

# Más celulosa por centímetro cuadrado

**Eucalipto transgénico rinde un 20% más que la especie arbórea convencional**


**Evanildo da Silveira**

PUBLICADO EN FEBRERO DE 2013

En apariencia, la pequeña plantación con 2,2 hectáreas de eucaliptos, en una finca situada en el municipio de Angatuba (São Paulo), no tiene nada de anormal. Pero las diferencias existen y están en las células de esos árboles, que recibieron el injerto de un gen de otra especie, la *Arabidopsis thaliana*, una planta modelo muy utilizada en experimentos genéticos. Mediante esa alteración, se vuelven capaces de producir un 20% más de madera en relación con sus congéneres *Eucalyptus*. El pequeño bosque de eucaliptos transgénicos en crecimiento es uno de los cuatro plantíos experimentales de ese árbol genéticamente modificado realizados por FuturaGene, una empresa dedicada a la mejora de la productividad y la sostenibilidad de bosques cultivados para los mercados de celulosa, bioenergía y biocombustibles. El objetivo consiste en evaluar la bioseguridad de los transgénicos para verificar si ellos causan impactos e interferencias en el ambiente y en otros vegetales.

FuturaGene se fundó en Israel, en 1993, como una empresa incubada en la Universidad Hebrea de Jerusalén, abocada a la ingeniería de proteínas, bajo el nombre de CBD Technologies. En julio de 2010 fue adquirida por la brasileña Suzano Papel e Celulose. Los experimentos llevados adelante en el interior paulista, en Bahía y en Piauí, constituyen un paso necesario para la habilitación comercial de plantas genéticamente modificadas exigido por la Comisión Técnica Nacional de Bioseguridad (CTN-Bio), el organismo responsable en Brasil de la evaluación de productos transgénicos. “Esas cuatro plantaciones que realizamos en 2012 totalizaron nueve hectáreas”, relata Eugenio Ulian, vicepresidente de asuntos regulatorios de FuturaGene. “El objetivo consiste en realizar observaciones y recabar datos para cumplir los requisitos de la ley de bioseguridad y posteriormente presentar una solicitud de habilitación comercial ante la CTN-Bio. La idea es que ese producto pueda aprobarse para su uso comercial en aproximadamente cuatro años”.





El gen que se introdujo en el eucalipto codifica una de las enzimas específicas que participan en la formación química de la celulosa, la endoglucanasa. “FuturaGene descubrió una forma de alterar, mediante la expresión del gen de la *Arabidopsis thaliana* para esa enzima en las plantas, la estructura de la pared celular (que está compuesta por celulosa) en los árboles transgénicos”, dice Ulian. “De esta forma, el gen exógeno hace que las células depositen una mayor cantidad de celulosa en la formación de las paredes celulares del árbol, lo cual, en el caso de especies tales como el eucalipto, resulta en un mayor volumen de madera”.

La pared de las células de una planta es un compuesto químico que consta de celulosa, un polímero de unidades de glucosa, entreverada con otros polímeros complejos, como son la hemicelulosa y la lignina. Esto forma una estructura rígida alrededor de la célula vegetal, que tan sólo se distiende lo suficiente como para permitir que aumente de tamaño y se divida. “La tecnología desarrollada por FuturaGene hace posible producir especies con paredes celulares modificadas, capaces de acelerar su distensión y reconstitución durante el crecimiento normal del árbol”, explica Ulian. “La inserción del nuevo gen en el eucalipto permite un crecimiento acelerado y mayor productividad”. Estos son buenos motivos para que las industrias del papel y de energía se muestren atraídas por esa tecnología. La celulosa extraída de la pared celular de la planta es la materia prima de toda fibra industrial utilizada para la fabricación de papel, placas aglomeradas y madera. Además, genera material para una serie de otros productos forestales o agrícolas, incluyendo los azúcares que posteriormente se utilizarán para la producción de etanol de segunda generación, y también en compuestos químicos que se utilizan para elaborar bioplásticos. En el caso del

Eucaliptos genéticamente modificados con 6 años de edad, en Angatuba, en el interior paulista



eucalipto transgénico desarrollado por FuturaGene, más allá de producir un 20% más de celulosa que las plantas normales –que generan, en promedio, 45 metros cúbicos por hectárea–, éste puede aumentar la productividad de la madera entre un 30% y un 40% para su uso en otras aplicaciones, tales como bioenergía, por ejemplo.

Hasta lograr ese ejemplar genéticamente modificado, FuturaGene recorrió un largo camino. Las primeras investigaciones, que condujeron al eucalipto transgénico, comenzaron a realizarse inmediatamente después de su fundación en la Universidad Hebrea de Jerusalén. “Se realizaron varios estudios con diversos genes involucrados en la formación de la pared celular que fueron clonados e introducidos para lograr superexpresión en especies modelo tales como la propia *Arabidopsis*, en álamo y en el propio eucalipto”, relata Ulian. “El gen de endoglucanasa fue elegido para proseguir los trabajos pues con él se registraron los mejores resultados”.

FuturaGene lleva plantadas 12 hectáreas experimentales de eucalipto transgénico.

## La empresa realiza plantíos con semillas provenientes del cruzamiento de transgénicos con plantas convencionales para comprobar la productividad

co. Los primeros cultivos se realizaron en 2006 y 2007 en Israel y en Brasil. Los trabajos continuaron luego de su adquisición por Suzano, con nuevos plantíos en Brasil. En 2012, más allá de las nueve hectáreas cultivadas con la especie genéticamente

modificada original, se plantaron otras seis con semillas originadas mediante cruza- mientos realizados entre el transgénico y matrices convencionales, procurando seleccionar clones mejorados con la característica de aumento de la productividad.

Desde 1998, Suzano también desarrolla proyectos en colaboración con el profesor Carlos Alberto Labate, del Departamento de Genética de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (Esalq), de la Universidad de São Paulo (USP). “Se trata de trabajos volcados al área de biotecnología y genómica funcional del eucalipto”, comenta Labate. “Ya contamos con dos proyectos financiados por el Programa de Apoyo a la Investigación en Colaboración para la Innovación Tecnológica (Pite) de la FAPESP aprobados y ahora vamos por el tercero”. En el primer proyecto Pite el objetivo consistía en desarrollar la metodología de transformación genética del eucalipto. “Mi alumno de doctorado Esteban Roberto Gonzalez fue contratado por Suzano y actualmente es el gerente de investigación y desarrollo de FuturaGene”, dice el investigador de la Esalq, quien asumió en enero la función de director del Laboratorio Nacional de Ciencia y Tecnología del Bioetanol (CT-BE). “La metodología que desarrollamos fue patentada y todo el conocimiento que generamos fue en cierto modo transferido a la empresa. Además, seguimos manteniendo reuniones frecuentes y capacitaciones de personal en FuturaGene, lo cual nos permite una interacción muy buena con la empresa”.

### TENORES DE AZÚCAR

En el segundo proyecto Pite, el investigador de la Esalq desarrolló varias plantas de eucalipto transgénicas con alteración en la expresión de los genes relacionados con la síntesis de carbohidratos de las mismas. “La clave del proyecto fue aumentar la cantidad de xilanos en la madera del eucalipto”, explica. “Esas plantas transgénicas se encuentran en FuturaGene, que realizará los ensayos de campo”. El xilano es una hemicelulosa, un polímero de xilosa (un azúcar presente en la madera), que cumple una función importante en el blanqueo de pulpas de celulosa y en las propiedades del papel. La modificación del tenor de ese azúcar en la planta permite elevar la producción y diferenciar las propiedades de las pulpas y de los papeles producidos.



1 Laboratorio de biotecnología en FuturaGene, en la ciudad de Itapetininga (São Paulo)

2 Manipulación de hojas de eucalipto para replantarlo

3 Dos fases de la plantación transgénica en Angatuba

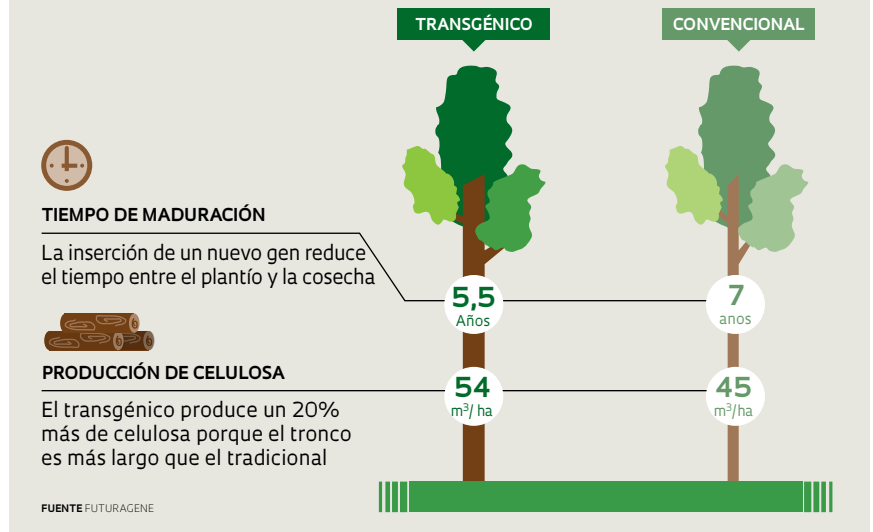


Para 2013, los planes de FuturaGene incluyen plantar 30 hectáreas con eucaliptos genéticamente modificados para pruebas. “El objetivo es evaluar nuevas alteraciones genéticas, que eventualmente podrán originar otros productos, con la misma característica de aumento en la productividad ya presente en el primer eucalipto transgénico, pero conteniendo genes distintos o construcciones genéticas mejoradas”, informa Eduardo José de Mello, vicepresidente de operaciones de Brasil y gerente de mejora forestal de FuturaGene. “Por eso, consideramos que los experimentos de este año servirán para seleccionar nuevos productos”. Además, la empresa está trabajando en sus laboratorios para desarrollar especies resistentes a plagas y enfermedades, que hagan posible un mejor manejo de plantas dañinas y perfeccionar la calidad de la madera. Más allá de la bioseguridad, en los test que realiza FuturaGene también se está analizando el comportamiento del eucalipto transgénico en diferentes espacios de cultivo. “Esta información será importante para la planificación de futuras plantaciones en función de su finalidad, que puede ser la producción de energía, placas aglomeradas o celulosa, por ejemplo”, dice Mello. “Dada la alta productividad del transgénico y dependiendo de la finalidad de la biomasa, la tala podrá realizarse a edades más precoces: a los 5 años y medio”. El eucalipto convencional recién alcanza la misma productividad a los 7 años.

Según Mello, hoy en día Brasil ostenta la mayor productividad mundial en el cultivo de eucalipto. Esta superioridad se alcanzó como consecuencia del clima favorable y del desarrollo tecnológico producido en el país. “La mejora genética convencional, mediante la selección y propagación de los mejores ejemplares, contribuyó en gran medida para el incremento de la productividad, pero la tendencia apunta que esto será cada vez más difícil de superar”, dice Mello. “La biotecnología, mediante el uso de transgénicos, será una importante herramienta para que Brasil mantenga la delantera en cuanto a la productividad y siga siendo competitivo en el mercado de la madera de eucalipto y sus derivados”. Suzano es actualmente la segunda productora mundial de celulosa de eucalipto y los ingresos netos de la empresa ascendieron a 4.800 millones de reales

## Crecimiento acelerado

El eucalipto transgénico ocupa menos tiempo la tierra y se torna más rentable para todo el segmento de papel y celulosa convencional



## La manipulación genética de plantas podrá cumplir un rol importante para el mantenimiento y la preservación de las selvas nativas

en 2011. Más del 50% de las ventas va hacia el mercado externo.

La manipulación genética de plantas también podrá cumplir un rol importante para el mantenimiento y la preservación de las selvas nativas de todo el mundo. Según datos difundidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el planeta cuenta con alrededor de 4 mil millones de hectáreas cubiertas por bosques, lo cual representa alrededor del 27% de la superficie de tierras emergidas del globo. Se calcula que actualmente el consumo mundial de madera es de unos 3.400 millones de metros cúbicos anuales, previéndose un aumento de un 25% hasta 2020. Para atender esa demanda, las selvas autóctonas del planeta son taladas a un promedio de 12 millones de hectáreas por año. Según un estudio realizado por el Centro para el Análisis del Riesgo Ambiental de Cultivos Genéticamente Modificados (Cera), de la Ilsi Research Foundation, una fundación que congrega

a instituciones de investigación de todo el mundo, en 2000 las selvas plantadas representaban tan sólo un 5% del total de bosques del planeta, pero aportaban alrededor del 35% de la madera recogida. Desde entonces, el área de cultivo de especies arbóreas aumentó hasta 264 millones de hectáreas, lo cual representa un 6,6% de las selvas mundiales. Se calcula que, desde el final de los años 1980, cuando se autorizaron los primeros vegetales transgénicos para la implantación de cultivos comerciales, ya se han realizado en el mundo más de 800 experimentos de campo con árboles genéticamente modificados de unas 40 especies. ■

### Proyecto

Genómica funcional aplicada al descubrimiento de genes con resistencia a la roya del eucalipto – n° 2008/50361-1; **Modalidad** Programa de Apoyo a la Investigación en Colaboración para la Innovación Tecnológica (Pite); **Coordinador** Carlos Alberto Labate – USP; **Inversión** R\$ 330.195,78 y US\$ 242.235,41 (FAPESP) y R\$ 1.376.000,00 (Suzano).