

Determinación del turno forestal
Bases teóricas y aplicaciones prácticas

Colección Cátedras

Marta Coronel de Renolfi

Rectora
Lic. Natividad Nassif

Vicerrector
Dr. Publio Alejandro Araujo

**Directora de la Coordinación de
Comunicaciones y Medios Audiovisuales**
Lic. María Eugenia Alonso

Directora Editorial
Mg. Ester Nora Azubel

Determinación del turno forestal
Bases teóricas y aplicaciones prácticas



Coronel de Renolfi, Marta
Determinación del turno forestal: bases teóricas y
aplicaciones prácticas / Marta Coronel de Renolfi
1a. ed. - Santiago del Estero: EDUNSE, 2015.
112 p.; 21 x 15 cm. (Cátedras; 1)

ISBN 978-987-46079-1-1

1. Economía Forestal. I. Título.
CDD 333.73



Libro
Universitario
Argentino

ÍNDICE

Corrección: Marta Graciela Terrera
Diseño editorial y maquetación: Noelia Achával Montenegro
Diseño de tapa: María Elisa Espeche y Noelia Achával Montenegro
Fotografía de tapa: Noelia Achával Montenegro

© **EDUNSE**, 2015
Av. Belgrano (s) 1912 - G4200ABT
Santiago del Estero, Argentina
email: infoedunse@gmail.com
www.unse.edu.ar/edunse

Las opiniones expresadas en los libros publicados por **EDUNSE** no necesariamente reflejan los puntos de vista de la Coordinación de Comunicaciones y Medios Audiovisuales, ni del Comité Académico u otras autoridades de la Universidad Nacional de Santiago del Estero.

Cualquier tipo de reproducción total o parcial de este libro, no autorizada por los editores, viola derechos reservados.

Hecho el depósito que marca la ley 11.723

PRESENTACIÓN.....	9
1. INTRODUCCIÓN.....	11
Conceptos.....	12
Enfoque histórico.....	13
Factores que influyen en la determinación del turno.....	16
Decisiones sobre el turno forestal.....	18
Bases económicas para la determinación del turno.....	20
Criterios para la determinación del turno forestal.....	24
2. LOS CRITERIOS BIOLÓGICOS.....	27
Criterio físico (Máximo técnico).....	27
Criterio silvícola.....	30
3. LOS CRITERIOS TÉCNICO-FORESTALES.....	31
Máxima renta en especie (Óptimo técnico).....	31
Máximo de productos de aplicación.....	36

4. LOS CRITERIOS ECONÓMICOS.....	39
Criterios con tasa de interés cero.....	41
Criterios financieros.....	49
5. SUPUESTOS BÁSICOS DE LOS MODELOS TEÓRICOS.....	71
Implicancias políticas y económicas.....	73
6. COMPARACIÓN ENTRE LOS CRITERIOS.....	77
7. EL TURNO FORESTAL EN UN CONTEXTO DE USO MÚLTIPLE.....	85
8. TRABAJOS Y PUBLICACIONES DE REFERENCIA.....	89
OBSERVACIONES FINALES.....	99
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	101
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS.....	109

PRESENTACIÓN

Con el objetivo de contribuir a cubrir un vacío en la literatura de habla castellana sobre el manejo forestal, en general, y sobre la economía forestal, en particular, este libro ofrece un compendio de la bibliografía consultada a lo largo de muchos años de desempeño docente

El trabajo generado desde la cátedra de Economía y Administración Forestal resultará útil tanto para los estudiantes avanzados de Ingeniería Forestal, a modo de material de estudio, como para los profesionales que deseen actualizarse en la temática y otorgarle una dimensión económica a los problemas de la gestión forestal. Es importante advertir que la comprensión de los contenidos que aquí se desarrollan requiere que el lector haya tomado un curso introductorio de Economía General y conozca conceptos fundamentales de Silvicultura y de Economía Forestal, tales como rodal, monte regular, monte coetáneo, valoración forestal y rentabilidad de inversiones, entre otros.

En primer lugar se exponen las bases teóricas de los diferentes criterios que conllevan a decidir el cuándo conviene cortar el monte, las que se completan con ejemplos de aplicación práctica para lograr mayor claridad del tema.

Más adelante se comparan y sintetizan los criterios presentados, señalando el objetivo, la función a maximizar y la oportunidad de aplicación de cada uno de ellos.

Finalmente, se presenta el resumen de algunos trabajos de investigación y artículos publicados sobre la determinación del turno forestal, a fin de demostrar sus posibilidades aplicativas.

1. INTRODUCCIÓN

Un problema clásico y específico de la Economía Forestal, considerado el tradicional problema de esta disciplina, consiste en determinar el momento óptimo de corta del rodal forestal.

Al momento óptimo de cosechar un monte se lo conoce con el nombre de "turno forestal óptimo". La importancia económica y la complejidad técnica que conlleva la determinación del turno óptimo hace necesario abordar este tema en forma detenida.

En el marco de la actividad de una empresa forestal, la edad o el momento en que se realiza el corte de la masa forestal es uno de los aspectos más significativos que influyen en la rentabilidad de su actividad productiva.

Según criterios financieros, si se anticipa la edad de corta del rodal en relación con la edad óptima, el productor podría tener una menor rentabilidad, pues de no realizar la corta y esperar dicha edad óptima, el rodal producirá mayores incrementos volumétricos y, consecuentemente, mayores ganancias que compensarán el haber mantenido la masa en pie por un período superior.

Del mismo modo, al postergar el aprovechamiento, el empresario forestal estará dejando de maximizar sus beneficios, ya que el tiempo y los recursos adicionales gastados no serán cubiertos por un aumento en la producción.

Conceptos

Antes de comenzar con el desarrollo de la temática, es conveniente presentar algunas definiciones generales, relacionadas con el concepto de turno forestal, según la concepción de diferentes autores. De modo complementario, al final del presente trabajo se anexa un glosario de términos vinculados con el tema.

Se entiende por **edad de corta** a la edad a la cual se realiza la corta de un rodal o de una masa forestal (Siebert, 1999).

Inés González Doncel (2011) define la **edad de madurez** como el número de años necesarios para que el árbol o la masa alcancen sus dimensiones de cortabilidad, de acuerdo con la utilidad máxima que se estime.

Para el mismo concepto, Herbert Siebert (1999) señala que la **edad de madurez** es el período de tiempo que transcurre desde que comienza el ciclo productivo de una masa forestal hasta que alcanza su plenitud. En términos de manejo forestal, se corresponde con el momento de su aprovechamiento.

Los diferentes criterios para la determinación del momento del aprovechamiento ayudan a juzgar cuándo ha llegado el tiempo más oportuno para la corta, en virtud de los diferentes objetivos que pueden plantearse en el manejo.

Dennis Dykstra y Rudolf Heinrich (1996) explican que se denomina **turno** al número planificado de años que transcurre entre la formación o regeneración de una masa forestal y el momento de su corta final. En el mismo sentido, para

Siebert (1999) el **turno** o **rotación** es el número planificado de años entre la repoblación o regeneración de una masa o rodal y su corta final en una fase de madurez determinada por algún criterio.

Por su parte, Emilio Esteban Justo (1979) presenta la definición de **turno** o **rotación** como el período de tiempo transcurrido desde la creación de una masa hasta que alcanza su madurez o una producción específica, bajo ciertos criterios.

Carlos Romero (1997) conceptualiza el término **turno óptimo** como el momento recomendable para talar una masa forestal, según algún criterio específico. También para Márcio Lopes da Silva *et al.* (2002) la **rotación** es aquella edad o número de años a la cual se planea cortar una masa forestal coetánea.

La determinación del turno puede venir expresada como edad de corta de la masa o dimensiones de corta de los árboles (Madrigal, 1995).

Enfoque histórico

La cuestión del turno forestal óptimo fue un tema ampliamente debatido por los forestales europeos durante el siglo XIX y en la actualidad continúa generando polémica.

Según Romero (1997) el momento óptimo de corta ha tenido, a través de la historia, diferentes enfoques, tanto técnicos como económicos y ambientales. Estimar el momento óptimo desde cada uno de estos enfoques depende de los usos finales en el aprovechamiento forestal y de la disponibilidad de datos con la que se cuente.

Aunque el problema de encontrar el momento o turno óptimo de corta es claramente de carácter económico, no fue inicialmente abordado por economistas, sino por investigadores forestales. También en Romero (1997) se describen

los antecedentes históricos del tema, cuyos detalles se puntualizan a continuación:

La primera formulación del problema se le atribuye al forestal alemán Martin Faustmann, quien en 1849 publicó un artículo en la prestigiosa revista *Allgemeine Forst-und Jagd-Zeitung*, destinado a tener una amplia repercusión para la economía forestal en el futuro. El artículo, titulado "Berechnung des Wertes welchen Waldboden sowie noch nicht haubare Holzbestände für die Waldwirtschaft besitzen" ("Cálculo del valor que el suelo forestal y las existencias de madera tienen para la silvicultura"), era en realidad una contestación a un escrito anterior publicado en la misma revista por otro forestal, Von Gehren, en el que desarrollaba sus puntos de vista sobre la determinación del valor del suelo forestal desnudo de árboles. Faustmann discrepaba con aquel autor, del que lo separaban aspectos importantes, en especial sobre el método de cálculo, ya que Faustmann era partidario de utilizar la fórmula del interés compuesto, un tema polémico en aquella época pues muchos forestales alemanes, entre los que se encontraba Von Gehren, preferían la fórmula del interés simple o fórmulas mixtas para sus cálculos económicos.

También advertía Faustmann que su cálculo del valor del suelo forestal se refería exclusivamente a su uso para finalidades silviculturales. Asimismo, señalaba que la solución completa, desde el punto de vista de la silvicultura, debía tener en cuenta el valor de las existencias todavía inmaduras, o sea, de los árboles que todavía no han alcanzado su edad de cortabilidad, y que este valor no debía calcularse referido al presente, sino por el valor que alcanzarán en el futuro, cuando lleguen a la edad de corta, es decir, por el valor que les confiere su pertenencia a un sistema de producción silvícola.

La importancia de encontrar la solución adecuada a esta cuestión, según Faustmann, era grande pues permitiría obtener el valor económico del suelo forestal, aplicable a casos como las expropiaciones de montes o la destrucción de bosques a

consecuencia de incendios, plagas o ciertas actividades humanas. Pero, sobre todo, la solución facilitaría elegir el sistema silvícola más adecuado y determinar el turno forestal óptimo, uno de los temas centrales de las ciencias forestales.

Faustmann sintetizó su solución en una expresión matemática, la "fórmula de Faustmann", que lo haría famoso y estaba destinada a disfrutar de un fecundo porvenir no solo entre los forestales, sino también entre los economistas, una vez que estos la hubieran descubierto.

Posteriormente, y desarrollando los planteamientos iniciales de Faustmann, otros estudiosos forestales, como Max Robert Pressler, quien –basándose en la formulación matemática efectuada por Faustmann– en 1860 planteó el modelo del turno financiero, un caso más complicado, puesto que lo que intentaba era integrar plenamente la economía forestal dentro del sistema económico capitalista, como un sector productivo más e igualmente rentable.

La búsqueda de una formulación adecuada para la cuestión de la renta del suelo forestal estuvo vinculada al desarrollo de las doctrinas económicas liberales. Bajo el influjo del liberalismo, ya a principios del siglo XIX (entre 1820 y 1821) forestales como Pfeil y Hundeshagen sentaron las primeras bases de la teoría. Unos años después, en 1835, Gottlob König aportó la primera formulación matemática del problema, luego perfeccionada por Faustmann en 1849 y desarrollada por Pressler una década después, haciendo operativo el planteamiento teórico. Durante el resto de siglo, la teoría de la renta del suelo forestal y sus aplicaciones se vieron incrementadas con los aportes de Gustav Heyer, en 1865, Friedrich Judeich, en 1869 y Max Endres, en 1894.

El momento de eclosión de estos planteamientos de corte más o menos liberal en la economía forestal se dio, sobre todo, a comienzos de la segunda mitad del siglo XIX, por forestales jóvenes vinculados a determinadas publicaciones e interesados en la formulación de modelos matemáticos aplicables al monte.

Por otra parte, a lo largo del siglo XX, continúa describiendo Romero (1997), y de modo independiente, el problema del turno forestal fue emprendido por destacados economistas, tales como Bertil Ohlin, en 1921, Harold Hotelling, en 1925, Irving Fisher, en 1930, Kenneth Boulding, en 1935, Richard Hartman, en 1976 y Paul Samuelson, en 1976. En opinión de este último (Premio Nobel de Economía 1970), la proposición del forestal Faustmann era correcta. Con excepción de Ohlin, los planteos de los demás economistas eran erróneos o insuficientes. Así lo manifestó Samuelson en un famoso artículo publicado en 1976. A partir de dicha publicación, la fórmula de Faustmann se convertiría en un lugar común de la literatura económica relacionada con los recursos forestales y ambientales.

Factores que influyen en la determinación del turno

La determinación del turno depende de una serie de factores intrínsecos y extrínsecos en relación con el bosque. Unos se basan en la capacidad productiva del propio monte, como resultado final de diversos condicionantes físicos, biológicos, silvícolas, etc. Otros son planteados por las contingencias de los diversos mercados de productos, factores de producción, capitales, etc. Esteban Justo (1978) expone los siguientes factores:

PRODUCTIVIDAD FÍSICA

La máxima productividad física se presenta con el turno que corresponde al óptimo técnico de producción, que coincide con el máximo crecimiento medio anual (IMA). Dicho máximo se deduce del estudio de las curvas de producción del monte. Cuando varía la calidad de sitio, el máximo crecimiento medio

tiene lugar en distintos momentos. Normalmente se verifica que a mejores calidades de estación los turnos son más cortos.

CONDICIONES SILVÍCOLAS

El plan de trabajos silvícolas puede definir o modificar la longitud de la rotación. Por ejemplo, si el plan prevé la regeneración natural por diseminado, la masa forestal tiene que alcanzar la edad idónea para la existencia de árboles padres.

CONDICIONES PATOLÓGICAS

En ocasiones, la rotación o turno deberá tener en cuenta factores correctores a aplicar sobre los crecimientos medios dados por las tablas de producción, ya que dichas tablas no recogen la acción de la mortalidad natural y la repercusión que tienen los pies defectuosos o enfermos en dicho volumen.

OTROS FACTORES

Los factores condicionantes de suelo pueden afectar la duración del turno. Así, por ejemplo, en el caso de masas puras de coníferas con turnos cortos, es conveniente establecer un turno largo después de varias cortas, o mezclar con frondosas, a fin de mantener las características del suelo.

FACTORES DE MERCADO

La existencia de un mercado de productos forestales, definidos por sus tamaños y calidades, induce a establecer el turno necesario para obtener dichos productos. Con esta acción, el

empresario forestal trata de asegurarse la venta de su futura producción, adoptando el turno adecuado.

Por lo general, el precio del producto está determinado en función de las dimensiones (a constancia de especie y calidad), sobre todo en el caso de madera para aserrar y debobinar, donde los precios crecen en ciertos intervalos de diámetros, incluso en forma brusca. En otros casos, como por ejemplo en la madera para pasta, el diámetro tiene una influencia menor en el crecimiento del precio, a partir de un cierto mínimo.

Decisiones sobre el turno forestal

La determinación de la edad ideal para aprovechar un monte depende de los objetivos de la empresa. Así, como el valor de un monte puede ser expresado tanto por el valor económico de sus productos como por sus beneficios estéticos, recreativos, ecológicos y sociales, también la fijación de una edad ideal para cortar puede variar. De esta manera, si se considera solamente el valor económico del monte, la rotación puede modificarse, según se pretenda cantidad o calidad de sus productos.

Para la mayoría de las empresas, el objetivo en su política de manejo forestal es el de maximizar el valor económico del recurso forestal, en términos de producción de madera (madera y leña).

El primer paso para determinar el turno que maximice la renta de una empresa forestal es estimar todos los costos e ingresos que se generan. Generalmente, el valor de la madera se expresa por su rentabilidad efectiva, es decir, el valor de la madera para alguna utilización a que será destinada en un centro de distribución, descontados los costos de producción, almacenamiento y transporte. Este será el precio máximo

que un consumidor, en condiciones normales de mercado, estará dispuesto a pagar por el producto.

Paulo Schneider (1997) sostiene que la rentabilidad potencial de una masa forestal tiende a aumentar con el aumento de la edad, por tres razones. En primer lugar, con el paso del tiempo se verifica un continuo incremento en el volumen de los árboles hasta su muerte; no obstante a partir de una cierta edad, el incremento comienza a disminuir. En segundo lugar, mientras el volumen total de la masa crece a medida que los árboles aumentan de dimensiones y envejecen, el valor de la madera por unidad (por ejemplo, por m³) también aumenta. Las trozas de grandes dimensiones pueden tener una mejor utilización que las pequeñas. Finalmente, como regla general, las trozas mayores presentan un costo de aprovechamiento por m³ menor que las trozas finas.

Considerando que la rentabilidad está dada en función del valor de la madera cortada menos los costos de aprovechamiento, este aspecto tiende a favorecer las rotaciones largas (Schneider, 1997).

En rigor, el tema de los costos de una empresa es más complejo. Aunque muchos de estos pueden ser considerados por su valor actual (costos de administración, impuestos, mejoras, etc.), hay dos costos distintos involucrados en una masa forestal, bajo el concepto de costo de oportunidad: el costo del capital y el costo de la tierra. Observando este concepto del costo de oportunidad, algunos factores de producción forestal tales como la tierra y el capital en forma de árboles, deben tener sus costos valorados en función de su utilización.

Bases económicas para la determinación del turno

Schneider (1997) señala los fundamentos económicos básicos en los que se sustenta la determinación del turno forestal.

La economía enseña que toda empresa procura maximizar sus beneficios operando a un nivel donde el costo marginal sea igual a su ingreso marginal. De manera análoga, la rotación óptima será aquella edad de la masa forestal en la cual el incremento de los costos sea igual a los incrementos de los ingresos. Esto se puede observar en la Figura 1.

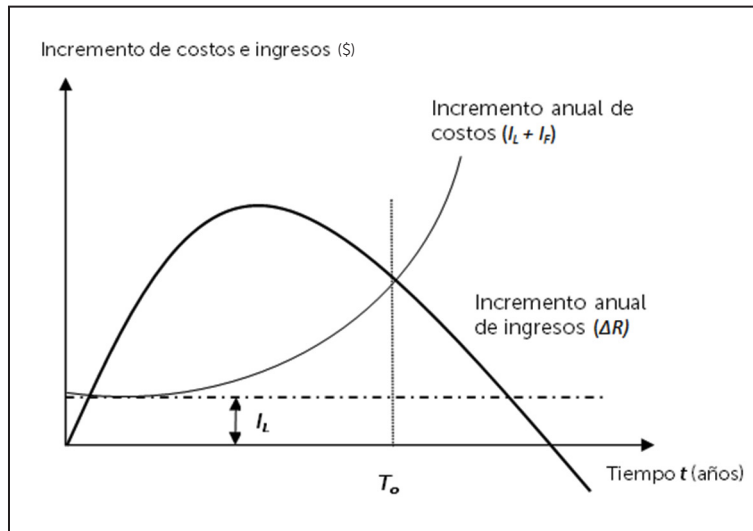


Figura 1. La rotación óptima desde el análisis incremental de costos e ingresos.

El comportamiento del incremento anual del ingreso R de la masa con la edad t se describe en la curva ΔR . Si el valor por m^3 de madera fuese fijo (o sea, sin considerar la dimensión o edad de los árboles), esta curva tendría exactamente la misma forma que la curva del ICA (incremento corriente anual), que indica la variación anual del incremento en el volumen total de la masa a lo largo del tiempo.

El costo anual de oportunidad de la tierra (I_L) es constante respecto al tiempo. Los costos del interés de la inversión forestal (I_F) aumentan a medida que la rentabilidad total del monte aumenta a lo largo del tiempo. Según la Figura 1, la mejor rotación está indicada donde la curva de incremento anual del ingreso (ΔR) se intercepta con la curva de incremento de los costos ($I_L + I_F$), en el punto T_o .

A partir de ese punto óptimo T_o es útil analizar las implicancias de cortar la masa forestal en cualquier edad que no sea T_o . A cualquier edad inferior a dicho punto, los costos para mantener el monte por un año son inferiores al valor de los productos extras que ese monte producirá ese año. Por lo tanto, se conseguirá un ingreso neto positivo si se prolonga la rotación por un año más. Por el contrario, a cualquier edad superior a T_o , los costos anuales de mantenimiento del monte excederán la renta que el mismo proporcionará un año más.

La curva de costos e ingresos acumulados es semejante a la curva de costos e ingresos totales, que enseña la ciencia económica. La máxima diferencia entre costos e ingresos acumulados ocurrirá cuando ambas curvas sean paralelas, nuevamente en el punto T_o (Figura 2).

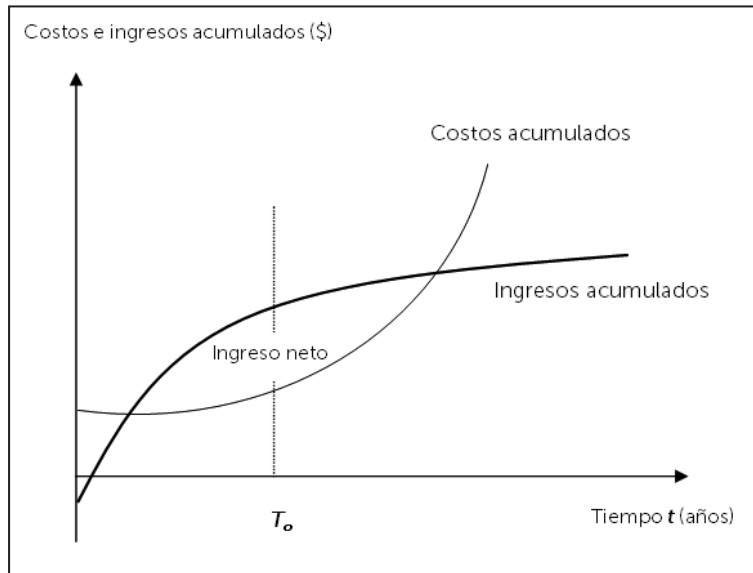


Figura 2. La rotación óptima desde el análisis de costos e ingresos totales.

La Figura 3 representa la relación entre la renta líquida (o ingreso neto) y la edad de la masa forestal. Dicha renta líquida tiene un punto máximo T_o donde, naturalmente, la diferencia entre los costos e ingresos acumulados es máxima.

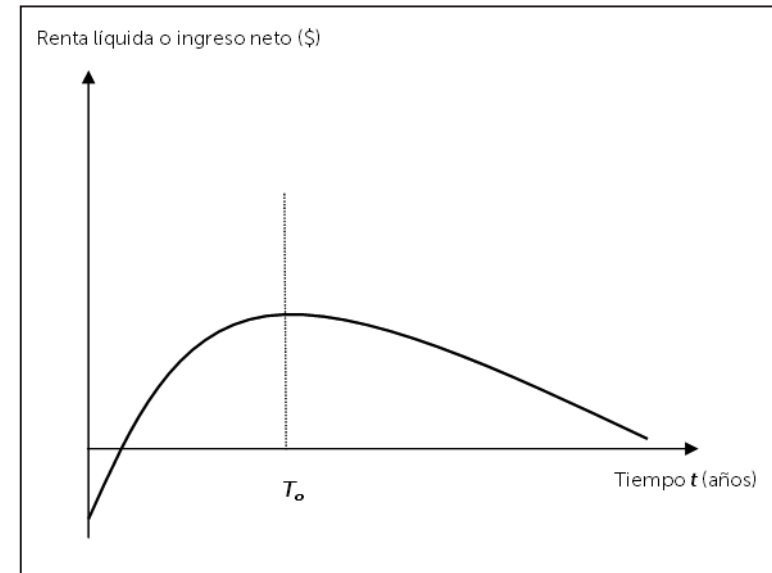


Figura 3. La rotación óptima desde el análisis de la renta líquida.

Resumiendo, la rotación óptima ocurre cuando:

$$\Delta R = I_L + I_F$$

En principio, la determinación de la rotación parece simple si se considera solamente el valor de la masa. Sin embargo, el valor de la tierra solo puede determinarse cuando se conoce el mejor uso para la misma (que implica la mayor renta). Así como el valor de la tierra es un factor determinante para la rotación, el mismo no puede ser optimizado mientras no se conozca la mejor rotación.

Otras implicancias en la determinación de la rotación son: a) un cambio en la tasa de interés y b) el stock inicial de madera.

La tasa de interés elegida es de importancia fundamental en las decisiones que involucran el factor tiempo. Pequeñas diferencias en la tasa, usada para descontar los retornos esperados de un futuro distante, tienen un efecto drástico en términos actuales. La reducción de la tasa de interés tiende a prolongar el turno. Por ello es que se precisa, en primer lugar, definir la tasa de rentabilidad mínima (tasa de interés) que la empresa está dispuesta a aceptar para sus inversiones.

Respecto al stock de madera se puede señalar que la densidad inicial es una decisión importante en función de su influencia en los incrementos, en los costos y, por consiguiente, en la rotación.

Criterios para la determinación del turno forestal

A lo largo del tiempo se desarrollaron diferentes criterios o modelos de optimización para la determinación del turno forestal óptimo, según el tipo de masa forestal a aplicar: criterios de máxima renta en especie para masas regulares coetáneas; criterios tecnológicos, preferentemente empleados en masas irregulares; criterios de cortabilidad física para montes protectores, modelos financieros, etc.

En un intento de conciliar la bibliografía consultada, los criterios existentes pueden clasificarse en tres grandes grupos, de acuerdo con el objetivo que persiguen:

BIOLÓGICOS

TÉCNICO-FORESTALES

ECONÓMICOS

Los **criterios biológicos** tratan de maximizar los beneficios indirectos de protección del monte. Atienden al mantenimiento de la estabilidad y armonía de la masa boscosa, mediante el cumplimiento preferente de la "condición de persistencia".

Los **criterios técnico-forestales**, concebidos para optimizar rentas en especie, están orientados a "satisfacer el consumo". Su objetivo es buscar el máximo de la producción en volumen, bajo las especificaciones cualitativas solicitadas por la demanda.

Los **criterios económicos**, por su parte, son estrictamente de carácter monetario; resultan de valorar en dinero los rendimientos obtenidos de la producción forestal. Son métodos que atienden al "interés del empresario".

Cabe advertir que todos los modelos mencionados se enfocan a ser aplicados en la producción de madera y leña exclusivamente.

No obstante, el actual desarrollo de la economía de los recursos naturales permite plantear, al menos teóricamente, la optimización de otros usos del bosque de tipo social y ambiental, como se verá más adelante.