

# Prospectiva Chile 2010

Biotecnología aplicada a la Industria Forestal



# INDICE

• PRESENTACIÓN	5
• UNA INVITACIÓN A CONOCER EL FUTURO	6
• LA INDUSTRIA FORESTAL EN LOS ÚLTIMOS 15 AÑOS	8
• METODOLOGÍA	13
• RESULTADOS DE LA ENCUESTA	17
1 IMPORTANCIA DE LA BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA PRODUCCIÓN FORESTAL EN 2018	17
2 BIOTECNOLOGÍA Y COMPETITIVIDAD DE LA INDUSTRIA FORESTAL	18
3 VENTAJAS COMPARATIVAS QUE CHILE POSEE	19
4 PRODUCTOS, PROCESOS Y/O SERVICIOS BIOTECNOLÓGICOS NECESARIOS DE DESARROLLAR	20
5 MEJORAMIENTO GENÉTICO	22
6 PRODUCTOS CON MAYOR POTENCIAL DE NEGOCIOS PARA LA INDUSTRIA FORESTAL	25
7 DESARROLLO DE PRODUCTOS TRANSGÉNICOS EN CHILE	27
8 PRODUCTOS TRANSGÉNICOS DE EXCELENCIA MUNDIAL	29
9 ACCIONES A EMPRENDER POR EL SECTOR PÚBLICO	31
10 ACCIONES A EMPRENDER POR EL SECTOR PRIVADO	34
11 ACCIONES A EMPRENDER EN CONJUNTO	36
12 MEDIDAS REGULATORIAS	38
13 NUEVAS AREAS TEMÁTICAS PARA LA EDUCACIÓN	39
• EXPERTOS PARTICIPANTES	45

## DOCUMENTO ELABORADO POR:

### Programa Prospectiva Tecnológica:

Frances Wilson, Ingeniero Comercial, Coordinadora  
Alvaro Briones, Ingeniero Comercial  
María Teresa Troncoso, Periodista  
Luis González, Metodólogo

### Asesores Externos:

Jorge Martínez, Bioquímico  
Ariel Orellana, Doctor en Ciencias Biológicas



## PRESENTACIÓN

El Programa de Prospectiva Tecnológica de Chile Innova, dependiente del Ministerio de Economía, tiene como objetivo contribuir al aumento de la competitividad de la economía nacional, mediante la generación de información sobre las actividades económicas que constituirán los ejes de esa competitividad en la próxima década.

Con este propósito, realiza estudios prospectivos que entregan una visión de futuro expresada por un conjunto de actores informados en una cierta materia, quienes identifican también todas las acciones que son necesarias de realizar para lograr la materialización de ese futuro deseado. De esta manera, la prospectiva tecnológica permite establecer un conjunto de consensos entre todos los actores sociales involucrados en una cierta industria para poner en marcha acciones y políticas públicas conducentes a un cierto objetivo definido.

El primero de estos estudios permitió identificar las actividades económicas que tienen la potencialidad de convertirse en los pilares productivos del Chile del Bicentenario, según la opinión experta de los 167 chilenos que participaron en esta investigación. Ellos entregaron sus propuestas y dialogaron on line en el marco de una encuesta Delphi desarrollada entre los meses de diciembre de 2001 y marzo de 2002.

El fruto de esta labor colectiva fue la identificación consensuada de un conjunto de actividades económicamente relevantes, en las que Chile podría sustentar su competitividad internacional en 2010. Con base en estos resultados, se han realizado los siguientes estudios prospectivos específicos:

- Industria de la E-ducación: TIC aplicadas a la Educación
- Producción y Exportación de Vinos
- La Industria de la Acuicultura
- Biotecnología aplicada a la Industria Forestal
- La Industria Chilena de Software
- Biotecnología aplicada a la Industria Hortofrutícola

**En las páginas que siguen presentamos en detalle los resultados correspondientes al estudio prospectivo específico sobre “Biotecnología aplicada a la Industria Forestal”.**



# UNA INVITACIÓN A CONOCER EL FUTURO

Conocer el futuro parece haber sido siempre una necesidad. ¿Por qué? Es posible que existan tantas respuestas a esta interrogante como talentos y estados de ánimo podamos encontrar entre los seres humanos. Sin embargo, existe una que probablemente las resuma a todas: el conocimiento adelantado del futuro es un formidable instrumento para la toma de decisiones.

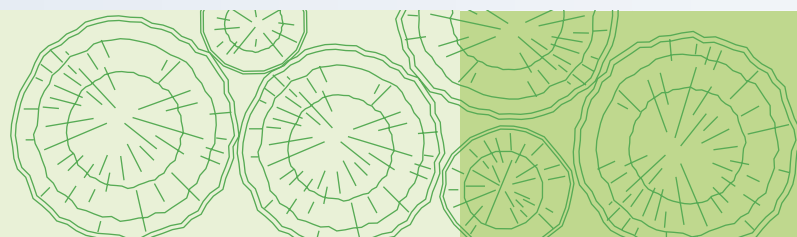
En el ámbito económico, la inexistencia de información acerca del futuro puede conducir a la dispersión de esfuerzos, al desgaste innecesario de energías privadas y públicas y a un desperdicio de recursos de ambos sectores. Por el contrario, algún grado de conocimiento del futuro permite la focalización de estos esfuerzos, el aumento de la eficiencia en su aplicación y un considerable ahorro de recursos y energías nacionales.

El Diccionario de la Lengua Española define prospectiva como el "conjunto de análisis y estudios realizados con el fin de explorar o predecir el futuro, en una determinada materia" y la deriva de la expresión "prospectivo" que, según el mismo diccionario, es aquello "que se refiere al futuro". Para conocer el futuro, el Ministerio de Economía realiza estudios de prospectiva cuyos resultados pone a disposición de empresarios, académicos y tomadores de decisión en general.

En esta oportunidad entregamos el estudio correspondiente a "Biotecnología aplicada a la Industria Forestal" y para conocer sus principales resultados invitamos a nuestros lectores a montar en una imaginaria máquina del tiempo y viajar al año 2018.

Ahora que están instalados en el futuro los invitamos a relajarse y leer las líneas que siguen... unas líneas que, no lo olviden, fueron escritas en el momento del tiempo en que ustedes están situados ahora, esto es, el año

**2018**

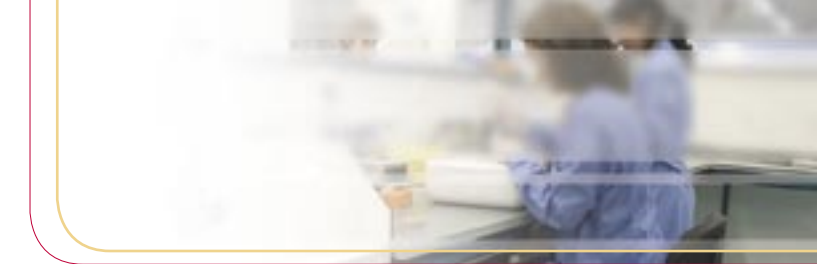


# LA INDUSTRIA FORESTAL EN LOS ÚLTIMOS 15 AÑOS

## | LA CONFIRMACIÓN DEL LIDERAZGO

Al concluir el año 2018 –a las puertas de la tercera década del siglo XXI– llega el momento de análisis y balances. Le toca el turno a la industria forestal, que junto a la minería y la industria de la fruta ha sido uno de los pilares del éxito exportador de nuestro país por más de cuatro décadas. En el recuento destaca el hecho que esta industria ha mantenido su competitividad por varios años, situación que ha sido posible gracias a la capacidad innovadora del sector forestal. Uno de los hitos importantes en el desarrollo de esta capacidad tuvo lugar al comenzar el siglo, cuando la industria forestal nacional, haciéndose cargo de las tendencias mundiales vigentes en ese momento, comprendió que su desarrollo futuro dependía de la aplicación de biotecnología. A partir de entonces las empresas, junto con el sector público, emprendieron la tarea de incorporar biotecnología a sus actividades.

Otro hito importante en el desarrollo de la capacidad innovadora del sector forestal fue el alto nivel de consenso que en ese instante se tuvo respecto a que la mejor herramienta biotecnológica a utilizar con fines productivos era el mejoramiento genético. En efecto, desde esa fecha la aplicación de biotecnología se concentró fuertemente en el apoyo de programas de mejoramiento genético que permitieron obtener las variedades de eucaliptus y pino que el día de hoy son tan apreciadas por su alta productividad y su gran resistencia a plagas y enfermedades. Junto con el mejoramiento de estas especies, que históricamente han sido puntales de la industria forestal, se iniciaron programas de mejoramiento genético en otras que hasta ese momento habían estado relegadas a un segundo plano. De estas nuevas especies la principal ha sido el raulí, que merced al mejoramiento genético logró desarrollar atributos anatómicos, como la rectitud y ausencia de nudosidades y un crecimiento mucho más acelerado, lo que ha permitido una interesante diversificación de la industria forestal hacia productos de mayor valor agregado basados en esta madera.



Pero la aplicación de la biotecnología no sólo permitió la explotación de nuevas especies o de especies que eran poco explotadas al comenzar el siglo, sino que permitió abrir un camino completamente nuevo a aquel seguido hasta el comienzo de la primera década de 2000. Así, por ejemplo, el descubrimiento alrededor de los años 90 de las capacidades anticancerígenas y antioxidantes de algunos productos naturales derivados de ciertas especies forestales –que generó una revolución en el ámbito de la industria forestal– impulsó a algunas empresas a iniciar programas de investigación asociados con centros universitarios que les permitieran identificar principios activos con potencial uso en la salud humana. Como resultado de ello muchas especies de nuestro bosque nativo son hoy día utilizadas en la producción de drogas de uso clínico e industrial, demandadas principalmente por laboratorios farmacéuticos que buscan poner en el mercado nuevas drogas antineoplásicas. Lo anterior, como es natural, ha llevado a una importante diversificación de las propias empresas forestales.

La incorporación masiva de biotecnología al mundo forestal permitió también generar procedimientos de obtención de pulpa de celulosa basados íntegramente en el uso de elementos orgánicos, habiéndose ya desechado los procedimientos químicos que eran la causa del alto grado de contaminación atribuida a la industria de la celulosa y que la estigmatizaban a fines del siglo XX. Actualmente esos fantasmas han desaparecido, ya que gracias a la aplicación de biotecnología se han mejorado los procedimientos y se ha logrado armonizar la producción industrial con un adecuado cuidado y mantención del medioambiente. Esto último ha tenido como consecuencia adicional una mejor recepción de nuestros productos en el mercado internacional.

Otro de los productos que Chile logró generar gracias a la aplicación de biotecnología, y que junto a los anteriores se exporta de manera creciente, es la madera de alta resistencia al biodeterioro. Este producto, desarrollado por medio de técnicas de antibiosis, ha impactado en el mercado internacional y actualmente existe una alta demanda por él.

Factor importante en la obtención de muchos de estos productos ha sido la incorporación de transgenia a los programas de mejoramiento genético. A pesar de que hacia fines del siglo XX se había generado una activa e intensa discusión sobre las ventajas y desventajas de incorporar esta metodología y existían aprehensiones acerca de su impacto en el ambiente, los buenos resultados obtenidos, junto con una mejor percepción por parte del público y de la sociedad en su conjunto, permitieron que la transgenia se fuera transformando en la principal herramienta de apoyo a los programas de mejoramiento genético y en un factor importante en el aumento de la productividad y la rentabilidad de la industria forestal. Uno de los factores que influyó fuertemente en la adopción de esta metodología fue la aceptación que obtuvo con el correr de los años a nivel mundial, lo que permitió que el tema de la posible incompatibilidad con la certificación internacional -aspecto que preocupaba a la industria- fuera debidamente resuelto. Ha sido gracias a la transgenia que se ha logrado obtener algunas de las variedades determinantes de la actual capacidad competitiva de la industria forestal chilena, entre las que se pueden mencionar los pinos con resistencia a insectos y hongos, los eucaliptus globulus tolerantes al frío, árboles con mayor capacidad de capturar CO2 y eucaliptus con menor contenido de lignina.

El éxito de la industria forestal ha sido efecto de una estrategia país en la que han participado el sector público, el sector privado y los centros de investigación. Estas entidades, actuando de forma individual o en conjunto, lograron estimular el desarrollo de la biotecnología en la industria forestal, definiendo prioridades y políticas de largo plazo que facilitaron la generación de fondos públicos y privados para fomentar el desarrollo de la biotecnología en el marco de la industria forestal.

Por otro lado, la asociación del sector privado con instituciones que realizan investigación logró estimular la investigación en el área lo que, a su vez, atrajo nuevos investigadores e impulsó a un mayor número de estudiantes a interesarse en la biotecnología forestal. Este círculo virtuoso tuvo como resultado el éxito económico que muestra actualmente la industria forestal y la ampliación de su plataforma de innovación. Asociadas a estas actividades de investigación e innovación, se desarrollaron los recursos humanos e institucionales que permitieron proteger la propiedad intelectual que se fue generando fruto de las investigaciones realizadas en el país.

El desarrollo de la biotecnología forestal tuvo que ir a la par con la generación de regulaciones que cautelaran aspectos sensibles para la sociedad y los mercados. Temas de interés como la protección de la biodiversidad resultaron fundamentales en la armonización entre la introducción de nuevas tecnologías y la mantención y protección del medio ambiente. Por otro lado, fue necesario adoptar las normas internacionales para la certificación de procesos y productos biotecnológicos. En este ámbito, el establecimiento de un marco regulatorio claro para la producción, adquisición y uso de organismos genéticamente modificados resultó fundamental para el desarrollo de la biotecnología forestal, a la vez que generó confianza en los mercados del mundo hacia la calidad de los productos chilenos elaborados a partir de la aplicación de biotecnología.

Todo lo anterior no hubiese sido posible de no haberse contado con el recurso humano calificado para aceptar este desafío. Para ello fue necesario provocar cambios radicales en la formación de los técnicos y profesionales que laboran en la industria forestal. Considerando que la biotecnología es una disciplina que basa su quehacer en el conocimiento de los seres vivos, su aplicación en la industria forestal hizo necesario fortalecer en la formación de técnicos forestales algunos ámbitos esenciales de la biología, tales como biología molecular, biología celular, y biología vegetal. A nivel de la formación universitaria de pregrado, en la actualidad, los profesionales que se forman para trabajar en biotecnología forestal tienen claramente incorporados aspectos relacionados con el manejo de la propiedad intelectual, así como también una fuerte formación en biodiversidad. La profundización en conceptos de biología molecular es otro aspecto que ha permitido fortalecer la formación de los profesionales que tienen que lidiar en un escenario distinto al de hace 15 años atrás.

Un comentario aparte merece la importancia que ha tenido la formación de postgrado de algunos profesionales. El impulso en la investigación, así como la generación de novedosos procesos biotecnológicos, ha sido posible gracias al conocimiento que han adquirido los estudiantes de postgrado en ámbitos tales como la bioinformática o el manejo de pruebas de campo, lo que ha llevado a producir una aceleración de estas pruebas. La incorporación de conocimientos en aspectos de propiedad intelectual ha permitido también que los estudiantes que incursionan en el postgrado logren un nivel de formación óptimo para los requerimientos que demanda la biotecnología forestal actual y que ha permitido el éxito de esta industria.

# METODOLOGÍA

## ¿CÓMO PUDIMOS CONOCER EL FUTURO?

En el estudio prospectivo que a continuación se presenta se utilizaron dos herramientas metodológicas: la aplicación de una encuesta Delphi y un taller de trabajo con expertos. Por intermedio de ambos se buscó generar de manera permanente un diálogo activo entre expertos temáticos representantes de los sectores privado, académico y público.

### ENCUESTA DELPHI

El método Delphi consiste en la aplicación de una encuesta interactiva e iterativa a un panel de expertos, con el objeto de consensuar una determinada visión sobre la materia encuestada. Sus principales características son:

**Es participativo:** permite que grandes grupos de expertos sean consultados simultáneamente en todo el país.

**Es horizontalmente anónimo:** todos los participantes intervienen de igual manera, sin relacionarse directamente entre sí, evitando los sesgos e influencias que se producen en una interacción cara a cara.

**Es iterativo:** circulan varias rondas de cuestionarios que enriquecen la información proporcionada.

**Es interactivo:** los resultados de las rondas previas son presentados a los encuestados, quienes pueden modificar sus opiniones hasta lograr un consenso.

En la encuesta sobre la "Biotecnología aplicada a la Industria Forestal" participaron 124 expertos<sup>1</sup>, quienes respondieron mediante un sistema on line que utilizó una plataforma computacional de última generación, especialmente desarrollada para los estudios del Programa de Prospectiva Tecnológica.

La encuesta comprendió dos circulaciones. La primera incluyó preguntas abiertas, con las que se buscaba obtener información cualitativa, y la segunda incorporó dicha información con preguntas cerradas, en las que se planteaban alternativas de respuesta acotadas o finitas.

<sup>1</sup> La lista de los expertos que participaron en la encuesta se encuentra en la página 45.

En aquellas preguntas en las que se les solicitó a los encuestados evaluar cada uno de los enunciados de acuerdo a variables cualitativas (importancia, nivel de impacto, prioridad), se procesaron los resultados empleando una escala ordinal, esto es, una escala que establece posiciones entre los distintos ítems sobre los cuales se hicieron preguntas. En el análisis estadístico de las variables cualitativas se utilizaron estadígrafos de posición (mediana, cuartil, dispersión, etc.). Los datos obtenidos luego de esta etapa fueron procesados y sintetizados, empleando los estadígrafos descriptivos que se definen a continuación.

**Mediana:** Es el valor que se encuentra en medio de un conjunto de números, es decir, la mitad de los números es mayor que la mediana y la otra mitad es menor. Expresa la tendencia dominante dentro del grupo encuestado y sintetiza la opinión general de este, pues es el único valor que se encuentra más cerca de todos los otros valores por estar situado en el centro de todos ellos.

**Cuartil 1 (C1):** Corresponde al percentil 25; determina la posición bajo la cual se ubica el 25% de los valores más bajos. Este valor permite determinar si el primer cuarto de votaciones o respuestas le asigna una calificación baja o alta al enunciado o al ítem en cuestión. A modo de ejemplo, si C1 es igual a 5 (en una escala de 1 a 7) quiere decir que el 75% de votaciones restantes es igual a 5 o es superior, reflejando con ello que la gran mayoría de los encuestados le entregó al ítem una calificación alta (conclusión que debe ser corroborada con los demás estadígrafos).

**Cuartil 3 (C3):** Corresponde al percentil 75; determina la posición bajo la cual se ubica el 75% de los valores. Al igual que el anterior, este estadígrafo entrega una posición bajo y sobre la cual se ubica un cierto porcentaje de respuestas o calificaciones. En este caso, sobre C3 se ubica el 25% de las votaciones o respuestas con calificación más alta. A modo de ejemplo, si C3 es igual a 7 (en una escala de 1 a 7) significa que a lo menos el 25% de las calificaciones entregadas por los encuestados posee el máximo valor, esto es, un 7.

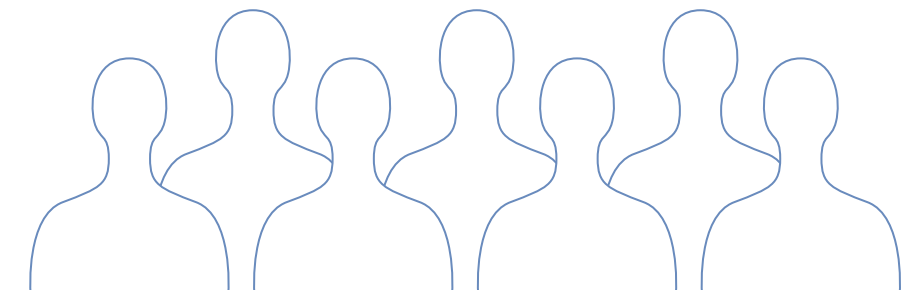
**Dispersión:** Es el valor obtenido producto de la resta entre C3 y C1 ( $C3 - C1$ ). Es directamente proporcional con el nivel de dispersión de los datos. La dispersión nos permite determinar el grado o nivel de consenso en las votaciones. Si C1 se acerca a C3 significa que a lo menos el 50% de los encuestados entregó la misma votación o una muy similar. Por otro lado, si C1 y C3 se alejan, implica que las votaciones se distribuyen a lo largo de toda o casi toda la escala.

**Frecuencia:** Corresponde al número de casos o veces en que se ha manifestado una respuesta. Mientras más alto es este valor, mayor respaldo o votaciones obtiene el enunciado o ítem en cuestión.

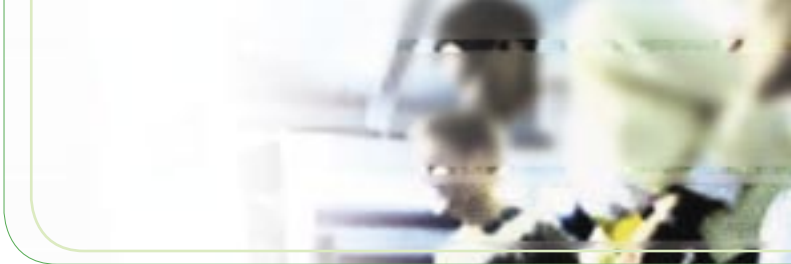
## TALLER DE TRABAJO CON EXPERTOS

El taller de trabajo con expertos es un procedimiento acelerado de consulta a un número reducido aunque significativo de éstos, sobre la base de un debate sistemáticamente dirigido que se realiza a partir de una presentación inicial de alta capacidad motivadora. Este procedimiento se utiliza preferentemente para abordar aspectos puntuales o muy focalizados que resulta importante profundizar en el marco de un estudio más general.

Durante el proceso de puesta en marcha del estudio de prospectiva sobre la biotecnología aplicada a la industria forestal se realizó un taller de trabajo en el que se presentó un diagnóstico de esta industria a un grupo de representantes de los sectores privado, público y académico, quienes hicieron aportes que fueron luego recogidos e incluidos en la elaboración del cuestionario de la encuesta Delphi.







## RESULTADOS DE LA ENCUESTA

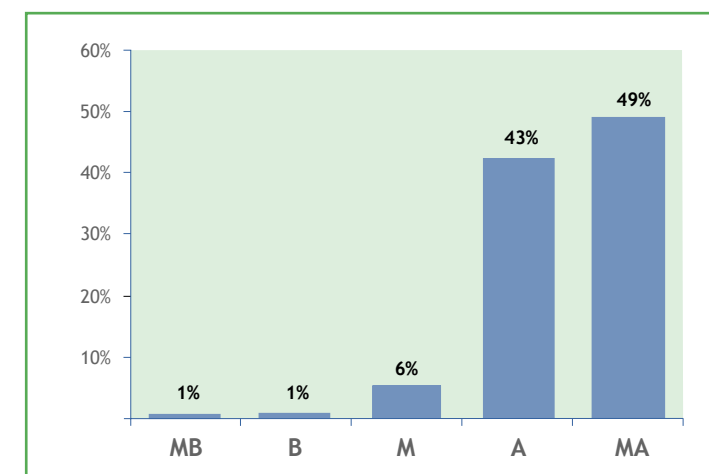
### 1. IMPORTANCIA DE LA BIOTECNOLOGÍA APLICADA A LA PRODUCCIÓN FORESTAL EN 2018

La primera pregunta tuvo por objeto recoger la opinión de los expertos encuestados acerca de la importancia que tendrá la biotecnología para la producción forestal mundial en 15 años más.

Los resultados fueron los siguientes:

	Número de Respuestas	Porcentaje
Muy baja importancia	1	1%
Baja importancia	1	1%
Mediana importancia	7	6%
Alta importancia	49	43%
Muy alta importancia	56	49%
<b>Total</b>	<b>114</b>	<b>100%</b>

Gráfico 1. Importancia de la Biotecnología aplicada a la Industria Forestal



Como se observa en el Gráfico 1, la mayoría de los expertos encuestados (92%) le otorgó una gran importancia a la biotecnología como herramienta para la producción forestal mundial, lo cual constituye un apoyo prácticamente unánime por parte de los encuestados al desarrollo de esta tecnología.

## 2. BIOTECNOLOGÍA Y COMPETITIVIDAD INTERNACIONAL DE LA INDUSTRIA FORESTAL

Luego se preguntó a los expertos si, a su juicio, la biotecnología será indispensable para sostener la competitividad internacional de la industria forestal chilena y se les solicitó que argumentaran su respuesta. Los resultados se presentan a continuación:

	Número de Respuestas	Porcentaje
Sí	95	86%
No	15	14%
Total	110	100%
No Responde	4	

### CUADRO 1. Biotecnología y Futura Competitividad Internacional de la Industria Forestal

#### Argumentos por los cuales la biotecnología será indispensable para la competitividad internacional:

Contribuirá a una producción limpia, con menor impacto en el ecosistema
Generará un aumento en la productividad
Permitirá mejorar la calidad del producto
Permitirá obtener especies genéticamente mejoradas y diversificadas
Permitirá obtener variedades con resistencia a enfermedades
Su aplicación permitirá competir exitosamente en los mercados internacionales

#### Argumentos por los cuales la biotecnología no será indispensable para la competitividad internacional

El plazo propuesto (15 años) es muy breve para apreciar cambios importantes
Es una tecnología de alto costo
La verdadera ventaja competitiva será tener productos "no tocados" por la biotecnología
Las consideraciones ambientales impedirán el desarrollo de la biotecnología forestal
Los esfuerzos se deberán concentrar en la industrialización, los mercados y políticas adecuadas de exportación
Los factores de competitividad más importantes serán la gestión ambiental y la responsabilidad social
No será una realidad porque no contará con el apoyo real de todos los actores involucrados: gobierno, universidades y empresas

Un 86% de los encuestados manifestó que la biotecnología será indispensable para sostener la competitividad internacional de la industria forestal chilena. Los argumentos a favor abarcaron variados aspectos que apuntan a mejoras en el proceso productivo y la comercialización, así como obtener una producción limpia con menor impacto en el ecosistema.

Los argumentos de quienes consideraron que la biotecnología no será indispensable para el propósito planteado, apuntaron a consideraciones ambientales, al hecho de que esta tecnología podría tener un alto costo y a que un plazo de 15 años es insuficiente para apreciar cambios importantes en el sector.

## 3. VENTAJAS COMPARATIVAS QUE CHILE POSEE

Esta pregunta indagó sobre las ventajas comparativas que Chile posee para desarrollar la industria biotecnológica aplicada a la industria forestal. Un 95% de los encuestados contestó que el país tiene ventajas comparativas para lograr este desarrollo y las enumeró. Sólo un 5% opinó lo contrario. El Cuadro 2 presenta una síntesis de las ventajas comparativas mencionadas.

### CUADRO 2. Ventajas Comparativas Identificadas

Chile posee una gran biodiversidad
El país posee una gran riqueza genética
Chile posee recursos forestales únicos
Presencia de especies forestales potencialmente dúctiles al uso de biotecnología
Abundancia de recursos forestales
Condiciones ambientales, de terreno y superficie, favorables para el desarrollo forestal
Industria forestal consolidada, con capacidad de inversión y crecimiento
Industria forestal que incorpora rápidamente tecnología de punta
Existencia de profesionales calificados
El país posee capacidades en investigación para desarrollar la biotecnología forestal
Capacidad del país para adaptar y aplicar la abundante información en biotecnología forestal existente en el mundo
La industria forestal posee experiencia en mejoramiento genético que puede ser potenciado con la aplicación de biotecnología
Ya existe en el país algún grado de desarrollo biotecnológico por parte de las principales empresas
Tratados de libre comercio suscritos por Chile

**CUADRO 2. Ventajas Comparativas Identificadas**

Materia prima de calidad
Productos cuya calidad es reconocida en los mercados internacionales
La industria forestal chilena está concentrada en pocas empresas
Reducido número de especies de interés económico, lo que permite concentrar los recursos financieros y los esfuerzos de investigación
Legislación adecuada para el desarrollo forestal

#### 4. PRODUCTOS, PROCESOS Y/O SERVICIOS BIOTECNOLÓGICOS NECESARIOS DE DESARROLLAR

En la primera circulación de la encuesta se preguntó a los expertos acerca de los productos, procesos y/o servicios biotecnológicos que serán necesarios para mejorar la competitividad internacional de la industria forestal chilena en los próximos 15 años. En la segunda circulación, se les pidió que calificaran cada uno de ellos, de acuerdo al impacto que tendrá sobre el objetivo buscado.

Los resultados se presentan en el Cuadro 3.

**CUADRO 3. Productos, Procesos y/o Servicios Biotecnológicos para Mejorar la Competitividad Internacional de la Industria Forestal**

	Productos, Procesos y/o Servicios Propuestos	Mediana	Dispersión
1º	Mejoramiento genético para el aumento de la productividad	7,0	1,0
2º	Mejoramiento genético para resistir plagas y enfermedades	7,0	1,0
3º	Certificación de calidad	6,0	1,0
4º	Especies forestales con características mejoradas	6,0	1,0
5º	Mejoramiento de la madera	6,0	1,0
6º	Criopreservación de material genético seleccionado	6,0	1,0
7º	Semillas mejoradas	6,0	1,0
8º	Identificación clonal, selección asistida y certificación usando marcadores moleculares	6,0	1,0
9º	Árboles rectos y con volúmenes más altos	6,0	2,0

**CUADRO 3. Productos, Procesos y/o Servicios Biotecnológicos para Mejorar la Competitividad Internacional de la Industria Forestal**

	Productos, Procesos y/o Servicios Propuestos	Mediana	Dispersión
10º	Bancos de germoplasma y genéticos	6,0	2,0
11º	Propagación, utilizando organogénesis y embriogénesis somática	6,0	2,0
12º	Biopulpaje y bioblanqueo en la producción de celulosa	6,0	2,0
13º	Certificación de bioseguridad	6,0	2,0
14º	Clones	6,0	2,0
15º	Especies plus	6,0	2,0
16º	Especies resistentes a estrés biótico y abiótico	6,0	2,0
17º	Genómica y bioinformática	6,0	2,0
18º	Ingeniería genética (transgenia)	6,0	2,0
19º	Marcadores moleculares	6,0	2,0
20º	Mejoramiento genético de especies introducidas	6,0	2,0
21º	Mejoramiento genético de especies nativas	6,0	2,0
22º	Preservantes no tóxicos y no agresivos ambientalmente	6,0	2,0
23º	Reciclaje de desechos	6,0	2,0
24º	Recuperación, sustentabilidad y productividad de especies nativas	6,0	2,0
25º	Tratamiento de residuos	6,0	2,0
26º	Bioremediación	6,0	2,5
27º	Subproductos	5,0	2,0
28º	Árboles con menor contenido de lignina	5,0	2,0
29º	Propiedades nutritivas de frutos de especies nativas	5,0	2,0
30º	Homogenización de las plantaciones	5,0	2,0
31º	Regeneración vegetativa	5,0	2,0
32º	Nuevas especies	5,0	3,0
33º	Árboles estériles	4,0	3,0

Claramente, las respuestas de los expertos a esta pregunta se inclinaron por el mejoramiento genético, que permitirá aumentar los niveles de productividad de la industria forestal.

Se mencionaron también algunos procesos innovadores como la criopreservación de material genético seleccionado, junto con la identificación clonal, selección asistida y certificación usando marcadores moleculares, cuya implementación podría apoyar el impulso a la productividad en forma complementaria. Estos procesos, en mayor o menor medida, ya están siendo desarrollados en la actualidad por la industria, por lo que su inclusión en este listado tiene un importante grado de factibilidad. La certificación de calidad, identificada también como un servicio necesario para mejorar la competitividad, da cuenta de la obligatoria inserción internacional de la industria.

Resulta interesante destacar que productos como los árboles con bajo contenido de lignina, que constituyen una gran aspiración del mundo forestal, aparecieron con una menor calificación y consenso. Es posible que los expertos hayan considerado que la obtención de estos árboles esté bien encaminada con las investigaciones vigentes y, por tanto, en sus respuestas sólo mencionaran aquellos productos o servicios que están menos desarrollados.

## 5. MEJORAMIENTO GENÉTICO

Con respecto al mejoramiento genético, en la primera circulación de la encuesta se preguntó si es necesario desarrollar programas con este objetivo para incrementar la competitividad internacional de la industria forestal chilena en los próximos 15 años. El 98% de los encuestados contestó que sí y propuso especies y/o variedades susceptibles de ser mejoradas genéticamente. Sus proposiciones se sintetizaron en 45 enunciados correspondientes a aquellas especies y/o variedades que muy probablemente serán objeto de programas de mejoramiento genético en los próximos quince años.

Con el propósito de discernir entre estas 45 especies y/o variedades aquellas en las que probablemente se concentrará la aplicación de este tipo de mejoramiento, se solicitó a los expertos que eligieran tres de ellas en la segunda circulación de la encuesta. El resultado, que se muestra en el Cuadro 4 y el Gráfico 2<sup>2</sup>, permite discernir un grupo de cuatro especies y/o variedades en las que estos programas tendrían una mayor probabilidad de realización.

<sup>2</sup> Tanto en el Cuadro 4 como en el Gráfico 2 se presentan las 32 especies y/o variedades seleccionadas una o más veces por los expertos en la segunda circulación de esta pregunta.

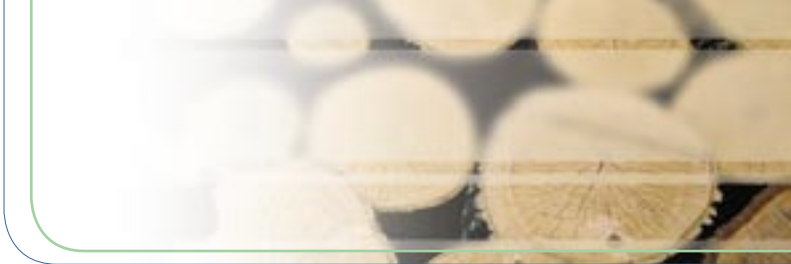
Las especies más propuestas por los encuestados fueron las dos variedades de eucaliptus (globulus y nitens), el raulí y el pino radiata, las que, en su opinión, de ser mejoradas genéticamente serían las que provocarían un aumento de la competitividad internacional de la industria forestal chilena. La importante mención de eucaliptus globulus probablemente es el reflejo del impulso que la industria de la celulosa ha dado a esta especie. Por su parte, el pino radiata es el responsable del crecimiento explosivo de la industria de la madera elaborada, que utiliza fundamentalmente esta especie.

El raulí es una de las pocas especies de bosque nativo con potencial maderero, especialmente en el rubro muebles o pisos. No obstante lo anterior, su utilización se ha visto interferida por problemas fitosanitarios y de anatomía que, a juicio de los encuestados, serían superados por mejoramiento genético. Esta opinión también se sustenta en la experiencia acumulada en el país respecto a la disminución del tiempo de rotación de estas especies.

Otra especie como la sequoia, investigada en forma reciente y que ha mostrado gran potencial por su menor tiempo de rotación, comparado con el de su lugar de origen (EE.UU.), apareció mencionada con baja prioridad, lo que probablemente indica que, a juicio de los expertos, la intervención mediante biotecnología difícilmente podría superar esta ventaja.

**CUADRO 4. Especies y o Variedades Propuestas para Mejoramiento Genético**

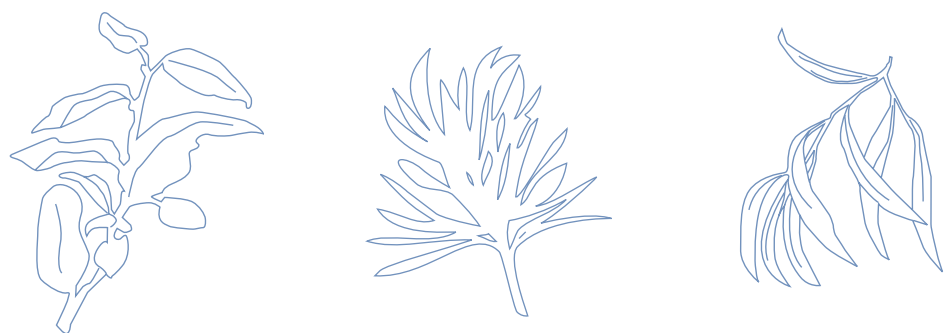
	Especies y/o Variedades Propuestas	Frecuencia	Porcentaje
1º	Eucaliptus globulus	32	40%
2º	Raulí	28	35%
3º	Pino radiata	28	35%
4º	Eucaliptus nitens	21	26%
5º	Roble	13	16%
6º	Castanea sativa	12	15%
7º	Lenga	10	13%
8º	Pino oregón	8	10%
9º	Álamo	8	10%
10º	Lingue	6	8%
11º	Coigüe	6	8%



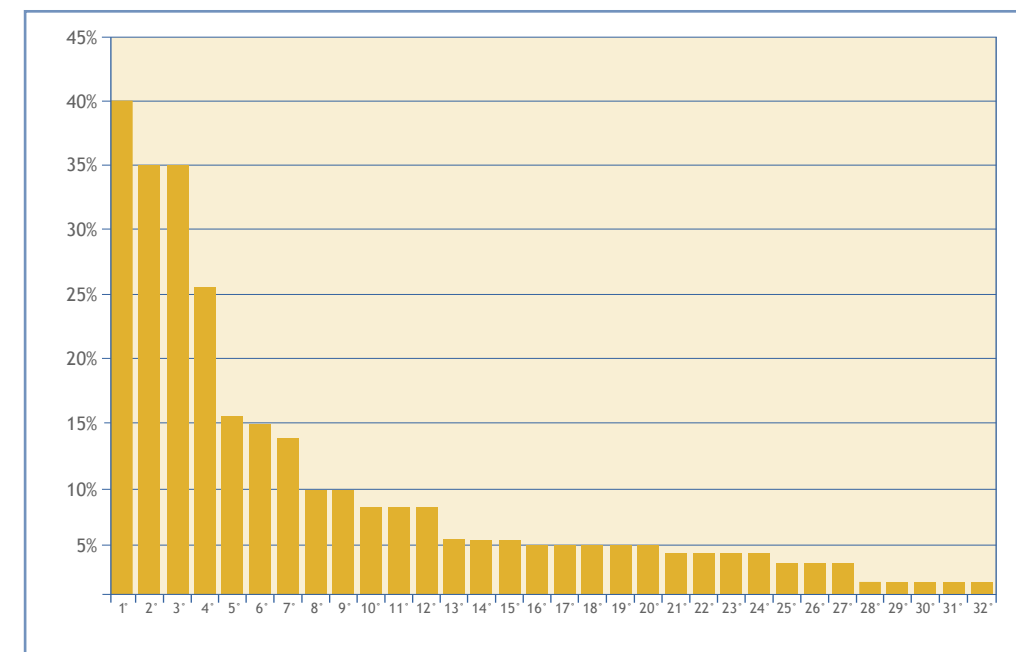
**CUADRO 4. Especies y o Variedades Propuestas para Mejoramiento Genético**

	Especies y/o Variedades Propuestas	Frecuencia	Porcentaje
12°	Quillay	6	8%
13°	Nogal	5	6%
14°	Híbridos de globulus, nitens	5	6%
15°	Sequoia	5	6%
16°	Acacia	4	5%
17°	Canelo	4	5%
18°	Mañío	4	5%
19°	Tamarugo	4	5%
20°	Gevuina avellana	4	5%
21°	Boldo	3	4%
22°	Cerezo	3	4%
23°	Ulmo	3	4%
24°	Híbridos de radiata, oregón	3	4%
25°	Juglan sp	2	3%
26°	Pino ponderosa	2	3%
27°	Pseudotsuga menziessi	2	3%
28°	Especies del género Salix (mimbre)	1	1%
29°	Salicaceas	1	1%
30°	Tepa	1	1%
31°	Alerce	1	1%
32°	Avellano	1	1%

**Nota:** La suma de los porcentajes no es igual a 100%, debido a que los encuestados tuvieron la opción de elegir más de una alternativa.



**Gráfico 2. Especies y/o Variedades Propuestas para Mejoramiento Genético**



## 6. PRODUCTOS CON MAYOR POTENCIAL DE NEGOCIOS PARA LA INDUSTRIA FORESTAL

En la primera circulación de esta pregunta, se solicitó a los expertos que propusieran productos forestales chilenos que actualmente no se exportan y que podrían adaptarse para su exportación en el futuro utilizando biotecnología. De la lista de proposiciones recogidas, se les pidió, en la segunda circulación, que seleccionaran los tres productos que a su juicio podrían representar una mejor oportunidad de negocios para la industria forestal.

**CUADRO 5. Productos que Representarán una Mejor Oportunidad de Negocios**

	Productos Identificados	Frecuencia	Porcentaje
1°	Esencias de árboles nativos que son anticancerígenos o antioxidantes	37	46%
2°	Celulosa blanqueada por medios orgánicos	22	28%
3°	Madera protegida frente a agentes de biodeterioro, mediante técnicas de antibiosis	21	26%
4°	Semillas seleccionadas y mejoradas	17	21%
5°	Semillas de especies vegetales endémicas mejoradas	14	18%
6°	Pulpa blanqueada con enzimas de hongos	14	18%
7°	Fibra para papel de mejor calidad	11	14%
8°	Saponina	9	11%
9°	Sustratos orgánicos de residuos forestales, para fertilización	9	11%
10°	Madera libre de nudos	8	10%
11°	Maderas duras de pequeñas dimensiones (ej. tralhuén)	8	10%
12°	Pulpa de madera pretratada con organismos biológicos	8	10%
13°	Celulosa fibra larga	7	9%
14°	Taninos	6	8%
15°	Madera en trozos sin tratamientos químicos	5	6%
16°	Resinas	5	6%
17°	Bio-combustibles, como latex de <i>Euphorbia lactiflua</i>	5	6%
18°	Compost de madera	4	5%
19°	Madera y productos terminados de sequoia	4	5%
20°	Celulosa fibra corta	3	4%
21°	Papel de alta resistencia	3	4%

**Nota:** La suma de los porcentajes no es igual a 100%, debido a que los encuestados tuvieron la opción de elegir más de una alternativa.

Los encuestados ubicaron a los principios activos con potencial anticancerígeno o antioxidante como el producto forestal más promisorio en términos de futuras exportaciones. Es muy posible que en sus respuestas haya influido la utilización del Taxol (Paclitaxel) como droga antineoplásica, un producto derivado del Tejo del Pacífico (*Taxus brevifolia*), que se ha utilizado con éxito en el tratamiento de tumores humanos.

También mencionaron la celulosa blanqueada por medios orgánicos y la madera protegida frente a agentes de biodeterioro como productos con potencial de exportación, luego de su mejoramiento utilizando biotecnología. Esta última mención da cuenta de un agudo problema de la industria forestal, que ha sido paliado en parte por la utilización de compuestos químicos (como el pentacloro fenato de sodio) que frenan el crecimiento de hongos causantes de manchas en la madera. La industria busca afanosamente una alternativa biotecnológica a este tratamiento por la alta toxicidad del compuesto químico, indicado como el responsable de una gran proporción de la contaminación ambiental generada por la industria de la celulosa, especialmente en la octava región.

## 7. DESARROLLO DE PRODUCTOS TRANSGÉNICOS EN CHILE

El tema de la transgenia se abordó en esta pregunta, consultándose a los expertos su opinión en cuanto a si debe impulsarse en Chile el desarrollo de productos transgénicos para mejorar la competitividad internacional de la industria forestal en los próximos 15 años. Un 68% de los encuestados contestó que sí y el 32% restante que no. Para justificar su respuesta, unos y otros entregaron argumentos que se exponen en el Cuadro 6, ordenados según la valoración que los encuestados les adjudicaron en la segunda circulación de la encuesta.

**CUADRO 6. Desarrollo de Productos Transgénicos en Chile**

	Síntesis de Argumentos a Favor	Frecuencia	Porcentaje
1º	Contribuirá a un aumento significativo de la productividad y la rentabilidad	18	23%
2º	Permitirá un aumento significativo de la competitividad	12	16%
3º	Permitirá obtener variedades resistentes a enfermedades y a condiciones ambientales adversas	9	12%
4º	Su utilización es una tendencia mundial	5	7%
5º	Permitirá la producción de árboles con "valor agregado"	3	4%
6º	Porque, al revés de lo que ocurre con los alimentos, los árboles transgénicos serán mejor tolerados por la sociedad	2	3%
7º	Permitirá obtener árboles de mejor forma y madera de óptima condición	2	3%
8º	Facilitará una producción más limpia	2	3%
	<b>Total</b>	<b>53</b>	<b>69%</b>

	Síntesis de Argumentos en Contra	Frecuencia	Porcentaje
1º	El uso de material transgénico es actualmente incompatible con la certificación internacional	10	13%
2º	El factor de competitividad más importante será la gestión ambiental y no la transgenia	5	7%
3º	Su comercialización puede provocar el levantamiento de barreras a la entrada en países desarrollados	5	7%
4º	La tendencia del mercado se orienta a la demanda de productos naturales en lugar de los transgénicos	3	4%
5º	Es una tecnología de alto costo para los países subdesarrollados	1	1%
	<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>31%</b>

**Nota:** Porcentajes con aproximación.

Los argumentos a favor del uso de la transgenia muestran que los encuestados le asignan a esta tecnología un valor potencial en los resultados económicos que puede llegar a obtener la industria.

Quienes se manifestaron en contra del uso de la transgenia lo hicieron basados en situaciones fundamentalmente contingentes, argumentando que el uso de esta técnica podría tener consecuencias comerciales adversas para la industria. El argumento que obtuvo mayor consenso fue la incompatibilidad del uso de material transgénico con la certificación internacional.

## 8. PRODUCTOS TRANSGÉNICOS DE EXCELENCIA MUNDIAL

Esta pregunta está ligada a la anterior, ya que quienes se pronunciaron a favor de desarrollar productos transgénicos en Chile identificaron una lista de 19 enunciados correspondientes a aquellos productos transgénicos que probablemente permitirán mejorar la competitividad internacional de la industria forestal en los próximos 15 años. Con el propósito de discernir entre estos 19 productos aquellos que mejor cumplirán dicho objetivo, en la segunda circulación de la encuesta se solicitó a los expertos que identificaran "el" producto con el que nuestro país podría alcanzar un nivel de excelencia mundial en esta industria en el año 2018.

El resultado, que se presenta en el Cuadro 7 y el Gráfico 3<sup>3</sup>, permitió discernir cuatro de estos productos. A juicio de los expertos encuestados, el Pino radiata con resistencia a insectos y hongos y el Eucaliptus globulus resistente al frío son los productos transgénicos con los que Chile podría alcanzar un nivel de excelencia mundial en la industria forestal en el año 2018. Esto reitera la aspiración de acceder a una solución biotecnológica para frenar la agresión por agentes ambientales.

De este modo, y en sintonía con las respuestas anteriores, pareciera claro que el desafío de la biotecnología forestal es provocar un fuerte impulso a la productividad y al combate a las plagas y enfermedades. A este logro puede aportar en forma significativa la transgenia, pues la mayor parte de los atributos que señalaron los encuestados puede ser obtenida mediante esta tecnología.

Con una alta frecuencia, se mencionó también los árboles con mayor capacidad de capturar CO<sub>2</sub> y los eucaliptos con menor contenido de lignina, como productos forestales transgénicos que podrían llevar a Chile a un nivel de excelencia mundial en esta industria.

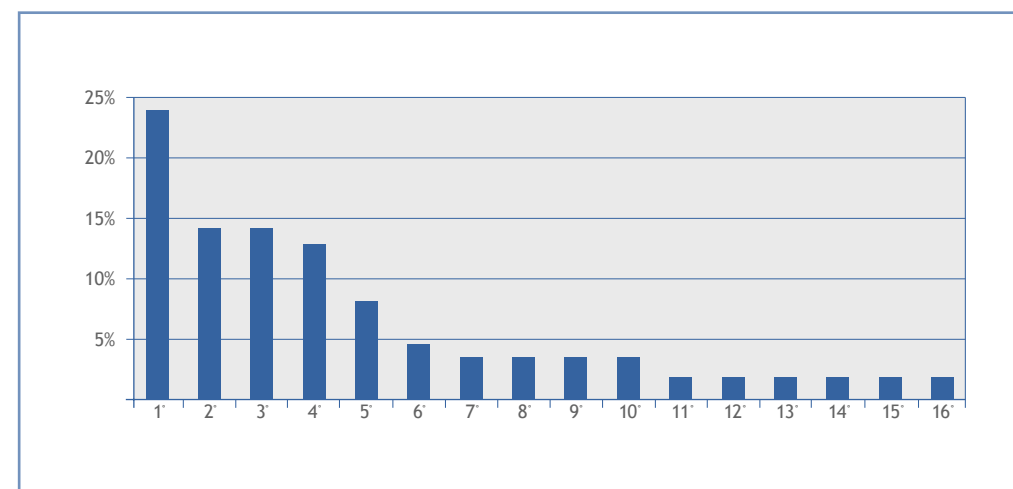
<sup>3</sup> Tanto en el Cuadro 6 como en el Gráfico 3 se presentan los 16 productos transgénicos seleccionados una o más veces por los expertos en la segunda circulación de esta pregunta.

**CUADRO 7. Productos Transgénicos de Excelencia Mundial**

	Productos Transgénicos Propuestos	Frecuencia	Porcentaje
1º	Pino radiata con resistencia a insectos u hongos	15	24%
2º	Eucaliptus globulus tolerantes al frío	9	14%
3º	Árboles con mayor capacidad de capturar CO2	9	14%
4º	Eucalipto con menor contenido de lignina	8	13%
5º	Eucaliptus globulus tolerantes a sequía	5	8%
6º	Especies de eucaliptos de zonas áridas con mayor potencial de celulosa con relación a la lignina	3	5%
7º	Eucaliptus globulus tolerantes a herbicidas	2	3%
8º	Alerce de rápido crecimiento, para usar en reforestación como reemplazo del pino radiata	2	3%
9º	Pino radiata con lignina tipo siringil	2	3%
10º	Pino tolerante al frío	2	3%
11º	Árboles estériles	1	2%
12º	Cerezo resistente a plagas y enfermedades	1	2%
13º	Pino tolerante a sequía	1	2%
14º	Pino y eucaliptus tolerantes a salinidad	1	2%
15º	Eucaliptus globulus resistente al glifosato (herbicida)	1	2%
16º	Pino radiata resistente a Sirex noctilio	1	2%
	<b>Total</b>	<b>63</b>	<b>100%</b>

**Nota:** Porcentajes con aproximación.

**Gráfico 3. Productos Transgénicos de Excelencia Mundial**



## 9. ACCIONES A EMPRENDER POR EL SECTOR PÚBLICO

Para estimular el desarrollo de la biotecnología aplicada a la industria forestal es fundamental que los distintos actores involucrados emprendan desde hoy una serie de acciones conducentes a ese propósito. Este tema fue abordado en tres preguntas, la primera de las cuales se centró en las acciones que debiera emprender el sector público. En la primera circulación, se solicitó a los encuestados formular proposiciones, cuya síntesis se presentó en la segunda circulación de la encuesta para ser calificadas de acuerdo al nivel de importancia que cada una de ellas tendrá en el desarrollo de la biotecnología aplicada a la industria forestal.

El Cuadro 8 muestra los resultados.

**CUADRO 8. Acciones propuestas para el Sector Público**

	Acciones Propuestas	Mediana	Dispersión
1º	Definir políticas de investigación de largo plazo	7,0	1,0
2º	Establecer una estrategia nacional para el desarrollo de la biotecnología forestal	7,0	1,0
3º	Estimular la investigación en el área	7,0	1,0
4º	Fomentar alianzas estratégicas académico-público-privadas para el desarrollo biotecnológico	7,0	1,0
5º	Proteger la propiedad intelectual	7,0	2,0
6º	Fomentar alianzas estratégicas internacionales para el desarrollo biotecnológico	6,0	1,0
7º	Estimular el desarrollo académico en biotecnología forestal	6,0	1,0
8º	Subsidiar a pequeños empresarios que participen en programas de investigación	6,0	1,3
9º	Establecer programas de difusión y promoción de la biotecnología forestal	6,0	1,5
10º	Crear fondos concursables para la investigación en biotecnología a nivel regional, con temas regionales y aplicabilidad regional	6,0	2,0
11º	Implementar un programa de prospección del bosque nativo para identificar especies con potencial comercial	6,0	2,0



**CUADRO 8. Acciones propuestas para el Sector Público**

	Acciones Propuestas	Mediana	Dispersión
12°	Aumentar fondos destinados a financiar programas de postgrado en biotecnología forestal	6,0	2,0
13°	Capacitar a los funcionarios del sector público en biotecnología para que puedan ser interlocutores válidos	6,0	2,0
14°	Crear centros especializados de biotecnología forestal	6,0	2,0
15°	Destinar recursos a investigación aplicada en etapa precomercial	6,0	2,0
16°	Establecer convenios con grandes empresas forestales para traspasar material genéticamente mejorado a las pequeñas empresas	6,0	2,0
17°	Establecer convenios de cooperación internacional para capacitar al recurso humano	6,0	2,0
18°	Establecer programas de transferencia tecnológica	6,0	2,0
19°	Estimular la creación de empresas biotecnológicas forestales privadas	6,0	2,0
20°	Financiar específicamente programas y proyectos en biotecnología forestal	6,0	2,0
21°	Formar consorcios de I+D en biotecnología forestal	6,0	2,0
22°	Gestionar la capacitación en biotecnología	6,0	2,0
23°	Incorporar contenidos biotecnológicos en el sistema educacional	6,0	2,0
24°	Financiar programas de mejoramiento genético	6,0	2,0
25°	Establecer regulaciones	6,0	3,0
26°	Crear un capital semilla para empresas forestales que apliquen biotecnología	5,5	2,0
27°	Liderar la coordinación de acciones con el sector privado	5,0	1,0
28°	Incentivar el desarrollo de mercados	5,0	2,0
29°	Crear un directorio biotecnológico forestal (grupo de asesores biotecnológicos forestales) que apoye las decisiones que el gobierno implemente en esta área	5,0	2,8

**CUADRO 8. Acciones propuestas para el Sector Público**

	Acciones Propuestas	Mediana	Dispersión
30°	Desburocratizar la gestión de los entes fiscalizadores públicos	5,0	3,0
31°	Establecer beneficios tributarios a las empresas forestales que invierten en biotecnología	5,0	3,0
32°	Exigir el uso de material mejorado genéticamente en todos los programas de forestación y reforestación	4,0	3,0
33°	Subsidiar la contratación de doctores en biotecnología en empresas forestales	4,0	3,0
34°	Subsidiar los productos provenientes de procesos biotecnológicos	3,5	3,0

Los encuestados propusieron un rol para el sector público en el establecimiento y la definición de políticas y estrategias que, a través de un potente énfasis en la investigación, proyecten el futuro de la industria forestal basado en la biotecnología. En este mismo contexto, sugirieron que lidere el establecimiento de alianzas con los sectores académicos y privados, tanto nacionales como internacionales, y establezca una normativa que permita la protección de la propiedad intelectual.

Con una menor calificación y nivel de consenso aparecieron medidas que cubren un amplio espectro de posibilidades, lo que denota que, a juicio de los expertos encuestados, al sector público le cabe una función vital en el desarrollo de la biotecnología.

Por otro lado, el hecho que las acciones que concitaron menor adhesión fueron las referidas a solicitar subsidios o beneficios tributarios, habla de un alto nivel de autonomía de la industria forestal.

## 10. ACCIONES A EMPRENDER POR EL SECTOR PRIVADO

Luego se preguntó por las acciones que debiera emprender el sector privado, con el fin de estimular el desarrollo de la biotecnología aplicada a la industria forestal. Las propuestas, ordenadas de acuerdo a su nivel de importancia, tal como en la pregunta anterior, se presentan en el Cuadro 9.

**CUADRO 9. Acciones propuestas para el Sector Privado**

	Acciones Propuestas	Mediana	Dispersión
1º	Asociarse con las instituciones que realizan investigación	7,0	1,0
2º	Coordinarse con el sector público y las universidades	7,0	1,0
3º	Desarrollar la biotecnología velando por la conservación del medio ambiente	7,0	1,0
4º	Destinar fondos para el desarrollo de investigación	7,0	1,0
5º	Generar y fortalecer centros de investigación en los que se realice biotecnología	7,0	1,0
6º	Incorporar la biotecnología en los procesos productivos	7,0	1,0
7º	Incorporar valor agregado mediante procesos biotecnológicos	7,0	1,0
8º	Informar permanentemente a los investigadores sobre los requerimientos de la industria	7,0	1,0
9º	Trabajar con el sector público un marco legal para la biotecnología forestal	7,0	1,0
10º	Promover la transferencia y el desarrollo de tecnología	6,0	1,0
11º	Sensibilizar a empresarios y ejecutivos acerca de la importancia y potencialidades de la biotecnología para el sector forestal	6,0	1,3
12º	Articularse para participar en proyectos FONTEC, FONDEF y/o internacionales	6,0	1,3
13º	Organizar y participar en actividades que permitan capturar el conocimiento biotecnológico	6,0	2,0
14º	Incorporar biotecnologías ya desarrolladas en fase experimental	6,0	2,0
15º	Realizar actividades de I+D en las empresas	6,0	2,0

**CUADRO 9. Acciones propuestas para el Sector Privado**

	Acciones Propuestas	Mediana	Dispersión
16º	Apoyar proyectos de I+D nacionales y/o internacionales, con recursos no financieros	6,0	2,0
17º	Asociarse en torno a programas de mejoramiento genético	6,0	2,0
18º	Capacitar en biotecnología a sus ejecutivos, profesionales y técnicos	6,0	2,0
19º	Definir políticas de desarrollo y prioridades del sector a largo plazo	6,0	2,0
20º	Financiar becas de postgrado en biotecnología forestal	6,0	2,0
21º	Generar proyectos destinados a los mercados en los que se compite	6,0	2,0
22º	Incluir a las PYMEs en los programas de biotecnología forestal	6,0	2,0
23º	Incorporar a las actividades productivas personal con formación de doctorado o experiencia equivalente en biotecnología	6,0	2,0
24º	Incorporar infraestructura para desarrollar biotecnología	6,0	2,0
25º	Insertarse en las redes de profesionales y asumir los costos de la especialización profesional	6,0	2,0
26º	Promover y difundir las bondades de la biotecnología	6,0	2,0
27º	Proteger la propiedad intelectual	6,0	2,0
28º	Apoyar la conservación de la biodiversidad	6,0	2,0
29º	Crear empresas de servicios para apoyar el desarrollo de la biotecnología forestal	5,0	1,0
30º	Generar programas de búsqueda de talentos	5,0	2,0
31º	Acreditarse para desarrollar biotecnología en sus empresas	5,0	2,0
32º	Articular las empresas en torno a un instituto privado de investigación	5,0	3,0

De las propuestas de acciones a emprender por parte del sector privado, destaca por su alto nivel de calificación y consenso la asignación de un rol para este sector en la generación y aplicación de conocimiento nuevo en los procesos productivos, a través de su asociación con instituciones públicas y académicas, y la creación de centros de investigación especializados en biotecnología forestal. Estas proposiciones probablemente revelan que el mundo forestal considera cada vez con más fuerza que la responsabilidad de la generación de conocimientos aplicados puede –con toda propiedad– ser cubierta por el sector privado en asociación con instituciones académicas o públicas.

Resulta interesante constatar que la opción de articular las empresas en torno a un instituto privado de investigación obtuvo la más baja calificación y el menor nivel de consenso, lo que reafirma la opción del sector privado respecto de que la investigación y el desarrollo biotecnológico es una responsabilidad compartida por el sector público.

El desarrollo de la biotecnología velando por la conservación del medio ambiente obtuvo también una alta calificación y un buen nivel de consenso, lo que denota que el sector privado cree necesario incorporar dentro de sus responsabilidades el cuidado medioambiental.

## 11. ACCIONES A EMPRENDER EN CONJUNTO

Por último, se preguntó por las acciones que ambos sectores debieran emprender en conjunto. Los resultados se presentan en el Cuadro 10.

**CUADRO 10. Acciones propuestas para los Sectores Público y Privado**

	Acciones Propuestas	Mediana	Dispersión
1º	Crear un fondo público-privado para el fomento de la biotecnología forestal	7,0	1,0
2º	Definir políticas de desarrollo y prioridades del sector a largo plazo	7,0	1,0
3º	Formar recursos humanos en biotecnología forestal	7,0	1,0
4º	Realizar actividades de I+D	7,0	1,0
5º	Establecer un marco legal que regule el uso de la biotecnología forestal	7,0	2,0
6º	Incentivar la creación de empresas biotecnológicas	6,0	1,0

**CUADRO 10. Acciones propuestas para los Sectores Público y Privado**

	Acciones Propuestas	Mediana	Dispersión
7º	Establecer un marco institucional que estimule el desarrollo de la biotecnología forestal	6,0	2,0
8º	Crear centros de investigación biotecnológica	6,0	2,0
9º	Crear mecanismos de incentivo para el uso de biotecnología forestal	6,0	2,0
10º	Difundir las bondades y los riesgos de la biotecnología	6,0	2,0
11º	Generar acciones para aprovechar las oportunidades que generan los tratados de libre comercio	6,0	2,0
12º	Gestionar la obtención de recursos internacionales para el desarrollo de la biotecnología	6,0	2,0
13º	Incentivar a las grandes empresas forestales que transfieran material genéticamente mejorado a las pequeñas empresas	6,0	2,0
14º	Organizar y participar en actividades que permitan capturar el conocimiento biotecnológico	6,0	2,0
15º	Promover la incorporación de biotecnología en pequeñas y medianas empresas	6,0	2,0
16º	Proteger la propiedad intelectual	6,0	2,0
17º	Realizar promoción internacional de los productos biotecnológicos del sector	6,0	2,0
18º	Fortalecer la Cooperativa de Mejoramiento Genético	5,0	1,0
19º	Descifrar el mapa genético de las especies forestales	5,0	2,3
20º	Mejorar especies para propagarlas en sectores con problemas de erosión	5,0	3,0

En concordancia con el resultado de las preguntas anteriores, al accionar conjunto de los sectores público y privado se le atribuye un rol importante en la investigación. Las propuestas que obtuvieron las mejores calificaciones y el mayor nivel de consenso se podrían considerar como parte de un plan estratégico para el desarrollo de la biotecnología forestal, tales como: crear un fondo de fomento, definir políticas de desarrollo a largo plazo y realizar un esfuerzo en la formación de recursos humanos, entre otras.

## 12. MEDIDAS REGULATORIAS

Siempre en torno a las iniciativas que debieran desplegarse a partir de hoy para desarrollar una industria biotecnológica asociada a la industria forestal, se preguntó por las medidas de carácter regulatorio que sería necesario implementar. Las propuestas, ordenadas de acuerdo al nivel de urgencia que les asignaron los encuestados, aparecen en el Cuadro 11.

**CUADRO 11. Medidas Regulatorias Requeridas para Desarrollar la Biotecnología asociada a la Industria Forestal**

	Medidas Regulatorias Propuestas	Mediana	Dispersión
1º	Adopción de normas internacionales para la certificación de procesos y productos biotecnológicos	7,0	1,0
2º	Establecer normas que protejan la biodiversidad	7,0	1,0
3º	Establecer un marco regulatorio para la producción, adquisición y uso de OGM en el área forestal	6,5	2,0
4º	Establecer la evaluación permanente del impacto ambiental de las acciones biotecnológicas	6,0	1,0
5º	Establecer normas que apoyen la sustentabilidad forestal	6,0	1,5
6º	Crear incentivos tributarios para el desarrollo de la biotecnología forestal	6,0	2,0
7º	Definir normas para la utilización de la biotecnología forestal con base en un marco ético consensuado	6,0	2,0
8º	Establecer métodos de control y fiscalización a cargo de organismos ad hoc	6,0	2,0
9º	Incluir en las tablas de costos de CONAF (DL 701) un valor diferenciado y más alto para plantas con diferentes grados de avance en mejoramiento genético	6,0	2,0
10º	Legislar sobre el intercambio de germoplasma nativo	6,0	2,0
11º	Regular la producción y liberación al medio ambiente de productos biotecnológicos	6,0	2,0
12º	Revisar y mejorar las normas de propiedad intelectual	6,0	2,0
13º	Acreditación de laboratorios	6,0	2,0
14º	Legislar sobre investigación en biotecnología	6,0	3,0

**CUADRO 11. Medidas Regulatorias Requeridas para Desarrollar la Biotecnología asociada a la Industria Forestal**

	Medidas Regulatorias Propuestas	Mediana	Dispersión
15º	Establecer un registro público de los ensayos con árboles transgénicos	6,0	3,0
16º	Establecer que un porcentaje obligatorio de las utilidades de las empresas forestales se destine a la investigación	6,0	3,0
17º	Someter a la evaluación de un comité público-privado la investigación y la generación de productos biotecnológicos	5,0	2,0
18º	Certificación periódica de profesionales	5,0	2,0
19º	Declarar legalmente "intocable" a un conjunto de especies y variedades nativas	4,0	3,0
20º	Prohibir la aplicación de biotecnología a especies comestibles (frutos comestibles)	3,0	3,8
21º	Prohibir la transgenia	1,0	2,0

A juicio de los expertos encuestados, la adopción de normas internacionales y el establecimiento de normas que protejan la biodiversidad son las dos medidas regulatorias más urgentes de implementar para lograr el desarrollo de la biotecnología aplicada en la industria forestal. Probablemente, para esta industria el adscribir a las normativas internacionales de protección ambiental constituye un elemento importante para la competitividad.

Las acciones que obtuvieron menor calificación y menor nivel de consenso son: prohibir la transgenia, prohibir la aplicación de biotecnología a especies comestibles y declarar legalmente intocables a un conjunto de especies y variedades nativas. Esta baja adhesión indica que este tipo de regulaciones no constituye una materia prioritaria para la industria.

## 13. NUEVAS AREAS TEMÁTICAS PARA LA EDUCACIÓN

Para finalizar, se preguntó a los expertos qué áreas temáticas deben incorporarse en la formación técnica, de pregrado y de postgrado, con el fin de responder al desafío de desarrollar una exitosa industria biotecnológica forestal en los próximos 15 años.

Los Cuadros 12, 13 y 14 muestran los resultados separados por el nivel de formación.

**CUADRO 12. Áreas Temáticas para la Formación Técnica**

Áreas Temáticas	Frecuencia
Biología	30
Biología celular	16
Biología molecular	16
Biología vegetal	15
Elementos de genética	10
Bioquímica	9
Biología y Ecología experimentales	8
Bioquímica aplicada	8
Biotecnología	8
Propagación	7
Técnicas de laboratorio	7
Bioseguridad	6
Captura de material plus	4
Clasificación de plantas de vivero	4
Conocimiento de productos forestales y sus mercados	4
Control de calidad	3
Control de procesos productivos con genotipos selectos	3
Fisiología vegetal	3
Mejoramiento genético	3
Cultivo de tejidos	2
Ecología	2
Economía (intangibles)	2
Economía ambiental	2
Elaboración de la madera	2
Escalamiento de árboles	2
Inglés	2
Química	2

**Nota:** Las propuestas mencionadas con una frecuencia igual a 1 no fueron incluidas en el cuadro.

**CUADRO 13. Áreas Temáticas para la Formación de Pregrado**

Áreas Temáticas	Frecuencia
Aspectos legales de registro, patentes y propiedad intelectual	30
Biodiversidad	28
Biología molecular	19
Biotecnología	15
Bioestadísticas	14
Biología	14
Bioética	13
Bioinformática	11
Biología celular	11
Bioquímica	9
Mejoramiento genético	8
Genética	7
Biología vegetal	6
Genética y Biotecnología aplicada	5
Cultivo de tejidos	4
Economía ambiental	4
Fisiología vegetal	3
Elaboración de la madera	2
Embriogénesis	2
Física	2
Físico-química biológica	2
Formación y síntesis de polímeros	2
Microbiología	2
Procesos industriales	2

**Nota:** Las propuestas mencionadas con una frecuencia igual a 1 no fueron incluidas en el cuadro.

**CUADRO 14. Áreas Temáticas para la Formación de Postgrado**

Áreas Temáticas	Frecuencia
Bioinformática	20
Aceleración de pruebas de campo	17
Aspectos legales de registro, patentes y propiedad intelectual	16
Bioestadística	15
Biología molecular	13
Bioseguridad	12
Biología	11
Biotecnología	9
Biopulpaje	8
Bioquímica	8
Biología vegetal	7
Genética molecular	7
Mejoramiento genético	6
Genética	5
Bioquímica aplicada	4
Ecofisiología	4
Fisiología vegetal	4
Ingeniería genética	4
Propagación	4
Citogenética	3
Conocimiento de productos forestales y sus mercados	3
Conversión de proteínas	3
Legislación en biotecnología	3
Cultivo de tejidos	2
Economía ambiental	4
Economía de la biotecnología	2
Economía y administración de empresas biotecnológicas	2

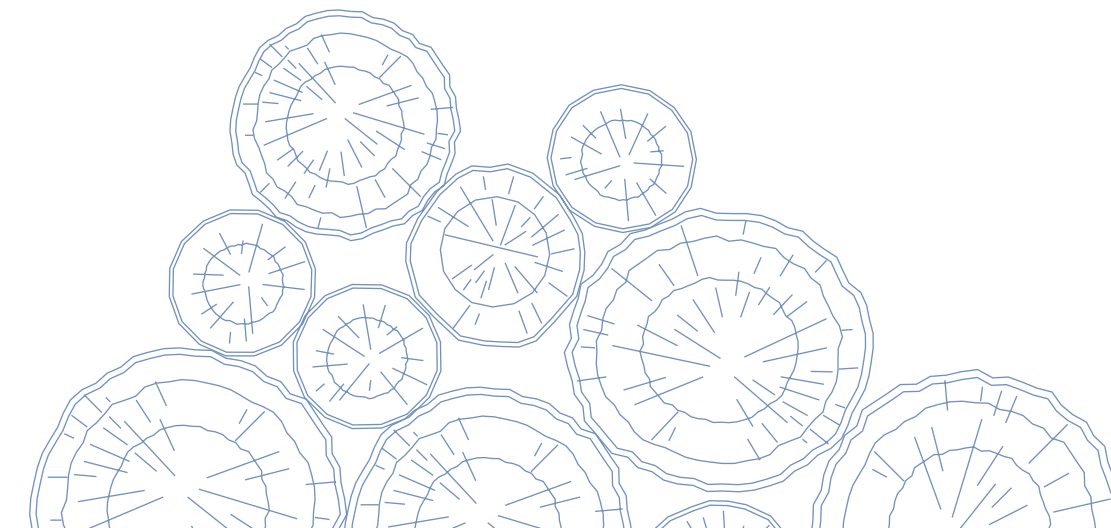
**Nota:** Las propuestas mencionadas con una frecuencia igual a 1 no fueron incluidas en el cuadro.

El análisis de las respuestas arroja interesantes consideraciones tanto a nivel de la formación técnica como de pregrado y postgrado. En lo que se refiere a la formación técnica, las propuestas mostraron un marcado interés por fortalecer la formación básica. Las áreas temáticas que mayor mención obtuvieron se refieren a las ciencias biológicas "duras", como biología celular y molecular, genética, bioquímica, etc. Esta opción por la formación básica es posible de interpretar como parte de un diagnóstico que aprecia que en el futuro próximo este conocimiento constituirá un insumo indispensable para la industria forestal.

En opinión de los encuestados, el desafío de crear una exitosa industria biotecnológica forestal nacional supone el desarrollo de una nueva cultura tecnológica que incorpore a todos los niveles los fundamentos teóricos que sustentan a la biotecnología moderna.

En la formación de pregrado, la nueva área temática propuesta por los expertos encuestados que concitó la mayor adhesión tiene que ver con los aspectos legales de registro, patentes y propiedad intelectual. Con ello, se espera desarrollar una cultura de patentamiento y adquirir experiencia en la inscripción de patentes a nivel internacional. También se propuso la incorporación de contenidos sobre biodiversidad, relevando de este modo la importancia que la industria le asigna al tema medioambiental.

En la formación de postgrado, los mayores niveles de consenso fueron obtenidos por la bioinformática, una disciplina emergente, y por la aceleración de pruebas de campo, una materia de gran nivel de aplicabilidad. Esto hace suponer que los principales actores del mundo forestal ven la formación de postgrado como una oportunidad para aplicar a los procesos productivos los conocimientos de frontera. A continuación, se mencionaron los temas de patentes, propiedad intelectual y bioestadística.



## EXPERTOS PARTICIPANTES

	NOMBRE	APELLIDO	CARGO	INSTITUCIÓN
1	Juan José	Aguirre	Coordinador, Área Estudios Económicos y del Ambiente	INFOR
2	Wilfredo	Alfaro	Punto Focal UNCCD - Chile	CONAF
3	Patricio	Alzugaray	Coordinador, Área Producción Plantas	INFOR
4	Iván	Appel	Investigador	Bioforest S.A.
5	María Teresa	Arana	Gerente de Estudios	CORMA
6	Patricio	Arce	Facultad Ciencias Biológicas	P. Universidad Católica
7	Manuel	Arriagada	Jefe de Patrimonio	Forestal Los Lagos S.A.
8	Alberto	Ávila	Coordinador, Área Tecnologías Silvícolas	INFOR
9	Carlos Humberto	Bahamóndez	Estudios Económicos y del Ambiente	INFOR
10	Claudio	Balochi	Jefe División Genética	Bioforest S.A.
11	Fernando	Bascur	Departamento Manejo Recursos Forestales	Universidad de Chile
12	Viviana	Becerra	Investigador	INIA CRI Quilmapu
13	Susana	Benedetti	Jefe, Sede Centro Norte Santiago	INFOR
14	Antonio	Benedetto	Asesor Técnico	CONAF
15	Adolfo	Benz	Departamento Ciencias Forestales	Universidad de La Frontera
16	Alejandro	Bozo	Facultad Ciencias Forestales	Universidad de Chile
17	Jaime	Buchner	Encargado Producción Plantas y Mejoramiento Genético	Forestal Valdivia S.A.
18	Ángel	Cabello	Departamento Silvicultura	Universidad de Chile
19	Jorge	Cabrera	Jefe de Proyecto	INFOR
20	Juan	Caldentey	Departamento Silvicultura	Universidad de Chile
21	Peter	Caligari	Instituto de Biología	Universidad de Talca
22	Rodolfo	Calquín	Jefe de Establecimiento	Forestal Celco S.A.
23	Liliana	Cardemil	Departamento Biología	Universidad de Chile
24	René	Carmona	Departamento Ingeniería	Universidad de Chile
25	Ignacio	Cerda	Gerente de Estudios	INFOR
26	Patricio Moisés	Chung	Jefe de Proyectos	INFOR

	NOMBRE	APELLIDO	CARGO	INSTITUCIÓN
27	Alfredo	Constabel	Subgerente Asistencia Técnica	Oxiquim
28	Patricia	Contador	Tecnologías e Industria de la Madera	INFOR
29	Daniel	Contesse	Gerente de Silvicultura	Forestal Mininco
30	Jorge	Correa	Gerente General	Forestal Tornagaleones
31	Hernán	Cortés	Presidente	Citifor (Chile) Holding Ltda.
32	Carlos	Corvalán	Departamento Manejo Recursos Naturales	Universidad de Chile
33	Gustavo	Cruz	Departamento Silvicultura	Universidad de Chile
34	Luis	De Ferrari	Jefe, Área Gestión Ambiental	Forestal Mininco
35	Claudia	Delard	Tecnologías Silvícolas	INFOR
36	José	De la Torre	Departamento Agricultura del Desierto	Universidad Arturo Prat
37	Juan Eduardo	Donoso	Departamento Ingeniería de la Madera	Universidad de Chile
38	Claudio	Donoso	Departamento Silvicultura	Universidad Austral
39	Fernando	Droppelmann	Facultad Ciencias Forestales	Universidad Austral de Chile
40	René	Escobar	Investigador Facultad Ciencias Forestales	Universidad de Concepción
41	Miguel	Espinoza	Departamento Silvicultura	Universidad de Concepción
42	Carlos	Fernández	Gerente	Fundación Chile
43	Luis	Flores	Investigador	INIA CRI Quilamapu
44	Alejandro	Fraga	Investigador	INIA CRI Quilamapu
45	Rodolfo	Gajardo	Departamento Silvicultura	Universidad de Chile
46	Edison	García	Tecnologías Silvícolas	INFOR
47	Marlene	Gebauer	Facultad Agronomía e Ingeniería	P. Universidad Católica
48	Horacio	Gilabert	Facultad Agronomía e Ingeniería	P. Universidad Católica
49	Roberto	Godoy	Facultad de Ciencias	Universidad Austral de Chile
50	Gastón	González	Departamento Silvicultura	Universidad de Concepción
51	Javier	González	Departamento Ingeniería de la Madera	Universidad de Chile
52	Patricio	González	Estudios Económicos y del Ambiente	INFOR
53	Marlene	González	Tecnologías Silvícolas	INFOR
54	Marta	González	Tecnologías Silvícolas	INFOR
55	Carlos	Granier	Representante de Ventas	Forestal Arauco
56	Hans	Grosse	Jefe Sede Regional	INFOR
57	Emilio	Guerra	Departamento Ciencias Agropecuarias	Universidad Católica de Temuco
58	Braulio	Gutiérrez	Investigador	INFOR
59	Eduardo	Hartwig	Comité Ejecutivo	CORMA
60	Mario	Hermosilla	Investigador	Fundación Chile
61	Raúl	Herrera	Investigador	Universidad de Talca

	NOMBRE	APELLIDO	CARGO	INSTITUCIÓN
62	Amanda	Huerta	Departamento Silvicultura	Universidad de Chile
63	Pamela	Ibarra	Facultad Ciencias Agropecuarias y Forestales	Universidad de La Frontera
64	Roberto	Ipinza	Director Ejecutivo	INFOR
65	Andrés	Iroume	Decano Facultad Ciencias Forestales	Universidad Austral
66	Miguel	Jordan	Facultad Ciencias Biológicas	P. Universidad Católica
67	José	Karsulovic	Departamento Ingeniería de la Madera	Universidad de Chile
68	Hugo	Knockaert	Gerente de Extensión	CORMA
69	Erwin	Krauskopf		The University of Auckland, Nueva Zelandia
70	Mahendra	Kumar	Departamento Agricultura del Desierto	Universidad Arturo Prat
71	Verónica	Loewe	Tecnologías Silvícolas	INFOR
72	Alejandro	Lucero	Jefe Sede Centro Austral	INFOR
73	Gabriel Antonio	Mancilla	Departamento Silvicultura	Universidad de Chile
74	Pedro	Manzanárez	Departamento Silvicultura	Universidad de Concepción
75	Marjorie Caroline	Martín	Estudios Económicos y del Ambiente	INFOR
76	Leovigildo	Medina	Departamento Ciencias Agropecuarias	Universidad Católica de Temuco
77	Ricardo	Merino	Unidad Reservas Nacionales	CONAF
78	Juan Carlos	Mobarec	Tesista Ingeniería en Biología Molecular	Universidad de Chile
79	María Paz	Molina	Tecnologías Silvícolas	INFOR
80	Héctor	Morales	Jefe Departamento Patrimonio	Forestal Copihue
81	Simón Alonso	Moreira	Investigador	INFOR
82	Gustavo	Moreno	Jefe Departamento Técnico	CONAF
83	Paulo César	Moreno	Jefe Sede Centro Patagonia	INFOR
84	Alex	Moscoso	Departamento Ciencias Forestales	Universidad Católica de Temuco
85	Iván	Moya	Investigador	INFOR
86	Juan Carlos	Muñoz	Estudios Económicos y del Ambiente	INFOR
87	Paulina	Núñez	Departamento Silvicultura	Universidad de Chile
88	Mario	Paredes	Investigador	INIA CRI Quilamapu
89	Patricio	Parra	Tecnologías Silvícolas	INFOR
90	Patricio	Pedernera	Departamento Manejo Recursos Forestales	Universidad de Chile
91	Hernán	Peredo	Vicerector Académico	Universidad Austral
92	Guillermo	Pereira	Departamento Forestal Unidad Académica Los Ángeles	Universidad de Concepción
93	Sandra	Perret	Tecnologías Silvícolas	INFOR
94	Juan Carlos	Pinilla	Tecnologías Silvícolas	INFOR
95	Jorge	Poblete	Product Manager	Bayer S.A.



	NOMBRE	APELLIDO	CARGO	INSTITUCIÓN
96	José Antonio	Prado	Investigador	INFOR
97	Doris	Prehn	Facultad Agronomía e Ingeniería Forestal	P. Universidad Católica
98	Iván	Quiroz	Tecnologías Silvícolas	INFOR
99	Darcy	Ríos	Departamento Silvicultura	Universidad de Concepción
100	Jaime	Rodríguez	Departamento Silvicultura	Universidad de Concepción
101	Eduardo	Rodríguez	Gerente	Bioforest S.A.
102	Nicasio	Rodríguez	Investigador	INIA CRI Quilamapu
103	Yasna Valska	Rojas	Tecnologías Silvícolas	INFOR
104	Ana María	Sabja	Facultad Ciencias Forestales	Universidad Austral
105	Manuel	Sánchez	Departamento Silvicultura	Universidad de Concepción
106	Italo	Serey	Facultad de Ciencias	Universidad de Chile
107	Jorge	Serón	Gerente Bosques Arauco	Forestal Arauco
108	María Teresa	Serra	Departamento Silvicultura	Universidad de Chile
109	Víctor	Sierra	Jefe Mejoramiento Genético	Forestal Mininco
110	Ricardo	Silva	Facultad Ciencias Forestales	Universidad de Chile
111	Mario	Silva	Facultad Ciencias Naturales y Oceanográficas	Universidad de Concepción
112	Javier	Simonetti	Facultad Ciencias	Universidad de Chile
113	Alvaro	Sotomayor	Tecnologías Silvícolas	INFOR
114	Mónica	Subiri	Analista Área Tecnologías Silvícolas	INFOR
115	Manuel	Toral	Departamento Manejo Recursos Forestales	Universidad de Chile
116	Miguel Ángel	Trivelli	Encargado Proyecto Flora Nativa	SAG
117	Álvaro	Urzúa	Gerente Comercial	Consorcio Maderero
118	Gerardo	Valdebenito	Tecnologías Silvícolas	INFOR
119	Juan Pablo	Valencia	Encargado Genética	Forestal Valdivia S.A.
120	Juan Carlos	Valencia	Tecnologías Silvícolas	INFOR
121	Sofía	Valenzuela	Departamento Silvicultura	Universidad de Concepción
122	Víctor Manuel	Vargas	Estudios Económicos y del Ambiente	INFOR
123	José Alejandro	Venegas	Departamento Ciencias Forestales	Universidad Católica de Temuco
124	Antonio	Vita	Departamento Silvicultura	Universidad de Chile