Corea del Sur, y en poco tiempo se incursionará en el mercado japonés. Y asimismo se trabajará en transferencia de tecnología en Panamá y Venezuela, así como en algunos países de África.

Su misión es brindar soluciones factibles para el desarrollo sostenible de las agroempresas en Brasil por medio de generación de metodología, conocimiento y transferencia.

La unidad que dirijo en la actualidad, Agroenergy, está situada en Brasilia, la capital, que es un joven instituto de investigación con tan solo seis años de existencia y a inicios de 2012 se establecieron los laboratorios.

Agroenergy de Embrapa se creó como consecuencia del primer Plan de Agroenergía de Brasil, establecido de 2006 a 2011, el cual se dividió en cuatro plataformas, de las cuales dos de ellas, las de biodiésel y de residuos, tienen gran incidencia en la actualidad en la palma de aceite en el país.

Embrapa trabaja en cuatro áreas de investigación: desarrollo de la agricultura, tecnología agrícola, producción sostenible y desarrollo de sistemas de tecnología industrial.

En agroenergía, el 80% se dedica al proceso de conversión eficiente y también se realizan estudios transversales en políticas públicas y vínculos con el medio ambiente, socioeconómicos y de mercados.

Hay cuatro laboratorios. El de genética y biotecnología, en el que se examina la parte genómica, proteínica y metabólica; el de genética inversa, con el fin de aplicar el conocimiento y la tecnología para ayudar en el programa de siembra de cultivos de energía en Brasil, entre los cuales se destaca el de palma de aceite.

Uno tercero es el laboratorio de instrumentos químicos, con las últimas tecnologías que permiten hacer análisis físicos y químicos, y

aplicarlos en la caracterización de la biomasa, antes y después de sus procesos químicos, bioquímicos y térmicos.

El cuarto laboratorio es el de procesamiento bioquímico para trabajar con producción de etanol y productos de alto nivel de biomasa. Se utilizan residuos y procesos para desarrollar nuevos productos que puedan agregar valor a esta cadena, incluyendo la de la palma de aceite.

Producción de palma de aceite

Brasil no es un cultivador principal de palma de aceite si se compara con otros productos de la agricultura nacional, pero ocupa el segundo o tercer lugar como producto de exportación.

Hay un poco más de 100.000 hectáreas de cultivos de palma de aceite, muy poco en comparación con los de Malasia e Indonesia, y concentrados en dos estados: en el de Pará, con el 82% de toda la producción, y en el de Bahía con el 17%. Brasil importa 60% del aceite de palma que utiliza en el mercado nacional (Figura 1).

Resulta necesario cambiar este escenario de la siembra de este cultivo, porque el mercado mundial creció de 17 a 48 millones de toneladas de producción de palma de aceite en la última década, hay una industria de alimentos importante de cosméticos y también se está iniciando como materia prima para biocombustibles, con mucho potencial en esta área. Debido a esto Brasil en 2010 implementó un programa nacional para producción sostenible y uso del aceite de palma.

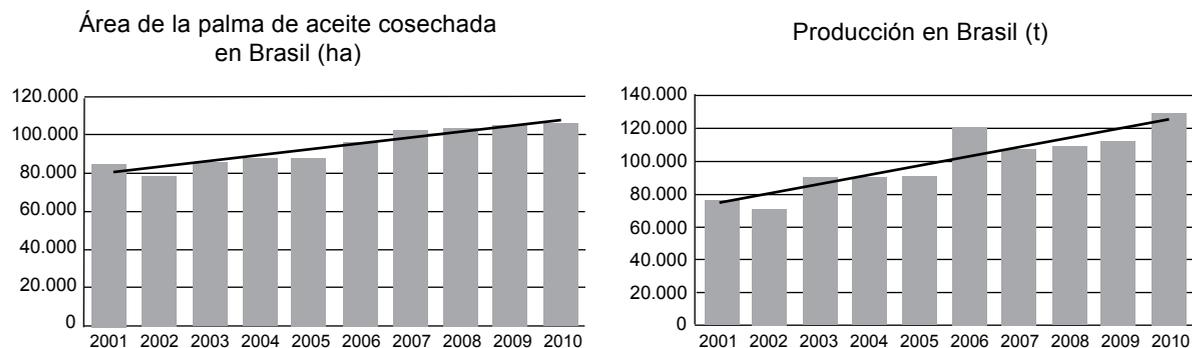


Figura 1. Cosecha y producción de palma de aceite en Brasil.



Este programa se basa en un estudio de zonificación agroecológica coordinado por Embrapa, que identifica áreas apropiadas para la producción de palma de aceite, representando cerca de 31 millones de hectáreas, lo que equivale aproximadamente a 3,7% del territorio y cubre unos quince estados de la federación brasileña.

También tiene un apoyo importante en cuanto a la parte de desarrollo de investigación, con 30 millones de dólares al inicio, y asistencia técnica y capacitación para los agricultores con tecnología específica.

Este es un programa que trata de fomentar la inclusión social en este proceso y dar apoyo financiero para la agricultura familiar, con el fin de aumentar el área de producción de palma de aceite, con un importante componente ambiental, pues se trata de utilizar solamente áreas que ya han sido cultivadas, y no abrir nuevas áreas para la siembra de la palma, sino solo aquellas que están disponibles hasta antes de 2008, de lo contrario allí no se pueden sembrar nuevos cultivos. Es probable que si la industria deci-

de utilizar áreas que no están incluidas en esta zona agroecológica, es porque hay una prohibición para hacerlo.

¿Pero qué hay de este cambio en Brasil en la actualidad, en cuanto a la producción de palma de aceite? En esto están implicadas además de las industrias de alimentos o la cosmética, la de biocombustibles. El país tiene un programa nacional de producción y uso de biocombustibles, que desde enero de 2002 hace obligatorio utilizar una mezcla en el diésel. En cuestión de cinco o seis años se tuvo que pasar de un país que casi no tenía biodiésel, a convertirse en el segundo productor, y pronto llegará a ser el primer productor mundial, así como el mayor mercado para este en el mundo. El éxito de este programa es la razón por la cual Embrapa se dio cuenta que se debe volver a analizar y evaluar la investigación en palma de aceite y proponer y empezar a trabajar de una forma diferente.

Desde que este programa nacional se estableció para la producción de palma de aceite

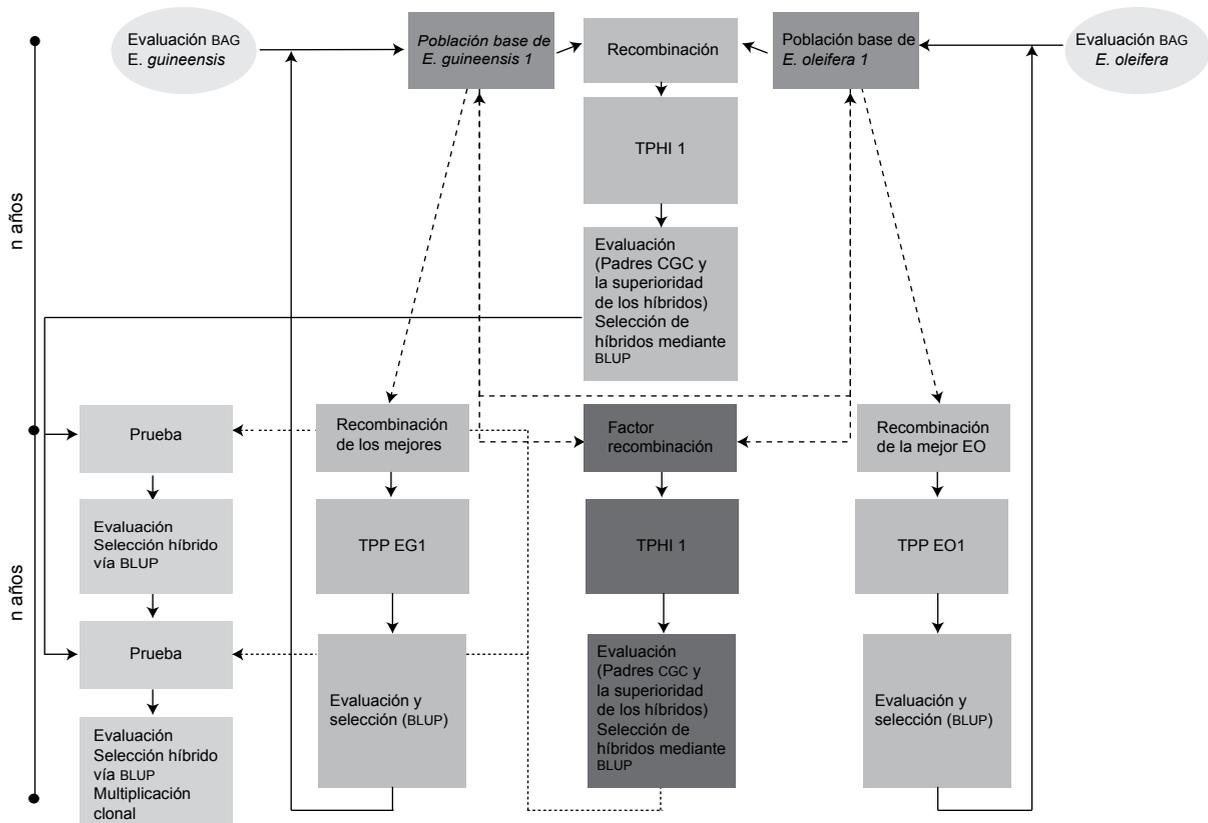


Figura 2. Desarrollo de híbridos intraespecíficos.

hace dos años y medio, el área sembrada de este producto se ha duplicado. Se espera que para la próxima década se vayan a cultivar cerca de 50.000 hectáreas más por año. Se trata de un crecimiento importante si se considera que el país solamente tiene o tenía 100.000 hectáreas hace dos años. El gran problema en este caso es la disponibilidad de la semilla.

Programa de fitomejoramiento y biotecnología

Se decidió implementar un programa de biología y biotecnología, como complemento al de fitomejoramiento y se descubrió que en relación con *Elaeis oleifera* casi no había información, por ello hace cerca de dos años se inició su estudio dada la importancia de su relación con el desarrollo de híbridos intraespecíficos como una prioridad.

Para su desarrollo se debe tener un buen germoplasma disponible (Figura 2), caracterizándolo para que permita seleccionar el mejor material, que corresponde a la población genética con la que se inicia.

En Brasil este estudio se debe hacer con las dos especies que se producen: la palma de aceite y el híbrido, caracterizar sus genes y definir sus condiciones para poderlas transferir al híbrido y también poder mejorarlo en su conjunto. Después de ver la población genética, se requiere una estrategia que puede cambiar de un sitio a otro en ciertos puntos.

El último año se ha trabajado con los fitomejoradores de palma de aceite en Embrapa que están en Manaus y Belén, en la parte norte del país. Este departamento se dedica a discutir con los equipos de trabajo para acordar las nuevas estrategias cómo se puede tener una estrategia más sólida que permita ser más eficientes para generar nuevos materiales? Si bien no se trata de cambiar la estrategia anterior en su totalidad, esta se va a reemplazar en la medida en que transcurre el tiempo, para ir la implementando. Después de esto se requiere establecer una red nacional para la evaluación de cultivos y un sistema de producción de semilla, para que la de alta calidad genética esté disponible.

Con esa finalidad en los dos últimos años se han importado cerca de quince millones de semillas; es un riesgo importante si se importa esta gran cantidad, pero de todas formas se está haciendo porque en Brasil no hay semilla disponible.

Este tipo de programa requiere de un componente sólido, mucho más fuerte, más programas de fitomejoramiento en otras partes, con este tipo de componente en las partes genómica, biotecnología y biología avanzada, lo que se implementa cada vez con más insistencia.

Varias iniciativas se han hecho en la parte de marcadores moleculares, utilizándolos para estudios de diversidad, selección del genoma y genética inversa. El arroz se utiliza como una planta modelo para validar genes de la palma de aceite. En el caso de Brasil se emplean braquiópodium, en vez de arroz, serán utilizados en estudios genéticos como estrategia para identificar la función de los genes y de promotores, que pueden ser importantes como herramientas para ser utilizadas en el futuro, para la modificación genética de la palma de aceite; por eso también se está implementando trabajo con genética inversa y de citogenética.

Ya se tienen cromosomas que se van a utilizar en estudios *Dish-fish*, para un mapeo físico, y también cultivo de tejidos de plantas. Un cuello de botella que existe en la actualidad en Brasil es la tecnología para clonar a gran escala la palma de aceite a partir de tejido somático y no del embrión cigótico, por eso la compañía se está concentrando en este esfuerzo para poder utilizar esa tecnología que permita lograrlo a gran escala en Embrapa.

De tal forma que *E. guineensis* y *E. oleifera* se van a mejorar, lo que se obtiene del banco de germoplasma y en la medida en que se continúa este proceso, se van a desarrollar nuevas variedades, y en estos cruces se podrán obtener híbridos superiores.

Se requieren dos herramientas para que esta estrategia permita obtener resultados. Una es que se le da gran importancia a la parte de clonar la palma de aceite, clonación de tejido somático, clonar adultos y material superior bien caracterizado. Se tiene tecnología para clonar el embrión cigótico, y además se requiere tener un proceso consistente de clonación de tejido somático.



Otra herramienta en esta estrategia es el desarrollo de una gran cantidad de marcadores moleculares que puedan ser utilizados para la selección de todo el genoma. Esta es cada vez más común en los programas de fitomejoramiento en varios países del mundo, no solo para palma de aceite, sino también para otros cultivos.

El hecho de poder generar una cantidad grande de marcadores, requiere que se pongan juntos, con un programa bien establecido para el fenotipaje o tipificación de este material y una muy buena base de datos, en cuanto a fenotipos, lo que ofrece la oportunidad de tener alianzas con otros programas de otros países, que tienen una base de datos sólida y consistente sobre la parte de fenotipos, este tipo de alianzas del sector privado y trabajo conjunto posibilita que el proceso sea más eficiente y rápido.

En Embrapa Agroenergy se está tratando de sacar lo mejor de la parte genómica, se trabaja en la construcción de un gen base de datos de genómica, para la parte de la palma de aceite. Se está haciendo la secuencia genómica de la palma de aceite y el estudio de transcriptomas de las modalidades africana y americana. Embrapa ha decidido hacer esto y también está haciendo la secuencia completa genómica del *E. guineensis*.

Al respecto se están generando marcadores moleculares, con trabajo en diversidad genética, del banco de germoplasma de *E. oleifera*, se están haciendo genotipo de todo el banco de germoplasma, que tiene 238 acepciones, lo

que será sometido a genotipos con la tecnología de arreglos diversos y para finales de 2012 se obtendrá información a este respecto.

Además se prepara un mapa genético de referencia para *E. oleifera* y en un futuro cercano, toda esa información tendrá una selección del genoma para ambas especies. En esta estrategia de fitomejoramiento también se va a utilizar la información para descubrimiento de genes y características con genómicas funcional, con genética inversa y con fenómica, para ser eficientes en la identificación de genes candidato, que puedan luego validarse y ser utilizados posteriormente en el mejoramiento de la palma de aceite.

También se están realizando investigaciones en variedades de *E. oleifera* de frecuencia genómica de Manicoré, secuencias repetitivas de Caiuá y estudios iniciales de citogenética, así como de embriogénesis somática de Caiuá, acompañadas de estrategias adicionales que se pondrán en práctica.

La financiación para estas investigaciones acaba de ser aprobada. Ya se tienen los laboratorios, la financiación y la estrategia para proseguir. Se requiere ahora del concurso de socios colaboradores para que trabajando en conjunto se pueda hacer una caracterización de la especie oleífera.

Todas estas actividades de investigación y desarrollo que se realizan en Embrapa Agroenergía ayudan al programa de fitomejoramiento de Embrapa.