MODELOS DE PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA PARA LA
PLANIFICACIÓN DE COSECHA FORESTAL CON RESTRICCIONES
ESPACIALES E INCERTIDUMBRE EN LA OCURRENCIA DE
INCENDIOS Y PARA LA GESTIÓN DE LA CADENA DE VALOR EN
LA INDUSTRIA FORESTAL

TESIS POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES PARA OPTAR AL GRADO DE
DOCTOR EN SISTEMAS DE INGENIERÍA

JUAN JOSÉ TRONCOSO TIRAPEGUI

RESUMEN EJECUTIVO

La primera publicación describe el desarrollo y uso de modelos de programación entera mixta (PIM) que pueden ser usados para programar actividades de cosecha en bosques con riesgos de incendios. Los modelos de MIP son usados para programar y reprogramar operaciones de cosecha cuando unidades de corta han resultado quemadas y habían sido seleccionadas para ser cosechadas en un horizonte de T periodos de planificación. El método desarrollado de ver ser corrido T veces de acuerdo a los T periodos de planificación y la información de los incendios ocurridos y las unidades de corta cosechadas debe ser considerada. Las restricciones principales son las de producción de madera y fluctuación entre periodos consecutivos, restricciones espaciales (del tipo URM) y temporales, y todas las ecuaciones y restricciones que permiten calcular las probabilidades de quema y el bono por cosecha anticipada.

Dos funciones objetivas fueron modeladas y evaluadas para elegir aquella que maximiza el volumen total de madera cosechada después de los eventos de incendios y se consideraron dos estructuras para el patrimonio forestal (bosque), las que dependen de cómo se distribuyen en el bosque las probabilidades de ignición (inicio de un incendio). Los resultados muestran que, independientemente de la estructura del bosque, cuando la pérdida esperada de madera debido a incendios es incluida como un bono en la función objetivo, la programación inicial de cosecha que se genera es mucho mejor a la programación que se obtiene cuando la función objetivo sólo maximiza el volumen total de madera. La consideración del bono en la función objetivo implícitamente identifica las unidades de corta que tienen mayor riesgo de ser quemadas, y las selecciona para ser cosechadas antes de que ellas se quemen, reduciendo así el número de unidades quemadas e incrementando la cantidad de madera que queda en pie al término del horizonte de planificación. En efecto, el volumen final en pie que se obtiene es un 17% mayor cuando la función objetivo considera el bono en comparación a cuando no la considera.

Por otro lado, la segunda publicación analiza el caso de una compañía que está verticalmente integrada, la que puede gestionar y planificar la cadena de valor en su totalidad bajo un enfoque directo. Sin embargo, en muchos casos, las compañías siguen un enfoque desacoplado, donde las empresas forestales y las plantas de producción optimizan separadamente sus procesos en una estrategia dirigida por el abastecimiento. En Chile, las dos compañías forestales más grandes son verticalmente integradas (es decir, poseen sus propios bosques y también son dueñas de los aserraderos, plantas de celulosa, plantas de tableros, plantas de papel, plantas de bioenergía, etc.). Históricamente, ellos han coordinado sus cadenas de valor usando una estrategia "producir para inventario", en la cual el bosque es el principal impulsor de las actividades de la cadena de valor.

En este estudio, se propone un enfoque de planificación integrado para mostrar los impactos de la integrar a la demanda como el principal impulsor de la cadena de valor de la industria forestal. Para comparar esta estrategia con la estrategia desacoplada, se desarrolló un modelo de Programación Entera Mixta (PEM) para la estrategia integrada. Para ilustrar la propuesta, se utilizó información de recursos forestales y productiva proveniente de una compañía forestal chilena. La estrategia desacoplada, donde la planificación de los bosques y la industria es realizada de manera separada, utiliza dos modelos. El primero incorpora las decisiones relacionadas con el manejo y la cosecha forestal y maximiza el valor neto presente (VNP) de la producción de madera en forma de trozas o rollizos. En este modelo, el horizonte de planificación cubre una rotación completa, la que en Chile corresponde a cerca de 25 años. El segundo modelo maximiza el VNP de todas las operaciones de procesamiento de las trozas ubicadas más abajo en la cadena, para un horizonte de planificación más corto (5 años) y con restricciones asociadas a la disponibilidad de trozas otorgada por el primer modelo.

En el enfoque integrado, todas las partes de la cadena de valor (bosques, transporte y fábricas) son impulsadas por la demanda del producto final y donde el objetivo es maximizar la ganancia de la compañía (VNP de la cadena de valor completa) y la demanda se considera sólo para un horizonte de planificación más corto (5 años). Las dos estrategias son evaluadas usando el modelo de PEM y el VNP es utilizado para determinar la mejor práctica. De acuerdo a los resultados, el VNP hasta un 5% cuando la estrategia integrada es implementada en comparación con la estrategia desacoplada. Además, las ganancias para el periodo de planificación de 5 años aumentan hasta un 8,5%.