

Un marco para la evaluación de riesgos en las plantaciones de álamos

W.J.A. Volney, R.I. Alfaro, P. Bothwell, E.H. Hogg, A. Hopkin, G. Laflamme, J.E. Hurley, G. Warren, J. Metsaranta y K.I. Mallett

Un instrumento para evaluar los riesgos, adaptar la ordenación y optimizar los beneficios de las plantaciones.

Canadá es el país con mayores recursos de álamo nativo (*Populus* spp.). De los 80 millones de hectáreas que los álamos ocupan en todo el mundo, 28,3 millones (el 35 por ciento) está en Canadá (FAO, 2004). Hasta hace poco, esta riqueza y la alta calidad de la madera obtenida de las especies nativas de álamo impedían el desarrollo económico de los cultivos de álamo en el país; pero es probable que las superficies de plantaciones de álamo crezcan al aumentar la lejanía de los rodales nativos respecto a las factorías y los mercados, las presiones para proteger los bosques nativos y las posibilidades de la forestación para la retención de carbono en cumplimiento de los compromisos de Canadá con arreglo al Protocolo de Kyoto. Actualmente, las plantaciones de álamos con fines comerciales o recreativos abarcan solo 14 300 hectáreas y generan unos 43 000 m³ anuales de productos forestales (van Oosten, 2004).

Por la reducida superficie de plantaciones de álamos en el país, la experiencia de este cultivo es limitada, y la incertidumbre sobre sus riesgos podría alejar a inversionistas potenciales. En consecuencia, un grupo de especialistas

ha convenido en establecer un marco para identificar y hacer frente a las incertidumbres relacionadas con las perturbaciones y sus efectos sobre las plantaciones de rápido crecimiento de *Populus* o *Salix*, entre otras especies, en Canadá.

El marco se basó en la mejor información disponible para calcular las pérdidas que las plantaciones podrían experimentar por factores meteorológicos (principalmente sequía), incendios y plagas (de insectos, de enfermedades y de vertebrados). Se evaluaron los efectos de los múltiples agentes de riesgo mediante la simulación de Monte Carlo, para la que se aplica un modelo repetidamente, utilizando cada vez para las variables aleatorias valores seleccionados a partir de sus distribuciones probables. No se introdujeron en el modelo las interacciones entre perturbaciones.

CARACTERÍSTICAS DEL MARCO

El marco se concibió para las zonas no forestales a lo largo de la frontera sur del Canadá y las zonas adyacentes a las praderas de Canadá occidental. Los cultivares considerados fueron el álamo temblón (*Populus tremuloides*), híbridos de *Populus* sp. × sp. y álamo balsámico

Todos los autores trabajan (o han trabajado) para Recursos Naturales del Canadá, Servicio Forestal del Canadá: **W. Jan A. Volney, Peter Bothwell, E.H. (Ted) Hogg y Kenneth I. Mallett** en el Northern Forestry Centre, Edmonton, Alberta; **Rene I. Alfaro** en el Pacific Forestry Centre, Victoria, Columbia Británica; **Anthony Hopkin** en el Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste. Marie, Ontario; **Gaston Laflamme** en el Laurentian Forestry Centre, Quebec, Quebec; **Edward Hurley** en el Atlantic Forestry Centre, Fredericton, Nueva Brunswick; y **Gary Warren** en el Atlantic Forestry Centre, Cornerbrook, Terranova. **Juha Metsaranta**, antes en el Northern Forestry Centre, está actualmente en el Departamento de Recursos Renovables de la Universidad de Alberta.



Vivero clónico de álamos en Quebec: el modelo para evaluación del riesgo indica que con un material de plantación adecuado, buena adecuación del clon al terreno y buena ordenación, el cultivo del álamo es factible en Canadá

J. CARLE

(*Populus balsamifera*), utilizados en ensayos de forestación desde 1990. Todas las proyecciones se limitaron a un horizonte temporal máximo de 60 años, considerado como límite de recolección para las plantaciones en Canadá.

El marco tiene en cuenta las perturbaciones tanto biológicas como abióticas que han causado pérdidas de crecimiento y una mortalidad parcial o general en los rodales nativos. Las influencias abióticas son los fenómenos meteorológicos, de frecuencia y consecuencias relacionadas en general con la ecozona, y los incendios forestales, cuya frecuencia tiene también relación con la ecozona pero está condicionada por las prácticas de ordenación de la vegetación utilizadas en las plantaciones. Entre los factores bióticos están los mamíferos y las plagas de hongos e insectos. Mientras que las perturbaciones abióticas pueden afectar a todas las especies de árboles, las plagas tienden a afectar más a especies determinadas, aunque algunas pueden afectar a varias.

La respuesta a cualquier perturbación específica difiere según las especies arbóreas, lo que debe tenerse en cuenta para evaluar el riesgo. Las perturbaciones pueden clasificarse como fenómenos anuales; fenómenos cíclicos, que se repiten casi periódicamente; y perturbaciones crónicas que, una vez aparecidas, afectan a la plantación por períodos prolongados. En algunos casos, la aparición de ciertas enfermedades en un lugar, derivadas de un anterior cultivo forestal, puede desaconsejar la plantación de la especie arbórea afectada en la próxima rotación.

Se procuró determinar la distribución temporal característica de la perturbación, la distribución estadística de su aparición en el tiempo, y si sus efectos persistirían afectando a la plantación varios años.

El análisis se basó en el supuesto de una buena ordenación de las plantaciones.

Aunque el cambio climático es otro factor que puede influir sobre los rendimientos, no se ha tenido en cuenta en las evaluaciones, porque habría sido necesario un proceso separado para incorporarlo. Sin embargo, pueden hacerse comparaciones utilizando parámetros para ecozonas más secas o más cálidas.

Calidad de los datos

Los datos utilizados en el modelo procedían de publicaciones revisadas por expertos, información ocasional o de investigaciones, o extrapolaciones realizadas por expertos, y no se basaron en estudios específicos sobre ninguno de los agentes de riesgo. El marco constituye pues una síntesis de las opiniones de los expertos que participaron en su formulación. No hay empresa sin riesgo, y podría utilizarse un baremo de calidad de los datos para determinar los riesgos derivados de una información insegura o errónea.

ESTABLECIMIENTO DEL MARCO

Efectos de la meteorología

Se estableció un modelo sencillo para recoger todos los aspectos de la mortalidad y las reducciones de crecimiento en las plantaciones atribuibles a las condiciones climáticas. Se pone aquí como ejemplo la sequía, que se supone es el fenómeno más importante con efectos a escala regional sobre las plantaciones establecidas en tierras no forestales.

El modelo abarca gran número de combinaciones puesto que considera cuatro zonas climáticas (en función del riesgo de sequía), tres categorías de tolerancia a la sequía para tres especies, dos tipos de efectos (reducción del crecimiento y mortalidad) y tres fases de desarrollo del árbol (plántulas, árboles plantados y árboles mayores).

Primeramente, se enmarcó la variación geográfica de los riesgos probables y los daños producidos por sequías definiendo cuatro grandes zonas de vege-

tación (Cuadro 1) en las regiones de Canadá en que son probables prácticas de forestación, aproximadamente sobre la base del índice de humedad climática (IHC) de Hogg (1994, 1999).

El segundo paso fue clasificar los cultivares disponibles según su tolerancia general a la sequía y su mortalidad—alta, media o baja— estimadas por expertos. Por «tolerancia» se entiende tan solo la capacidad del árbol para sobrevivir a condiciones climáticas extremas.

El tercer paso fue estimar las probabilidades de sequía y otros fenómenos climáticos extremos y sus efectos sobre el crecimiento del árbol para cada una de las zonas de vegetación (Cuadro 2). Las reducciones de crecimiento se expresaron en porcentaje del crecimiento normal esperado. Se supuso que fenómenos extremos afectan al crecimiento de todas las especies arbóreas en todas las zonas de vegetación por igual, con el resultado de una pérdida cumulativa de crecimiento equivalente al 35 por ciento del crecimiento total, repartida en los dos años siguientes al fenómeno (20 por ciento de pérdida el año del fenómeno, 10 por ciento el año siguiente y 5 por ciento un año después).

Por ejemplo, para las especies que crecen en el bosque boreal la probabilidad anual de una sequía con reducción de crecimiento se estimó en el 8 por ciento. La reducción causada sería del 20 por ciento el año de la sequía, con reducciones del 10 y el 5 por ciento los dos años siguientes. Para los árboles de las praderas (en parques o en tierras

CUADRO 1. Clasificación preliminar de ecozonas y zonas de vegetación por riesgo de daños a las plantaciones por sequía

Índice de humedad climática	Ecozona	Zona de vegetación
Riesgo bajo (> +15)	Llanuras taiga	Boreal húmeda
	Escudo boreal	Boreal húmeda
	Llanuras boreales	Boreal húmeda
	Cordillera ^a	Cordillera húmeda
Riesgo medio (0 a 15)	Llanuras taiga	Boreal seca
	Escudo boreal	Boreal seca
	Llanuras boreales	Boreal seca
	Cordillera ^a	Cordillera seca
Riesgo alto (-15 a 0)	Praderas	Parques
	Cordillera ^a	Montaña alta
Riesgo muy alto (<-15)	Praderas	Pastizales
	Cordillera ^a	Montaña baja

^aNo fácil de definir como ecozonas por su terreno montañoso; el riesgo general puede considerarse el mismo que para «boreal seca».

CUADRO 2. Estimación de probabilidades anuales y efectos de fenómenos climáticos graves causantes de reducciones de crecimiento y mortalidad (para plantaciones >3 años de edad)

Zona	Probabilidad de fenómenos graves (%)	Probabilidad anual de fenómenos extremos reductores del crecimiento (%)	Mortalidad en porcentaje por tolerancia de la especie a la sequía ^a		
			Alta	Media	Baja
Bosques húmedos	1	4	8	10	12
Boreal seca/bosques de cordillera	2	8	8	12	15
Parques/montaña	5	12	10	15	20
Pastizales/semiárida	10	20	20	30	40

^a Mortalidad total estimada, en porcentaje, causada por el fenómeno extremo, aunque la distribución temporal de la mortalidad pueda prolongarse algunos años después del fenómeno.

montañosas), la probabilidad anual de tal reducción de crecimiento es del 12 por ciento.

Se asignaron tasas de mortalidad en función de la tolerancia del cultivar a la sequía; las tasas más altas se asignaron a especies con baja tolerancia a la sequía, y las más bajas a las especies más tolerantes.

EFFECTOS DE LOS INCENDIOS

Los períodos cíclicos de incendios se calculan dividiendo la superficie total combustible (STC) por la media anual de superficie quemada (MASQ). La recíproca de esta función es el porcentaje anual de superficie quemada (PASQ), que se tomó como indicativo de la probabilidad de incendios en las plantaciones. A escala nacional, y utilizando los datos de superficie quemada durante un largo período de tiempo, puede considerarse que el PASQ como estimación aproximada de la probabilidad de que un punto determinado aleatoriamente padezca un incendio en un año determinado. Las probabilidades derivadas son en general adecuadas a escalas muy grandes, pero ignoran muchos factores que son importantes a escalas menores como meteorología, combustibles, topografía y causas del incendio (humanas o caídas de rayos). Dadas las grandes variaciones en la superficie quemada de un año a otro, la estimación de la probabilidad de incendios puede estar muy condicionada por el número de años para los que hay datos, la calidad de los datos y el período específico en que se recogen los datos.

Los valores utilizados del PASQ exageran probablemente el riesgo de incendios para las plantaciones, porque muchas de

ellas se establecerán en parajes exteriores a zonas forestales, en los que es menos probable que se propague el fuego, y porque las plantaciones generalmente están mejor vigiladas y la respuesta a una emergencia es mejor que la que cabe esperar en un bosque natural.

En el marco de evaluación de riesgos, se considera que los incendios causan una mortalidad que hace necesaria la sustitución de los rodales en todas las ecozonas para todas las plantaciones de álamos.

Los PASQ estimados van del 0,001 por ciento en las llanuras de bosques mixtos (y en las praderas de Alberta) al 1,499 por ciento en el llamado «escudo boreal» de Saskatchewan. El bajo índice en las praderas de Alberta ilustra el problema de los datos utilizados para calcular estas estimaciones. Históricamente, no hay noticias de incendios forestales en esta zona.

Efectos de las plagas

Los riesgos de plagas se calcularon a partir de la experiencia de plagas en rodales nativos, aunque las plantaciones de clones de álamos híbridos pueden ser más vulnerables a insectos y enfermedades que las especies no mejoradas. Los expertos tabularon la información publicada sobre aquellas plagas que, a su juicio, podían reducir notablemente los rendimientos de plantaciones arbóreas de crecimiento rápido (Cuadro 3). Se está formando una base de datos detallada que podrá ser consultada para obtener información específica sobre cualquier agente particular que actúe en rodales de cierto tipo en una ecozona particular.

Para estimar los efectos de los agentes

bióticos, la variación de la conducta durante la vida de los rodales, las ecozonas, y las tasas de riesgo para cada tiempo presentan problemas especiales. Para cada plaga, se buscó información sobre la epidemiología del agente y se tuvieron en cuenta las variaciones por ecozonas. Se consideró que la distribución temporal de los brotes de plagas en un modelo con probabilidades anuales era en su mayor parte uniforme. Sus efectos –reducción de crecimiento o mortalidad– se prorratearon según los tiempos, en función de la naturaleza del daño y del ciclo vital del agente, en un proceso similar al seguido para los efectos de la sequía. El efecto máximo se expresó en mortalidad porcentual del volumen de la masa arbórea al principio del año considerado.

A la crisomela del álamo negro (*Chrysomela scripta*), plaga ocasional del álamo, se le atribuye una probabilidad anual de aparición (Cuadro 3). La plaga afecta solo a rodales con menos de 15 años; la mortalidad se manifiesta en el año que sigue a la infestación y llega al 20 por ciento en cada uno de los dos años siguientes con un total del 40 por ciento para el episodio. La probabilidad de aparición de esta plaga es del 1 por ciento.

Con los agentes que tienen una dinámica cíclica se operó análogamente, salvo que el tiempo de iniciación y desarrollo del daño se vinculó a las condiciones de desarrollo de la plaga corrientes en la ecozona. Los parámetros utilizados en este marco fueron la duración del brote cuando hay riesgo para los árboles, el período entre densidades de población nocivas cuando no hay riesgo para los árboles, el comienzo del ciclo actual y la probabilidad de infestación del rodal una vez iniciado el ciclo del brote. La temporalidad de los daños, ya sean éstos reducción del crecimiento o mortalidad, se relacionó con el tiempo correspondiente en el período de brote y se utilizó para calcular los efectos para cada tiempo. Por ejemplo, la oruga del álamo temblón (*Malacosoma disstria*) es un insecto que como plaga cíclica causa mortalidad y merma del crecimiento en los rodales de álamo temblón en praderas, llanuras boreales y ecozonas del escudo boreal de Canadá. Este insecto ataca a rodales de 20 o más años. La

CUADRO 3. Agentes de riesgo que afectan a los álamos y sus híbridos

Agente de riesgo	Especies afectadas	Zonas afectadas	Efectos	Tiempo	Probabilidad de los efectos (%)	Efecto máximo (reducción de crecimiento o mortalidad) (%)
Enfermedad						
Úlcera <i>Cytospora</i>	<i>Populus</i> spp.	Todas	Mortalidad	Crónica	60,00	100
Mancha foliar <i>Marsonnia</i>	<i>Populus</i> spp.	Escudo boreal	Reducción de crecimiento	Anual	10,00	40
Royas <i>Melampsora</i>	<i>Populus</i> spp.	Todas	Reducción de crecimiento	Anual	10,00	40
Mancha foliar y úlcera <i>Mycosphaerella/Septoria</i>	Álamos exóticos e híbridos	Todas	Mortalidad	Anual	7,00	85
Marchitez de la hoja <i>Venturia/Pollacia</i>	<i>Populus</i> spp.	Todas	Reducción de crecimiento Mortalidad	Anual	10,00 5,00	50 85
Plagas de insectos						
<i>Choristoneura conflictana</i>	<i>Populus tremuloides</i>	Llanuras boreales	Reducción de crecimiento	Cíclica	40,00	60
<i>Chrysomela scripta</i>	<i>Populus</i> spp.	Todas	Mortalidad	Anual	1,00	40
<i>Cryptorrhynchus lapathi</i> ^a	<i>Populus</i> spp.	Todas	Mortalidad	Anual	0,10	45
<i>Malacosoma disstria</i>	<i>Populus tremuloides</i>	Praderas, llanuras boreales, escudo boreal	Reducción de crecimiento Mortalidad	Cíclica	80,00 80,00	90 10
<i>Platypus mutatus</i> ^b	<i>Populus</i> spp.	Marítima pacífica, marítima atlántica, llanuras boscosas mixtas	Mortalidad	Crónica	0,01	40
<i>Saperda calcarata</i>	<i>Populus</i> spp.	Todas	Mortalidad	Crónica	0,10	20

^a Introducida desde Europa, establecida.^b Plaga potencial de álamos y sauces, no establecida todavía en América del Norte.

mortalidad se produce en los años 1 a 13 tras la iniciación del brote y llega al 20 por ciento del volumen inicial (10 por ciento para dos años). Los árboles supervivientes tienen un crecimiento reducido durante seis años, con efectos máximos del 90 por ciento del crecimiento anual esperado.

Los agentes conocidos como problemas crónicos en las plantaciones se describieron por la probabilidad de infestación y la forma de desarrollarse los daños. Por ejemplo, la saperda del álamo (*Saperda calcarata*) causa la muerte de los árboles cuando los rodales llegan a 15 años, y la mortalidad empieza dos años después de su aparición. Esta mortalidad es del 0,5 por ciento en los rodales infestados y se mantiene durante la vida del rodal. A la edad de 15 años, la probabilidad anual de infestación es 0,1 por ciento durante toda la vida del rodal.

Como un rodal puede verse afectado durante su vida por varios agentes, se concibió un modelo de efectos múltiples; en consecuencia, solo pueden compararse volúmenes de rendimiento de rodales medios en diferentes escenarios de perturbaciones.

Nota sobre plagas foráneas. El marco incluye varias plagas introducidas cono-

cidas por sus daños a las plantaciones, pero no incluye invasores potenciales de fuera de Canadá, con la sola excepción del *Platypus mutatus*, que ha proliferado recientemente en los cultivos europeos de álamos. Se necesitarían más investigaciones, en especial una revisión de las listas de interceptaciones en los puertos, para evaluar todas las posibilidades de introducción de plagas extranjeras.

RECAPITULACIÓN

Se presentan los siguientes escenarios hipotéticos para ilustrar los resultados del modelo. En ambos escenarios, los rodales se han plantado de nuevo tras su pérdida, sin demora en la plantación.

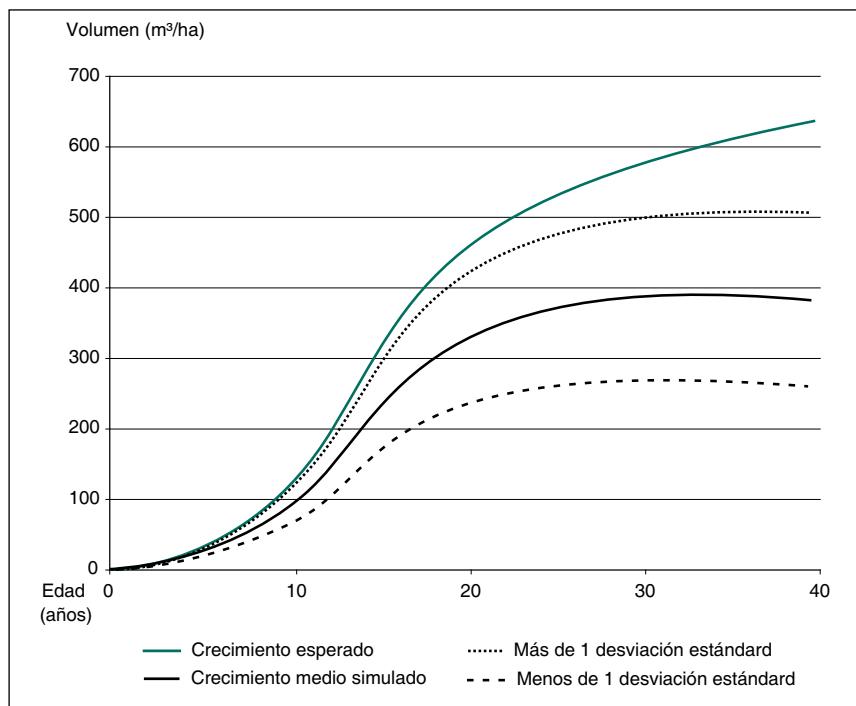
Escenario 1: álamo híbrido en la ecozona de praderas, con clon de baja tolerancia a la sequía

Este ejemplo (Figura 1) se derivó del modelo mediante ejercicios de simulación 256 Monte Carlo con los siguientes insumos:

- Incendio: 0,01 por ciento de probabilidad anual, para todas las edades del rodal;
- Clon de baja tolerancia a la sequía en zona de alto riesgo de sequía;
- Sequía reductora del crecimiento: 12 por ciento anual de probabilidad de re-

ducción del crecimiento por la sequía para plantaciones de más de 3 años; reducciones en el año de la sequía y los dos años siguientes del 20, el 10 y el 5 por ciento respectivamente.

- Sequía mortal: 5 por ciento anual de probabilidad de sequía mortal para plantaciones de más de 3 años. Mortalidad: 8 por ciento y 4 por ciento para el año de la sequía y los dos años siguientes;
- Sequía crónica reductora del crecimiento: 12 por ciento de probabilidad de una perturbación que reduzca el crecimiento en un 40 por ciento durante toda la vida del rodal, que puede presentarse cuando el rodal tiene menos de 3 años;
- Defoliadores (oruga del álamo temblón y tórtrix del álamo, *Choristoneura conflictana*): inicio del brote en 2002, duración de dos a cuatro años en los que la probabilidad anual de aparición es del 5 por ciento en los rodales mayores de 20 años, lo que causará una mortalidad del 10 por ciento el año de aparición y una importante reducción del crecimiento en los seis años siguientes (70, 90, 90, 90, 75 y 15 por ciento), a lo que seguirán 9 a 11 años sin riesgo;
- Crisomela del álamo negro: 1 por



1

Crecimiento de una plantación de un clon de álamo híbrido con baja tolerancia a la sequía en la ecozona de praderas de Canadá (región expuesta a sequías), generado a partir de simulaciones de agentes de riesgo

256 Monte Carlo

ciento de probabilidad anual de dos años con mortalidad del 20 por ciento cuando el rodal tiene menos de 15 años;

- Saperda del álamo: después de 15 años de edad, 0,1 por ciento de probabilidad anual de una mortalidad crónica del 0,5 por ciento anual para el resto de la vida del rodal.

El crecimiento esperado sigue aumentando durante el período del modelo, pero el volumen medio simulado se estabiliza después de unos 30 años, ya que la influencia de la combinación de perturbaciones contrarresta los aumentos esperados de rendimiento. Hasta los 5 años de edad el promedio de crecimiento simulado viene a ser igual que el rendimiento esperado, pero a la edad de 10 años hay una apreciable diferencia. A los 15 años, incluso el 16 por ciento de rodales mejores (los de desviación estándar sobre la media) empiezan a desviarse apreciablemente de la curva esperada de rendimiento. Con 30 años, el rendimiento simulado medio es un 37 por ciento más bajo que el esperado.

Los resultados indican que la mayoría

de las plantaciones deberían cosecharse entre los 20 y los 35 años de edad para maximizar los rendimientos. El crecimiento culmina a los 21 años con un rendimiento de 320 m³.

Escenario 2: álamo híbrido en la ecozona de praderas, con clon de alta tolerancia a la sequía

En este ejemplo los agentes y probabilidades de riesgo son los mismos que en el primer ejemplo, pero se planta un clon con alta tolerancia a la sequía. Las consecuencias para las probabilidades y los efectos de la sequía son así:

- Sequía reductora del crecimiento: sin cambios;
- Sequía mortal: 5 por ciento de probabilidad anual de sequía que cause una mortalidad de 4, 4 y 2 por ciento cuando la plantación tiene más de tres años, es decir mortalidad menor que en el caso de 8, 8 y 4 por ciento;
- Sequía crónica reductora del crecimiento: 12 por ciento de probabilidad de una perturbación crónica reductora del crecimiento en un 20 por ciento (en lugar del 40 por ciento para el clon de baja tolerancia) durante la vida del rodal, lo que puede ocurrir cuando el rodal tiene menos de tres años.

En este escenario, la elección del material genético adecuado a las condiciones eleva los rendimientos en un 13 por

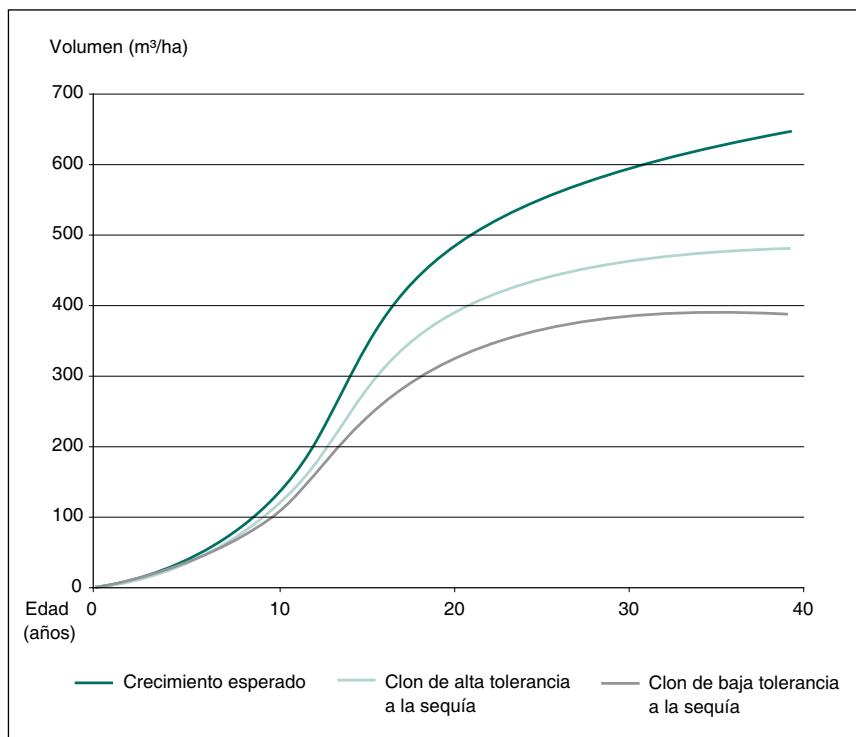
ciento a la edad de 30 años (Figura 2). El rendimiento simulado culmina a los 35 años, cuando es un 7 por ciento mayor que a los 30 años. El rendimiento en este punto es un 20 por ciento más alto que el de las plantaciones de cultivares con baja resistencia a la sequía. El incremento medio anual alcanza el máximo a los 21 años en ambos escenarios, pero en el segundo caso es un 18 por ciento mayor, con 380 m³.

CONCLUSIONES

El modelo indicó que la probabilidad de que factores meteorológicos extremos afecten a las plantaciones de álamos en Canadá oscila entre el 4 por ciento en los bosques húmedos y el 20 por ciento en las praderas semiáridas. La mortalidad resultante puede situarse entre el 16 por ciento y el 80 por ciento respectivamente (para las especies menos tolerantes). El riesgo de incendio destructor total (100 por ciento de mortalidad arbórea) varía entre el 0,01 y el 1,499 por ciento. Los efectos de las plagas pueden llegar a una reducción del crecimiento del 80 por ciento durante los brotes y a una mortalidad del 100 por ciento en el caso de infecciones de enfermedades crónicas. Pese a estos efectos extremos, el análisis indica que el cultivo de plantaciones es factible, si hay un plan de ordenación bien ejecutado de cuidados y prevención de plagas, buena adecuación entre el terreno y las especies o clones y material de plantación apropiado.

Una plantación arbórea es una inversión a largo plazo cuyo éxito depende en gran medida de una estrategia que pueda eliminar o minimizar los riesgos mediante la previsión, la prevención y la preparación. Muchos de estos problemas pueden reducirse incluyendo los siguientes componentes en el plan de plantación:

- un programa de genética para seleccionar, desarrollar y utilizar material de plantación adecuado, teniendo en cuenta factores como resistencia a plagas y tolerancias climáticas en correspondencia con el lugar, así como la productividad y el uso final;
- un programa de silvicultura que facilite la máxima productividad, con un plan adecuado de cuidado de los rodales, fertilización y ordenación de la vegetación cuando sea preciso;
- la lucha contra las plagas será parte



2 Crecimiento medio esperado de clones de álamo híbridos con tolerancia baja y alta a la sequía en la ecozona de praderas

integrante de la ordenación de la plantación desde sus comienzos hasta la cosecha final.

Los escenarios derivados de las simulaciones Monte Carlo sugieren que el modelo puede utilizarse para explorar las economías que podrían esperarse de medidas de ordenación y planes de recolección diversos. Una mejor información sobre curvas de rendimiento mejoraría el modelo. Por ejemplo, podría estudiarse el tiempo en que los incrementos marginales de crecimiento quedan por debajo del tipo de descuento, para optimizar los planes de recolección. Podría evaluarse con más objetividad el rendimiento de las inversiones para combatir las plagas o del trabajo de selección genética. Otros insumos, como escarda, protección del terreno e insumos silviculturales podrían incorporarse a los escenarios para estudiar sus efectos sobre el rendimiento, la retención de carbono y, en último término, la viabilidad de los proyectos. En el simulador actual, lo que se sugiere es que, con la mejor selección de álamo híbrido ahora disponible, los rendimientos están todavía un 23 por ciento por debajo de lo que podría ser su

culminación con 30 años de edad.

Las limitaciones que hay que tener en cuenta en el uso del modelo son la inseguridad de los datos utilizados para estimar la probabilidad de perturbaciones y la incertidumbre sobre la sensibilidad del modelo y su funcionamiento respecto a muchas de las suposiciones. Muchas de las características de las plagas se dedujeron de datos o experiencia referentes a bosques naturales y podrían no ser aplicables a plantaciones. Se precisa un programa de investigación sobre plantaciones para obtener los conocimientos y la información necesarios para dar una mejor base a las opciones en la ordenación de plantaciones.

El modelo, que se concibió originalmente para todas las especies arbóreas plantadas en Canadá desde 1990, puede aplicarse en cualquier lugar en que pueda cuantificarse el régimen de perturbaciones de una región. Las exigencias en cuanto a los datos pueden intimidar al principio, pero un personal experimentado puede formular conjeturas sobre epidemiología y efectos de las plagas o sobre las probabilidades y los efectos de la sequía y los incendios. Las opciones de ordenación dependerán en último término de la voluntad del usuario para eludir o tolerar los riesgos. El marco ofrece un instrumento de decisión para ayudar a los planificadores a documen-

tar explícitamente sus opciones por los valores indicados por los parámetros, lo que permitirá evaluar objetivamente los resultados. Codifica además, y ello es más importante, los conocimientos sobre desarrollo de plantaciones y permite establecer un orden de preferencia para las alternativas. ¡Mejor esto que decidir echando los dados! ♦



Bibliografía

FAO. 2004. *Synthesis of country progress reports – activities related to poplar and willow cultivation and utilization, 2000 through 2003.* 22º período de sesiones de la Comisión Internacional del Álamo, Santiago, Chile, 29 de noviembre-2 de diciembre de 2004. documento de trabajo IPC/3. Roma.

Hogg, E.H. 1994. Climate and the southern limit of the western Canadian boreal forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 24: 1835-1845.

Hogg, E.H. 1999. Simulation of interannual responses of trembling aspen stands to climatic variation and insect defoliation in western Canada. *Ecological Modelling*, 114: 175-193.

Van Oosten, C. 2004. *Activities related to poplar and willow cultivation and utilization in Canada.* Informe del 22º período de sesiones de la Comisión Internacional del Álamo, Santiago, Chile. Edmonton, Alberta, Canadá, Poplar Council of Canada. Disponible en: www.fao.org/forestry/site/25654/en ♦