



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

**PROPUESTA DE UN MÉTODO PARA MAXIMIZAR
FINANCIERAMENTE EL RENDIMIENTO DE PLANTACIONES DE
Pinus radiata D. Don DE UN CONJUNTO DE SITIOS, BAJO UNA
ROTACIÓN COMÚN**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

ALEJANDRO ESTEBAN QUIROZ MONTECINOS

Profesor Guía: Sr. Jorge Gilchrist Moreno,
Ingeniero Forestal

Santiago, Chile
2009

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

**PROPUESTA DE UN MÉTODO PARA MAXIMIZAR
FINANCIERAMENTE EL RENDIMIENTO DE PLANTACIONES DE
Pinus radiata D. Don DE UN CONJUNTO DE SITIOS, BAJO UNA
ROTACIÓN COMÚN**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

ALEJANDRO ESTEBAN QUIROZ MONTECINOS

| Calificaciones: | Nota | Firma |
|---|-----------|-------|
| Prof. Guía Sr. Jorge Gilchrist Moreno | ...6,5... | |
| Prof. Consejero Sr. Juan Barrios Martínez | ...6,5... | |
| Prof. Consejero Sr. Horacio Bown Intveen | ...5,5... | |

DEDICATORIA

Dedicada a Dios y a mis Padres,
Pilar Montecinos y Luis Aguilar.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por estar siempre presente en cada momento, por brindarme salud, fortaleza y optimismo cuando fue necesario.

A mis amados padres por todo el esfuerzo que realizaron para poder darme estudios, por la confianza depositada en mis capacidades, por todo aquel sacrificio que significa querer que su hijo sea una mejor persona y acceda a mejores oportunidades en la vida.

A mis padrinos, siempre presentes en mi vida, siendo fuente de apoyo y amor incondicional.

Agradezco a mi querida Natalia por su apoyo, paciencia, compañía y amor, gracias a los cuales hoy he logrado terminar mi memoria y me preparo a dar un nuevo paso en mi vida.

A mis familiares y amigos, en especial a Maria José, Felipe, Francisco, Daniel, Jany, Luis, Cecita y Pablo, los que siempre me dieron palabras de aliento cuando las necesite y me animaron a perseverar.

A mi profesor guía, Jorge Gilchrist, por su disposición, tiempo y amistad. A mis profesores consejeros por su ayuda y observaciones para hacer de este trabajo uno mejor.

Agradezco a todas aquellas personas que de manera directa e indirecta son partícipes de este trabajo y de los logros alcanzados.

RESUMEN

Los planes de intervenciones forestales dan solución al cuestionamiento de dónde, cuándo y cuánto intervenir para lograr un objetivo establecido. Sin embargo, esto se vuelve realmente complejo cuando se combinan variables como: distintos sitios, edades, superficies y comportamiento del volumen entre otras.

La solución corriente, es optimizar sitio a sitio individualmente para obtener un resultado global a nivel patrimonial, sin embargo, existen pocas alternativas para este tipo de problema. Por consiguiente, el objetivo de este trabajo es: “Proponer un método para maximizar financieramente el rendimiento de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don de un conjunto de sitios, bajo una rotación común”, es decir, se propone un plan de intervenciones patrimonial bajo una sola rotación para el bosque regulado, para ello se utilizaron sistemas de información geográfico (SIG) y un modelo de programación lineal como herramientas de planificación forestal en el desarrollo de este estudio.

Para interpretar adecuadamente los resultados, se compararon tres escenarios, tomando una superficie patrimonial de cinco sitios y, cada uno de ellos con plantaciones de diferentes edades. El primer escenario, consideró para cada sitio individual un plan de intervenciones cuya duración del periodo de conversión del bosque, fue dado por la rotación determinada como aquella que se produce cuando el Crecimiento Medio es máximo. Por lo tanto el plan de intervenciones para la superficie total quedó determinado por la suma de los planes individuales de cada sitio. El segundo y tercer escenario, consideró el patrimonio total (los cinco sitios) como un solo plan de intervenciones bajo la menor y mayor de las rotaciones de los sitios involucrados, las cuales fueron de 25 y 30 años respectivamente.

El resultado obtenido de la comparación de los escenarios mencionados establece que bajo una rotación común de 25 años para el bosque regulado, se logran mejores resultados considerando diferencias en las secuencias de corta y volúmenes respecto a los otros dos escenarios.

Finalmente, se concluye que cada patrimonio posee un plan de intervenciones específico y diferente, que obtiene el mejor aprovechamiento del bosque, según el objetivo que se desee obtener y de las consideraciones que se contemplen en su planificación.

Por otro lado, se plantea la incertidumbre sobre rotaciones menores a las del caso estudiado abriendo la posibilidad de estudios futuros.

Palabras claves: Plan de intervenciones, programación lineal, SIG, optimización.

ABSTRACT

The plans for forest interventions are giving solutions to the questions of where, when and how to intervene to make the stated goal possible. However, this problem becomes really complex when someone wants to combine variables such as different locations, ages, areas and volume behavior among others.

The common solution is to optimize site to site individually to get a result at the global equity, however, there are few alternatives for this type of problem. Therefore, the objective of this study is: "To propose a method to maximize the financial performance of plantations of *Pinus radiata* D. of a set of sites under a common rotation", in other words, a plan of assets under a single rotation to the regulated forest, this will use geographical information systems (GIS) and a linear programming model as forest planning tools in the development of this study.

To properly interpret the results, three scenarios were compared, taking a surface property from five sites, each with plantations of different ages. The first scenario considered for each individual site a plan of interventions where the period of forest conversion was determined by the rotation as one that occurs when the average growth is maximum. According to this the plan for the total area was determined by the sum of the individual plans of each site. The second and third scenario considered the total property (five sites) as a single plan of interventions under the low and high of rotations of the sites involved, which were 25 and 30 years respectively.

The result of the comparison of the scenarios mentioned establish that under a common rotation of 25 years for the regulated forest, gives better results considering differences in the sequences of cutting and volumes about the other two scenarios.

Finally, is conclude that each property has a specific plan of interventions and different, you get the best use of the forest, according to the objective that is propose and the considerations included in your planning.

On the other hand, exist a uncertain about the the rotations with a low ages of the case studied by opening the possibility of future studies.

Key Words: interventions plan, linear programming, GIS, optimization.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. MATERIAL Y MÉTODO..... | 6 |
| 2.1. Material..... | 6 |
| 2.2. Método..... | 6 |
| 2.2.1. Primer objetivo específico “Desarrollar y asociar una cartografía de rodales de <i>Pinus radiata</i> D. Don. existentes a índices de sitio”..... | 6 |
| 2.2.2. Segundo objetivo “Seleccionar, y evaluar un modelo de programación lineal para planificación forestal”..... | 9 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 17 |
| 3.1. Escenario 1 (Resultado total como suma de los resultados de los planes de intervenciones de sitios individuales)..... | 21 |
| 3.2. Escenario 2 (Resultado total como plan de intervenciones conjunto de los sitios con rotación de 25 años del bosque regulado)..... | 24 |
| 3.3. Escenario 3 (Resultado total como plan de intervenciones conjunto de los sitios con rotación de 30 años del bosque regulado)..... | 27 |
| 4. CONCLUSIONES..... | 32 |
| 5. BIBLIOGRAFÍA..... | 34 |
| 6. APÉNDICES..... | 37 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| 1. Coeficientes de regresión por Series de suelo, Región del Maule..... | 8 |
| 2. Características de los sitios de la zona de estudio según Tablas Auxiliares de INSIGNE 1.2..... | 8 |
| 3. Modelos de planificación forestal..... | 10 |
| 4. Superficie de bosque por clase de edad para cada sitio de Pino radiata estudiado..... | 15 |
| 5. Índices y características utilizadas en los modelos evaluados..... | 16 |
| 6. Comparación de alternativas analizadas para la ordenación forestal patrimonial..... | 19 |
| 7. Volúmenes anuales por sitio según planes de intervenciones por sitios individuales... | 21 |
| 8. Volúmenes por hectárea según clase de edad y sitio..... | 39 |
| 9. Precios por hectárea según clase de edad y sitio..... | 41 |
| 10. Plan de intervenciones sitio “A”, modelo 1..... | 43 |
| 11. Plan de intervenciones sitio “B”, modelo 2..... | 45 |
| 12. Plan de intervenciones sitio “C”, modelo 3..... | 47 |
| 13. Plan de intervenciones sitio “D”, modelo 4..... | 50 |
| 14. Plan de intervenciones sitio “E”, modelo 5..... | 53 |
| 15. Plan de intervenciones patrimonial con rotación de 25 años, modelo 6..... | 55 |
| 16. Plan de intervenciones patrimonial con rotación de 30 años, modelo 7..... | 61 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| 1. Rodales de pino según índices de sitio (IS)..... | 17 |
| 2. Porcentaje de participación de los sitios, Resultado total como suma de los resultados de los planes de intervenciones de sitios individuales..... | 20 |
| 3. Porcentaje de participación de los sitios, Resultado total como plan de intervenciones conjunto de los sitios con rotación de 25 años del bosque regulado..... | 20 |
| 4. Porcentaje de participación de los sitios, Resultado total como plan de intervenciones conjunto de los sitios con rotación de 30 años del bosque regulado..... | 21 |
| 5. Superficie intervenida del sitio “A”, Escenario 1..... | 22 |
| 6. Superficie intervenida del sitio “B”, Escenario 1..... | 22 |
| 7. Superficie intervenida del sitio “C”, Escenario 1..... | 23 |
| 8. Superficie intervenida del sitio “D”, Escenario 1..... | 23 |
| 9. Superficie intervenida del sitio “E”, Escenario 1..... | 24 |
| 10. Superficie intervenida del sitio “A”, Escenario 2..... | 25 |
| 11. Superficie intervenida del sitio “B”, Escenario 2..... | 25 |
| 12. Superficie intervenida del sitio “C”, Escenario 2..... | 26 |
| 13. Superficie intervenida del sitio “D”, Escenario 2..... | 26 |
| 14. Superficie intervenida del sitio “E”, Escenario 2..... | 27 |
| 15. Superficie intervenida del sitio “A”, Escenario 3..... | 28 |
| 16. Superficie intervenida del sitio “B”, Escenario 3..... | 28 |
| 17. Superficie intervenida del sitio “C”, Escenario 3..... | 29 |
| 18. Superficie intervenida del sitio “D”, Escenario 3..... | 29 |
| 19. Superficie intervenida del sitio “E”, Escenario 3..... | 30 |
| 20. Zona de estudio y rodales involucrados..... | 37 |

1. INTRODUCCIÓN

En el manejo forestal tradicional, uno de los recursos a administrar es el bosque y el producto principal es la madera. Algunas de las interrogantes a resolver corresponden a la forma de lograr la ordenación del recurso definiendo dónde, cuándo y cuánto intervenir para lograr el óptimo (máximo), según el objetivo propuesto (volumen o dinero a obtener en la rotación) y restricciones consideradas. Sin embargo, proponer un plan de intervenciones, a nivel patrimonial, para *Pinus radiata* D. Don (Pino radiata) es especialmente complejo cuando se combinan, entre otros, variables como: distintos sitios, edades, superficies, cosechas, raleos, comportamiento del volumen y límites de edad de corta en esta especie forestal ampliamente distribuida y estudiada.

En Chile, las plantaciones de Pino radiata se aproximan a 1,5 millones de hectáreas (hás) representando el 68,2% de toda la superficie plantada en el país según INFOR (2008). Las plantaciones mencionadas se extienden en una gran zona a lo largo del país presentando importantes variaciones climáticas y edáficas causantes de la variabilidad de la productividad de sitio (Gerding y Schlatter, 1995).

Sitio en la terminología forestal, es el área en la cual un árbol o bosque se desarrolla, determinando el tipo y calidad de la vegetación que puede sostener (Avery y Burkhart, 2002). Por lo tanto, el crecimiento de cualquier especie es respuesta a la totalidad de condiciones edáficas, climáticas y bióticas existentes en el lugar (Prodan, 1997).

Los factores relevantes que determinan el crecimiento asociado a una localidad son climáticos, edáficos, topográficos y de competencia. Todos los factores intervienen por sí solos o en forma integral dando como resultado un crecimiento potencial específico (Corvalán y Hernández, 2002). Además, estos factores pueden o no ser relevantes para una zona particular de análisis, por lo que para efectos prácticos, es más conveniente modelar el comportamiento global o la gran tendencia que informarse en detalle sobre la distribución espacial de todos los factores de sitio para realizar inferencias locales (Corvalán et al, 1998).

Diversos estudios relacionan el crecimiento de los árboles a factores del medio, con el fin de ordenar el territorio según la productividad de sus sitios, como ejemplo se puede mencionar a Jackson y Gifford (1974); Moll (1978); Hunter y Gibson (1984) y Schlatter y Gerding (1995), entre otros. Sin embargo, la productividad relativa a una localidad o área, se engloba dentro del concepto de calidad de sitio, fundamental para evaluar la capacidad de producción de un terreno forestal (García et al, 1980).

Una medida de calidad de sitio permite comparar productividad de localidades diferentes y obtener predicciones del crecimiento y rendimiento volumétrico futuro (Fundación Chile, 2005). La medida cuantitativa utilizada en el Modelo Nacional de simulación para pino radiata es el índice de sitio, definido como la altura promedio de los cien árboles más gruesos de un rodal a la edad clave de 20 años (Fundación Chile, 2005).

Tomando en consideración los argumentos anteriores, el rendimiento del bosque depende de las características del sitio y su expresión en crecimiento. Por lo tanto, cada sitio tiene

una rotación específica en la cual un plan de intervenciones correctamente determinado (cosechas y raleos) obtiene el máximo aprovechamiento del recurso.

La bibliografía establece que para obtener el mejor aprovechamiento del bosque se debe realizar un plan de ordenación que responda a las necesidades del manejador, cumpliendo en forma permanente las múltiples funciones del bosque, tratando de mejorar las capacidades para lograrlo (Madrigal, 1995). Sin embargo, tradicionalmente la ordenación de los bosques ha fundamentado que la empresa forestal controle una superficie considerable de bosques y que sus medios de producción sean amplios para no limitar las decisiones de ordenación. Además, se considera que la producción de madera debe ser un flujo continuo y permanente de beneficios económicos. Estos fundamentos originaron la idea de organizar el patrimonio con el objetivo de lograr un rendimiento máximo y sostenido (Mendoza, 1993).

La dinámica económica chilena ha llevado a las empresas del sector a desarrollar nuevas técnicas para mejorar la rentabilidad de sus inversiones a través del aumento de los rendimientos, la optimización de los sistemas productivos y la minimización de los costos (Pinto, 1995). En este contexto, los modelos de simulación parecen ser una herramienta adecuada para la proyección de crecimiento de rodales y de planificación forestal, ayudando a manejar información proveniente de otros sistemas o alimentando otras herramientas (Fundación Chile, 2005). Se debe considerar en su construcción tanto la variabilidad geográfica de ocupación de los rodales o sitios como los niveles de densidad, crecimiento, mortalidad natural e intervenciones silvícolas, dependiendo del objetivo para el cual haya sido construido (Corvalán y Hernández, 2006). En Chile se han construido algunos simuladores de crecimiento como RADIATA 1.0 (Morales et al, 1979), RADIATA PLUS V.4.01 (Fundación Chile, 1997) e INSIGNE 1.2 (Fundación Chile, 2005), entre otros.

Por otro lado, al igual que los simuladores de crecimiento, los modelos de optimización permiten encontrar buenas soluciones para problemas de programación de actividades (Pinto, 1995). Por consiguiente, cualquier problema que supone una optimización sujeto a restricciones es conocido como un problema de programación matemática. Este proceso se ha reformado en las últimas tres décadas, al desarrollar procedimientos de solución eficientes. Las técnicas particularmente efectivas que hoy existen, se basan en programación lineal, utilizando el algoritmo Simplex (Clutter et al, 1983). Algunos modelos que se pueden mencionar entre otros son el de Loucks (1964), Nautiyal y Pearse (1967), modelo I y II Johnson y Scheurman (1977), García (1991) y Gilchrist (2006).

Según Johnson (1989), los modelos de planificación en un sistema productivo forestal pueden ser divididos en dos categorías: modelos de crecimiento; y modelos de patrimonio. La diferencia entre ambas categorías es el nivel al cual actúan. Los modelos de crecimiento y rendimiento trabajan a nivel del árbol o del rodal individual, mientras los modelos de patrimonio lo hacen a nivel del bosque o patrimonio (agregación de rodales de diferentes especies, edades, productividades y regímenes de manejo). Estos modelos se requieren porque las estrategias óptimas de manejo a nivel del rodal individual son raramente óptimas a nivel del patrimonio forestal. En este caso, las herramientas de Programación Lineal (PL)

y Simulación son comúnmente utilizadas en la modelación de patrimonio siendo consideradas complementarias más que competitivas (García, 1984).

Según Buongiorno y Gilless (2003), los buenos modelos, hablando en forma general, deben ayudar a los encargados del recurso del bosque a razonar los problemas de una manera lógica, permitiendo tomar la mejor decisión con los datos disponibles de manera oportuna.

En Chile, existen autores que han desarrollado estudios y/o proyectos sobre el tema de planificación forestal mediante modelos de programación matemática tales como: Paredes y Brodie (1988); Guzman, (1995) y Weintraub (2005), entre otros.

Los antecedentes expuestos justifican los esfuerzos para proponer un plan de cosechas y raleos alternativo para un patrimonio establecido, utilizando las herramientas existentes e información disponible, buscando simplificar la labor de planificar actividades de cosechas y raleos de distintos sitios realizando un solo plan de intervenciones a nivel patrimonial.

El presente documento considera el caso complejo de un patrimonio forestal constituido por un conjunto de sitios de Pino radiata, para los cuales se quiere obtener el máximo valor monetario que ese patrimonio pueda entregar durante su Período de Conversión. Para esto se comparan tres escenarios.

El primer escenario, contempla realizar un plan de intervenciones a cada sitio en forma individual bajo su rotación específica. Para lograr lo anterior, en el conjunto de sitios patrimoniales se determina una rotación específica para cada uno de ellos. La rotación es determinada según el crecimiento medio del bosque para cada sitio. Esta rotación única y diferente determina la duración del Período de Conversión de cada sitio en forma individual. Este Período de Conversión tiene una longitud expresada en años, igual a la longitud de la rotación. Una vez establecidos los Periodos de Conversión, en cada caso se obtienen los planes de intervención de los sitios involucrados mediante la aplicación de un modelo de programación lineal denominado MELÍ. Por lo tanto, el plan de intervenciones para la superficie total (Superficie patrimonial), queda definido por la suma de los resultados obtenidos de la planificación de cosechas y raleos de cada sitio. Esto implica una mezcla de rotaciones para el periodo de Post Conversión (una rotación diferente por cada sitio analizado).

El segundo escenario, no trabaja los sitios individualmente sino que entrega una opción alternativa, proponiendo un plan de intervenciones para el conjunto de sitios, bajo un Período de Conversión de 25 años. Este constituye una sola rotación común para todos los sitios y, no individual como en el primer escenario. Por lo anterior, el plan de intervenciones (Cosechas y raleos), queda definido por el óptimo escogido por el modelo MELÍ.

El tercer escenario, no trabaja en los sitios individualmente sino que entrega una opción alternativa, proponiendo un plan de intervenciones para el conjunto de sitios, bajo un Período de Conversión de 30 años. Este constituye una sola rotación común para todos los sitios y, no individual como en la primera alternativa. Por lo anterior, el plan de intervenciones (Cosechas y raleos), queda definido en el óptimo escogido por el modelo MELÍ.

En resumen, los tres escenarios mencionados en este proyecto son los siguientes:

- 1) Utilización de rotaciones específicas a cada Sitio y, luego, para obtener el total patrimonial, suma de los óptimos individuales. La rotación se aplica al sitio y no a los rodales específicos.
- 2) Utilización de una sola rotación de 25 años al conjunto del patrimonio. La rotación se aplica al patrimonio y no a los rodales específicos.
- 3) Utilización de una sola rotación de 30 años al conjunto del patrimonio. La rotación se aplica al patrimonio y no a los rodales específicos.

Con la intención de dilucidar cualquier duda o diferencia en el manejo conceptual respecto a los tres escenarios mencionados anteriormente, se debe considerar que:

- Los sitios que conforman la superficie del patrimonio presentan todos los bosques por sobre la edad mínima de corta (10 años de edad). Por lo tanto, cada escenario no contempla sitios baldíos inicialmente.
- La edad de rotación establecida determina la duración del periodo de conversión. En consecuencia, al término de este período el bosque original queda totalmente regulado (Nautiyal y Pearse, 1967).
- El hecho de utilizar un modelo de programación lineal, es el modelo quien define dónde, cuándo y cuánto intervenir, por lo que no se puede hablar de rotación única durante el Periodo de Conversión del bosque (periodo existente mientras el bosque es regulado). Sin embargo, si se puede hablar de rotación única o común en el Periodo de Post Conversión (periodo existente desde que el bosque queda regulado), donde cada superficie cosechada cumple el tiempo de espera establecido para volver a ser intervenida. Por lo tanto, en este trabajo se habla de rotación única o común para el Periodo de Post Conversión, tal cual lo considera Nautiyal y Pearse (1967), donde la rotación que ha sido seleccionada para el bosque regulado se cumple, ya sea, para sitios individuales o para sitios conjuntos en nuestro caso particular.

El objetivo general del trabajo es “Proponer un método para maximizar financieramente el rendimiento de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don de un conjunto de sitios, bajo una rotación común”. Además, el trabajo contempla dos objetivos específicos. El primero de ellos es “Desarrollar y asociar una cartografía de rodales de *Pinus radiata* D. Don. existentes a índices de sitio” y el segundo “Seleccionar, y evaluar un modelo de programación lineal para planificación forestal”.

Para alcanzar los objetivos mencionados con anterioridad, se debe considerar 2 etapas que corresponden a cada uno de los objetivos específicos planteados.

En la primera etapa, fue necesario considerar la falta de información de uso publico respecto a la productividad de los bosques de pino radiata, por lo tanto, la carencia de cartografía que asocie índices de sitio (IS) a una superficie existente. Para resolver este problema, la productividad fue expresada como consecuencia de las características propias

del sitio (factores ambientales). Esto permitió desarrollar una cartografía de rodales de pino radiata asociado a los IS entregados por las tablas de producción del simulador INSIGNE 1.2, de manera que, cada rodal de pino obtuvo una tabla de rendimiento volumétrico asignada según su IS. Para realizar la cartografía, se utilizaron coberturas digitales de rodales de pino radiata, series de suelos, y límites administrativos. Con esta información digital recopilada y antecedentes bibliográficos de la primera y segunda etapa del proyecto “Determinación de índices de sitio para plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. Región del Maule” realizado por García (1980 y 1981) se obtuvieron los cálculos de altura e índices de sitio necesarios.

Previo a la selección y aplicación del modelo de planificación forestal utilizado, se definió la rotación para cada sitio, lo que se realizó mediante el incremento medio anual del volumen, asignado por las tablas de producción del simulador INSIGNE 1.2. En el caso de la alternativa de rotación común para el conjunto de sitios, la edad quedó determinada por dos valores: la menor y mayor de las rotaciones utilizadas en los sitios individuales, estableciendo un rango de acción del trabajo. No hay que olvidar que estas rotaciones son las que determinan la duración del periodo de conversión en el modelo utilizado, además de ser las que se reiteran infinitamente en el periodo de post conversión. Una vez establecidas las rotaciones, se obtuvo información de los precios de productos, costos de plantación y tasa de descuento, estableciendo las características del mercado en las cuales el modelo trabaja, esta información fue obtenida de bibliografía y estadísticas forestales.

Luego, en la segunda etapa, mediante una revisión bibliográfica se seleccionó el modelo de programación lineal utilizado. Una vez seleccionado el modelo, se evaluó recurriendo a la información de superficie, edad, volumen de los rodales asociados a cada sitio, rotaciones y características de mercado definidos en la etapa anterior.

Debido a que fue necesario comparar rotaciones del bosque regulado de diferente longitud, el último paso en esta etapa, fue considerar que la función objetivo del modelo escogido en términos financieros debe ser a perpetuidad, para ello se debió calcular el “Valor presente neto” (VPN) más el “Valor potencial del suelo” (VPS) para cada sitio y totalidad (sitios individuales y, sitios conjuntos), esta variación del modelo permitió la comparación de los proyectos en un horizonte de planificación igual.

Finalmente, la importancia de esta memoria y del tema, radica en ser una propuesta práctica y posible de realizar, simplifica la labor a un solo plan de intervenciones y permite un manejo forestal independiente de la cantidad de sitios que se tenga.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1 Material

- El área de estudio considera la vertiente occidental y parte de la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa en la Séptima Región de Chile, utilizando rodales de pequeños y medianos propietarios de 10 a 29 años de edad, pertenecientes a zona de crecimiento uno del simulador INSIGNE 1.2 entre los 34°45' y 35°50' de latitud sur (Ver Apéndice 1).
- Proyecto “Determinación de índices de sitio para plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. Región del Maule”, primera etapa, García et al. (1980).
- Proyecto “Determinación de índices de sitio para plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. Región del Maule”, segunda etapa, García et al. (1981).
- Software ARCVIEW 3.2, LINDO 6.1 y MICROSOFT EXCEL XP.
- Tablas auxiliares de Proyecto FONDEF D01/1021 de Arquitectura de copa y calidad de madera, noviembre 2005, Fundación Chile (2005).
- Tablas auxiliares de Proyecto FONDEF D01/1021 Manual práctico de manejo, noviembre 2005, Fundación Chile (2005).
- Coberturas digitales de rodales de pino radiata de la VII región, catastrados hasta el año 2002 por el Instituto Forestal (INFOR); series de suelo del “Estudio Agrológico VII región”, realizado el año 1997 por el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN) y límites administrativos de la Séptima región descargados del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). El sistema de coordenadas geográficas utilizadas es el Provisorio Sudamericano de 1956, UTM zona 18 Sur.
- Modelo de programación lineal para planificación forestal.
- Precios forestales del boletín 124 publicados por INFOR, tabla de costos año 2008 publicada en diario oficial el día miércoles 8 de Agosto del año 2007 y, tasa de descuento promedio calculada de proyectos forestales entre los años 2004 y 2008.

2.2 Método

Para proponer un método que maximice financieramente el rendimiento de plantaciones de pino radiata de un conjunto de sitios, bajo una rotación común, hubo que considerar 2 etapas que corresponden a cada uno de los objetivos específicos planteados.

2.2.1 Primer objetivo específico “Desarrollar y asociar una cartografía de rodales de *Pinus radiata* D. Don. existentes a índices de sitio”

Para realizar la cartografía, se utilizaron coberturas digitales de rodales de pino radiata, series de suelos, y límites administrativos de la VII región. Con esta información digital y

antecedentes bibliográficos del estudio de “Calidad de sitios para plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. en la cordillera de la costa de la región del Maule” elaborado por García (1981), correspondiente a la segunda etapa del proyecto “Determinación de índices de sitio para plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. Región del Maule”, se realizó el cálculo de altura. Este estudio establece relaciones entre la altura media de los árboles más altos y variables ambientales, incluyendo la edad como variable predictora. El modelo de regresión, validado para la misma zona en estudio, es el siguiente:

$$\text{LnH} = 3,795 - 9,811 \times (1/E) + 0,036 \times A - 0,004 \times D - 0,429 \times S + 0,039 \times M \quad (R^2 = 0,885)$$

LnH= Logaritmo natural de la altura media de árboles dominantes y codominantes

E= Edad rodal

A= Humedad aprovechable horizonte 1

D= Distancia al mar del rodal

S= Sodio horizonte 3

M= % Materia orgánica horizonte 3

Las variables de edad y distancia al mar fueron obtenidas de la cobertura digital de los rodales de pino radiata. En el caso de la edad, ésta fue calculada utilizando el año de plantación (información incluida en esta cobertura) respecto al año 2008, sin embargo, la distancia al mar, se obtuvo utilizando la posición de cada rodal respecto al límite costero.

Por otro lado, las variables de humedad aprovechable, sodio y materia orgánica fueron obtenidas del Estudio Agrológico VII región, cuya información fue incluida en la cobertura correspondiente a las series de suelo con el fin de disponer de esta información.

Las coberturas digitales utilizadas fueron procesadas en el software ARCVIEW 3.2 mediante herramientas de geoprocetos. La base de datos lograda de la interacción de ellas permitió calcular la altura de todos los rodales involucrados (Revisar Apéndice 2).

Una vez que se obtuvo las alturas medias de todos los rodales de la zona de estudio, éstas se evaluaron junto con las edades de cada rodal en las ecuaciones de IS desarrolladas para cada serie de suelo por García (1980), primera etapa del proyecto “Determinación de índices de sitio para plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. Región del Maule”. La ecuación validada es la siguiente:

$$\text{LnIS} = \text{LnH} + b1 \times (E^{(-0,7)} - E_b^{(-0,7)})$$

LnIS= Logaritmo natural del Índice de sitio

LnH= Logaritmo natural de la altura media de los árboles dominantes y codominantes

b1= Coeficiente de regresión

E= Edad del rodal

E_b= Edad clave de 20 años

Los valores de los coeficientes de regresión para cada serie de suelo que se utilizaron se presentan a continuación:

Cuadro 1. Coeficientes de regresión por Series de suelo, Región del Maule.

| Series de suelo | Coefficiente de regresión (b1) | R² |
|------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Todas las Series | 8,449 | 0,82 |
| Constitución | 8,576 | 0,84 |
| No Reconocidos | 8,598 | 0,80 |
| Recientes | 7,776 | 0,61 |
| Cauquenes | 8,229 | 0,86 |
| Cutemu | 8,250 | 0,86 |
| San Esteban | 7,295 | 0,84 |

Fuente: García, 1980

El resultado de este procedimiento fue una cartografía que permitió vincular cada rodal de pino existente a un IS determinado por las tablas auxiliares del simulador INSIGNE 1.2, y por lo tanto, a una tabla de proyección de rodal. Esta vinculación agrupa la totalidad de rodales pertenecientes a la zona de estudio en cinco sitios, correspondientes a cinco IS diferentes (Revisar Apéndice 2). Las características de cada uno de ellos se especifican en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Características de los sitios según Tablas Auxiliares de INSIGNE 1.2

| Sitio (IS) | A (26) | B (30) | C (27) | D (24) | E (21) |
|------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Tipo de esquema | Sin Manejo | Intensivo 1 | Intensivo 2 | Multipropósito | Pulpable |
| Poda 1 (años/cant./m) | - | 5años/700/2m | 5años/700/2m | 7años/700/2m | - |
| Poda 2 (años/cant./m) | - | 7años/400/4m | 7años/400/4,5m | 9años/400/4,5m | - |
| Poda 3 (años/cant./m) | - | 8años/400/5,5m | - | - | - |
| Raleo Comercial (años/cant.) | - | 10años/300 | 11años/400 | 12años/400 | - |

Fuente: Fundación Chile, 2005

Las características descritas con anterioridad, corresponden a manejos estándares empleados en el país para plantaciones de pino radiata pertenecientes a la zona de crecimiento número uno determinada en el simulador INSIGNE 1.2. Además, se debe

considerar que estas características se asumieron en la realización de este documento, las cuales se ven reflejadas en los volúmenes de cada sitio según su clase de edad (Ver Apéndice 3).

En el caso específico de la rotación, ésta fue seleccionada mediante un criterio biológico, y quedó determinada por el máximo valor alcanzado en el crecimiento medio anual para cada sitio, según los datos entregados por las tablas de producción del simulador. En el caso de la alternativa de rotación común para el conjunto de sitios, se consideró necesario utilizar dos valores: la rotación menor y mayor de los sitios individuales, estableciendo un rango de acción del trabajo.

Una vez establecidas las rotaciones, fue necesario obtener información de los precios de productos, costos de plantación y tasa de descuento, estableciendo las características del mercado en las cuales el modelo trabaja, esta información fue conseguida de bibliografía y estadísticas forestales.

Los precios de los productos fueron obtenidos del boletín número 124 de precios forestales publicados por INFOR (2008), los cuales establecen valores de \$11.295, \$24.000 y \$40.000 pesos para los metros cúbicos extraídos de trozas pulpables, aserrables y podadas respectivamente. Con estos valores, se elaboró una tabla de precios por hectárea para cada uno de los cinco sitios analizados (Ver Apéndice 4).

Por otro lado, el valor de los costos de plantación fue determinado por la tabla de costos año 2008, presentada en el diario oficial el día miércoles 8 de Agosto del año 2007 el cual establece un valor de \$261.438 pesos por hectáreas, este valor contempla: roce, tratamiento de desechos, preparación del suelo, desmalezado pre y post plantación, adquisición de plantas, plantación, fertilización, riego de establecimiento, control de lagomorfos, construcción de corta fuego y gastos generales para una plantación de 1250 árboles en la zona de estudio.

Finalmente, la tasa de descuento utilizada es del 10 por ciento, la cual fue determinada mediante revisión de publicaciones de evaluaciones de proyectos del rubro forestal entre los años 2004 y 2008. El criterio utilizado fue establecer una tasa de descuento promedio representativa del mercado forestal.

2.2.2 Segundo objetivo “Seleccionar, y evaluar un modelo de programación lineal para planificación forestal”

Con la información cartográfica y de mercado obtenida, el paso siguiente fue seleccionar un modelo adecuado. Esta selección tomó en consideración la revisión y comparación de los modelos de Loucks (1964), Nautiyal y Pearse (1967), modelo I y II Johnson y Scheurman (1977), García (1991) y Gilchrist (2006).

El criterio de selección se basó en las características deseadas del modelo de planificación y la cantidad de información que se posee de él, considerando que, si es necesario una pequeña modificación, esta sea en la forma (debido a las características de sitios, clases de edad iniciales, coeficientes de las variables y/o función objetivo, entre otras) y no en la estructura (modificar restricciones, agregar restricciones no contempladas ya en el modelo,

etc). A continuación se muestra la comparación de los modelos respecto a las características deseadas.

Cuadro 3. Modelos de planificación forestal

| Características deseadas | Loucks (1964) | Nautiyal y Pearse (1967) | Johnson y Scheurman (1977) modelo I | Johnson y Scheurman (1977) modelo II | García (1991) | Gilchrist (2006) |
|--|---------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|---------------|------------------|
| Regulación por volumen | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Variables de cosechas y raleos | | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| Incluye tantos tratamientos silvícolas como se desee para clases de edad iniciales y posteriores | | | | ✓ | ✓ | ✓ |
| Cada clase de edad puede ser utilizada más de una vez | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Considera reforestación | | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Control sobre flujo de volumen año a año | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| No considera bosque viejo en pie al final del periodo de conversión | | ✓ | | | ✓ | ✓ |
| Plantea métodos para manejar edad mínima de corta | | | | | | ✓ |
| Permite comparar proyectos de diferente longitud | | | | | | ✓ |

En el cuadro anterior, se denota con una “✓” cuando la característica deseada se cumple en el modelo respectivo.

Hay que considerar que todos estos modelos corresponden a estructuras generales que pueden ser modificadas para lograr prácticamente todas las características presentadas. Sin embargo, el criterio de selección consideró solo las estructuras generales.

El resultado obtenido de la comparación de los modelos respecto a las características deseadas determinó que el modelo desarrollado por el profesor Jorge Gilchrist Moreno (2006) fuera el seleccionado. Este modelo de planificación forestal denominado “Modelo Estratégico Lineal” (MELI) optimiza la función objetivo regulando el bosque existente y el plantado, manteniendo una política de corta de rendimiento sostenido (flujo de volumen constante año a año) y regulando las superficies disponibles para raleos en los sitios correspondientes. La formulación general de MELI es la siguiente:

Función objetivo: Maximiza la suma de los aportes que realiza cada hectárea ya sea como cosecha y/o raleo durante cada uno de los años del horizonte de planificación. Los aportes pueden ser expresados tanto en volumen como en valor monetario. La función es la siguiente:

$$\boxed{MAX \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n+i-1} \sum_{k=1}^p C_{ijk} X_{ijk} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n+i-1} \sum_{k=1}^p C'_{ijk} R_{ijk}}$$

Donde:

m = Número de años del periodo de conversión del bosque

n = Número de clases de edad de los rodales en el primer año de conversión del bosque

p = Número de sitios diferentes

X_{ijk} = Superficie cosechada el i-ésimo año de conversión, de la j-ésima clase de edad del sitio k.

R_{ijk} = Superficie raleada el i-ésimo año de conversión, de la j-ésima clase de edad del sitio k.

C_{ijk} y C'_{ijk} = Coeficiente de volumen o valor monetario por hectárea, para el i-ésimo año de conversión, con j-ésimos años de edad del sitio k.

Restricciones de “Bosque Nuevo”: Conjunto de restricciones que establecen las superficies que se deben cubrir por clase de edad en el período de post conversión. Existen tantas restricciones como años tenga la rotación y la cantidad de sitios existentes. Se refieren a la combinación de superficies que tendrá el patrimonio durante el periodo de post conversión de forma de asegurar que las plantaciones queden reguladas. Su expresión es la siguiente:

$$\boxed{\sum_{j=1}^{m+i-j'-1} X_{(i-j)jk} - \sum_{j=1}^{j'-1} X_{(i-j'+j)jk} \leq \frac{1}{m} \sum_{j=1}^n S_{1jk}} \quad \forall i = 1, \dots, m; \quad \forall k = 1, 2, \dots, p$$

Donde:

S_{1jk} = Superficie de la clase de edad j del sitio k

j' = Índice auxiliar asociado a clases de edad con $j' = 1, 2, \dots, i-1$

Restricciones de “Disponibilidad de bosque para cosechas de bosque nuevo”: Grupo de restricciones que establece la disponibilidad de superficie a cosechar para cada clase de edad en bosque nuevo. Existen tantas restricciones como años tenga el periodo de conversión y sitios estén presentes. Su fórmula es la siguiente:

$$\boxed{\sum_{j=1}^{m+i-j'-1} X_{(i-j')jk} - \sum_{j=1}^{j'-1} X_{(i-j'+j)jk} \geq 0} \quad \forall i = 1, \dots, m; \quad \forall k = 1, 2, \dots, p$$

Restricciones de “Bosque Viejo”: Corresponde al conjunto de restricciones que establecen las superficies que deben cosecharse por clase de edad en las plantaciones existentes al iniciar el período de conversión. Existen tantas restricciones como rodales iniciales, para cada sitio. Su expresión es la siguiente:

$$\boxed{\sum_{i=1}^m X_{i(i+j-1)k} = S_{1jk}} \quad \forall j = 1, 2, \dots, n; \quad \forall k = 1, 2, \dots, p$$

Restricciones de “Volumen Constante”: Conjunto de restricciones que regulan el flujo de volumen año a año, esto permite tratar cosechas y raleos en forma simultanea, logrando que el volumen cosechado de un año cualquiera de rotación sea igual al del período siguiente, manteniéndolo constante. Existen tantas restricciones como años tenga el periodo de conversión menos uno. Su formulación es la siguiente:

$$\boxed{\sum_{j=1}^{n+i-1} \sum_{k=1}^p V_{ijk} X_{ijk} + \sum_{j=1}^{n+i-1} \sum_{k=1}^p V'_{ijk} R_{ijk} - \sum_{j=1}^{n+i} \sum_{k=1}^p V_{(i+1)jk} X_{(i+1)jk} - \sum_{j=1}^{n+i} \sum_{k=1}^p V'_{(i+1)jk} R_{(i+1)jk} = 0} \quad \forall i = 1, 2, \dots, m$$

Donde:

V_{ijk} y V'_{ijk} = Coeficientes de volumen para variables de cosechas y raleos respectivamente, expresado en metros cúbicos por hectárea (m^3/ha), para el i -ésimo año de conversión, con j -ésimos años de edad del sitio k .

Restricciones de “Disponibilidad de superficies para raleos de bosque nuevo”: Grupo de restricciones que establecen para cada periodo y clase de edad, las superficies disponibles de bosque nuevo que pueden ser raleadas. Su fórmula es la siguiente:

$$\boxed{\sum_{j=1}^{m+i-j'-1} X_{(i-j')jk} - \sum_{j=1}^{j'} X_{(i-j'+j)jk} - \sum_{j=1}^{j'} R_{(i-j'+j)jk} \geq 0} \quad \forall i = 1, 2, \dots, m; \quad \forall k = 1, 2, \dots, p$$

Restricciones de “Disponibilidad de superficies para raleos de bosque viejo”: Grupo de restricciones que establecen para cada periodo y clase de edad, las superficies disponibles de bosque viejo que pueden ser raleadas. Su formulación es la siguiente:

$$\sum_{i=1}^j X_{i(i+j-1)k} + \sum_{i=1}^j R_{i(i+j-1)k} \leq S_{1jk} \quad \forall j = 1, 2, \dots, n; \quad \forall k = 1, 2, \dots, p$$

Una vez seleccionado el modelo de planificación forestal, éste fue evaluado. En el caso particular de este trabajo, en 7 ocasiones, una vez para cada sitio (A, B, C, D y E) y al patrimonio total con 25 y 30 años de rotación para el periodo de post conversión. Por lo tanto, fue necesario definir las variables, índices y coeficientes utilizados. A continuación se define la nomenclatura utilizada en los modelos de planificación forestal:

a) Variables

X_{ijk} = Superficie cosechada en hectáreas el i-ésimo año de conversión, con j-ésimos años de edad del sitio k.

R_{ijk} = Superficie raleada en hectáreas el año i-ésimo de conversión, con j-ésimos años de edad del sitio k.

b) Índices

i = Años de conversión (1, 2, ..., m).

j = Clase de edad (1, 2, ..., n, n+1, n+2, ..., n+m).

k = Sitio (A, B, ..., etc.).

j' = Índice auxiliar asociado a clases de edad con $j' = 1, 2, \dots, i-1$.

m = Máximo valor que alcanza “i” (años de conversión).

n = Máximo valor que alcanza “j” en el primer año de conversión.

c) Coeficientes

C_{ijk} y C'_{ijk} = Valor monetario en miles de pesos por hectárea, para el i-ésimo año de conversión, con j-ésimos años de edad del sitio k. Estos coeficientes pertenecientes a la función objetivo, están expresados como el VPN más el VPS para cada sitio en particular, para ésto se utilizaron tablas de precios por hectáreas para cosechas y raleos, las cuales fueron elaboradas con los volúmenes entregados por el simulador e información de precios por producto (Ver Apéndice 5). Esta variación del modelo permitió la comparación de los proyectos en un horizonte de planificación igual.

La expresión general es:

$$\boxed{\overset{\text{Horizonte}}{a} \overset{\text{Perpetuidad}}{[VPN_{total}]} = \overset{\text{Per. conversión}}{[VPN]} + \overset{\text{Per. post-conversión}}{\left[\frac{VPS}{(1 + \beta)^i} \right]}}$$

Finalmente, utilizando la expresión general, los coeficientes de las variables de cosechas y raleos quedaron definidos de la siguiente manera:

$$\text{Cosechas } C_{ijk} = \frac{P_{jk} - C}{(1 + \beta)^i} + \left[\frac{P_{jk} - C}{(1 + \beta)^i} \times \frac{1}{((1 + \beta)^m - 1)} \right]$$

$$\text{Raleos } C'_{ijk} = \frac{P'_{jk}}{(1 + \beta)^i} + \left[\frac{P'_{jk}}{(1 + \beta)^i} \times \frac{1}{((1 + \beta)^m - 1)} \right]$$

Donde:

P_{jk} y P'_{jk} = Precio por hectárea de bosque cosechado o raleado a la edad “j” del sitio “k”.

C = Costo de plantación por hectárea, cuyo valor para todos los sitios fue de \$261.438 pesos.

i = Años de intervención durante el periodo de conversión.

β = Tasa de descuento de valor 10%.

m = Rotación para cada caso.

Para el caso de los coeficientes “ V_{ijk} y V'_{ijk} ” de las restricciones de “Volumen constante”, éstas quedaron definidas tal cual establece el modelo general MELI.

Luego, en la formulación de cada modelo las superficies utilizadas fueron las entregadas por la cartografía generada en el objetivo número uno. Las superficies de cada sitio según su clase de edad, que dan cuenta de las existencias iniciales, se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro 4. Superficies de bosque por clase de edad para cada sitio de Pino radiata estudiado

| Clases de edad "j" | Superficies por sitio "k" en hectáreas (Hás) | | | | | Totales por clase |
|---------------------------|--|----------------|----------------|---------------|---------------|-------------------|
| | A (IS 26) | B (IS 30) | C (IS 27) | D (IS 24) | E (IS 21) | |
| 10 | 8,5 | 1103,2 | 61,5 | 128,4 | 234,5 | 1536,1 |
| 11 | 6,7 | 894,2 | 55,4 | - | 97,9 | 1054,2 |
| 12 | - | 1870,9 | 25,3 | - | 428,7 | 2324,9 |
| 13 | 52,4 | 2242,5 | 484,6 | 41,7 | 529,2 | 3350,4 |
| 14 | 173,3 | 1627,7 | 996,6 | 24,7 | 212,8 | 3035,1 |
| 15 | 235,0 | 1914,4 | 1268,0 | 15,1 | 234,4 | 3666,9 |
| 16 | 620,7 | 2113,0 | 2275,5 | 19,2 | 246,4 | 5274,8 |
| 17 | 320,6 | 1138,1 | 2025,6 | 10,2 | 435,0 | 3929,5 |
| 18 | 711,5 | 608,0 | 2069,3 | 10,1 | 782,3 | 4181,2 |
| 19 | 376,6 | 273,5 | 1279,2 | 10,4 | 159,1 | 2098,8 |
| 20 | 635,3 | 34,7 | 1212,0 | 30,9 | 83,1 | 1996,0 |
| 21 | 721,9 | 7,3 | 602,6 | 8,4 | 131,3 | 1471,5 |
| 22 | 1066,0 | - | 544,2 | 4,5 | 58,3 | 1673,0 |
| 23 | 1519,7 | - | 465,6 | 242,1 | 196,4 | 2423,8 |
| 24 | 1034,6 | - | 260,9 | 684,7 | 46,4 | 2026,6 |
| 25 | 636,7 | - | 128,5 | 466,8 | 67,7 | 1299,7 |
| 26 | 279,0 | - | 227,2 | 524,8 | 51,3 | 1082,3 |
| 27 | 370,1 | - | 17,3 | 198,7 | 36,7 | 622,8 |
| 28 | 584,6 | - | 307,2 | 168,4 | 281,8 | 1342,0 |
| 29 | 22,5 | - | | 163,7 | 15,8 | 202,0 |
| Totales por sitios | 9375,7 | 13827,5 | 14306,5 | 2752,8 | 4329,1 | 44591,6 |

Las superficies anteriores son las que establecen la disponibilidad de bosque existente en el periodo de conversión, las cuales posteriormente son cosechadas y/o raleadas según establezca el plan de intervenciones particular realizado.

Dadas las características de MELI, los modelos para cada sitio y patrimonio con rotación de 25 y 30 años, quedaron determinados por sus respectivas variables (cosechas y/o raleos) e índices de año de conversión "i", clases de edad "j" y sitio "k". Por lo tanto, cada modelo quedó definido según sus índices y características de la siguiente forma:

Cuadro 5. Índices y características utilizadas en los modelos aplicados

| Escenario | Nº Modelo | "i" | "j" | "k" | Rotación | Edad mínima de corta | Variables |
|-----------|-----------|--------|---------|---------------|----------|----------------------|-----------------|
| 1 | 1 | 1 a 26 | 10 a 54 | A | 26 años | 10 años | Cosecha |
| | 2 | 1 a 25 | 10 a 53 | B | 25 años | 10 años | Cosecha y Raleo |
| | 3 | 1 a 28 | 10 a 56 | C | 28 años | 10 años | Cosecha y Raleo |
| | 4 | 1 a 29 | 10 a 57 | D | 29 años | 10 años | Cosecha y Raleo |
| | 5 | 1 a 30 | 10 a 58 | E | 30 años | 10 años | Cosecha |
| 2 | 6 | 1 a 25 | 10 a 53 | A, B, C, D, E | 25 años | 10 años | Cosecha y Raleo |
| 3 | 7 | 1 a 30 | 10 a 58 | A, B, C, D, E | 30 años | 10 años | Cosecha y Raleo |

La formulación de los 7 modelos realizados, se evaluaron en el software LINDO 6.1 para WINDOW. En el caso de los sitios con raleos, estos se realizaron solo a la clase de edad ("j") diez, once y doce años para los sitios "B", "C" y "D" respectivamente. Sin embargo, si no se realiza la intervención el modelo no contempla ese delta de volumen ganado, lo cual se asume en los resultados.

Si volvemos al planteamiento inicial del problema, en los cuales se han utilizado los materiales y métodos mencionados anteriormente, se desea comparar tres escenarios, donde se considera una superficie patrimonial compuesta de cinco sitios y, cada uno de ellos con plantaciones de una o varias edades. En el primer caso, si para cada uno de los sitios se determina una rotación que ha sido seleccionada para regular el bosque (rotación que se cumple para el bosque regulado) como aquella que se produce cuando el Crecimiento Medio es máximo. De esta forma, tendremos varias rotaciones diferentes, una para cada sitio en nuestro caso. Si para cada una de estas rotaciones se realiza un plan de intervenciones, mediante la aplicación de un modelo de optimización financiero y, posteriormente se suman los óptimos que señalan estos planes de cosechas y raleos, se obtiene un gran total que corresponde a la suma de los planes de intervenciones individuales para la superficie total (modelos 1 al 5). El segundo caso, es considerar el patrimonio total (los cinco sitios) como un solo plan de intervenciones bajo la menor de las rotaciones de los sitios involucrados (modelo 6). Finalmente, el último caso en análisis, es considerar el patrimonio total como un solo plan de intervenciones, al igual que el segundo caso, con la diferencia que éste utiliza la rotación mayor de los sitios (modelo 7).

Por lo tanto, el resultado fue obtener óptimos de valor monetario en miles de pesos para cada sitio individual para su posterior suma y resultado global (Escenario 1) y para el total de sitios, modelos patrimoniales (Escenario 2 y Escenario 3). Además, se obtuvo la secuencia de corta de superficie y volumen para cada sitio y los valores totales de rendimiento volumétrico para cada alternativa, dando término al trabajo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado alcanzado al “Desarrollar y asociar una cartografía de rodales de *Pinus radiata* D. Don. existentes a índices de sitio”, es una representación cartográfica de todos los rodales de pequeños y medianos propietarios, con bosques de edades entre los 10 y 29 años, asociados a un índice de sitio establecido por el simulador de crecimiento utilizado y por consiguiente a una tabla de producción volumétrica. A continuación, la figura 1 muestra el resultado cartográfico logrado.

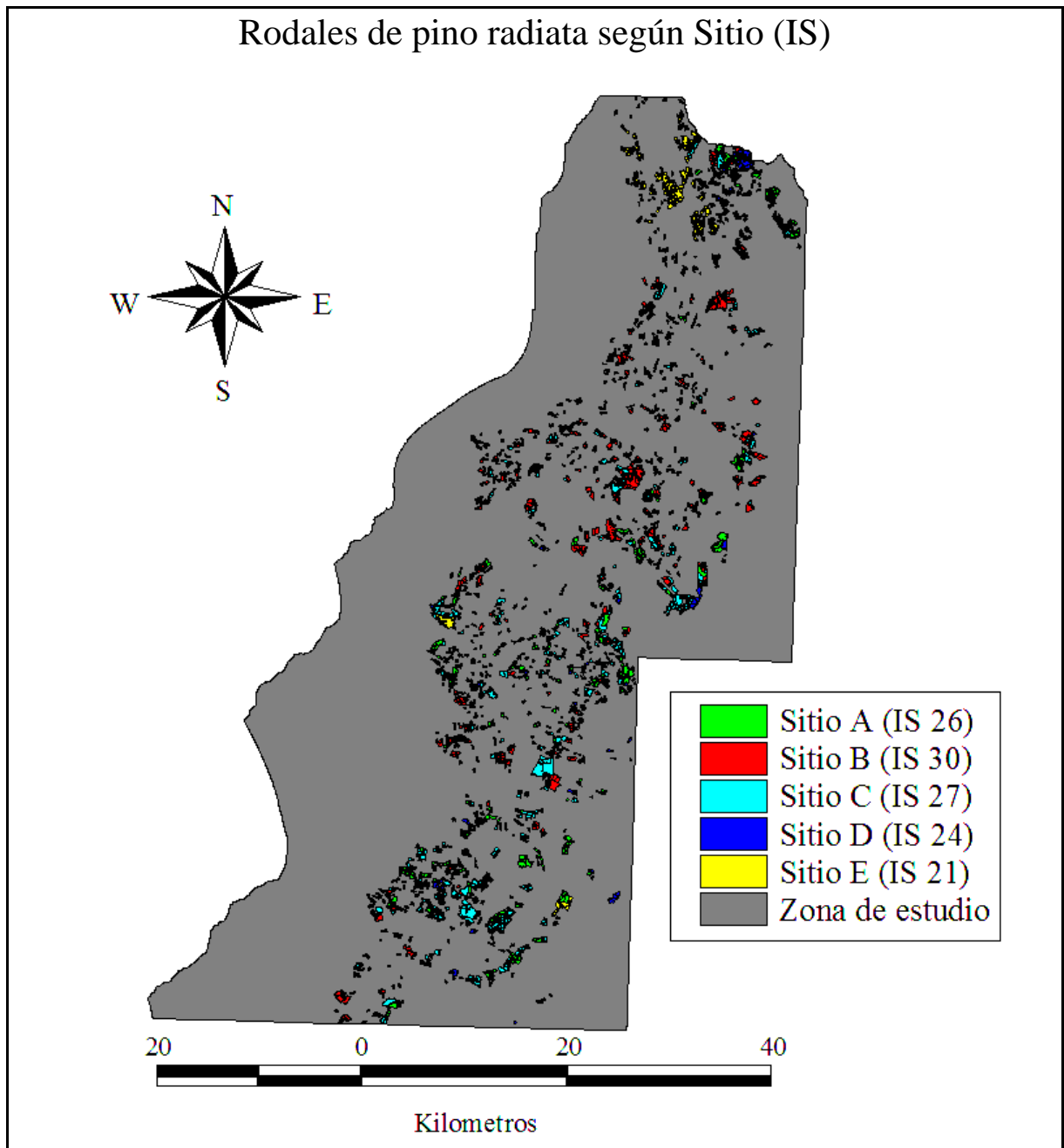


Figura 1

La información entregada por la cartografía desarrollada permitió complementar el trabajo para la planificación de intervenciones realizada, estableciendo las superficies disponibles para intervenir. Además, dio solución al problema de no disponer de información pública que asocie rodales de pino radiata a tablas de producción mediante el índice de sitio existente en un lugar determinado (Revisar Apéndice 6, resultados e información digital en detalle).

Los resultados de este estudio difieren de los obtenidos por García (1980) pese a utilizar el criterio ecológico desarrollado por él en la segunda etapa del proyecto “Determinación de índices de sitio para plantaciones de *Pinus radiata* D. Don. Región del Maule”, donde establece cuatro clases de sitio, los cuales se determinaron mediante agrupación de índices de sitio estimados, sin embargo, estas clases no poseen relación alguna con tablas de producción que pudiesen ser utilizadas para la formulación del modelo de optimización. Por lo tanto, la necesidad de asociar a cada rodal un índice de sitio, el cual esté relacionado a una tabla de producción, hizo agrupar al total de rodales de este estudio, en los cinco índices de sitio determinados por el simulador de crecimiento utilizado para esta zona, lo que establece la diferencia entre los resultados de García y los obtenidos en el presente trabajo.

En la literatura técnica diversos autores han tratado la relación sitio-crecimiento demostrando que los factores que poseen incidencia en el desarrollo de una especie se presentan en diferente ponderación. Además, los resultados y factores incidentes suelen ser variados dependiendo de la localidad en estudio y de la escala de representación a la cual se trabaje (a nivel regional, comunal, entre otras). Ésto se debe a las características edáficas, climáticas y topográficas presentes, es decir, los factores correlacionados con el crecimiento de una especie de un lugar determinado no necesariamente lo son para la especie en otro lugar.

Una consideración importante de los resultados cartográficos obtenidos, es que, aunque los métodos utilizados para estimar las alturas dominantes y calcular un índice de sitio estén avalados y validados, éstos no dejan de ser sólo una aproximación a la realidad existente. Sin embargo, para el ejercicio de este trabajo se considera una buena representación.

Una vez disponible la información cartográfica, se seleccionó, y aplicó el modelo de programación lineal para planificación forestal, segundo objetivo específico de este trabajo.

Utilizando MELI (Modelo de programación lineal seleccionado) para cada sitio individualmente y patrimonio total con rotaciones comunes de 25 y 30 años para el bosque regulado, se obtuvieron los resultados para cada uno de los tres escenarios analizados. A continuación se presentan los resultados conseguidos a nivel patrimonial.

Cuadro 6. Comparación de los escenarios analizados.

| Escenarios | Resultado total obtenido | Sitios | Volumen total por sitio en la regulación (m ³) | Volumen total obtenido en la regulación (m ³) | Dinero total obtenido en la regulación (miles de pesos) |
|------------|--|--------|--|---|---|
| 1 | Como suma de los resultados de los planes de intervenciones de sitios individuales | A | 8.306.271,1 | 33.991.100,4 | 295.982.720,0 |
| | | B | 9.538.857,0 | | |
| | | C | 11.370.424,2 | | |
| | | D | 1.949.337,2 | | |
| | | E | 2.826.210,9 | | |
| 2 | Como plan de intervenciones conjunto de los sitios con rotación de 25 años del bosque regulado | A | 8.114.184,4 | 32.841.338,5 | 307.105.500,0 |
| | | B | 10.042.833,2 | | |
| | | C | 10.442.925,1 | | |
| | | D | 1.719.789,9 | | |
| | | E | 2.521.605,9 | | |
| 3 | Como plan de intervenciones conjunto de los sitios con rotación de 30 años del bosque regulado | A | 8.916.009,8 | 37.365.986,0 | 293.295.300,0 |
| | | B | 11.683.838,2 | | |
| | | C | 11.936.058,8 | | |
| | | D | 1.928.224,5 | | |
| | | E | 2.877.547,2 | | |

El plan de intervenciones patrimonial con rotación única de 25 años es la mejor opción de regulación para este análisis financiero, aún considerando que los rendimientos volumétricos de todos los sitios tuviesen una variación de un 5% en forma favorable y desfavorable.

Dados los resultados totales, los porcentajes de participación de cada sitio según los metros cúbicos aportados al patrimonio en cada alternativa nos permite apreciar la decisión que toma el modelo con respecto a cosechar y/o ralear más de un sitio que de otro, mostrando la intensidad de intervención realizada (Ver figuras 2, 3, 4).

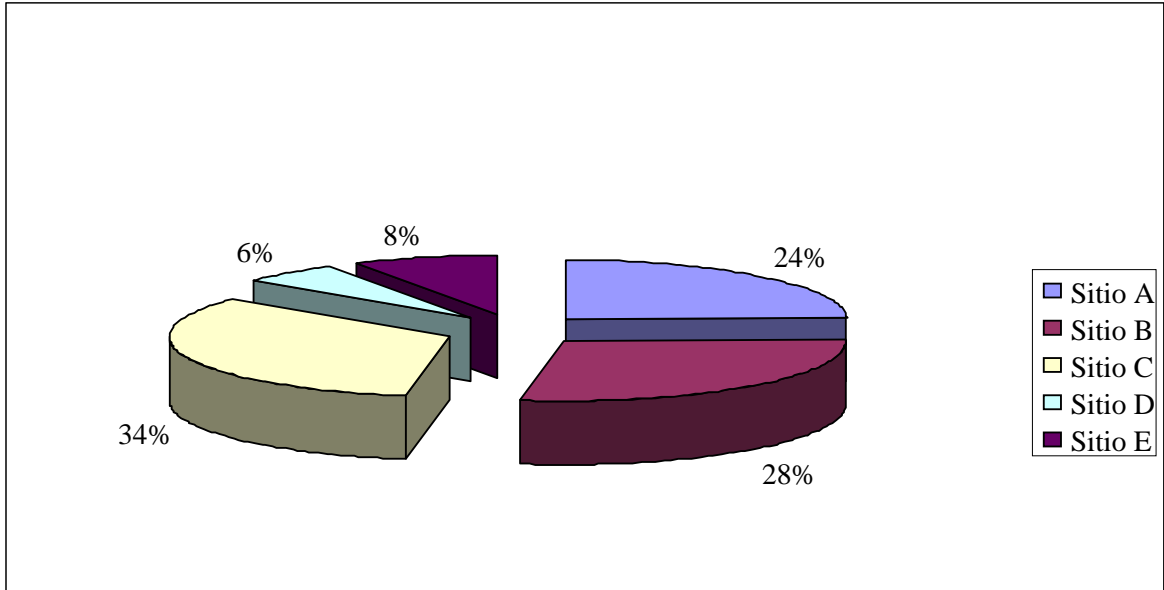


Figura 2. Porcentaje de participación de los sitios, Resultado total como suma de los resultados de los planes de intervenciones de sitios individuales (Escenario 1).

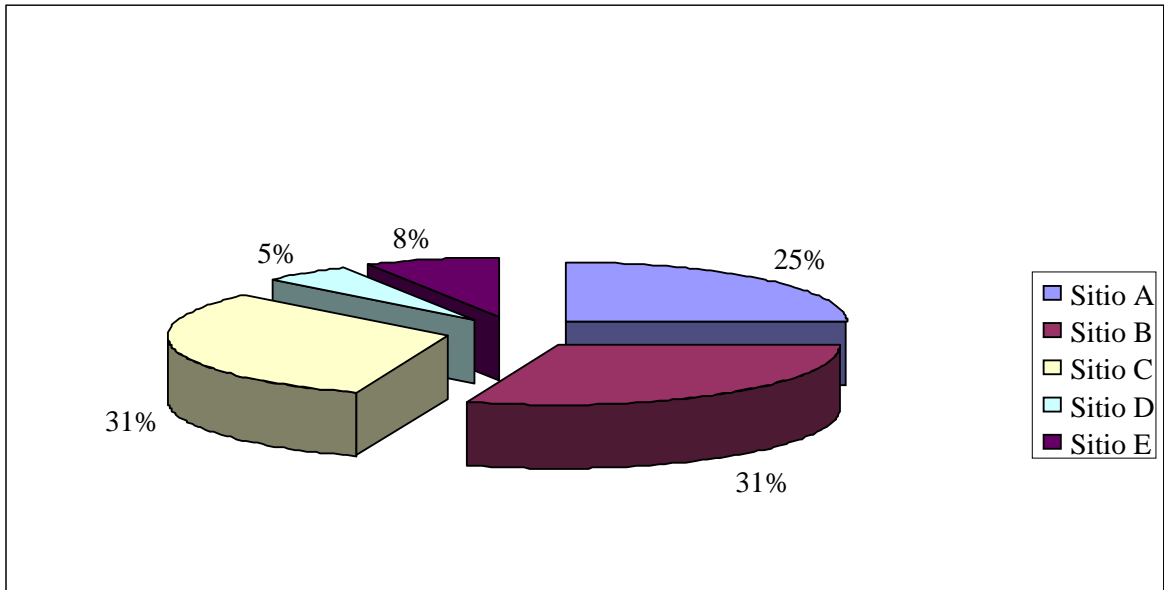


Figura 3. Porcentaje de participación de los sitios, Resultado total como plan de intervenciones conjunto de los sitios con rotación de 25 años del bosque regulado (Escenario 2).

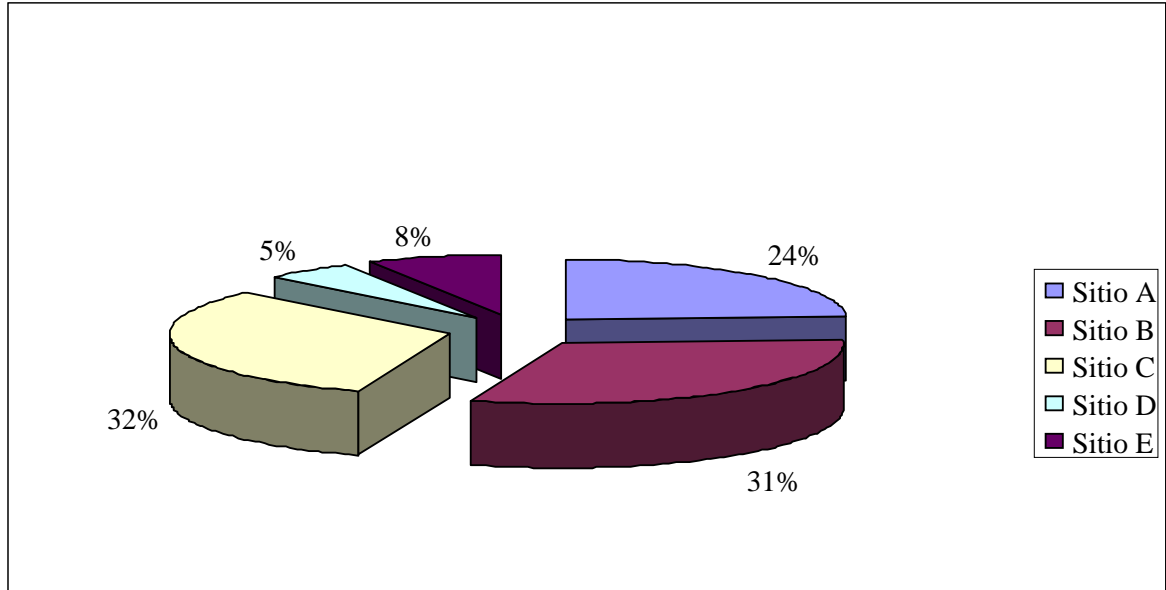


Figura 4. Porcentaje de participación de los sitios, Resultado total como plan de intervenciones conjunto de los sitios con rotación de 30 años del bosque regulado (Escenario 3).

Si observamos el patrimonio a nivel de resultados por sitios individuales, el plan de intervención de un sitio presenta una secuencia de corta y una cantidad de volumen por año que difiere en gran medida entre los escenarios patrimoniales analizados. Esta situación se explica con mayor claridad observando el comportamiento de las intervenciones que se realizan durante la conversión del bosque en cada una de los escenarios. A continuación se presentan los resultados obtenidos por sitios según el escenario al cual pertenezca.

3.1 Escenario 1 (Resultado total como suma de los resultados de los planes de intervenciones de sitios individuales)

Los planes de intervenciones de los sitios A (Ver Apéndice 5), B (Ver Apéndice 6), C (Ver Apéndice 7), D (Ver Apéndice 8) y E (Ver Apéndice 9) establecen y aseguran para cada sitio un flujo de volumen año a año similar y constante durante el periodo de conversión del bosque y rotaciones posteriores. Los volúmenes anuales por sitio considerando su respectiva rotación del bosque regulado se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 7. Volúmenes anuales por sitio según planes de intervenciones de sitios individuales

| Sitios | Volúmenes anuales constantes (m ³) | Rotación (años) |
|--------|--|-----------------|
| A | 319472,0 | 26 |
| B | 381554,2 | 25 |
| C | 406098,4 | 28 |
| D | 67217,1 | 29 |
| E | 94207,0 | 30 |

Por otro lado, las secuencias de superficies de corta determinadas por los planes de intervenciones para los sitios A, B, C, D y E se presentan en las figuras 5, 6, 7, 8 y 9, dando cuenta de las intervenciones realizadas durante los años de conversión para cada sitio.

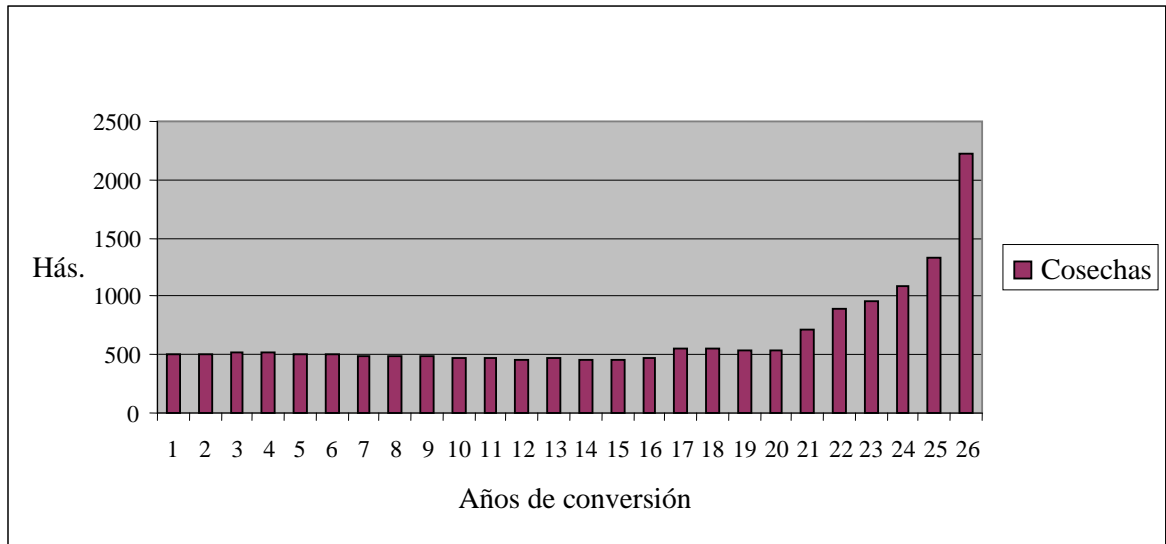


Figura 5. Superficie intervenida del sitio "A", Escenario 1

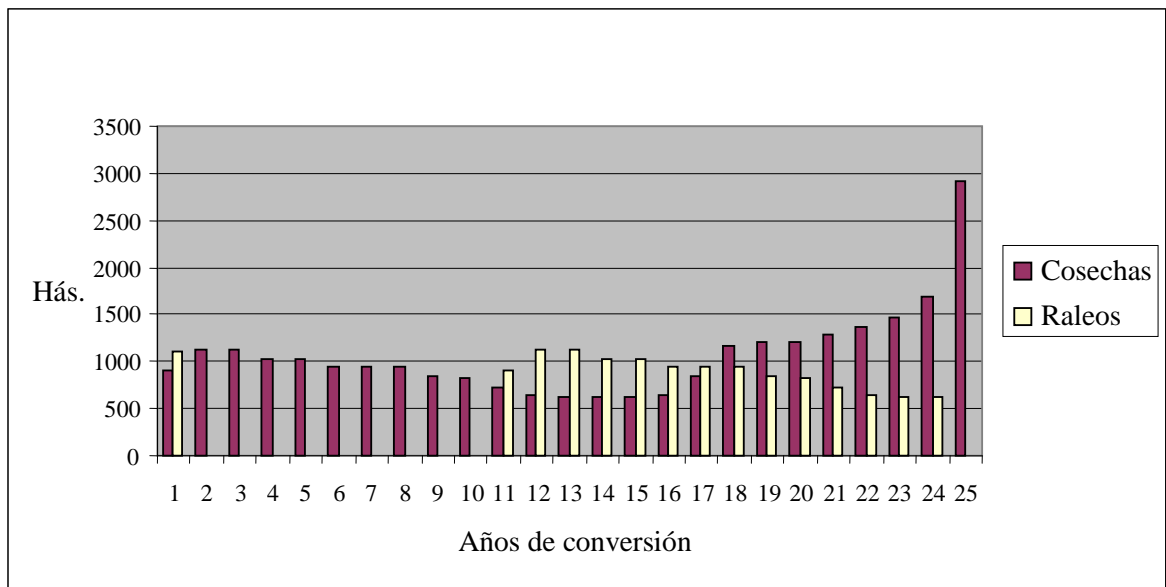


Figura 6. Superficie intervenida del sitio "B", Escenario 1

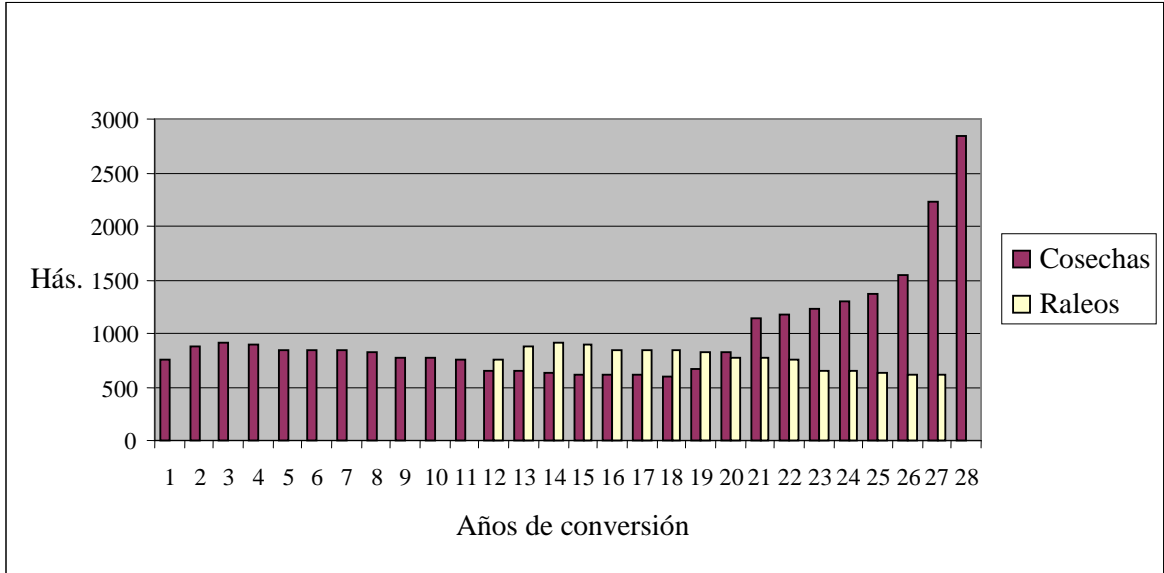


Figura 7. Superficie intervenida del sitio "C", Escenario 1

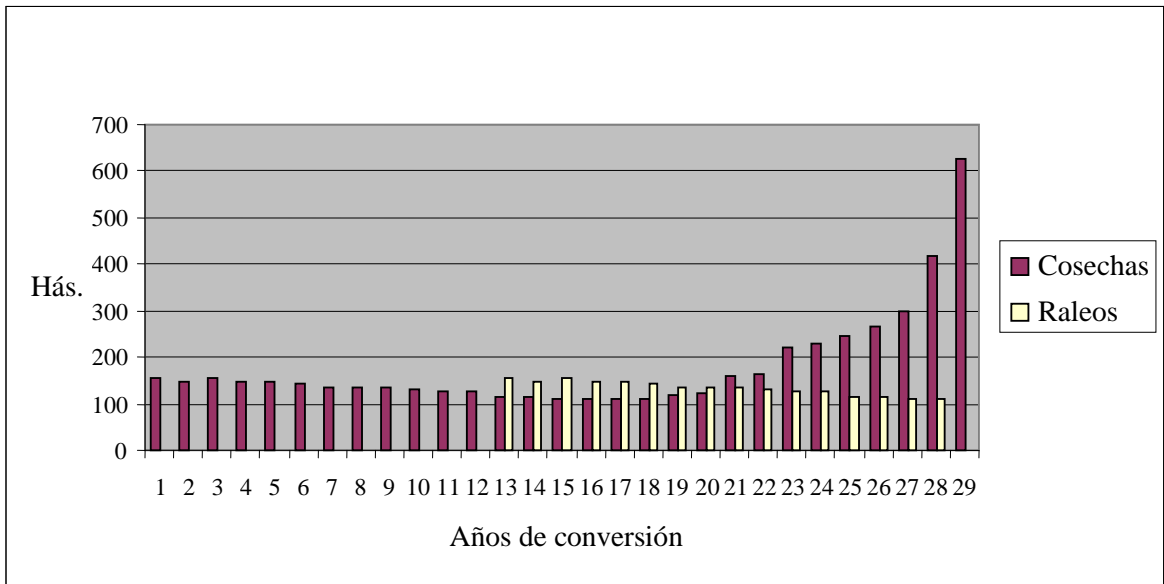


Figura 8. Superficie intervenida del sitio "D", Escenario 1

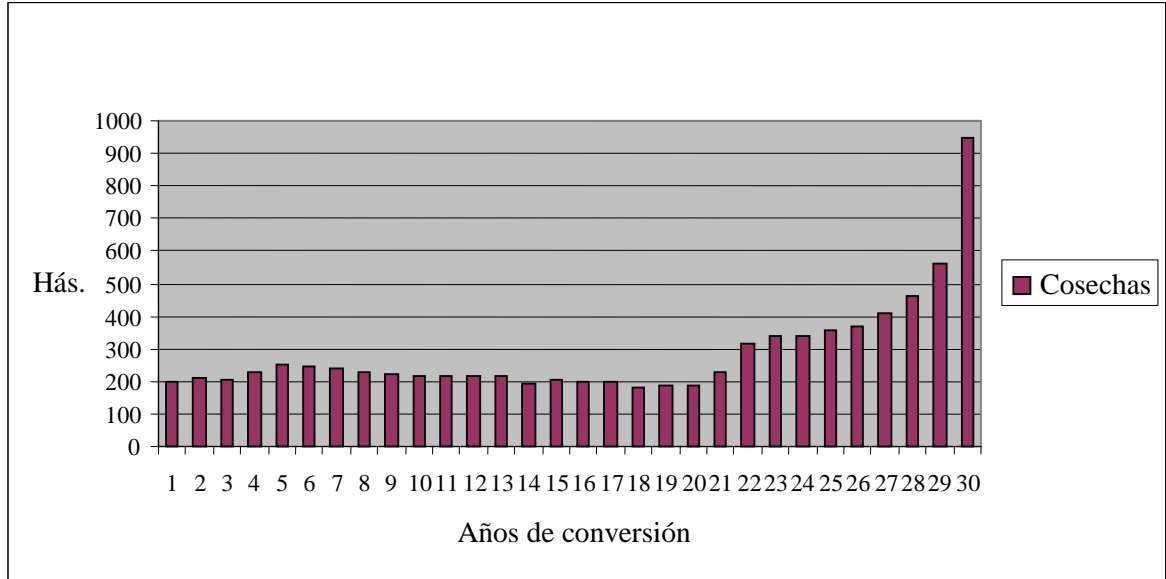


Figura 9. Superficie intervenida del sitio "E", Escenario 1

Dados los resultados de los planes de intervenciones de cada sitio para el primer escenario, pensando en la situación más favorable, todos los años se intervienen superficies del sitio A, B, C, D y E obteniéndose un volumen anual patrimonial de 1.268.548,7 m³ aproximadamente, sin embargo, no hay que olvidar que las rotaciones de cada sitio son distintas entre si al igual que los periodos de conversión.

3.2 Escenario 2 (Resultado total como plan de intervenciones conjunto de los sitios con rotación de 25 años del bosque regulado)

Las secuencias de superficie de corta de los sitios A, B, C, D y E en este escenario (Ver Apéndice 10), no entregan como resultado un flujo de volumen anual constante, sino que un aporte en volumen para ciertos años específicos dentro del periodo de conversión y para las rotaciones posteriores, es así como el primer año en el sitio A se cosechan 234.332,5 m³ y el cuarto año para el mismo sitio se cosechan 928.400,5 m³, por lo tanto, el volumen extraído depende única y exclusivamente de cuando y cuanto se intervenga (resultado del modelo al optimizar). Por otro lado, hay que considerar que los sitios B, C y D presentan intervenciones de cosechas y raleos en sus aportes en volumen situación que no se repite con los sitios A y E que sólo realizan cosechas. Las secuencias de superficie de corta para los sitios A, B, C, D y E se muestran en las figuras 10, 11, 12, 13 y 14 respectivamente.

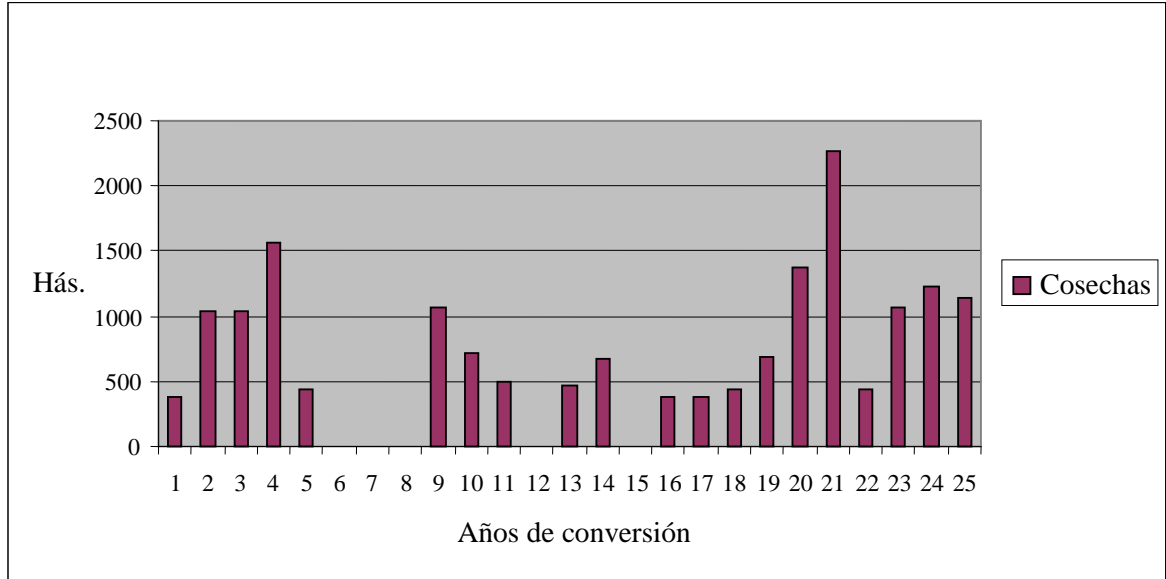


Figura 10. Superficie intervenida del sitio "A", Escenario 2

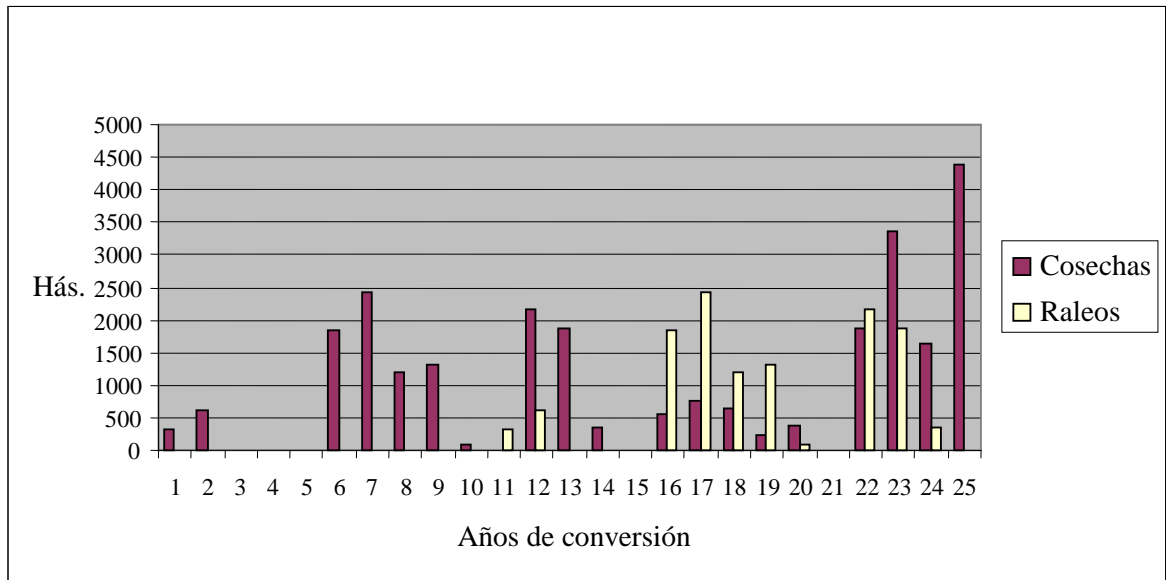


Figura 11. Superficie intervenida del sitio "B", Escenario 2

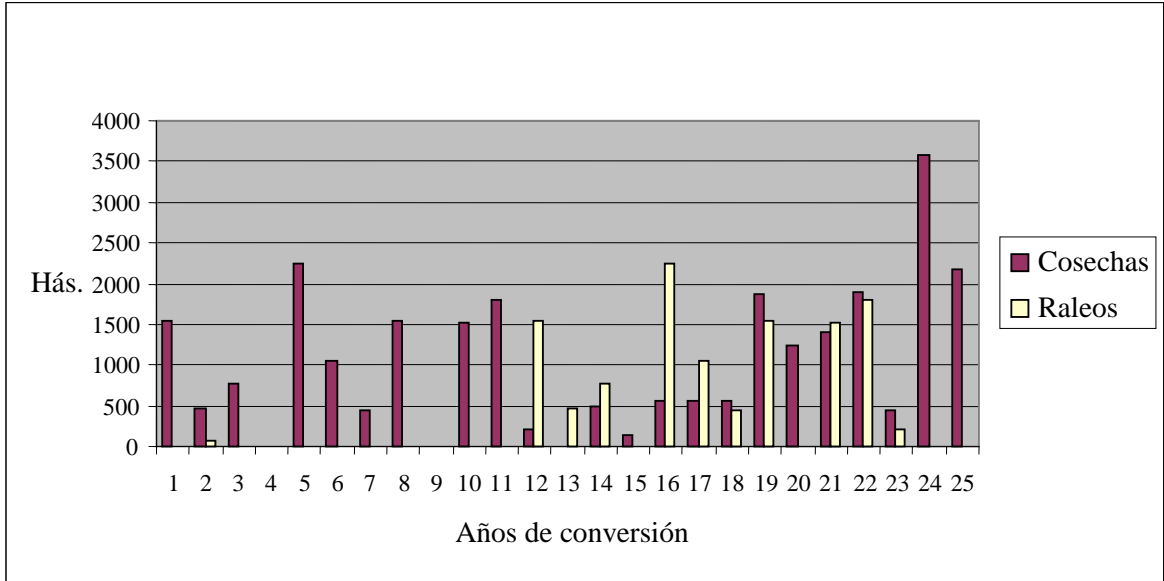


Figura 12. Superficie intervenida del sitio "C", Escenario 2

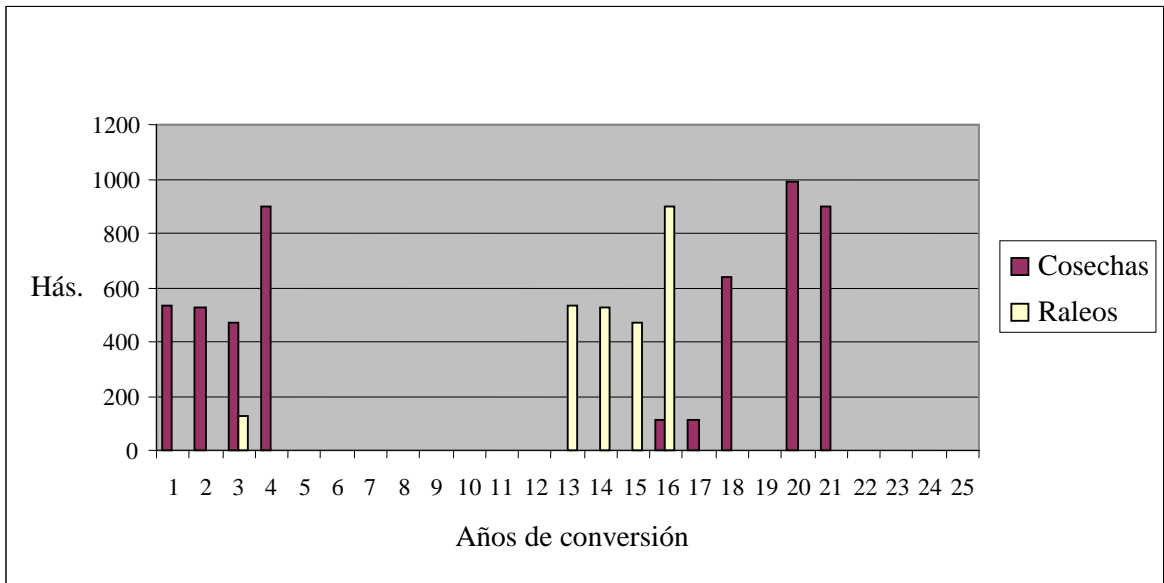


Figura 13. Superficie intervenida del sitio "D", Escenario 2

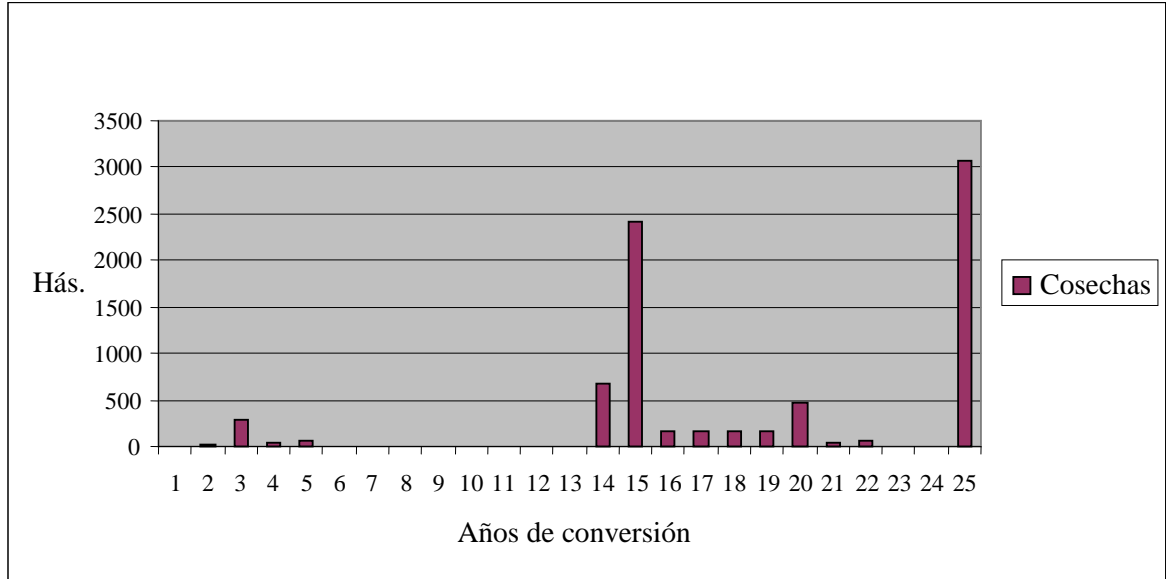


Figura 14. Superficie intervenida del sitio "E", Escenario 2

Dadas las secuencias de superficies de corta de los 5 sitios en este segundo escenario, el plan de intervenciones patrimonial con rotación de 25 años del bosque regulado toma año a año los aportes de los sitios intervenidos permitiendo un flujo de volumen anual constante del patrimonio el cual es de 1.313.653,5 m³ aproximadamente, considerando que las intervenciones realizadas no contemplan necesariamente todos los sitios cada año.

3.3 Escenario 3 (Resultado total como plan de intervenciones conjunto de los sitios con rotación de 30 años del bosque regulado)

En esta alternativa, las secuencias de superficie de corta de los sitios A, B, C, D y E (Ver Apéndice 11) no entregan como resultado un flujo de volumen anual constante, sino que un aporte en volumen para ciertos años específicos dentro del periodo de conversión y para las rotaciones posteriores, como en el caso del segundo escenario, por lo tanto, el volumen extraído también depende única y exclusivamente de cuando y cuanto se intervenga (resultado del modelo al optimizar). Además, hay que considerar que los sitios B, C y D son los únicos que presentan cosechas y raleos en sus aportes en volumen a diferencia de los sitios A y E que solo realizan cosechas. A continuación se muestran las secuencias de superficie de corta para los sitios A, B, C, D y E en las figuras 15, 16, 17, 18 y 19 respectivamente.

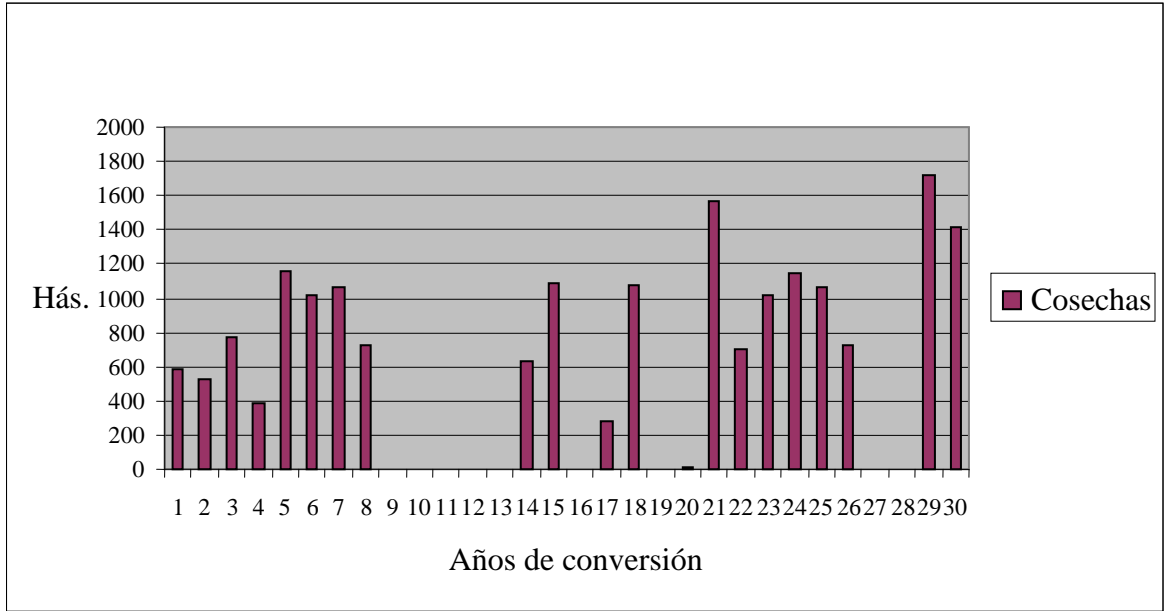


Figura 15. Superficie intervenida del sitio "A", Escenario 3

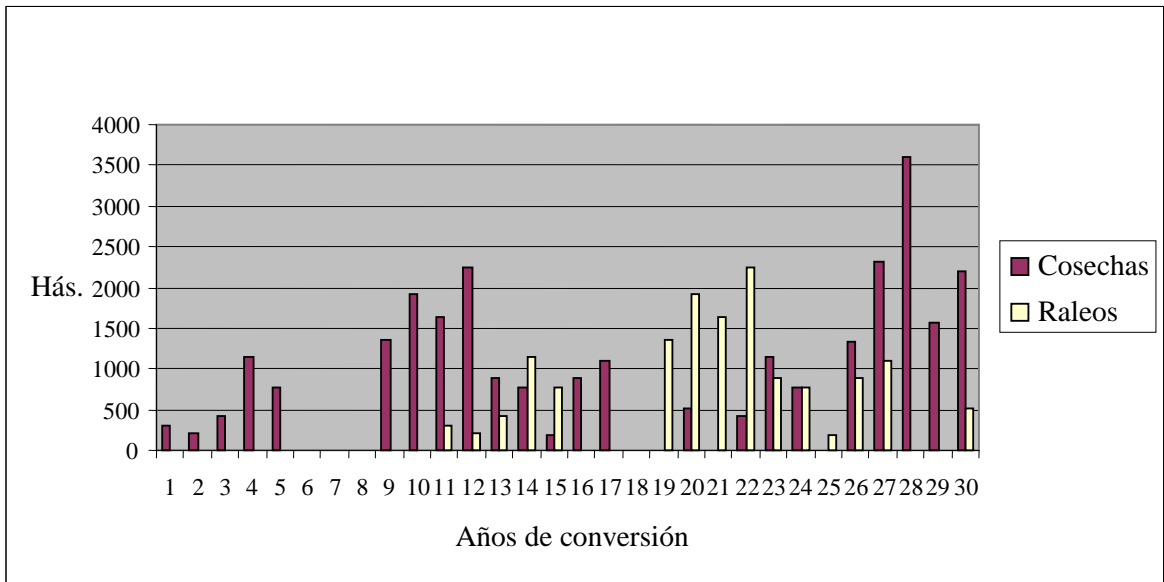


Figura 16. Superficie intervenida del sitio "B", Escenario 3

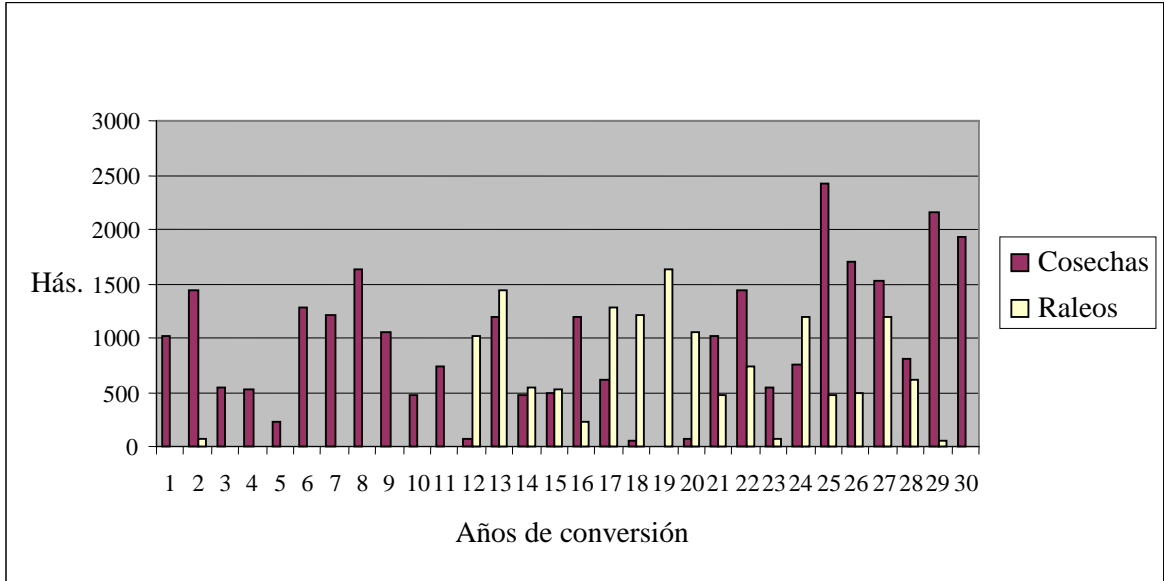


Figura 17. Superficie intervenida del sitio "C", Escenario 3

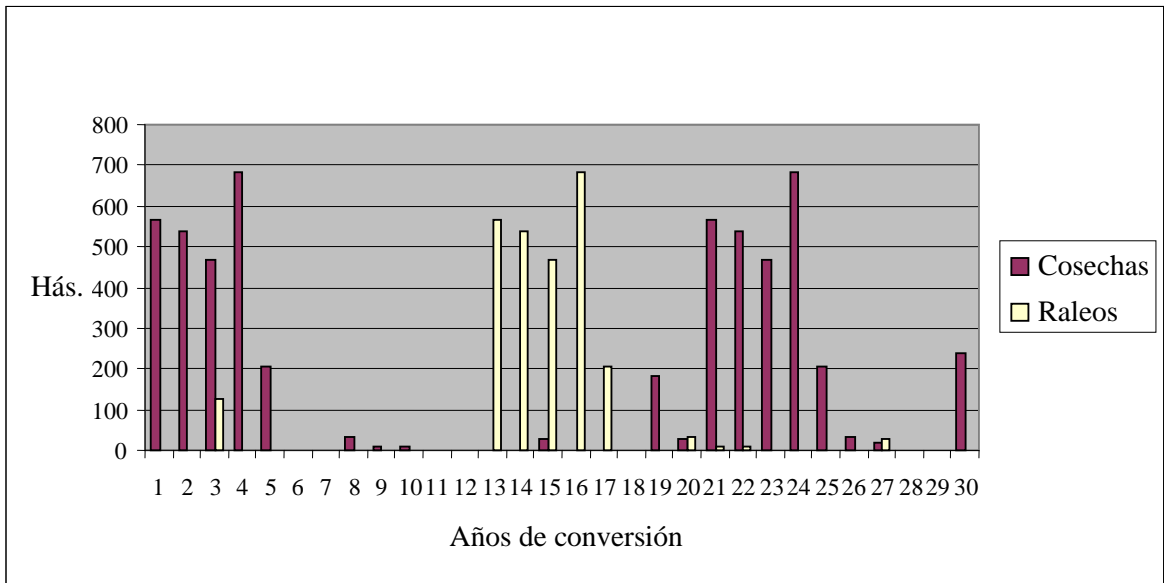


Figura 18. Superficie intervenida del sitio "D", Escenario 3

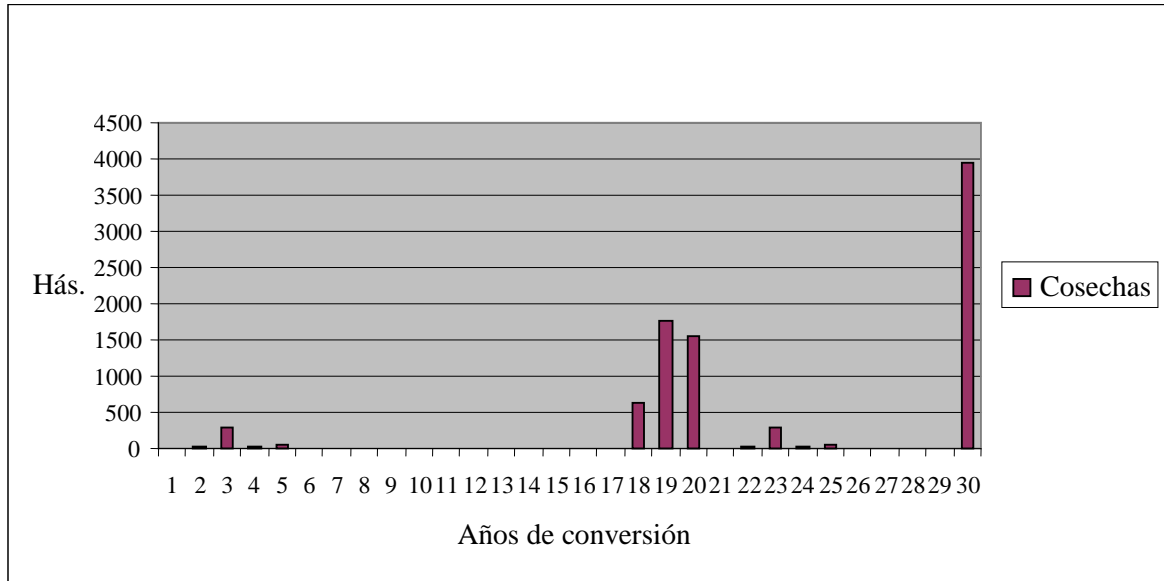


Figura 19. Superficie intervenida del sitio "E", Escenario 3

Dadas las secuencias de superficies de corta de los sitios en este escenario, el plan de intervenciones patrimonial con rotación de 30 años del bosque regulado, considera año a año los aportes de los sitios intervenidos permitiendo un flujo de volumen anual constante del patrimonio el cual es de 1.245.523,7 m³ aproximadamente, considerando que las intervenciones realizadas no contemplan necesariamente todos los sitios año a año al igual que el escenario anterior.

De los resultados expuestos por sitio en cada escenario, en ningún caso la superficie cosechada año a año es la misma cualquiera sea el sitio, ésto indica que no existe una regulación por superficie que establezca por año una cierta cantidad de hectáreas a cosechar. Además, que el flujo de volumen sea constante a nivel patrimonial no implica que éste lo sea a nivel de sitios individuales.

Podemos darnos cuenta que en un plan de intervenciones patrimonial de rotación única para el bosque regulado, en un objetivo financiero, se cosecha primero sitios de mejor calidad para luego volver a intervenir el bosque plantado en esos mismos sitios hacia el final del periodo de conversión del bosque, percibiendo un mayor volumen e ingresos en el total. Por otro lado, los sitios de menor calidad quedan postergados a edades más avanzadas.

No se debe olvidar, que este estudio consideró la menor y mayor de las rotaciones de los sitios individuales para el bosque regulado, en los escenarios 2 y 3 respectivamente, sin embargo, se piensa que existe una rotación patrimonial que mejora los resultados obtenidos, para este caso particular. Por lo tanto, se propone para un estudio futuro encontrar aquella rotación, además, de establecer distintas situaciones con diferentes tasas de descuento y superficies iniciales por clase de edad y sitio, para analizar el comportamiento de los planes de intervenciones y sus resultados.

La decisión de planificar las intervenciones ha realizar en un patrimonio forestal, insta determinar una rotación específica que permita obtener el máximo beneficio financiero o volumétrico para cada caso en particular, rechazando la idea de una rotación preestablecida.

Es necesario aclarar que al asociar todos los sitios en un solo plan de intervenciones (Escenarios 2 y 3) genera un periodo de conversión único y común para todos los sitios involucrados, cuya duración queda determinada por la rotación escogida según el caso. Por lo tanto, el resultado al término del periodo de conversión del patrimonio, es una secuencia de cosechas y raleos que se reiterará en el tiempo, donde la rotación escogida para determinar la duración del periodo de conversión se cumple para todos los sitios en el periodo de post conversión, permitiendo que la rotación sea única y común en el bosque regulado.

Es importante destacar que existen autores que han desarrollado estudios y/o proyectos forestales sobre planificación de intervenciones y/o políticas de manejo tales como: Paredes y Brodie (1988); Guzman (1995) y Weintraub (2005), entre otros. Sin embargo, aquellos estudios y/o proyectos no profundizan mayormente el análisis respecto a la selección de un periodo de conversión a nivel patrimonial y tampoco plantean la posibilidad de regular la estructura del bosque bajo una única rotación posterior al periodo de conversión del patrimonio como este trabajo.

4. CONCLUSIONES

Respecto al objetivo general:

1. Dados los resultados obtenidos, es posible proponer un método que permita maximizar financieramente el rendimiento de plantaciones de pino radiata y regular la estructura del bosque tomando en cuenta la totalidad de sitios en forma conjunta bajo una rotación para el periodo de post conversión.

Respecto a la cartografía realizada:

2. La representación cartográfica de los rodales de pino radiata con su respectivo índice de sitio relacionadas a tablas de producción, es una herramienta fundamental para la planificación estratégica en este trabajo, alimentando de información al modelo de programación lineal utilizado para llevar a cabo los planes de ordenación forestal a nivel patrimonial.
3. Por otro lado, la cartografía determina claramente, la distribución de los rodales de buena, media o mala calidad, lo que permite pensar que al tener información cartográfica precisa, ésta sirve para la toma de decisiones de incorporación de nuevos terrenos o venta de los existentes.

Respecto a los planes de intervenciones analizados:

4. Cada patrimonio posee un plan de intervenciones específico y diferente, según el objetivo que se desee obtener y de las consideraciones que se contemplen en su desarrollo para cumplir ese objetivo.
5. Tomando este trabajo como antecedente se puede comprobar que realizar una regulación del bosque por superficie no asegura la optimización de objetivos como maximización del volumen o maximización financiera.
6. Los planes de intervenciones patrimoniales establecen que los mejores sitios son los más intervenidos durante el periodo de conversión lo que se ve reflejado en las rotaciones del periodo de post conversión del bosque, lo que permite afirmar que económicamente se debiesen bonificar aquellos sitios de mejor calidad y desestimar los peores.
7. Uno de los resultados más importantes del análisis del trabajo, es que, este estudio en su caso particular, determina que las rotaciones a nivel de hectárea y sitio individual no son óptimas, es decir, a nivel patrimonial el incremento medio anual del volumen para cada sitio no sirve de parámetro para determinar la rotación que regule el bosque como un conjunto de sitios.
8. Por otro lado, optimizar por volumen, ya sea un sitio o patrimonio, la rotación tiende a ser más larga que si se optimiza financieramente debido al efecto de la tasa de descuento. Esto permite asegurar que las rotaciones patrimoniales sólo pueden

ser calculadas mediante la utilización de valor potencial del suelo y valor presente neto.

9. Dados los resultados del trabajo en forma global, debemos considerar que el método utilizado para maximizar el rendimiento de plantaciones de pino radiata de un conjunto de sitios, bajo una sola rotación a perpetuidad no evita la fragmentación de los sitios o rodales. Sin embargo, es una buena alternativa para planificar actividades de intervención del bosque, tanto para la gran empresa como para los pequeños y medianos propietarios forestales que posean más de un sitio como patrimonio.

5. BIBLIOGRAFÍA

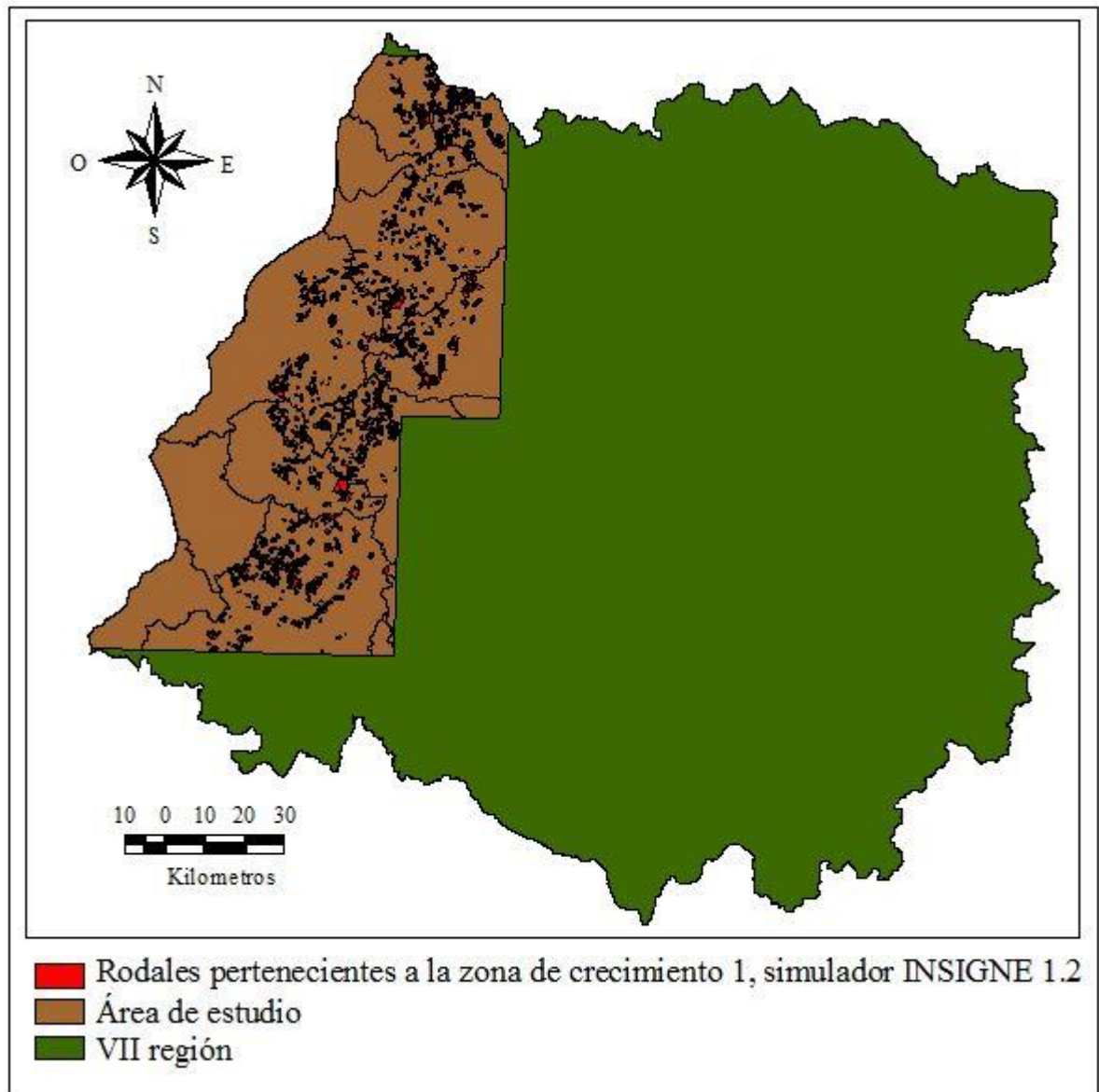
- AVERY, T.E. y BURKHART, H.E. 2002. Forest Measurements. 5nd Ed. United States of America. McGraw-Hill Higher Education series in forest resources. 456 p.
- BUONGIORNO, J. y GILLESS, J.K. 2003. Decision Methods for Forest Resource Management. 1nd Ed. United States of America. Academic Press, Elsevier Science. 439 p.
- CLUTTER, J.; FORTSON, J.; PIENAAR, L.; BRISTER, G. AND BAIULY, R. 1983. Timber management: a quantitative approach. Wiley, New York. 333 p.
- CORVALÁN, P.; GOUET R. y REYES, C. 1998. Modelo geoestadístico para estimaciones espaciales y su aplicación al manejo sustentable de plantaciones de pino insigne. Actas Primer Congreso Latinoamericano IUFRO. El Manejo Sustentable de los Recursos Forestales, Desafíos del Siglo XXI. Valdivia, Chile.
- CORVALÁN, P. y HERNÁNDEZ, J. 2002. Apuntes Docentes: Cátedra de Dasometría. El Sitio. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 9 p.
- CORVALÁN, P. y HERNÁNDEZ, J. 2006. Apuntes Docentes: Cátedra de Dasometría. Productividad. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 7 p.
- FUNDACIÓN CHILE, 1997. Manual del usuario programa Radiata Plus Versión 4.01 Estudiantil. Proyecto Modelo Nacional de Simulación de Pino radiata. Santiago, Chile. 65 p.
- FUNDACIÓN CHILE, 2005. Manual Práctico de Manejo. Simulador de Árbol Individual para Pino Radiata (*Pinus Radiata* D. Don): Arquitectura de Copa y Calida de Madera. Santiago, Chile. 126 p.
- FUNDACIÓN CHILE, 2005. Tablas Auxiliares de Producción. Simulador de Árbol Individual para Pino Radiata (*Pinus Radiata* D. Don): Arquitectura de Copa y Calida de Madera. Santiago, Chile. 100 p.
- GARCÍA, J.; RIVERA, J.; VARGAS, V.; FERNÁNDEZ, R. 1980. Índices de sitio para Plantaciones de Pino Insigne (*Pinus Radiata* D. Don) Región del Maule. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
- GARCÍA, J.; CARRASCO, P.; VARGAS, V.; RIVERA, J.; CORNEJO, R. 1981. Calidad de sitio para Plantaciones de *Pinus Radiata* D. Don en la Cordillera de la Costa de la región del Maule. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Universidad de Concepción – Corporación Nacional Forestal. Chillán, Chile.
- GARCÍA, O. 1984 “FOLPI, A Forestry-Oriented Linear Programming Interpreter” Proceedings IUFRO Symposium on Forest Management Planing and Managerial Economics. University of Tokyo.

- GERDING, V. y SCHLATTER, J. 1995. Variables y Factores del Sitio de Importancia para la Productividad de *Pinus radiata* D. Don en Chile. Revista Bosque (Chile). Vol. 16(2). 39-56 p.
- GILCHRIST, J. 2006. Apuntes Docentes: Cátedra de Manejo de Recursos Forestales. Manejo Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 452 p.
- GUZMAN, S. 1995. Metodología para la definición de una política de manejo forestal en la empresa privada. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile. 57 p.
- HUNTER, I. y GIBSON, A. 1984. Predicting *Pinus radiata* site index from environmental variables. N.Z.J. of For. Sci. 14(1): 53-64.
- INSTITUTO FORESTAL, 2008. El Sector Forestal Chileno 2008. Estadísticas Forestales. Santiago, Chile. 10 p.
- JACKSON, D. y GIFFORD, H. 1974. Environmental variables influencing the increment of radiata pine. N.Z.J. of For Sci. 4(1): 3-26.
- JOHNSON, N. Y SCHEURMAN L. 1977. Techniques for Prescribing Optimal Timber Harvest and Investment Under Different Objectives. Discussion and Synthesis. Forest Science. Monografía 18. Sociedad of American Foresters. Washington, D.C.
- JOHNSON, S. 1989. Modelling regional forest industry development in New Zealand. Thesis Ph.D. School of forestry. University of Canterbury. 196 p.
- LOUCKS, P. 1964. The development of an optimal program for sustained - yield management. Journal of Forestry 62: 485-490.
- MADRIGAL, A. 1995. Ordenación de Montes Arbolados. Colección técnica ICONA. Madrid, España.
- MENDOZA, A. 1993. Conceptos Básicos de Manejo Forestal. Uteha, Noriega editores, México. 161 p.
- MOLL, W. 1978. Método para la clasificación de sitios. En: Curso Corto de Postgrado sobre Reconocimiento de Suelos y Diagnóstico de la Fertilidad en Sitios Forestales, Valdivia, Chile.
- MORALES, R.; WEINTRAUB, A.; PETERS, R. Y GARCÍA, J. 1979. Modelos de simulación y manejo para plantaciones forestales. FO:DP/CHI/76/003. Documento de Trabajo N° 30. Santiago de Chile.
- NAUTIYAL, C. y PEARSE, H. 1967. Optimizing the conversion to sustained yield – A programming solution. Forest Science 13(2): 131-139.

- PAREDES, G. y J. D. BRODIE. 1988. Activity analysis in forest planning. *Forest Science* 34: 3-18.
- PINTO, P. 1995. Evaluación de diferentes modelos de optimización para la planificación de faenas silvícolas. Memoria de Ingeniero Forestal. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Forestales. 58 p.
- PRODAN, M. 1997. Mensura Forestal. Serie investigación y educación en desarrollo sostenible. Proyecto IICA/GTZ sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible. San José, Costa Rica. 586 p.
- WEINTRAUB, A. 2005. Harvest scheduling subject to maximum area restrictions: exploring exact approaches, *Operations Research*, vol. 53 (3):490-500.

6. APÉNDICES

Apéndice I. Zona de estudio y rodales involucrados.



Apéndice II. Información digital lograda.

-Coberturas utilizadas en formato shape para software ARCVIEW 3.2, de coordenadas geográficas pertenecientes al Provisorio Sudamericano 1956, UTM zona 18 Sur.

-Resultados cartográficos.

-Bases de datos obtenidas.

Apéndice III. Volúmenes por hectáreas según clases de edad y sitio.

| CLASE DE EDAD (año) | VOL SITIO A SIN MANEJO (m3/ha) | VOL SITIO B INT 1 (m3/ha) | VOL SITIO C INT 2 (m3/ha) | VOL SITIO D MULT (m3/ha) | VOL SITIO E PULP (m3/ha) |
|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 10 | 85 | 74 | 91 | 63 | 55 |
| 11 | 114 | 103 | 82 | 84 | 75 |
| 12 | 145 | 132 | 110 | 74 | 97 |
| 13 | 178 | 165 | 138 | 95 | 120 |
| 14 | 212 | 200 | 169 | 119 | 144 |
| 15 | 247 | 235 | 201 | 144 | 169 |
| 16 | 283 | 270 | 233 | 169 | 195 |
| 17 | 319 | 305 | 267 | 194 | 220 |
| 18 | 354 | 339 | 300 | 220 | 246 |
| 19 | 388 | 372 | 333 | 245 | 272 |
| 20 | 421 | 404 | 364 | 269 | 298 |
| 21 | 453 | 434 | 394 | 292 | 323 |
| 22 | 483 | 463 | 424 | 314 | 348 |
| 23 | 512 | 490 | 452 | 336 | 371 |
| 24 | 539 | 516 | 478 | 356 | 395 |
| 25 | 564 | 540 | 504 | 375 | 417 |
| 26 | 586 | 562 | 532 | 394 | 439 |
| 27 | 607 | 583 | 554 | 411 | 459 |
| 28 | 626 | 603 | 576 | 427 | 479 |
| 29 | 644 | 621 | 596 | 443 | 498 |
| 30 | 662 | 638 | 615 | 457 | 517 |
| 31 | 676 | 653 | 632 | 473 | 533 |
| 32 | 690 | 668 | 649 | 487 | 549 |
| 33 | 702 | 681 | 664 | 501 | 565 |
| 34 | 714 | 693 | 677 | 513 | 579 |
| 35 | 724 | 704 | 690 | 526 | 593 |
| 36 | 733 | 714 | 702 | 537 | 605 |
| 37 | 742 | 723 | 713 | 548 | 617 |
| 38 | 750 | 731 | 723 | 558 | 629 |
| 39 | 756 | 739 | 732 | 567 | 639 |
| 40 | 763 | 746 | 740 | 576 | 649 |
| 41 | 768 | 752 | 748 | 585 | 658 |
| 42 | 774 | 758 | 755 | 593 | 667 |
| 43 | 778 | 763 | 761 | 601 | 675 |
| 44 | 782 | 768 | 767 | 608 | 683 |
| 45 | 786 | 772 | 772 | 614 | 690 |
| 46 | 789 | 776 | 777 | 621 | 696 |
| 47 | 792 | 779 | 781 | 626 | 703 |
| 48 | 795 | 783 | 785 | 632 | 708 |
| 49 | 798 | 786 | 789 | 637 | 714 |
| 50 | 800 | 788 | 792 | 642 | 719 |
| 51 | 802 | 791 | 795 | 646 | 723 |

Continuación apéndice III

| CLASE DE EDAD (año) | VOL SITIO A SIN MANEJO (m3/ha) | VOL SITIO B INT 1 (m3/ha) | VOL SITIO C INT 2 (m3/ha) | VOL SITIO D MULT (m3/ha) | VOL SITIO E PULP (m3/ha) |
|---------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 52 | 804 | 793 | 798 | 651 | 727 |
| 53 | 805 | 795 | 800 | 655 | 731 |
| 54 | 807 | 796 | 803 | 658 | 735 |
| 55 | 808 | 798 | 805 | 662 | 738 |
| 56 | 809 | 800 | 807 | 665 | 742 |
| 57 | 810 | 801 | 808 | 668 | 745 |
| 58 | 811 | 802 | 810 | 671 | 747 |
| 59 | 812 | 803 | 811 | 674 | 750 |
| 60 | 813 | 804 | 812 | 676 | 752 |

Nota: Los volúmenes para las clases de edad superiores a 30 años fueron obtenidas mediante extrapolación de la información entregada por las tablas de producción del simulador INSIGNE 1.2 utilizando el modelo de Chapman – Richards como función de crecimiento para cada sitio.

Apéndice IV. Precios por hectáreas según clase de edad y sitio.

| CLASE DE EDAD (año) | PRECIO SITIO A SIN MANEJO (\$/ha) | PRECIO SITIO B INT 1 (\$/ha) | PRECIO SITIO C INT 2 (\$/ha) | PRECIO SITIO D MULT (\$/ha) | PRECIO SITIO E PULP (\$/ha) |
|---------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 10 | 894.263 | 1.502.548 | 1.426.771 | 880.692 | 613.799 |
| 11 | 1.325.764 | 2.120.938 | 1.376.180 | 1.287.065 | 941.545 |
| 12 | 1.832.790 | 3.066.548 | 1.984.603 | 1.201.508 | 1.333.832 |
| 13 | 2.421.562 | 3.968.512 | 2.912.720 | 1.650.030 | 1.776.274 |
| 14 | 3.079.083 | 4.872.681 | 3.742.326 | 2.180.908 | 2.265.479 |
| 15 | 3.790.710 | 5.888.965 | 4.498.865 | 2.932.275 | 2.788.305 |
| 16 | 4.507.890 | 7.007.555 | 5.520.980 | 3.613.210 | 3.329.010 |
| 17 | 5.412.840 | 7.978.850 | 6.336.980 | 4.324.275 | 3.960.075 |
| 18 | 6.434.940 | 9.074.850 | 7.278.160 | 4.906.865 | 4.569.960 |
| 19 | 7.091.415 | 10.141.670 | 8.199.570 | 5.512.980 | 5.023.140 |
| 20 | 7.910.250 | 11.032.965 | 9.096.980 | 6.338.865 | 5.695.140 |
| 21 | 8.681.070 | 11.846.145 | 10.015.570 | 7.004.275 | 6.252.795 |
| 22 | 9.381.300 | 12.700.735 | 10.734.160 | 7.562.390 | 6.732.795 |
| 23 | 10.177.530 | 13.441.440 | 11.426.865 | 8.074.865 | 7.245.270 |
| 24 | 10.793.070 | 14.333.670 | 12.292.275 | 8.532.750 | 7.905.975 |
| 25 | 11.395.890 | 14.962.375 | 12.962.390 | 9.042.865 | 8.422.680 |
| 26 | 12.026.940 | 15.632.965 | 13.663.570 | 9.567.095 | 8.928.090 |
| 27 | 12.595.875 | 16.122.850 | 14.199.570 | 10.117.685 | 9.358.680 |
| 28 | 13.101.285 | 16.601.440 | 14.768.980 | 10.537.455 | 9.818.925 |
| 29 | 13.541.760 | 17.016.030 | 15.246.160 | 10.835.340 | 10.185.990 |
| 30 | 13.997.760 | 17.516.735 | 15.738.865 | 11.250.865 | 10.809.975 |
| 31 | 14.309.831 | 18.114.448 | 16.135.825 | 11.576.671 | 10.961.182 |
| 32 | 14.629.032 | 18.507.905 | 16.545.299 | 11.923.150 | 11.301.065 |
| 33 | 14.914.084 | 18.868.392 | 16.923.083 | 12.251.109 | 11.620.288 |
| 34 | 15.168.123 | 19.198.248 | 17.271.103 | 12.561.288 | 11.919.806 |
| 35 | 15.394.129 | 19.499.724 | 17.591.260 | 12.854.425 | 12.200.588 |
| 36 | 15.594.890 | 19.774.974 | 17.885.414 | 13.131.253 | 12.463.595 |
| 37 | 15.772.985 | 20.026.041 | 18.155.368 | 13.392.498 | 12.709.773 |
| 38 | 15.930.785 | 20.254.851 | 18.402.852 | 13.638.869 | 12.940.047 |
| 39 | 16.070.446 | 20.463.216 | 18.629.519 | 13.871.062 | 13.155.311 |
| 40 | 16.193.926 | 20.652.826 | 18.836.937 | 14.089.759 | 13.356.427 |
| 41 | 16.302.991 | 20.825.257 | 19.026.590 | 14.295.620 | 13.544.225 |
| 42 | 16.399.229 | 20.981.975 | 19.199.872 | 14.489.288 | 13.719.497 |
| 43 | 16.484.066 | 21.124.335 | 19.358.090 | 14.671.387 | 13.882.999 |
| 44 | 16.558.776 | 21.253.589 | 19.502.466 | 14.842.519 | 14.035.454 |
| 45 | 16.624.497 | 21.370.891 | 19.634.137 | 15.003.264 | 14.177.546 |
| 46 | 16.682.245 | 21.477.305 | 19.754.160 | 15.154.182 | 14.309.926 |
| 47 | 16.732.925 | 21.573.804 | 19.863.516 | 15.295.811 | 14.433.209 |
| 48 | 16.777.341 | 21.661.284 | 19.963.109 | 15.428.665 | 14.547.980 |
| 49 | 16.816.211 | 21.740.564 | 20.053.777 | 15.553.240 | 14.654.787 |
| 50 | 16.850.170 | 21.812.392 | 20.136.290 | 15.670.007 | 14.754.151 |

Continuación apéndice IV

| CLASE DE EDAD (año) | PRECIO SITIO A SIN MANEJO (\$/ha) | PRECIO SITIO B INT 1 (\$/ha) | PRECIO SITIO C INT 2 (\$/ha) | PRECIO SITIO D MULT (\$/ha) | PRECIO SITIO E PULP (\$/ha) |
|---------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 51 | 16.879.783 | 21.877.453 | 20.211.357 | 15.779.416 | 14.846.562 |
| 52 | 16.905.554 | 21.936.370 | 20.279.632 | 15.881.897 | 14.932.481 |
| 53 | 16.927.927 | 21.989.712 | 20.341.711 | 15.977.857 | 15.012.341 |
| 54 | 16.947.298 | 22.037.999 | 20.398.143 | 16.067.685 | 15.086.551 |
| 55 | 16.964.019 | 22.081.701 | 20.449.432 | 16.151.749 | 15.155.492 |
| 56 | 16.978.401 | 22.121.248 | 20.496.035 | 16.230.399 | 15.219.523 |
| 57 | 16.990.720 | 22.157.030 | 20.538.374 | 16.303.965 | 15.278.981 |
| 58 | 17.001.222 | 22.189.401 | 20.576.833 | 16.372.759 | 15.334.181 |
| 59 | 17.010.124 | 22.218.683 | 20.611.761 | 16.437.077 | 15.385.417 |
| 60 | 17.017.619 | 22.245.167 | 20.643.478 | 16.497.199 | 15.432.966 |

Apéndice V. Plan de intervenciones sitio “A”, modelo 1.

Secuencias de cosechas

| AÑOS DE ROTACION | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|----------------|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | X128A | 510,3 | 510,3 | 626 | 319472,0 | 319472,0 |
| 2 | X227A | 41,3 | 508,2 | 607 | 25070,1 | 319472,0 |
| | X228A | 370,1 | | 626 | 231682,6 | |
| | X229A | 74,3 | | 644 | 47824,3 | |
| | X230A | 22,5 | | 662 | 14895,0 | |
| 3 | X327A | 281,2 | 518,9 | 607 | 170672,8 | 319472,0 |
| | X328A | 237,7 | | 626 | 148799,2 | |
| 4 | X427A | 159,7 | 515,2 | 607 | 96912,9 | 319472,0 |
| | X428A | 355,5 | | 626 | 222559,1 | |
| 5 | X528A | 510,3 | 510,3 | 626 | 319472,0 | 319472,0 |
| 6 | X628A | 510,3 | 510,3 | 626 | 319472,0 | 319472,0 |
| 7 | X729A | 121,3 | 485,9 | 644 | 78105,1 | 319472,0 |
| | X730A | 364,6 | | 662 | 241366,9 | |
| 8 | X830A | 482,6 | 482,6 | 662 | 319472,0 | 319472,0 |
| 9 | X930A | 482,6 | 482,6 | 662 | 319472,0 | 319472,0 |
| 10 | X1031A | 58,7 | 464,2 | 676 | 39681,0 | 319472,0 |
| | X1032A | 405,5 | | 690 | 279791,0 | |
| 11 | X1132A | 463,0 | 463,0 | 690 | 319472,0 | 319472,0 |
| 12 | X1232A | 400,2 | 461,9 | 690 | 276150,7 | 319472,0 |
| | X1233A | 61,7 | | 702 | 43321,3 | |
| 13 | X1332A | 463,0 | 463,0 | 690 | 319472,0 | 319472,0 |
| 14 | X1432A | 327,3 | 460,7 | 690 | 225840,1 | 319472,0 |
| | X1433A | 133,4 | | 702 | 93631,9 | |
| 15 | X1532A | 412,9 | 462,1 | 690 | 284866,5 | 319472,0 |
| | X1533A | 49,3 | | 702 | 34605,5 | |
| 16 | X1631A | 208,6 | 467,2 | 676 | 141003,5 | 319472,0 |
| | X1632A | 258,7 | | 690 | 178468,5 | |
| 17 | X1736A | 38,9 | 545,3 | 733 | 28527,2 | 319472,0 |
| | X1737A | 321,7 | | 742 | 238687,8 | |
| | X1716A | 184,7 | | 283 | 52257,1 | |
| 18 | X1834A | 62,0 | 545,6 | 714 | 44232,3 | 319472,0 |
| | X1835A | 298,7 | | 724 | 216222,6 | |
| | X1817A | 185,0 | | 319 | 59017,1 | |
| 19 | X1934A | 360,6 | 539,5 | 714 | 257468,4 | 319472,0 |
| | X1917A | 38,3 | | 319 | 12203,5 | |
| | X1918A | 140,7 | | 354 | 49800,1 | |
| 20 | X2033A | 74,1 | 536,8 | 702 | 52007,7 | 319472,0 |
| | X2034A | 235,0 | | 714 | 167790,0 | |
| | X2035A | 51,5 | | 724 | 37296,8 | |
| | X2018A | 176,2 | | 354 | 62377,5 | |

Continuación apéndice V

Secuencia de cosechas

| AÑOS DE ROTACION | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|----------------|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 21 | X2130A | 8,5 | 708,4 | 662 | 5627,0 | 319472,0 |
| | X2131A | 6,7 | | 676 | 4529,2 | |
| | X2133A | 52,4 | | 702 | 36784,8 | |
| | X2134A | 99,2 | | 714 | 70839,5 | |
| | X2118A | 247,8 | | 354 | 87735,9 | |
| | X2119A | 293,7 | | 388 | 113955,6 | |
| 22 | X2217A | 100,1 | 886,3 | 319 | 31936,6 | 319472,0 |
| | X2218A | 515,2 | | 354 | 182375,3 | |
| | X2219A | 271,0 | | 388 | 105160,1 | |
| 23 | X2316A | 40,5 | 961,0 | 283 | 11454,7 | 319472,0 |
| | X2317A | 510,3 | | 319 | 162798,0 | |
| | X2318A | 410,2 | | 354 | 145219,3 | |
| 24 | X2415A | 165,2 | 1093,2 | 247 | 40815,1 | 319472,0 |
| | X2416A | 482,6 | | 283 | 136571,9 | |
| | X2417A | 445,4 | | 319 | 142085,1 | |
| 25 | X2513A | 94,7 | 1339,2 | 178 | 16851,4 | 319472,0 |
| | X2514A | 463,0 | | 212 | 98156,6 | |
| | X2515A | 464,2 | | 247 | 114655,9 | |
| | X2516A | 317,3 | | 283 | 89808,0 | |
| 26 | X2610A | 467,2 | 2220,3 | 85 | 39715,0 | 319472,0 |
| | X2611A | 462,1 | | 114 | 52684,6 | |
| | X2612A | 460,7 | | 145 | 66799,1 | |
| | X2613A | 463,0 | | 178 | 82414,5 | |
| | X2614A | 367,3 | | 212 | 77858,8 | |

Apéndice VI. Plan de intervenciones sitio “B”, modelo 2.

Secuencias de cosechas

| AÑOS DE ROTACION | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|----------------|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | X118B | 592,5 | 908,0 | 339 | 200846,0 | 319775,0 |
| | X119B | 273,5 | | 372 | 101742,0 | |
| | X120B | 34,7 | | 404 | 14018,8 | |
| | X121B | 7,3 | | 434 | 3168,2 | |
| 2 | X218B | 1108,5 | 1124,0 | 339 | 375775,7 | 381554,3 |
| | X219B | 15,5 | | 372 | 5778,6 | |
| 3 | X318B | 1093,0 | 1122,6 | 339 | 370536,8 | 381554,4 |
| | X319B | 29,6 | | 372 | 11017,6 | |
| 4 | X418B | 6,3 | 1026,2 | 339 | 2124,8 | 381554,4 |
| | X419B | 1020,0 | | 372 | 379429,6 | |
| 5 | X519B | 1025,7 | 1025,7 | 372 | 381554,4 | 381554,4 |
| 6 | X619B | 67,3 | 949,8 | 372 | 25045,0 | 381554,2 |
| | X620B | 882,4 | | 404 | 356509,3 | |
| 7 | X720B | 944,4 | 944,4 | 404 | 381554,2 | 381554,2 |
| 8 | X820B | 944,4 | 944,4 | 404 | 381554,2 | 381554,2 |
| 9 | X921B | 222,1 | 838,0 | 434 | 96376,9 | 381554,3 |
| | X922B | 615,9 | | 463 | 285177,3 | |
| 10 | X1022B | 824,1 | 824,1 | 463 | 381554,3 | 381554,3 |
| 11 | X1122B | 714,3 | 714,3 | 463 | 330708,1 | 330708,1 |
| 12 | X1223B | 385,0 | 636,9 | 490 | 188628,4 | 318609,3 |
| | X1224B | 251,9 | | 516 | 129980,9 | |
| 13 | X1324B | 617,6 | 617,6 | 516 | 318686,1 | 318686,1 |
| 14 | X1424B | 466,8 | 620,9 | 516 | 240890,9 | 324084,9 |
| | X1425B | 154,1 | | 540 | 83194,0 | |
| 15 | X1524B | 628,1 | 628,1 | 516 | 324116,0 | 324116,0 |
| 16 | X1625B | 125,7 | 639,4 | 540 | 67901,1 | 328366,9 |
| | X1626B | 427,4 | | 562 | 240174,7 | |
| | X1615B | 86,3 | | 235,0 | 20291,0 | |
| 17 | X1726B | 349,3 | 839,5 | 562,0 | 196320,9 | 328665,5 |
| | X1716B | 490,2 | | 270,0 | 132344,6 | |
| 18 | X1816B | 842,9 | 1174,3 | 270,0 | 227571,4 | 328665,5 |
| | X1817B | 331,5 | | 305,0 | 101094,1 | |
| 19 | X1916B | 921,8 | 1202,9 | 270 | 248872,6 | 334626,2 |
| | X1917B | 281,2 | | 305 | 85753,6 | |
| 20 | X2016B | 1015,3 | 1216,2 | 270 | 274132,1 | 335405,2 |
| | X2017B | 200,9 | | 305 | 61273,1 | |
| 21 | X2115B | 260,8 | 1297,4 | 235 | 61285,1 | 341555,1 |
| | X2116B | 1025,7 | | 270 | 276934,7 | |
| | X2117B | 10,9 | | 305 | 3335,4 | |

Continuación apéndice VI

Secuencia de cosechas

| AÑOS DE ROTACION | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|----------------|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 22 | X2215B | 680,3 | 1369,3 | 235 | 159864,0 | 345890,2 |
| | X2216B | 689,0 | | 270 | 186026,3 | |
| 23 | X2314B | 268,5 | 1477,1 | 200 | 53698,8 | 346968,2 |
| | X2315B | 944,4 | | 235 | 221943,7 | |
| | X2316B | 264,2 | | 270 | 71325,6 | |
| 24 | X2413B | 291,7 | 1685,3 | 165 | 48131,3 | 346783,5 |
| | X2414B | 824,1 | | 200 | 164818,3 | |
| | X2415B | 569,5 | | 235 | 133833,9 | |
| 25 | X2510B | 628,1 | 2926,1 | 74 | 46481,7 | 381554,2 |
| | X2511B | 620,9 | | 103 | 63953,3 | |
| | X2512B | 617,6 | | 132 | 81524,3 | |
| | X2513B | 636,9 | | 165 | 105081,4 | |
| | X2514B | 422,6 | | 200 | 84513,5 | |

Secuencia de raleos

| AÑOS DE ROTACION | VARIABLE (VAR) | RALEO (Hás) | RALEO ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|----------------|-------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | R110B | 1103,2 | 1103,2 | 56,0 | 61779,2 | 61779,2 |
| 11 | R1110B | 908,0 | 908,0 | 56,0 | 50846,1 | 50846,1 |
| 12 | R1210B | 1124,0 | 1124,0 | 56,0 | 62945,0 | 62945,0 |
| 13 | R1310B | 1122,6 | 1122,6 | 56,0 | 62868,2 | 62868,2 |
| 14 | R1410B | 1026,2 | 1026,2 | 56,0 | 57469,4 | 57469,4 |
| 15 | R1510B | 1025,7 | 1025,7 | 56,0 | 57438,3 | 57438,3 |
| 16 | R1610B | 949,8 | 949,8 | 56,0 | 53187,3 | 53187,3 |
| 17 | R1710B | 944,4 | 944,4 | 56,0 | 52888,7 | 52888,7 |
| 18 | R1810B | 944,4 | 944,4 | 56,0 | 52888,7 | 52888,7 |
| 19 | R1910B | 838,0 | 838,0 | 56,0 | 46928,0 | 46928,0 |
| 20 | R2010B | 824,1 | 824,1 | 56,0 | 46149,1 | 46149,1 |
| 21 | R2110B | 714,3 | 714,3 | 56,0 | 39999,3 | 39999,3 |
| 22 | R2210B | 636,9 | 636,9 | 56,0 | 35664,0 | 35664,0 |
| 23 | R2310B | 617,6 | 617,6 | 56,0 | 34586,1 | 34586,1 |
| 24 | R2410B | 620,9 | 620,9 | 56,0 | 34770,7 | 34770,7 |

Apéndice VII. Plan de intervenciones sitio “C”, modelo 3.

Secuencias de cosechas

| AÑOS DE ROTACION | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|----------------|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | X124C | 206,5 | 758,2 | 478 | 98696,6 | 406098,4 |
| | X126C | 227,2 | | 532 | 120870,4 | |
| | X127C | 17,3 | | 554 | 9584,2 | |
| | X128C | 307,2 | | 576 | 176947,2 | |
| 2 | X221C | 222,7 | 871,2 | 394 | 87751,0 | 406098,4 |
| | X224C | 465,6 | | 478 | 222556,8 | |
| | X225C | 54,4 | | 504 | 27428,6 | |
| | X226C | 128,5 | | 532 | 68362,0 | |
| 3 | X321C | 220,1 | 904,0 | 394 | 86736,5 | 406098,4 |
| | X322C | 139,7 | | 424 | 59234,2 | |
| | X324C | 544,2 | | 478 | 260127,6 | |
| 4 | X421C | 74,2 | 886,3 | 394 | 29236,8 | 406098,4 |
| | X422C | 209,5 | | 424 | 88818,8 | |
| | X424C | 602,6 | | 478 | 288042,8 | |
| 5 | X524C | 849,6 | 849,6 | 478 | 406098,4 | 406098,4 |
| 6 | X624C | 849,6 | 849,6 | 478 | 406098,4 | 406098,4 |
| 7 | X724C | 849,6 | 849,6 | 478 | 406098,4 | 406098,4 |
| 8 | X824C | 446,6 | 828,8 | 478 | 213482,8 | 406098,4 |
| | X825C | 382,2 | | 504 | 192615,6 | |
| 9 | X926C | 763,3 | 763,3 | 532 | 406098,4 | 406098,4 |
| 10 | X1026C | 763,3 | 763,3 | 532 | 406098,4 | 406098,4 |
| 11 | X1126C | 598,8 | 756,8 | 532 | 318569,4 | 406098,4 |
| | X1127C | 158,0 | | 554 | 87529,1 | |
| 12 | X1228C | 657,6 | 657,6 | 576 | 378804,0 | 378804,0 |
| 13 | X1328C | 650,6 | 650,6 | 576 | 374733,7 | 374733,7 |
| 14 | X1429C | 626,8 | 626,8 | 596 | 373552,7 | 373552,7 |
| 15 | X1529C | 215,8 | 615,1 | 596 | 128598,3 | 374192,2 |
| | X1530C | 399,3 | | 615 | 245593,9 | |
| 16 | X1630C | 610,6 | 610,6 | 615 | 375513,6 | 375513,6 |
| 17 | X1730C | 485,7 | 607,2 | 615 | 298705,5 | 375561,0 |
| | X1731C | 121,5 | | 632 | 76855,5 | |
| 18 | X1830C | 272,8 | 592,9 | 615 | 167763,4 | 375394,4 |
| | X1832C | 320,1 | | 649 | 207631,0 | |
| 19 | X1932C | 510,9 | 659,9 | 649 | 331383,9 | 376071,8 |
| | X1918C | 149,0 | | 300 | 44687,9 | |
| 20 | X2029C | 61,5 | 817,8 | 596 | 36654,0 | 378549,1 |
| | X2030C | 55,4 | | 615 | 34071,0 | |
| | X2031C | 25,3 | | 632 | 15999,5 | |
| | X2032C | 211,8 | | 649 | 137388,4 | |
| | X2019C | 463,8 | | 333 | 154436,2 | |

Continuación apéndice VII

Secuencia de cosechas

| AÑOS DE ROTACION | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|----------------|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 21 | X2118C | 118,5 | 1135,2 | 300 | 35552,6 | 378618,1 |
| | X2119C | 871,2 | | 333 | 290123,0 | |
| | X2120C | 145,4 | | 364 | 52942,5 | |
| 22 | X2218C | 390,9 | 1176,4 | 300 | 117269,0 | 378853,3 |
| | X2219C | 785,5 | | 333 | 261584,3 | |
| 23 | X2318C | 724,9 | 1220,3 | 300 | 217459,4 | 382423,2 |
| | X2319C | 495,4 | | 333 | 164963,8 | |
| 24 | X2417C | 323,1 | 1297,4 | 267 | 86274,4 | 382677,5 |
| | X2418C | 849,6 | | 300 | 254873,5 | |
| | X2419C | 124,7 | | 333 | 41529,6 | |
| 25 | X2516C | 18,5 | 1373,7 | 233 | 4311,8 | 383534,8 |
| | X2517C | 828,8 | | 267 | 221287,1 | |
| | X2518C | 526,5 | | 300 | 157935,9 | |
| 26 | X2615C | 35,9 | 1544,1 | 201 | 7224,1 | 383954,5 |
| | X2616C | 763,3 | | 233 | 177858,9 | |
| | X2617C | 744,8 | | 267 | 198871,5 | |
| 27 | X2710C | 607,2 | 2232,2 | 91 | 55258,1 | 384117,1 |
| | X2714C | 650,6 | | 169 | 109947,9 | |
| | X2715C | 253,5 | | 201 | 50948,7 | |
| | X2716C | 720,9 | | 233 | 167962,4 | |
| 28 | X2810C | 592,9 | 2849,5 | 91 | 53953,4 | 406098,4 |
| | X2812C | 610,6 | | 110 | 67165,0 | |
| | X2813C | 615,1 | | 138 | 84885,0 | |
| | X2814C | 626,8 | | 169 | 105923,5 | |
| | X2816C | 404,2 | | 233 | 94171,5 | |

Secuencia de raleos

| AÑOS DE ROTACION | VARIABLE (VAR) | RALEO (Hás) | RALEO ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|----------------|-------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 12 | R1211C | 758,2 | 758,2 | 36 | 27294,4 | 27294,4 |
| 13 | R1311C | 871,2 | 871,2 | 36 | 31364,6 | 31364,6 |
| 14 | R1411C | 904,0 | 904,0 | 36 | 32545,7 | 32545,7 |
| 15 | R1511C | 886,3 | 886,3 | 36 | 31906,2 | 31906,2 |
| 16 | R1611C | 849,6 | 849,6 | 36 | 30584,8 | 30584,8 |
| 17 | R1711C | 849,6 | 849,6 | 36 | 30584,8 | 30584,8 |
| 18 | R1811C | 849,6 | 849,6 | 36 | 30584,8 | 30584,8 |
| 19 | R1911C | 828,8 | 828,8 | 36 | 29836,5 | 29836,5 |
| 20 | R2011C | 763,3 | 763,3 | 36 | 27480,3 | 27480,3 |
| 21 | R2111C | 763,3 | 763,3 | 36 | 27480,3 | 27480,3 |
| 22 | R2211C | 756,8 | 756,8 | 36 | 27245,1 | 27245,1 |

Continuación apéndice VII

Secuencia de raleos

| AÑOS DE ROTACION | VARIABLE (VAR) | RALEO (Hás) | RALEO ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|----------------|-------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 23 | R2311C | 657,6 | 657,6 | 36 | 23675,2 | 23675,2 |
| 24 | R2411C | 650,6 | 650,6 | 36 | 23420,9 | 23420,9 |
| 25 | R2511C | 626,8 | 626,8 | 36 | 22563,6 | 22563,6 |
| 26 | R2611C | 615,1 | 615,1 | 36 | 22143,9 | 22143,9 |
| 27 | R2711C | 610,6 | 610,6 | 36 | 21981,3 | 21981,3 |

Apéndice VIII. Plan de intervenciones sitio “D”, modelo 4.

Secuencia de cosechas

| AÑOS DE ROTACION | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|----------------|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | X128D | 157,4 | 157,4 | 427 | 67217,1 | 67217,1 |
| 2 | X230D | 147,1 | 147,1 | 457 | 67217,2 | 67217,2 |
| 3 | X328D | 145,7 | 156,6 | 427 | 62198,0 | 67217,1 |
| | X330D | 11,0 | | 457 | 5019,1 | |
| 4 | X430D | 147,1 | 147,1 | 457 | 67217,2 | 67217,2 |
| 5 | X530D | 147,1 | 147,1 | 457 | 67217,2 | 67217,2 |
| 6 | X630D | 128,4 | 145,0 | 457 | 58692,9 | 67217,1 |
| | X634D | 16,6 | | 513 | 8524,3 | |
| 7 | X732D | 84,9 | 136,5 | 487 | 41357,3 | 67217,2 |
| | X733D | 51,6 | | 501 | 25859,9 | |
| 8 | X833D | 134,2 | 134,2 | 501 | 67217,2 | 67217,2 |
| 9 | X933D | 120,9 | 133,9 | 501 | 60566,0 | 67217,2 |
| | X934D | 13,0 | | 513 | 6651,1 | |
| 10 | X1034D | 131,0 | 131,0 | 513 | 67217,2 | 67217,2 |
| 11 | X1134D | 42,4 | 128,8 | 513 | 21743,8 | 67217,2 |
| | X1135D | 86,5 | | 526 | 45473,4 | |
| 12 | X1235D | 127,8 | 127,8 | 526 | 67217,2 | 67217,2 |
| 13 | X1336D | 115,5 | 115,5 | 537 | 62009,9 | 62009,9 |
| 14 | X1437D | 113,8 | 113,8 | 548 | 62323,8 | 62323,8 |
| 15 | X1538D | 111,2 | 111,2 | 558 | 62027,4 | 62027,4 |
| 16 | X1639D | 110,0 | 110,0 | 567 | 62408,3 | 62408,3 |
| 17 | X1739D | 44,9 | 109,0 | 567 | 25494,5 | 62381,7 |
| | X1740D | 64,0 | | 576 | 36887,2 | |
| 18 | X1838D | 1,7 | 108,5 | 558 | 972,2 | 62478,2 |
| | X1839D | 4,5 | | 567 | 2553,3 | |
| | X1840D | 102,3 | | 576 | 58952,7 | |
| 19 | X1932D | 16,0 | 118,6 | 487 | 7799,1 | 62712,8 |
| | X1933D | 15,1 | | 501 | 7562,3 | |
| | X1934D | 19,2 | | 513 | 9859,1 | |
| | X1935D | 10,2 | | 526 | 5360,2 | |
| | X1936D | 10,1 | | 537 | 5422,6 | |
| | X1937D | 10,4 | | 548 | 5695,6 | |
| | X1938D | 30,9 | | 558 | 17236,5 | |
| 20 | X1939D | 6,7 | 121,5 | 567 | 3777,3 | 62789,7 |
| | X2042D | 94,9 | | 593 | 56275,7 | |
| 21 | X2019D | 26,6 | 158,5 | 245 | 6514,0 | 62799,9 |
| | X2130D | 44,5 | | 457 | 20336,3 | |
| | X2133D | 41,7 | | 501 | 20891,7 | |
| | X2134D | 8,7 | | 513 | 4463,4 | |
| | X2120D | 63,6 | | 269 | 17108,6 | |

Continuación apéndice VIII

Secuencia de cosechas

| AÑOS DE ROTACION | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|----------------|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 22 | X2231D | 83,9 | 164,4 | 473 | 39684,9 | 62893,2 |
| | X2220D | 13,3 | | 269 | 3577,5 | |
| | X2221D | 67,2 | | 292 | 19630,8 | |
| 23 | X2320D | 88,8 | 222,6 | 269 | 23900,5 | 62965,5 |
| | X2321D | 133,8 | | 292 | 39065,0 | |
| 24 | X2419D | 14,8 | 229,7 | 245 | 3638,2 | 63000,1 |
| | X2420D | 147,1 | | 269 | 39565,5 | |
| | X2421D | 67,8 | | 292 | 19796,5 | |
| 25 | X2519D | 113,6 | 245,8 | 245 | 27834,9 | 63405,7 |
| | X2520D | 132,2 | | 269 | 35570,9 | |
| 26 | X2618D | 98,0 | 265,9 | 220 | 21553,4 | 63461,7 |
| | X2619D | 136,5 | | 245 | 33452,1 | |
| | X2620D | 31,4 | | 269 | 8456,2 | |
| 27 | X2717D | 130,1 | 300,1 | 194 | 25231,5 | 63547,7 |
| | X2718D | 133,9 | | 220 | 29448,2 | |
| | X2719D | 36,2 | | 245 | 8868,0 | |
| 28 | X2811D | 109,0 | 419,6 | 84 | 9153,6 | 63587,5 |
| | X2815D | 53,0 | | 144 | 7630,1 | |
| | X2816D | 127,8 | | 169 | 21596,4 | |
| | X2817D | 128,8 | | 194 | 24994,3 | |
| | X2818D | 1,0 | | 220 | 213,1 | |
| 29 | X2910D | 118,6 | 624,6 | 63 | 7469,1 | 67217,2 |
| | X2911D | 108,5 | | 84 | 9114,9 | |
| | X2913D | 110,0 | | 95 | 10448,9 | |
| | X2914D | 111,2 | | 119 | 13232,4 | |
| | X2915D | 113,8 | | 144 | 16387,5 | |
| | X2916D | 62,5 | | 169 | 10564,4 | |

Secuencia de raleos

| AÑOS DE ROTACION | VARIABLE (VAR) | RALEO (Hás) | RALEO ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|----------------|-------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 13 | R1312D | 157,4 | 157,4 | 33 | 5194,7676 | 5194,8 |
| 14 | R1412D | 147,1 | 147,1 | 33 | 4853,7555 | 4853,8 |
| 15 | R1512D | 156,6 | 156,6 | 33 | 5169,3048 | 5169,3 |
| 16 | R1612D | 147,1 | 147,1 | 33 | 4853,7555 | 4853,8 |
| 17 | R1712D | 147,1 | 147,1 | 33 | 4853,7555 | 4853,8 |
| 18 | R1812D | 145,0 | 145,0 | 33 | 4786,5609 | 4786,6 |
| 19 | R1912D | 136,5 | 136,5 | 33 | 4505,7903 | 4505,8 |
| 20 | R2012D | 134,2 | 134,2 | 33 | 4427,478 | 4427,5 |
| 21 | R2112D | 133,9 | 133,9 | 33 | 4417,2282 | 4417,2 |

Continuación apéndice VIII

Secuencia de raleos

| AÑOS DE ROTACION | VARIABLE (VAR) | RALEO (Hás) | RALEO ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|----------------|-------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 22 | R2212D | 131,0 | 131,0 | 33 | 4323,9108 | 4323,9 |
| 23 | R2312D | 128,8 | 128,8 | 33 | 4251,6144 | 4251,6 |
| 24 | R2412D | 127,8 | 127,8 | 33 | 4217,0469 | 4217,0 |
| 25 | R2512D | 115,5 | 115,5 | 33 | 3811,4307 | 3811,4 |
| 26 | R2612D | 113,8 | 113,8 | 33 | 3755,4594 | 3755,5 |
| 27 | R2712D | 111,2 | 111,2 | 33 | 3669,4977 | 3669,5 |
| 28 | R2812D | 110,0 | 110,0 | 33 | 3629,6172 | 3629,6 |

Apéndice IX. Plan de intervenciones sitio “E”, modelo 5.

Secuencia de cosechas

| AÑOS DE ROTACION | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|----------------|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | X128E | 196,7 | 196,7 | 479 | 94207,0 | 94207,0 |
| 2 | X225E | 36,4 | 207,9 | 417 | 15192,1 | 94207,0 |
| | X226E | 67,7 | | 439 | 29720,3 | |
| | X227E | 51,3 | | 459 | 23546,7 | |
| | X228E | 36,7 | | 479 | 17579,3 | |
| | X230E | 15,8 | | 517 | 8168,6 | |
| 3 | X325E | 109,9 | 205,0 | 417 | 45821,1 | 94207,0 |
| | X326E | 10,0 | | 439 | 4376,0 | |
| | X330E | 85,1 | | 517 | 44010,0 | |
| 4 | X424E | 80,8 | 225,6 | 395 | 31914,9 | 94207,0 |
| | X425E | 58,3 | | 417 | 24311,1 | |
| | X426E | 86,5 | | 439 | 37981,1 | |
| 5 | X522E | 115,9 | 249,5 | 348 | 40322,8 | 94207,0 |
| | X524E | 83,1 | | 395 | 32824,5 | |
| | X525E | 50,5 | | 417 | 21059,7 | |
| 6 | X623E | 84,5 | 243,6 | 371 | 31362,5 | 94207,0 |
| | X624E | 159,1 | | 395 | 62844,5 | |
| 7 | X724E | 238,5 | 238,5 | 395 | 94207,0 | 94207,0 |
| 8 | X825E | 225,9 | 225,9 | 417 | 94207,0 | 94207,0 |
| 9 | X925E | 102,2 | 219,7 | 417 | 42633,4 | 94207,0 |
| | X926E | 117,5 | | 439 | 51573,6 | |
| 10 | X1026E | 214,6 | 214,6 | 439 | 94207,0 | 94207,0 |
| 11 | X1126E | 214,6 | 214,6 | 439 | 94207,0 | 94207,0 |
| 12 | X1226E | 214,6 | 214,6 | 439 | 94207,0 | 94207,0 |
| 13 | X1326E | 212,8 | 214,4 | 439 | 93419,2 | 94207,0 |
| | X1328E | 1,6 | | 479 | 787,8 | |
| 14 | X1426E | 53,8 | 191,8 | 439 | 23627,9 | 94207,0 |
| | X1428E | 19,8 | | 479 | 9486,8 | |
| | X1430E | 118,2 | | 517 | 61092,3 | |
| 15 | X1526E | 78,2 | 204,8 | 439 | 34327,4 | 94207,0 |
| | X1527E | 96,5 | | 459 | 44286,6 | |
| | X1530E | 30,2 | | 517 | 15593,1 | |
| 16 | X1628E | 196,7 | 196,7 | 479 | 94207,0 | 94207,0 |
| 17 | X1728E | 196,7 | 196,7 | 479 | 94207,0 | 94207,0 |
| 18 | X1830E | 182,2 | 182,2 | 517 | 94207,0 | 94207,0 |
| 19 | X1928E | 30,6 | 184,5 | 479 | 14676,3 | 94207,0 |
| | X1930E | 153,8 | | 517 | 79530,7 | |
| 20 | X2029E | 87,5 | 185,4 | 498 | 43592,7 | 94207,0 |
| | X2030E | 97,9 | | 517 | 50614,3 | |

Continuación apéndice IX

Secuencia de cosechas

| AÑOS DE ROTACION | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|----------------|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 21 | X2130E | 116,3 | 230,6 | 517 | 60140,0 | 94207,0 |
| | X2120E | 114,3 | | 298 | 34067,0 | |
| 22 | X2218E | 22,9 | 313,2 | 246 | 5642,5 | 94207,0 |
| | X2220E | 207,9 | | 298 | 61963,7 | |
| | X2221E | 82,4 | | 323 | 26600,8 | |
| 23 | X2318E | 130,2 | 339,2 | 246 | 32035,0 | 94207,0 |
| | X2319E | 4,0 | | 272 | 1089,0 | |
| | X2320E | 205,0 | | 298 | 61083,0 | |
| 24 | X2418E | 142,3 | 341,0 | 246 | 35002,3 | 94207,0 |
| | X2420E | 198,7 | | 298 | 59204,7 | |
| 25 | X2518E | 238,5 | 357,7 | 246 | 58670,7 | 94207,0 |
| | X2520E | 119,2 | | 298 | 35536,3 | |
| 26 | X2617E | 38,3 | 365,6 | 220 | 8429,6 | 94207,0 |
| | X2618E | 225,9 | | 246 | 55575,4 | |
| | X2620E | 101,3 | | 298 | 30202,1 | |
| 27 | X2716E | 12,2 | 408,2 | 195 | 2371,3 | 94207,0 |
| | X2717E | 214,6 | | 220 | 47210,8 | |
| | X2718E | 181,4 | | 246 | 44624,9 | |
| 28 | X2815E | 46,3 | 463,3 | 169 | 7825,6 | 94207,0 |
| | X2816E | 214,6 | | 195 | 41845,9 | |
| | X2817E | 202,4 | | 220 | 44535,5 | |
| 29 | X2914E | 201,4 | 561,4 | 144 | 29006,6 | 94207,0 |
| | X2915E | 191,8 | | 169 | 32413,3 | |
| | X2916E | 168,1 | | 195 | 32787,2 | |
| 30 | X3010E | 185,4 | 948,9 | 55 | 10199,0 | 94207,0 |
| | X3011E | 184,5 | | 75 | 13835,3 | |
| | X3012E | 182,2 | | 97 | 17675,2 | |
| | X3013E | 196,7 | | 120 | 23600,9 | |
| | X3014E | 196,7 | | 144 | 28321,1 | |
| | X3015E | 3,4 | | 169 | 575,5 | |

Apéndice X. Plan de intervenciones patrimonial con rotación de 25 años, modelo 6.

Secuencia de cosechas

| AÑOS DE ROTACIÓN | SITIO (k) | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|-----------|----------------|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | A | X128A | 374,3 | 374,3 | 626 | 234332,5 | 234332,5 |
| | B | X119B | 273,5 | 315,5 | 372 | 101742,0 | 118929,0 |
| | | X120B | 34,7 | | 404 | 14018,8 | |
| | | X121B | 7,3 | | 434 | 3168,2 | |
| | C | X121C | 602,6 | 1543,7 | 394 | 237424,4 | 734300,4 |
| | | X124C | 260,9 | | 478 | 124710,2 | |
| | | X125C | 128,5 | | 504 | 64764,0 | |
| | | X126C | 227,2 | | 532 | 120870,4 | |
| | | X127C | 17,3 | | 554 | 9584,2 | |
| | D | X128C | 307,2 | 530,8 | 576 | 176947,2 | 226091,6 |
| | | X127D | 198,7 | | 411 | 81665,7 | |
| | | X128D | 168,4 | | 427 | 71906,8 | |
| | 2 | A | X129D | 163,7 | 1031,2 | 443 | 72519,1 |
| X226A | | | 149,3 | 586 | | 87502,8 | |
| X227A | | | 279,0 | 607 | | 169353,0 | |
| X228A | | | 370,1 | 626 | | 231682,6 | |
| X229A | | | 210,3 | 644 | | 135411,9 | |
| X230A | | 22,5 | 662 | 14895,0 | | | |
| B | | X219B | 608,0 | 608,0 | 372 | 226176,0 | 226176,0 |
| C | | X224C | 465,6 | 465,6 | 478 | 222556,8 | 222556,8 |
| D | X227D | 524,8 | 524,8 | 411 | 215692,8 | 215692,8 | |
| E | X230E | 15,8 | 15,8 | 517 | 8168,6 | 8168,6 | |
| 3 | A | X326A | 550,5 | 1037,9 | 586 | 322600,4 | 618438,8 |
| | | X327A | 487,4 | | 607 | 295838,4 | |
| | C | X321C | 236,8 | 781,0 | 394 | 93304,5 | 353432,1 |
| | | X324C | 544,2 | | 478 | 260127,6 | |
| | D | X327D | 466,8 | 466,8 | 411 | 191854,8 | 191854,8 |
| E | X330E | 281,8 | 281,8 | 517 | 145690,6 | 145690,6 | |
| 4 | A | X426A | 1082,9 | 1567,0 | 586 | 634559,5 | 928400,5 |
| | | X427A | 484,1 | | 607 | 293841,1 | |
| | D | X426D | 215,4 | 900,1 | 394 | 84867,6 | 366279,3 |
| | | X427D | 684,7 | | 411 | 281411,7 | |
| E | X430E | 36,7 | 36,7 | 517 | 18973,9 | 18973,9 | |
| 5 | A | X527A | 436,8 | 436,8 | 607 | 265158,5 | 265158,5 |
| | C | X522C | 1044,0 | 2256,0 | 424 | 442636,9 | 1021972,9 |
| | | X524C | 1212,0 | | 478 | 579336,0 | |
| E | X530E | 51,3 | 51,3 | 517 | 26522,1 | 26522,1 | |
| 6 | B | X620B | 714,0 | 1852,1 | 404 | 288452,4 | 815392,7 |
| | | X622B | 1138,1 | | 463 | 526940,3 | |
| | C | X624C | 1042,4 | 1042,4 | 478 | 498261,0 | 498261,0 |

Continuación apéndice X

Secuencia de cosechas

| AÑOS DE ROTACIÓN | SITIO (k) | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|-----------|----------------|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 7 | B | X720B | 314,6 | 2427,6 | 404 | 127101,8 | 1105420,8 |
| | | X722B | 2113,0 | | 463 | 978319,0 | |
| | C | X724C | 435,6 | 435,6 | 478 | 208232,8 | 208232,8 |
| 8 | B | X822B | 1200,4 | 1200,4 | 463 | 555789,4 | 555789,4 |
| | C | X824C | 963,7 | 1553,4 | 478 | 460649,5 | 757864,2 |
| | | X825C | 589,7 | | 504 | 297214,7 | |
| 9 | A | X930A | 1066,0 | 1066,0 | 662 | 705692,0 | 705692,0 |
| | B | X922B | 1313,1 | 1313,1 | 463 | 607961,6 | 607961,6 |
| 10 | A | X1030A | 721,9 | 721,9 | 662 | 477897,8 | 477897,8 |
| | B | X1022B | 79,7 | 79,7 | 463 | 36915,8 | 36915,8 |
| | C | X1025C | 464,1 | 1526,0 | 504 | 233910,0 | 798839,8 |
| | | X1026C | 1061,9 | | 532 | 564929,7 | |
| 11 | A | X1130A | 502,0 | 502,0 | 662 | 332324,5 | 332324,5 |
| | C | X1126C | 1811,4 | 1811,4 | 532 | 963661,1 | 963661,1 |
| 12 | B | X1224B | 2162,8 | 2162,8 | 516 | 1115988,3 | 1115988,3 |
| | C | X1226C | 203,1 | 203,1 | 532 | 108043,9 | 108043,9 |
| 13 | A | X1330A | 335,4 | 468,7 | 662 | 222014,6 | 313991,1 |
| | | X1332A | 133,3 | | 690 | 91976,4 | |
| | B | X1324B | 1870,9 | 1870,9 | 516 | 965384,4 | 965384,4 |
| 14 | A | X1430A | 320,6 | 670,2 | 662 | 212237,2 | 448594,5 |
| | | X1431A | 348,0 | | 676 | 235253,3 | |
| | | X1432A | 1,6 | | 690 | 1104,0 | |
| | B | X1424B | 338,1 | 338,1 | 516 | 174459,6 | 174459,6 |
| | C | X1428C | 492,6 | 492,6 | 576 | 283743,4 | 283743,4 |
| | E | X1430E | 435,0 | 671,8 | 517 | 224895,0 | 361421,2 |
| | | X1433E | 83,1 | | 565 | 46951,5 | |
| X1434E | | 131,3 | 579 | | 76022,7 | | |
| X1436E | | 22,4 | 605 | | 13552,0 | | |
| 15 | C | X1528C | 151,7 | 151,7 | 576 | 87366,4 | 87366,4 |
| | E | X1526E | 414,7 | 2405,7 | 439 | 182053,3 | 1210882,7 |
| | | X1527E | 356,0 | | 459 | 163404,0 | |
| | | X1528E | 212,8 | | 479 | 101931,2 | |
| | | X1529E | 234,4 | | 498 | 116731,2 | |
| | | X1530E | 246,4 | | 517 | 127388,8 | |
| | | X1532E | 782,3 | | 549 | 429482,7 | |
| | | X1533E | 159,1 | | 565 | 89891,5 | |

Continuación apéndice X

Secuencia de cosechas

| AÑOS DE ROTACIÓN | SITIO (k) | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|-----------|----------------|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 16 | A | X1634A | 375,0 | 375,0 | 714 | 267750,0 | 267750,0 |
| | B | X1626B | 553,1 | 553,1 | 562 | 310842,2 | 310842,2 |
| | C | X1630C | 572,3 | 572,3 | 615 | 351964,5 | 351964,5 |
| | D | X1631D | 8,9 | 110,1 | 473 | 4209,7 | 57701,2 |
| | | X1632D | 10,2 | | 487 | 4967,4 | |
| | | X1633D | 10,1 | | 501 | 5060,1 | |
| | | X1634D | 10,4 | | 513 | 5335,2 | |
| | | X1635D | 30,9 | | 526 | 16253,4 | |
| | | X1636D | 8,4 | | 537 | 4510,8 | |
| | | X1637D | 4,5 | | 548 | 2466,0 | |
| | E | X1638D | 26,7 | 558 | 14898,6 | | |
| | | X1638E | 59,1 | 173,2 | 629 | 37173,9 | 110760,8 |
| | | X1639E | 46,4 | | 639 | 29649,6 | |
| X1640E | 67,7 | 649 | 43937,3 | | | | |
| 17 | A | X1732A | 346,9 | 375,0 | 690 | 239345,4 | 259425,0 |
| | | X1734A | 28,1 | | 714 | 20079,6 | |
| | B | X1716B | 217,3 | 770,4 | 270 | 58665,5 | 369570,7 |
| | | X1726B | 550,1 | | 562 | 309156,2 | |
| | | X1727B | 3,0 | | 583 | 1749,0 | |
| | C | X1730C | 572,3 | 572,3 | 615 | 351964,5 | 351964,5 |
| | D | X1726D | 18,3 | 110,1 | 394 | 7210,2 | 49129,6 |
| | | X1729D | 41,7 | | 443 | 18473,1 | |
| | | X1730D | 24,7 | | 457 | 11287,9 | |
| | | X1731D | 15,1 | | 473 | 7142,3 | |
| | | X1732D | 10,3 | | 487 | 5016,1 | |
| E | X1738E | 58,3 | 173,2 | 629 | 36670,7 | 110091,8 | |
| | X1739E | 114,9 | | 639 | 73421,1 | | |
| 18 | A | X1817A | 68,7 | 443,7 | 319 | 21927,6 | 283963,5 |
| | | X1832A | 101,2 | | 690 | 69812,4 | |
| | | X1833A | 273,8 | | 702 | 192223,5 | |
| | B | X1817B | 98,2 | 651,3 | 305 | 29957,3 | 352414,6 |
| | | X1827B | 553,1 | | 583 | 322457,3 | |
| | C | X1830C | 299,7 | 572,3 | 615 | 184301,8 | 356599,1 |
| | | X1831C | 272,6 | | 632 | 172297,3 | |
| | D | X1817D | 530,8 | 640,9 | 194 | 102975,2 | 148226,3 |
| | | X1827D | 110,1 | | 411 | 45251,1 | |
| E | X1830E | 173,2 | 173,2 | 517 | 89544,4 | 89544,4 | |

Continuación apéndice X

Secuencia de cosechas

| AÑOS DE ROTACIÓN | SITIO (k) | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|-----------|----------------|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 19 | A | X1918A | 305,6 | 680,3 | 354 | 108180,5 | 366759,2 |
| | | X1928A | 8,5 | | 626 | 5321,0 | |
| | | X1929A | 6,7 | | 644 | 4314,8 | |
| | | X1931A | 52,4 | | 676 | 35422,4 | |
| | | X1932A | 173,3 | | 690 | 119577,0 | |
| | | X1933A | 133,8 | | 702 | 93943,5 | |
| | B | X1917B | 229,4 | 229,4 | 305 | 69960,7 | 69960,7 |
| | C | X1918C | 1543,7 | 1870,8 | 300 | 463110,0 | 663982,8 |
| | | X1928C | 61,5 | | 576 | 35424,0 | |
| | | X1929C | 55,4 | | 596 | 33018,4 | |
| | | X1930C | 25,3 | | 615 | 15559,5 | |
| | | X1931C | 184,9 | | 632 | 116870,9 | |
| | E | X1928E | 159,2 | 173,2 | 479 | 76256,8 | 83494,8 |
| | | X1930E | 14,0 | | 517 | 7238,0 | |
| 20 | A | X2017A | 337,2 | 1368,4 | 319 | 107572,9 | 472613,8 |
| | | X2018A | 1031,2 | | 354 | 365040,9 | |
| | B | X2018B | 378,6 | 378,6 | 339 | 128352,4 | 128352,4 |
| | C | X2017C | 781,0 | 1246,6 | 267 | 208530,6 | 348210,6 |
| | | X2018C | 465,6 | | 300 | 139680,0 | |
| | D | X2017D | 466,8 | 991,6 | 194 | 90559,2 | 206015,2 |
| | | X2018D | 524,8 | | 220 | 115456,0 | |
| | E | X2029E | 75,3 | 470,8 | 498 | 37499,4 | 153996,5 |
| | | X2030E | 97,9 | | 517 | 50614,3 | |
| | | X2017E | 281,8 | | 220 | 61996,0 | |
| X2018E | | 15,8 | 246 | | 3886,8 | | |
| 21 | A | X2117A | 1567,0 | 2267,6 | 319 | 499858,0 | 747895,7 |
| | | X2118A | 700,7 | | 354 | 248037,7 | |
| | C | X2116C | 1408,3 | 1408,3 | 233 | 328128,3 | 328128,3 |
| | D | X2117D | 900,1 | 900,1 | 194 | 174619,4 | 174619,4 |
| | E | X2117E | 36,7 | 36,7 | 220 | 8074,0 | 8074,0 |
| 22 | A | X2217A | 436,8 | 436,8 | 319 | 139350,2 | 139350,2 |
| | B | X2215B | 31,6 | 1883,7 | 235 | 7421,1 | 507485,7 |
| | | X2216B | 1852,1 | | 270 | 500064,6 | |
| | C | X2216C | 1042,4 | 1890,1 | 233 | 242876,2 | 469206,6 |
| | | X2217C | 847,7 | | 267 | 226330,4 | |
| E | X2217E | 51,3 | 51,3 | 220 | 11286,0 | 11286,0 | |
| 23 | A | X2314A | 1066,0 | 1066,0 | 212 | 225992,0 | 225992,0 |
| | B | X2315B | 966,6 | 3362,6 | 235 | 227149,4 | 874077,2 |
| | | X2316B | 2396,0 | | 270 | 646927,8 | |
| C | X2316C | 435,6 | 435,6 | 233 | 101502,6 | 101502,6 | |

Continuación apéndice X

Secuencia de cosechas

| AÑOS DE ROTACIÓN | SITIO (k) | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|-----------|----------------|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 24 | A | X2413A | 502,0 | 1223,9 | 178 | 89356,1 | 242398,9 |
| | | X2414A | 721,9 | | 212 | 153042,8 | |
| | B | X2414B | 79,7 | 1626,6 | 200 | 15946,4 | 387653,2 |
| | | X2415B | 1313,1 | | 235 | 308576,6 | |
| | | X2416B | 233,8 | | 270 | 63130,2 | |
| | C | X2410C | 492,6 | 3572,0 | 91 | 44827,5 | 664668,0 |
| | | X2414C | 1526,0 | | 169 | 257895,0 | |
| | | X2416C | 1553,4 | | 233 | 361945,5 | |
| | 25 | A | X2511A | 670,2 | 1138,9 | 114 | 76403,7 |
| X2512A | | | 468,7 | 145 | | 67957,0 | |
| B | | X2511B | 338,1 | 4371,8 | 103 | 34824,3 | 638639,8 |
| | | X2512B | 1870,9 | | 132 | 246958,8 | |
| | | X2513B | 2162,8 | | 165 | 356856,7 | |
| C | | X2510C | 151,7 | 2166,2 | 91 | 13802,7 | 347954,5 |
| | | X2513C | 203,1 | | 138 | 28026,4 | |
| | | X2514C | 1811,4 | | 169 | 306125,4 | |
| E | | X2510E | 2405,7 | 3077,5 | 55 | 132313,5 | 182698,5 |
| | | X2511E | 671,8 | | 75 | 50385,0 | |

Secuencia de raleos

| AÑOS DE ROTACIÓN | SITIO (k) | VARIABLE (VAR) | RALEO (Hás) | RALEO ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) |
|------------------|-----------|----------------|-------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 2 | C | R211C | 61,5 | 61,5 | 36 | 2214,0 | 2214,0 |
| 3 | D | R312D | 128,4 | 128,4 | 33 | 4237,2 | 4237,2 |
| 11 | B | R1110B | 315,5 | 315,5 | 56 | 17668,0 | 17668,0 |
| 12 | B | R1210B | 608,0 | 2151,7 | 56 | 34048,0 | 89621,2 |
| | C | R1211C | 1543,7 | | 36 | 55573,2 | |
| 13 | C | R1311C | 465,6 | 996,4 | 36 | 16761,6 | 34278,0 |
| | D | R1312D | 530,8 | | 33 | 17516,4 | |
| 14 | C | R1411C | 781,0 | 1305,8 | 36 | 28116,5 | 45434,9 |
| | D | R1412D | 524,8 | | 33 | 17318,4 | |
| 15 | D | R1512D | 466,8 | 466,8 | 33 | 15404,4 | 15404,4 |
| 16 | B | R1610B | 1852,1 | 5008,1 | 56 | 103717,1 | 214634,8 |
| | C | R1611C | 2256,0 | | 36 | 81214,4 | |
| | D | R1612D | 900,1 | | 33 | 29703,3 | |
| 17 | B | R1710B | 2427,6 | 3470,0 | 56 | 135946,0 | 173472,0 |
| | C | R1711C | 1042,4 | | 36 | 37525,9 | |
| 18 | B | R1810B | 1200,4 | 1636,0 | 56 | 67222,9 | 82905,7 |
| | C | R1811C | 435,6 | | 36 | 15682,8 | |

Continuación apéndice X

Secuencia de raleos

| AÑOS DE ROTACIÓN | SITIO (k) | VARIABLE (VAR) | RALEO (Hás) | RALEO ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m3/Ha) | VOL POR VAR (m3) | VOL ANUAL POR SITIO (m3) |
|------------------|-----------|----------------|-------------|-------------------|--------------------|------------------|--------------------------|
| 19 | B | R1910B | 1313,1 | 2866,5 | 56 | 73533,2 | 129456,1 |
| | C | R1911C | 1553,4 | | 36 | 55922,9 | |
| 20 | B | R2010B | 79,7 | 79,7 | 56 | 4465,0 | 4465,0 |
| 21 | C | R2111C | 1526,0 | 1526,0 | 36 | 54936,2 | 54936,2 |
| 22 | B | R2210B | 2162,8 | 3974,2 | 56 | 121115,0 | 186325,2 |
| | C | R2211C | 1811,4 | | 36 | 65210,1 | |
| 23 | B | R2310B | 1870,9 | 2074,0 | 56 | 104770,4 | 112081,6 |
| | C | R2311C | 203,1 | | 36 | 7311,2 | |
| 24 | B | R2410B | 338,1 | 338,1 | 56 | 18933,6 | 18933,6 |

Apéndice XI. Plan de intervenciones patrimonial con rotación de 30 años, modelo 7.

Secuencia de cosechas

| AÑOS DE ROTACIÓN | SITIO (k) | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m ³ /Ha) | VOL POR VAR (m ³) | VOL ANUAL POR SITIO (m ³) | |
|------------------|-----------|----------------|---------------|---------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|----------|
| 1 | A | X128A | 584,6 | 584,6 | 626 | 365959,6 | 365959,6 | |
| | B | X119B | 260,6 | 302,6 | 372 | 96942,0 | 114129,0 | |
| | | X120B | 34,7 | | 404 | 14018,8 | | |
| | | X121B | 7,3 | | 434 | 3168,2 | | |
| | C | X121C | 78,1 | 1019,2 | 394 | 30765,7 | 527641,7 | |
| | | X124C | 260,9 | | 478 | 124710,2 | | |
| | | X125C | 128,5 | | 504 | 64764,0 | | |
| | | X126C | 227,2 | | 532 | 120870,4 | | |
| | | X127C | 17,3 | | 554 | 9584,2 | | |
| | D | X128C | 307,2 | 565,6 | 576 | 176947,2 | 237793,4 | |
| | | X123D | 34,8 | | 336 | 11701,8 | | |
| | | X127D | 198,7 | | 411 | 81665,7 | | |
| | | X128D | 168,4 | | 427 | 71906,8 | | |
| | 2 | A | X129D | 163,7 | 531,6 | 443 | 72519,1 | 330975,9 |
| | | | X227A | 139,0 | | 607 | 84398,3 | |
| | | | X228A | 370,1 | | 626 | 231682,6 | |
| B | | X230A | 22,5 | 201,3 | 662 | 14895,0 | 75293,8 | |
| | | X219B | 188,4 | | 372 | 70080,9 | | |
| C | | X220B | 12,9 | 1446,5 | 404 | 5212,9 | 609029,1 | |
| | | X221C | 980,9 | | 394 | 386472,3 | | |
| D | | X224C | 465,6 | 537,7 | 478 | 222556,8 | 219842,4 | |
| | | X222D | 8,4 | | 314 | 2637,6 | | |
| | | X223D | 4,5 | | 336 | 1512,0 | | |
| E | X227D | 524,8 | 411 | 215692,8 | 8168,6 | | | |
| 3 | A | X230E | 15,8 | 15,8 | 517 | 8168,6 | 8168,6 | |
| | | X327A | 636,7 | 776,7 | 607 | 386476,9 | 474090,9 | |
| | X328A | 140,0 | 626 | | 87614,0 | | | |
| | B | X320B | 419,6 | 419,6 | 404 | 169522,6 | 169522,6 | |
| | C | X324C | 544,2 | 544,2 | 478 | 260127,6 | 260127,6 | |
| D | X327D | 466,8 | 466,8 | 411 | 191854,8 | 191854,8 | | |
| 4 | E | X330E | 281,8 | 281,8 | 517 | 145690,6 | 145690,6 | |
| | A | X427A | 386,5 | 386,5 | 607 | 234627,8 | 234627,8 | |
| | B | X420B | 1138,1 | 1138,1 | 404 | 459792,4 | 459792,4 | |
| | C | X424C | 524,5 | 524,5 | 478 | 250717,9 | 250717,9 | |
| | D | X427D | 684,7 | 684,7 | 411 | 281411,7 | 281411,7 | |
| 5 | A | X430E | 36,7 | 36,7 | 517 | 18973,9 | 18973,9 | |
| | | X527A | 506,8 | 1154,9 | 607 | 307636,6 | 713324,2 | |
| | X528A | 648,1 | 626 | | 405687,6 | | | |
| | B | X520B | 767,4 | 767,4 | 404 | 310019,6 | 310019,6 | |
| | C | X524C | 231,1 | 231,1 | 478 | 110468,6 | 110468,6 | |
| | D | X527D | 207,3 | 207,3 | 411 | 85189,3 | 85189,3 | |
| E | X530E | 51,3 | 51,3 | 517 | 26522,1 | 26522,1 | | |

Continuación apéndice XI

Secuencia de cosechas

| AÑOS DE ROTACIÓN | SITIO (k) | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m3/Ha) | VOL POR VAR (m3) | VOL ANUAL POR SITIO (m3) |
|------------------|-----------|----------------|---------------|---------------------|--------------------|------------------|--------------------------|
| 6 | A | X628A | 1012,9 | 1012,9 | 626 | 634066,0 | 634066,0 |
| | C | X624C | 1279,2 | 1279,2 | 478 | 611457,6 | 611457,6 |
| 7 | A | X728A | 1066,0 | 1066,0 | 626 | 667316,0 | 667316,0 |
| | C | X724C | 1209,6 | 1209,6 | 478 | 578207,9 | 578207,9 |
| 8 | A | X828A | 721,9 | 721,9 | 626 | 451909,4 | 451909,4 |
| | C | X824C | 1549,0 | 1629,3 | 478 | 740430,1 | 780914,5 |
| | | X825C | 80,3 | | 504 | 40484,4 | |
| | D | X827D | 30,9 | 30,9 | 411 | 12699,9 | 12699,9 |
| 9 | B | X924B | 1345,6 | 1345,6 | 516 | 694342,5 | 694342,5 |
| | C | X924C | 276,8 | 1056,1 | 478 | 132301,1 | 546906,9 |
| | | X926C | 779,3 | | 532 | 414605,8 | |
| | D | X927D | 10,4 | 10,4 | 411 | 4274,4 | 4274,4 |
| 10 | B | X1024B | 1914,4 | 1914,4 | 516 | 987830,4 | 987830,4 |
| | C | X1026C | 476,6 | 476,6 | 532 | 253542,2 | 253542,2 |
| | D | X1027D | 10,1 | 10,1 | 411 | 4151,1 | 4151,1 |
| 11 | B | X1124B | 1627,7 | 1627,7 | 516 | 839893,2 | 839893,2 |
| | C | X1126C | 730,6 | 730,6 | 532 | 388685,1 | 388685,1 |
| 12 | B | X1224B | 2242,5 | 2242,5 | 516 | 1157130,0 | 1157130,0 |
| | C | X1227C | 73,0 | 73,0 | 554 | 40430,7 | 40430,7 |
| 13 | B | X1324B | 897,1 | 897,1 | 516 | 462891,8 | 462891,8 |
| | C | X1328C | 1195,1 | 1195,1 | 576 | 688394,3 | 688394,3 |
| 14 | A | X1433A | 635,3 | 635,3 | 702 | 445980,6 | 445980,6 |
| | B | X1425B | 781,5 | 781,5 | 540 | 422034,7 | 422034,7 |
| | C | X1428C | 479,9 | 479,9 | 576 | 276439,5 | 276439,5 |
| 15 | A | X1532A | 711,5 | 1088,1 | 690 | 490935,0 | 755308,2 |
| | | X1533A | 376,6 | | 702 | 264373,2 | |
| | B | X1526B | 192,3 | 192,3 | 562 | 108059,7 | 108059,7 |
| | C | X1529C | 488,8 | 488,8 | 596 | 291296,9 | 291296,9 |
| | D | X1530D | 19,2 | 29,4 | 457 | 8774,4 | 13603,2 |
| | | X1531D | 10,2 | | 473 | 4828,8 | |
| 16 | B | X1626B | 894,2 | 894,2 | 562 | 502540,4 | 502540,4 |
| | C | X1629C | 885,9 | 1185,2 | 596 | 527988,4 | 712068,4 |
| | | X1630C | 299,3 | | 615 | 184080,1 | |
| 17 | A | X1733A | 286,5 | 286,5 | 702 | 201150,9 | 201150,9 |
| | B | X1726B | 1103,2 | 1103,2 | 562 | 619998,4 | 619998,4 |
| | C | X1728C | 25,3 | 620,6 | 576 | 14572,8 | 371483,2 |
| | | X1729C | 484,6 | | 596 | 288821,6 | |
| | | X1730C | 110,7 | | 615 | 68088,8 | |

Continuación apéndice XI

Secuencia de cosechas

| AÑOS DE ROTACIÓN | SITIO (k) | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m3/Ha) | VOL POR VAR (m3) | VOL ANUAL POR SITIO (m3) |
|------------------|-----------|----------------|---------------|---------------------|--------------------|------------------|--------------------------|
| 18 | A | X1830A | 52,4 | 1115,5 | 662 | 34688,8 | 774153,7 |
| | | X1831A | 173,3 | | 676 | 117155,3 | |
| | | X1832A | 235,0 | | 690 | 162095,1 | |
| | | X1833A | 620,7 | | 702 | 435906,9 | |
| | | X1834A | 34,1 | | 714 | 24307,6 | |
| | C | X1828C | 55,4 | 55,4 | 576 | 31910,4 | 31910,4 |
| | E | X1836E | 36,0 | 619,2 | 605 | 21774,5 | 396113,0 |
| | | X1837E | 83,1 | | 617 | 51305,3 | |
| | | X1838E | 131,3 | | 629 | 82546,1 | |
| | | X1839E | 58,3 | | 639 | 37269,4 | |
| | | X1840E | 196,4 | | 649 | 127499,9 | |
| | | X1841E | 46,4 | | 658 | 30552,6 | |
| | X1842E | 67,7 | 667 | 45165,1 | | | |
| 19 | D | X1928D | 101,5 | 183,0 | 427 | 43338,3 | 82682,0 |
| | | X1931D | 41,7 | | 473 | 19741,1 | |
| | | X1932D | 24,7 | | 487 | 12040,2 | |
| | | X1933D | 15,1 | | 501 | 7562,3 | |
| | E | X1930E | 428,7 | 1769,1 | 517 | 221637,9 | 1028996,9 |
| | | X1935E | 435,0 | | 593 | 257764,2 | |
| | | X1936E | 782,3 | | 605 | 473574,9 | |
| | | X1937E | 123,1 | | 617 | 76019,9 | |
| 20 | A | X2029A | 8,5 | 15,2 | 644 | 5474,0 | 9909,4 |
| | | X2030A | 6,7 | | 662 | 4435,4 | |
| | B | X2018B | 201,3 | 503,9 | 339 | 68238,2 | 180804,2 |
| | | X2019B | 302,6 | | 372 | 112566,0 | |
| | C | X2029C | 61,5 | 61,5 | 596 | 36654,0 | 36654,0 |
| | D | X2029D | 26,9 | 26,9 | 443 | 11919,0 | 11919,0 |
| | E | X2029E | 234,5 | 1555,2 | 498 | 116781,0 | 859893,1 |
| | | X2030E | 97,9 | | 517 | 50614,3 | |
| | | X2032E | 529,2 | | 549 | 290652,4 | |
| | | X2033E | 212,8 | | 565 | 120130,5 | |
| | | X2034E | 234,4 | | 579 | 135707,7 | |
| X2035E | 246,4 | 593 | 146007,1 | | | | |
| 21 | A | X2118A | 455,8 | 1572,0 | 354 | 161341,7 | 613735,2 |
| | | X2119A | 531,6 | | 388 | 206276,9 | |
| | | X2120A | 584,6 | | 421 | 246116,6 | |
| | C | X2120C | 1019,2 | 1019,2 | 364 | 370983,7 | 370983,7 |
| | D | X2120D | 565,6 | 565,6 | 269 | 152153,6 | 152153,6 |

Continuación apéndice XI

Secuencia de cosechas

| AÑOS DE ROTACIÓN | SITIO (k) | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m3/Ha) | VOL POR VAR (m3) | VOL ANUAL POR SITIO (m3) |
|------------------|-----------|----------------|---------------|---------------------|--------------------|------------------|--------------------------|
| 22 | A | X2218A | 386,5 | 707,4 | 354 | 136834,0 | 261339,7 |
| | | X2219A | 320,9 | | 388 | 124505,7 | |
| | B | X2219B | 419,6 | 419,6 | 372 | 156095,1 | 156095,1 |
| | C | X2220C | 1446,5 | 1446,5 | 364 | 526523,8 | 526523,8 |
| | D | X2220D | 537,7 | 537,7 | 269 | 144641,3 | 144641,3 |
| | E | X2220E | 15,8 | 15,8 | 298 | 4708,4 | 4708,4 |
| 23 | A | X2318A | 1021,6 | 1021,6 | 354 | 361652,8 | 361652,8 |
| | B | X2319B | 1138,1 | 1138,1 | 372 | 423373,2 | 423373,2 |
| | C | X2320C | 544,2 | 544,2 | 364 | 198088,8 | 198088,8 |
| | D | X2320D | 466,8 | 466,8 | 269 | 125569,2 | 125569,2 |
| | E | X2320E | 281,8 | 281,8 | 298 | 83976,4 | 83976,4 |
| 24 | A | X2418A | 1012,9 | 1146,1 | 354 | 358561,3 | 410266,5 |
| | | X2419A | 133,3 | | 388 | 51705,2 | |
| | B | X2419B | 767,4 | 767,4 | 372 | 285463,6 | 285463,6 |
| | C | X2419C | 231,1 | 755,6 | 333 | 76958,2 | 267881,5 |
| | | X2420C | 524,5 | | 364 | 190923,3 | |
| | D | X2420D | 684,7 | 684,7 | 269 | 184184,3 | 184184,3 |
| E | X2420E | 36,7 | 36,7 | 298 | 10936,6 | 10936,6 | |
| 25 | A | X2518A | 1066,0 | 1066,0 | 354 | 377364,0 | 377364,0 |
| | C | X2518C | 1143,7 | 2422,9 | 300 | 343097,4 | 769071,0 |
| | | X2519C | 1279,2 | | 333 | 425973,6 | |
| | D | X2520D | 207,3 | 207,3 | 269 | 55756,5 | 55756,5 |
| E | X2520E | 51,3 | 51,3 | 298 | 15287,4 | 15287,4 | |
| 26 | A | X2618A | 721,9 | 721,9 | 354 | 255552,6 | 255552,6 |
| | B | X2617B | 1327,0 | 1327,0 | 305 | 404728,0 | 404728,0 |
| | C | X2618C | 1629,3 | 1695,3 | 300 | 488802,9 | 510774,9 |
| | | X2619C | 66,0 | | 333 | 21972,0 | |
| D | X2618D | 30,9 | 30,9 | 220 | 6798,0 | 6798,0 | |
| 27 | B | X2716B | 376,2 | 2309,2 | 270 | 101563,8 | 691777,5 |
| | | X2717B | 1914,4 | | 305 | 583892,0 | |
| | | X2718B | 18,6 | | 339 | 6321,7 | |
| | C | X2717C | 476,6 | 1532,7 | 267 | 127247,7 | 444082,2 |
| | | X2718C | 1056,1 | | 300 | 316834,5 | |
| | D | X2717D | 10,1 | 20,5 | 194 | 1959,4 | 4247,4 |
| X2718D | | 10,4 | 220 | | 2288,0 | | |
| 28 | B | X2815B | 101,7 | 3595,8 | 235 | 23910,2 | 1011104,3 |
| | | X2816B | 2242,5 | | 270 | 605475,0 | |
| | | X2817B | 1251,5 | | 305 | 381719,1 | |
| | C | X2816C | 73,0 | 803,6 | 233 | 17004,2 | 212077,4 |
| | | X2817C | 730,6 | | 267 | 195073,2 | |

Continuación apéndice XI

Secuencia de cosechas

| AÑOS DE ROTACIÓN | SITIO (k) | VARIABLE (VAR) | COSECHA (Hás) | COSECHA ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m3/Ha) | VOL POR VAR (m3) | VOL ANUAL POR SITIO (m3) |
|------------------|-----------|----------------|---------------|---------------------|--------------------|------------------|--------------------------|
| 29 | A | X2914A | 1088,1 | 1723,4 | 212 | 230677,2 | 387596,3 |
| | | X2915A | 635,3 | | 247 | 156919,1 | |
| | B | X2915B | 781,5 | 1576,9 | 235 | 183663,3 | 398402,8 |
| | | X2916B | 795,3 | | 270 | 214739,6 | |
| | C | X2914C | 488,8 | 2163,8 | 169 | 82599,3 | 457530,2 |
| | | X2915C | 479,9 | | 201 | 96465,9 | |
| X2916C | | 1195,1 | 233 | | 278465,1 | | |
| 30 | A | X3010A | 15,2 | 1417,2 | 85 | 1292,0 | 214037,8 |
| | | X3012A | 1115,5 | | 145 | 161741,7 | |
| | | X3013A | 286,5 | | 178 | 51004,1 | |
| | B | X3013B | 1103,2 | 2189,7 | 165 | 182028,0 | 406053,1 |
| | | X3014B | 894,2 | | 200 | 178840,0 | |
| | | X3015B | 192,3 | | 235 | 45185,1 | |
| | C | X3010C | 61,5 | 1922,7 | 91 | 5596,5 | 297634,6 |
| | | X3012C | 55,4 | | 110 | 6094,0 | |
| | | X3013C | 620,6 | | 138 | 85644,7 | |
| | | X3014C | 1185,2 | | 169 | 200299,5 | |
| | D | X3010D | 26,9 | 239,3 | 63 | 1695,0 | 21300,2 |
| | | X3011D | 183,0 | | 84 | 15371,6 | |
| | | X3015D | 29,4 | | 144 | 4233,6 | |
| | E | X3010E | 1555,2 | 3943,5 | 55 | 85536,0 | 278280,3 |
| | | X3011E | 1769,1 | | 75 | 132684,8 | |
| X3012E | | 619,2 | 97 | | 60059,4 | | |

Secuencia de raleos

| AÑOS DE ROTACIÓN | SITIO (k) | VARIABLE (VAR) | RALEO (Hás) | RALEO ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m3/Ha) | VOL POR VAR (m3) | VOL ANUAL POR SITIO (m3) |
|------------------|-----------|----------------|-------------|-------------------|--------------------|------------------|--------------------------|
| 2 | C | R211C | 61,5 | 61,5 | 36 | 2214 | 2214,0 |
| 3 | D | R312D | 128,4 | 128,4 | 33 | 4237,2 | 4237,2 |
| 11 | B | R1110B | 302,6 | 302,6 | 56 | 16945,4 | 16945,4 |
| 12 | B | R1210B | 201,3 | 1220,5 | 56 | 11272,4 | 47963,1 |
| | C | R1211C | 1019,2 | | 36 | 36690,7 | |
| 13 | B | R1310B | 419,6 | 2431,7 | 56 | 23498,2 | 94237,7 |
| | C | R1311C | 1446,5 | | 36 | 52073,8 | |
| | D | R1312D | 565,6 | | 33 | 18665,7 | |
| 14 | B | R1410B | 1138,1 | 2220,0 | 56 | 63733,6 | 101068,9 |
| | C | R1411C | 544,2 | | 36 | 19591,2 | |
| | D | R1412D | 537,7 | | 33 | 17744,1 | |
| 15 | B | R1510B | 767,4 | 1758,7 | 56 | 42973,0 | 77259,9 |
| | C | R1511C | 524,5 | | 36 | 18882,5 | |
| | D | R1512D | 466,8 | | 33 | 15404,4 | |

Continuación apéndice XI

Secuencia de raleos

| AÑOS DE ROTACIÓN | SITIO (k) | VARIABLE (VAR) | RALEO (Hás) | RALEO ANUAL (Hás) | VOL POR Há (m3/Ha) | VOL POR VAR (m3) | VOL ANUAL POR SITIO (m3) |
|------------------|-----------|----------------|-------------|-------------------|--------------------|------------------|--------------------------|
| 16 | C | R1611C | 231,1 | 915,8 | 36 | 8319,8 | 30914,9 |
| | D | R1612D | 684,7 | | 33 | 22595,1 | |
| 17 | C | R1711C | 1279,2 | 1486,5 | 36 | 46051,2 | 52891,2 |
| | D | R1712D | 207,3 | | 33 | 6840,0 | |
| 18 | C | R1811C | 1209,6 | 1209,6 | 36 | 43547,0 | 43547,0 |
| 19 | B | R1910B | 1345,6 | 2975,0 | 56 | 75355,0 | 134011,3 |
| | C | R1911C | 1629,3 | | 36 | 58656,3 | |
| 20 | B | R2010B | 1914,4 | 3001,4 | 56 | 107206,4 | 146246,2 |
| | C | R2011C | 1056,1 | | 36 | 38020,1 | |
| | D | R2012D | 30,9 | | 33 | 1019,7 | |
| 21 | B | R2110B | 1627,7 | 2114,7 | 56 | 91151,2 | 108651,4 |
| | C | R2111C | 476,6 | | 36 | 17157,0 | |
| | D | R2112D | 10,4 | | 33 | 343,2 | |
| 22 | B | R2210B | 2242,5 | 2983,2 | 56 | 125580,0 | 152215,3 |
| | C | R2211C | 730,6 | | 36 | 26302,0 | |
| | D | R2212D | 10,1 | | 33 | 333,3 | |
| 23 | B | R2310B | 897,1 | 970,1 | 56 | 50236,3 | 52863,6 |
| | C | R2311C | 73,0 | | 36 | 2627,3 | |
| 24 | B | R2410B | 781,5 | 1976,7 | 56 | 43766,6 | 86791,2 |
| | C | R2411C | 1195,1 | | 36 | 43024,6 | |
| 25 | B | R2510B | 192,3 | 672,2 | 56 | 10767,5 | 28045,0 |
| | C | R2511C | 479,9 | | 36 | 17277,5 | |
| 26 | B | R2610B | 894,2 | 1383,0 | 56 | 50075,2 | 67670,3 |
| | C | R2611C | 488,8 | | 36 | 17595,1 | |
| 27 | B | R2710B | 1103,2 | 2317,8 | 56 | 61779,2 | 105416,7 |
| | C | R2711C | 1185,2 | | 36 | 42667,3 | |
| | D | R2712D | 29,4 | | 33 | 970,2 | |
| 28 | C | R2811C | 620,6 | 620,6 | 36 | 22342,1 | 22342,1 |
| 29 | C | R2911C | 55,4 | 55,4 | 36 | 1994,4 | 1994,4 |
| 30 | B | R3010B | 503,9 | 503,9 | 56 | 28217,8 | 28217,8 |

Apéndice XII. Glosario

Algunos conceptos importantes en la Planificación Forestal

1. Bosque Normal: Concepto teórico. Implica que se encuentran áreas iguales para todas las clases de edad de la rotación. Además, cada área cubierta con determinada clases de edad tiene la misma capacidad productiva (Sitio) (Whyte, 1994).
2. Bosque Regulado: Bosque que presenta todas las clases de edad, de manera que se obtiene un rendimiento periódico, aproximadamente, igual de productos del tamaño y calidad deseados a perpetuidad (Whyte, 1994).
3. Corta Permisible o Posibilidad de Corta: Es aquel rendimiento periódico (nivel de corta) que se encuentra dentro de la capacidad del bosque, manteniendo la calidad del recurso a largo plazo (Whyte, 1994).
4. Patrimonio: Agregación de rodales de distinta, estructura, composición, productividad y regímenes silviculturales (Johnson, 1989).
5. Periodo de conversión: Tiempo que transcurre mientras el bosque es regulado (Gilchrist, 2006).
6. Periodo de post conversión: Tiempo que transcurre desde que el bosque queda regulado (Gilchrist, 2006).
7. Régimen Silvicultural: Secuencia de actividades culturales programadas que se realizan durante la vida de un rodal, con el fin de lograr un objetivo predefinido (Ej. Podas, Raleos, Control de malezas, etc) (Bown, 1998).
8. Regulación por Área: Transformación del bosque no regulado, donde se cosecha y regenera una superficie equivalente todos los años, logrando la regulación al término de la primera rotación (Davis y Johnson, 1987).
9. Regulación por Volumen: Transformación del bosque no regulado, donde se cosecha la misma cantidad de volumen todos los años, regenerando la superficie intervenida. Permite un flujo de madera relativamente constante (Davis y Johnson, 1987).
10. Rendimiento Sostenido: Corresponde a la mantención de la capacidad productiva de un recurso natural renovable. Provee de un flujo continuo y permanente de bienes del bosque, para satisfacer las necesidades de la sociedad, sin destruir el recurso (Whyte, 1994).
11. Rodal: Porción de bosque definida sobre la base de criterios asociados a uno o mas objetivos de manejo forestal (Corvalán y Hernández, 2006).
12. Rotación: Periodo de tiempo que transcurre entre la iniciación de las actividades forestales (regeneración del bosque) hasta la cosecha del recurso (Matthews, 1935).