CÁTEDRAS

VALORACIÓN FORESTAL

Fundamentos y aplicaciones

Marta Caronel de Renolfi

EDUNSE

Rector
Ing. Héctor Rubén Paz

Vicerrectora
Lic. Hilda Marcela Juárez

Subsecretaria de Comunicaciones
Lic. María Gabriela Moyano

Coordinador Editorial
Dr. Lucas Daniel Cosci

Valoración Forestal
Fundamentos y aplicaciones

Valoración Forestal
Fundamentos y aplicaciones

Marta Coronel de Renolfi

EDUNSE
editorial universitaria

Coronel de Renolf, Marta
Valoración forestal : fundamentos y aplicaciones / Marta Coronel de Renolf. - 1a ed. - Santiago del Estero : EDUNSE, 2025.
Libro digital, PDF - (Cátedras)

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-4456-52-6

1. Análisis Económico. I. Título.
CDD 333



Libro
Universitario
Argentino

Correción: Ignacio Ratier
Diseño de tapa y maquetación: María Eugenia Alonso
Edición: Ignacio Daniel Ratier

©Marta Coronel de Renolfi
© **EDUNSE**, 2025
Av. Belgrano (S) 1912 - G4200ABT
Santiago del Estero, Argentina
email: infoedunse@gmail.com
www.edunse.unse.edu.ar

Las opiniones expresadas en los libros publicados por EDUNSE no necesariamente reflejan los puntos de vista de la Subsecretaría de Comunicaciones 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.

Dedicado a mis "hijos forestales"
Gabriela, Miguel, Rocío y Jorge,
el gran equipo de trabajo de la Cátedra

Presentación

La temática que se aborda en este trabajo es la Valoración Forestal. Se trata de un manual que recoge los aspectos esenciales del tema, tanto teóricos como prácticos.

Está destinado principalmente a estudiantes avanzados de Ingeniería Forestal, es decir, a estudiantes que tengan conocimientos previos de Economía General, Administración, Ecología Forestal y Silvicultura. También está pensado para que cualquier profesional de las Ciencias Forestales interesado, pueda actualizarse en este tema complejo.

Este material didáctico es el resultado de la búsqueda, selección, lectura y estudio de material bibliográfico durante muchos años de docencia en la Cátedra de Economía y Administración Forestal. Los tópicos que se desarrollan responden a los contenidos del tema de Valoración Forestal insertos en el actual programa de Economía y Política Forestal de la carrera de Ingeniería Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales de la UNSE.

Se ha pretendido que el texto sea sencillo, tratando detenidamente la deducción de fórmulas e insistiendo en la justificación de los criterios de valoración adoptados.

El trabajo consta de cuatro capítulos. El Capítulo 1 es una introducción al tema, donde se presentan los conceptos de interés, tasa de interés, capitalización y actualización. Una de las características intrínsecas de la producción forestal es que suele presentar un horizonte de larga duración. Esto significa que la elección de la tasa de interés cobra una notable influencia cuando se trata de resolver problemas económicos referidos a los recursos forestales.

En el ámbito de la Economía Forestal, cuando se requiere comparar valores monetarios de costos, ingresos y beneficios que se generan en diferentes momentos del ciclo de la producción forestal, es necesario homogeneizar dichos valores a un mismo momento del tiempo. Por tal motivo,

se hace indispensable conocer ciertas expresiones de equivalencia financiera, que resultan útiles a la hora de efectuar una valoración forestal. Es el tema que se desarrolla en el Capítulo 2.

El Capítulo 3 se dedica a presentar detalladamente todas las particularidades propias de la Valoración Forestal (tipos, técnicas empleadas, aplicaciones y factores de la valoración), atendiendo en forma exclusiva a los aspectos productivos del bosque. Se desarrollan los métodos de valoración que surgen desde este ámbito y los tipos de valoración que se aplican a las diferentes formas de masa forestal.

Cada uno de estos tres capítulos se complementa con abundantes ejemplos prácticos resueltos paso a paso, con el objetivo de otorgar mayor claridad a cada tema.

Siendo consciente que un trabajo sobre Valoración Forestal requiere de una valoración moderna que incluya la valoración de los llamados beneficios indirectos del bosque, se ha incluido un capítulo sobre Valoración Ambiental. El Capítulo 4 se dedica a ello. Bajo la consigna de sostener la exposición dentro de límites razonables, el objetivo de esta sección es presentar una introducción de este enfoque, con conceptos básicos y elementales que completen la temática central del libro, pretendiendo dejar el claro mensaje de que los métodos de valoración aplicables en el sector forestal no se limitan únicamente a la producción de bienes tangibles como la madera. Si bien en este capítulo no se incluyen ejercicios de aplicación práctica, se señala abundante material bibliográfico, tanto de libros como de artículos, donde el lector interesado puede ampliar y profundizar sus conocimientos.

Con el anhelo de que este libro sea un material útil para quien lo consulte, sólo queda expresar que la idea es cubrir el vacío en la literatura forestal de habla hispana sobre este tema. Y, para la mejor comprensión de los estudiantes, se lo hizo de manera sistematizada y didáctica, eslabonando los contenidos. ¡Espero haberlo logrado!

Marta Coronel de Renolfi
Cátedra de Economía y Administración Forestal
Facultad de Ciencias Forestales-UNSE

ÍNDICE

Introducción 15

Capítulo 1
EL INTERÉS 19
1.1 **Concepto de tasa de interés** 19
1.2 **Conformación de la tasa de interés** 20
1.2.1 La tasa por riesgo 21
1.3 **Sistemas de capitalización** 24
1.3.1 Definiciones 24
1.3.2 Régimen de interés simple 25
1.3.3 Régimen de interés compuesto 26
1.4 **Capitalización y descuento** 30
1.5 T**asas equivalentes** 33
1.6 **La tasa de interés y el costo de oportunidad del capital** 36
1.7 **La tasa a aplicar en la gestión forestal** 37
1.8 **Interés real y nominal** 39
1.9 **¿Cómo calcular la cuota de un crédito?** 41
1.10 **Tasa nominal versus tasa efectiva** 44
1.11 **Capitalización continua** 45
Bibliografía 50

Capítulo 2
FÓRMULAS FINANCIERAS DE VALORACIÓN 51
2.1 **Capitalización y actualización de un solo valor** 51
2.2 **Capitalización y actualización de una serie de valores** 53
2.2.1 Conceptos previos. Progresiones geométricas 55
2.2.2 Suma de rentas en número finito 57
2.2.3 Suma de rentas en número infinito 66
Bibliografía 70

Capítulo 3

LA VALORACIÓN FORESTAL ... 71
3.1 **Definición de valor** ... 71
3.2 **Valor versus precio** ... 74
3.3 **Concepto de valoración** ... 75
3.3.1 Utilidades básicas de la valoración ... 76
3.3.2 Fundamentos de la valoración ... 77
3.4 **Orígenes de la valoración forestal** ... 77
3.4.1 Bienes y servicios de los ecosistemas forestales ... 79
3.5 **Criterios de valoración** ... 81
3.5.1 Características de cada criterio de valoración ... 82
3.6 **Postulados de la valoración forestal** ... 87
3.7 **Tipos de valoración forestal** ... 88
3.7.1 Aplicaciones de la valoración forestal ... 89
3.7.2 Factores que influyen en la valoración forestal ... 91
3.8 **Valoración del suelo forestal** ... 92
3.8.1 ¿Qué criterio se aplica para valorar el suelo forestal? ... 93
3.8.2 Interpretación del valor del VES ... 97
3.8.3 La fórmula de Faustmann ... 101
3.9 **Valoración del vuelo forestal** ... 103
3.10 **Valoración del rodal regular inmaduro** ... 104
3.10.1 ¿Qué criterio se aplica para valorar el rodal regular inmaduro? ... 106
3.10.2 Valor en costo del rodal ... 106
3.10.3 Valor potencial del rodal ... 110
3.11 **Valoración de masas irregulares** ... 116
3.11.1 ¿Qué criterio se aplica para valorar el rodal irregular? ... 117
3.12 **Valoración del bosque ordenado** ... 120
3.13 **Valor de la madera en pie** ... 124
3.13.1 ¿Qué criterio se aplica para valorar la madera en pie? ... 125
3.13.2 Métodos de cálculo ... 128
Bibliografía ... 132

Capítulo 4

VALORACIÓN AMBIENTAL ... 135
4.1 **Funciones ambientales de los bosques** ... 135
4.2 **Aplicaciones de la valoración en ecosistemas forestales** ... 137
4.3 **La economía ambiental** ... 138
4.4 **Algunos conceptos previos** ... 139
4.5 **La valoración económica del ambiente** ... 145
4.6 **El valor de un activo ambiental** ... 146
4.6.1 Valor económico total ... 147

4.6.2 Valores de uso 149
4.6.3 Valores de no uso 150
4.7 **Significado del valor económico de un ecosistema forestal** 152
4.8 **Métodos de valoración ambiental** 153
4.8.1 Valoración contingente 154
4.8.2 Variables hedónicas 156
4.8.3 Costo de viaje 159
4.8.4 Costos evitados o inducidos 161
4.8.5 ¿Cuándo aplicar cada método de valoración ambiental? 164
4.9 **Limitaciones de la valoración ambiental** 165
4.10 **La valoración ambiental aplicada en el ámbito forestal** 168
4.10.1 Valoración de los bienes y servicios de un ecosistema forestal 169
4.11 **Valoración de árboles** 172
4.11.1 La valoración de árboles ornamentales 173
4.11.2 Método de la Norma Granada 174
4.11.3 Algo más acerca de la valoración del arbolado 177
4.12 **Valoración de pérdidas por incendios forestales** 177
4.12.1 Componentes del daño por incendio 178
4.12.2 Metodología de valoración del daño por incendio 180
Bibliografía 187

La autora 190

Introducción

Los bosques desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento del equilibrio vital del planeta, además de ofrecer una infinidad de bienes y servicios. Sin embargo, los mismos se han tornado en un recurso cada vez más escaso, y cada día se observa una disminución de la cobertura forestal. En este contexto, surge la Economía Forestal que estudia la asignación y utilización racional de los recursos con miras a la producción, distribución y consumo de bienes y servicios forestales.

La Economía Forestal es una rama de la economía aplicada. Las ciencias económicas proporcionan las bases teóricas, el método, el instrumental de análisis; la Economía Forestal da el marco de referencia, el escenario reducido de su ámbito y la materia objeto de análisis: se encarga de la aplicación de los principios económicos en la producción, manejo y conservación de los recursos forestales.

La Economía Forestal trata de prever y resolver los problemas económicos del sector forestal, tales como la compra, venta, valoración y manejo de los bosques y de sus productos. En términos generales, su campo de estudio abarca la economía del manejo forestal, de la industria forestal y los servicios.

¿Qué temas puntuales le competen a la Economía Forestal? La Economía Forestal avanza en el conocimiento económico del sector forestal a partir de múltiples perspectivas, desde la gestión de los recursos naturales de producción y conservación, pasando por la economía de la empresa, la estimación de rendimientos y costos de las intervenciones silvícolas, el análisis de rentabilidad de las inversiones forestales, la determinación del turno forestal óptimo, la valoración económica de los productos y servicios que brinda el bosque, hasta los mercados de productos forestales.

La expresión última de las ciencias forestales es su realidad económica en la que se resumen las decisiones y acciones biológicas y técnicas.

Los resultados de las operaciones forestales no solo se expresan por la cantidad y calidad de los productos, sino por su valor económico. El "economista forestal" debe compatibilizar los fundamentos que enseñan las leyes económicas con los principios biológicos del ordenamiento de los recursos forestales.

Las actividades forestales presentan algunas características especiales que las diferencian de otras y que requiere un tipo diferente de análisis económico.

En primer lugar, el largo período involucrado en el proceso productivo. En relación con otras actividades primarias, los recursos forestales, sean naturales o implantados, requieren de varios años hasta su aprovechamiento.

Además, la producción forestal normalmente precisa de grandes inversiones y su retorno se obtiene a largo plazo. A este hecho se asocia la dificultad de prever el comportamiento del mercado en el futuro.

En segundo lugar, el material leñoso es, simultáneamente, capital generador y producto final. Cuando se corta una masa forestal en realidad se está cortando el propio factor de producción. En agricultura, la renta se presenta bien separada del capital, mientras que en el bosque la renta aparece confundida con él. En agricultura, la renta es la cosecha después de deducir los gastos de operación, mientras que, en un bosque dedicado a la producción de madera, la renta está constituida por el crecimiento anual de los árboles, y aparece, por lo tanto, íntimamente confundida con el capital. Esta confusión da a la producción forestal un carácter especialísimo porque obliga a diferenciar el capital (material leñoso que forman las existencias del bosque) del interés (crecimiento de la masa que ha de cortarse).

En tercer lugar, se debe destacar la existencia de muchos valores forestales que no son medidos por los mercados existentes. Junto con la producción de madera, que generalmente es el único producto con precio en el mercado, el bosque genera una multiplicidad de otros productos y servicios que no pasan por el mercado y son difíciles de cuantificar; bienes y servicios que no poseen precio pero que tienen valor.

Todas las circunstancias señaladas anteriormente son una justificación para concebir a la Economía Forestal como un campo especial de estudio.

Acerca de la primera característica de las actividades forestales se puede advertir que el escaso margen de rentabilidad de los emprendimientos del sector es un tema controvertido y complejo, ya que depende de los elementos que se consideren a la hora de calcular dicha rentabilidad así como de la gestión llevada a cabo a lo largo del tiempo. Sin embargo, la valoración económica de los bosques se encuentra en pleno proceso de revisión y desarrollo, ya que la incorporación de las externalidades ambientales elevaría considerablemente la rentabilidad que se obtenga en la gestión forestal.

Respecto a la diferenciación entre capital e interés, esta segunda característica de las actividades forestales trae aparejado un problema clásico de la economía forestal, que es la decisión de cuál es la edad óptima de corta de una masa boscosa. Por otra parte, cabe subrayar que de los tres factores genéricos de la producción que enseña la Economía (tierra, trabajo y capital), los problemas de una empresa forestal relacionados con el factor trabajo no difieren esencialmente de los que enfrenta cualquier otra empresa, mientras que los problemas con el factor capital y el factor tierra son, en muchos casos, bastantes diferentes. Las características particulares que el capital asume en la producción forestal y la trascendencia de los valores del suelo y el vuelo genera cuestiones y singularidades metodológicas.

Finalmente, el uso múltiple del bosque obliga a efectuar una valoración económica no solamente de los productos forestales tangibles como la madera, sino también de los bienes y servicios ambientales sin mercado, valoración apoyada en los avances teóricos y metodológicos de la Economía Ambiental.

Este libro se ocupa de uno de temas centrales de la Economía Forestal: la valoración. Antes de decidir el futuro uso o actividad en un bosque, será necesario realizar su valoración. Si se enmarca al bosque bajo el indiscutible concepto de su uso múltiple, se puede conferir a la valoración con un papel fundamental a la hora de la toma de decisiones en la gestión forestal, donde se conjugan una serie de conocimientos dasométricos, silvícolas y económicos.

Capítulo 1
El interés

Un capital puede ser identificado en términos reales o en dinero. Un capital real inmovilizado es una máquina, un equipo, los inmuebles, los caminos, la tierra, la masa forestal en crecimiento, etc. Un capital en dinero (capital en giro o circulante) está representado por los pagos en concepto de salarios, servicios, materia prima, etc.

La relación básica que surge en la mayoría de las decisiones financieras es la que se establece entre el capital y la rentabilidad que este capital produce. Esta es, en esencia, la noción de tasa de interés. Este concepto constituye la piedra básica de la administración financiera (Candioti, 1999).

1.1 Concepto de tasa de interés

Si se recuerda que los factores de producción son el trabajo, el capital, la tierra y la capacidad empresarial, se puede señalar que, por su participación en cualquier proceso productivo, a cada uno de los propietarios de estos factores le corresponde una remuneración denominada salario, interés, renta y utilidad, respectivamente. De este modo se observa que los propietarios del capital reciben su retribución en forma de interés.

El interés del capital está ligado estrictamente a un concepto que lo acompaña siempre: el tiempo. El tiempo es un censor en el uso del dinero. Una determinada cantidad de dinero en diferentes momentos del tiempo presenta diferentes valores, aun en el caso que no existiera inflación. El interés es el valor del dinero en el tiempo.

El **interés** es, por lo tanto, la compensación en dinero por el uso de un capital, durante un determinado por tiempo, a una tasa previamente establecida, llamada tasa de interés.

La **tasa de interés** es el pago al factor capital y se expresa normalmente como una tasa porcentual que se refiere, obligadamente, a cierto período de tiempo; expresa la remuneración del capital durante el período a que ella se refiere.

La tasa de interés puede ser porcentual o unitaria. En el primer caso se refiere a cada cien unidades de capital. En el segundo caso se refiere a una unidad de capital.

En síntesis:

- El interés constituye la compensación en dinero por el uso de un capital durante un período de tiempo a una tasa previamente determinada, llamada tasa de interés.
- El interés es la remuneración atribuida al factor capital.
- Por el uso de un cierto capital durante un determinado lapso de tiempo, se paga una cantidad de dinero denominado interés por el uso de ese factor, de forma que al final del plazo estipulado se dispone no solo de la cantidad original de dinero sino también de un adicional que corresponde al costo de oportunidad del uso del capital durante el período de tiempo establecido.

1.2 Conformación de la tasa de interés

¿Por qué existe la tasa de interés? Hay varias razones que justifican la existencia del interés. Lopes Da Silva et al. (2005) indican y ejemplifican dos razones: la productividad del capital y la preferencia temporal.

- Productividad del capital: con un capital disponible se puede generar más capital. Por ejemplo, con un capital se puede invertir en el mercado financiero o se puede comprar un tractor.
- Preferencia temporal: recibir una cantidad de capital en el presente es mejor que recibir esta misma cantidad en el futuro. Por ejemplo, si una persona dispone hoy de 10.000 $ no los prestará para recibir el mismo valor dentro de un año. Esa persona puede sentirse atraído a prestarlo al 8% anual para recibir dentro de un año 10.800 $. El interés logra establecer la equivalencia de valores en tiempos diferentes: en el ejemplo, el monto de 10.800 $ dentro de un año es igual que el de 10.000 $ hoy. En otras palabras, la tasa de interés representa la equivalencia de dos sumas de dinero en dos momentos diferentes del tiempo.

Candioti (1999), por su parte, señala tres elementos que conforman la tasa de interés:

- Interés natural
- Liquidez
- Riesgo

Interés natural

El interés natural se llama también "tasa libre de riesgo". Una visión racional básica afirma que el interés es el premio por postergar el consumo, concebido en un contexto de certeza y seguridad (libre de riesgos).

Por ejemplo, es posible imaginar a dos personas que terminan unas competencias deportivas extenuadas por la sed; uno de ellos dispone de una gaseosa. El otro se la pide con el compromiso de reponerle dos a la semana siguiente; el primero accede. En un contexto sin riesgos y aislado de actitudes solidarias es racional que el beneficiado pague un premio al primero. Esto es el interés natural.

Riesgo

Si se elimina el contexto de certeza surge el riesgo, o sea, la posibilidad de que el dinero prestado no sea devuelto. En este caso, es racional que aumente la compensación pretendida.

Siguiendo con el mismo ejemplo, si se elimina el contexto de certeza, existe la probabilidad de que la gaseosa prestada no sea devuelta.

Liquidez

Es el tercer elemento que integra la tasa de interés. Se refiere al mayor o menor tiempo que transcurre para disponer del dinero, o sea a la mayor o menor privación de liquidez que una inversión exige. A igualdad de riesgos, el inversor no se comporta de la misma manera según el tiempo de bloqueo de sus fondos: el ser humano racional elige disponer de su dinero lo antes posible.

Una clara demostración se observa cuando una misma institución financiera ofrece rendimientos (intereses) diferenciados para un depósito en caja de ahorros que para un plazo fijo. La diferencia obedece a la imposibilidad del inversor de disponer de sus fondos en cualquier momento.

1.2.1 La tasa por riesgo

Dentro del concepto de riesgo se puede distinguir entre el riesgo sector y riesgo país.

Riesgo sector

El riesgo sector establece la distinción del riesgo a que está expuesta una actividad respecto de otra. Es obvio que no es lo mismo una inversión por concesión de un servicio público (con clientes cautivos y un piso de rentabilidad asegurado) que una explotación petrolera.

En el caso del sector agropecuario, las decisiones de inversión se ven influenciadas por diferentes tipos de riesgos: riesgos en la producción (por ejemplo, riesgos climáticos y sanitarios), riesgos humanos (por ejemplo, riesgo laboral), riesgos del entorno productivo, social y político, y riesgos económicos. Estos últimos involucran, por ejemplo, riesgos asociados con la variabilidad de precios en insumos y productos, riesgos asociados con el tipo de cambio, riesgos de la comercialización y riesgos asociados a la tasa de interés.

Riesgo país

El riesgo país (o riesgo soberano) es un concepto que pertenece al ámbito de las inversiones multinacionales. Se trata de un indicador que surgió en los años ´90 con el impulso de las economías emergentes y que se constituyó en un valor de la calificación de los países en desarrollo. Un valor alto es sinónimo de debilidad y descrédito.

El indicador del riesgo país sirve a los inversores internacionales ya que permite acceder a una comparación homogénea entre diversos países.
El riesgo país se mide tomando el promedio de rendimiento de los títulos de la deuda (por ejemplo, un bono) del Tesoro de EEUU y comparando con el rendimiento que otorgan los bonos públicos que emite cada país:

Riesgo país =
(Rendimiento del bono del país de análisis - Rendimiento bono de EEUU) * 100

Como se trata de tasas de interés porcentuales, para tornarse más entendible, el indicador se expresa en "puntos básicos" (centésimas de punto porcentual o pp), en el que cada punto porcentual es equivalente a 100 pp.

La magnitud del riesgo se mide a través de una sobretasa que paga un país poco solvente con respecto a países altamente confiables y solventes (como EEUU). Prestar dinero a EEUU (es decir, comprar un bono del Tesoro de EEUU) está prácticamente libre de riesgo.

El riesgo país representa una calificación que los organismos internacionales o consultoras privadas suelen calcular en base a múltiples circunstancias que, sin ser excluyentes se enumeran a continuación:

- Seguridad jurídica para las personas y los bienes
- Estabilidad monetaria
- Confiabilidad en el poder judicial

- Simplicidad y certeza de los regímenes tributarios, previsionales y laborales
- Facilidad para la circulación de la riqueza
- Estabilidad política
- Adhesión a un sistema de economía de mercado
- Paz social
- Dimensión y papel del Estado
- Civilizada distribución del ingreso nacional
- Ausencia de conflictos raciales o religiosos

EJEMPLO

1) Si un bono del Tesoro de EEUU paga un rendimiento del 4% anual (inversión libre de riesgo por definición) es equivalente a 400 pp. Si un bono del gobierno de Argentina ofrece un rendimiento del 24% anual (inversión riesgosa). ¿A qué se debe la diferencia de tasas?:

Tabla 1.1

Inversión	Rendimiento (%)	Premio por esperar (%)	Premio por arriesgar (%)
Bono de EEUU	4	4	0
Bono de Argentina	24	4	20

El gobierno de EEUU es el pagador más solvente del mundo; por lo tanto, prestarle dinero (en forma de bonos) a EEUU está libre de todo riesgo. La tasa que pagan los bonos de EEUU es la tasa de interés natural (libre de riesgos) que se usa como referencia. El gobierno argentino es considerado un pagador poco confiable; por lo tanto, prestarle dinero a Argentina (en forma de bonos) es arriesgado. En el ejemplo, la magnitud de ese riesgo se mide por la tasa extra que paga Argentina con respecto a EEUU, que es del 20%: esta tasa es el riesgo país y se dice que es de 2.000 puntos básicos.

Cómo afecta al país? Los países que registran tasas más bajas de rendimiento de sus bonos, pese a que ofrecen menor renta, otorgan mayor seguridad a los inversores. De ahí que son los países elegibles para atraer capitales. Por el contrario, cuando el riesgo país es alto, ¿ se desalienta el ingreso de capitales del exterior y de ese modo, también se emite una señal negativa para las inversiones locales.

Los datos reales de estos valores son, actualmente, los siguientes: un bono de EEUU a 10 años rinde un 4,558% anual. El riesgo país de Argentina es de 641 pp, frente a 234 pp de Brasil, 96 pp de Uruguay, 159 pp de Perú y 126 pp de Chile (según consultora JP Morgan, al 22 de mayo de 2025).

1.3 Sistemas de capitalización

Según lo expuesto hasta el momento, la premisa básica del concepto de la tasa de interés es la siguiente:

> El dinero, sólo porque transcurre el tiempo, debe ser remunerado con una tasa de interés que el propietario de ese capital le exigirá, por no hacer uso del mismo hoy y aplazar su consumo a un futuro.

Es decir que, por invertir cierto capital durante un determinado tiempo, se paga por su uso, una cantidad de dinero denominado interés, de forma que, al final del plazo estipulado, se dispone no solo de la cantidad original de dinero sino también de un adicional que corresponde al uso del capital durante el período de tiempo establecido.

La pregunta que surge ahora es: ¿de qué modo se pueden calcular los intereses que genera un capital? Dicho en otros términos: ¿cómo se adicionan los intereses a un capital? Responder esta pregunta implica desarrollar el tema de los sistemas de capitalización.

1.3.1 Definiciones

Se denomina **capitalización** a la adición de los intereses al capital. El régimen o sistema de capitalización es el proceso de formación del interés.

Existen dos sistemas de capitalización (Cruz R. y Valls M., 2014; De Miguel Seco, 2020; Meza, 2017):

- Régimen de interés simple
- Régimen de interés compuesto

Por otro lado, se entiende por período de capitalización al intervalo de tiempo al final del cual se genera el interés. Por convención, ese período de tiempo es aquél al que se refiere la tasa de interés considerada. Esto significa que el período y la tasa de interés deben ser sincrónicos: si la capitalización es mensual, la tasa debe tener como referencia el mes; si los períodos se expresan en años, la tasa de interés deberá ser anual. El período de capitalización normalmente se sitúa entre un mes y un año.

Los intereses percibidos pueden o no adicionarse al capital inicial para ganar nuevos intereses. Cuando no se adicionan, es decir, cuando se van acumulando sin generar a su vez intereses, se denomina **interés simple.** Esta modalidad es corriente en períodos cortos, ya que las posibilidades reales de reinvertir los intereses para que, a su vez, generen nuevos intereses, son reducidas o nulas. En cambio, en períodos largos, cuando existen alternativas concretas de reinvertir los intereses, se supone la adición periódica de los intereses al capital: es el régimen del **interés compuesto**.

1.3.2 Régimen de interés simple

En el régimen de interés simple, los intereses de cada período son calculados siempre con base en el capital inicial. De modo que el interés generado en cada período es directamente proporcional al capital inicial y al tiempo de aplicación de los fondos. En este caso, los intereses formados al final de cada período a que se refiere la tasa, no se incorporan al capital para rendir intereses en el período siguiente. El capital inicial Vo rinde sólo el interés.

Entonces, el total de interés simple que genera el capital inicial Vo es:

$$I = V_o * i * n$$

Dónde:

I: intereses generados en el plazo considerado, en $

V_o: capital inicial o valor inicial, en $

i: tasa de interés unitaria (al tanto por uno)

n: número de períodos de tiempo en que se expresa la tasa i.

El monto del capital final V_F se obtiene con el cálculo del capital inicial sumados los intereses:

$$V_F = V_o + I$$
$$V_F = V_o + (V_o * i * n)$$
$$V_F = V_o(1 + \dot{n})$$

EJEMPLO

2) Se trata de un capital inicial de 800 $ que trabaja con un interés simple del 8% anual.

Cuando n = 1: $V_F = V_o(1 + in) = 800(1 + 0{,}08 * 1) = 864\ \$$

Cuando n = 7: $V_F = V_o(1 + in) = 800(1 + 0{,}08 * 7) = 1.248\ \$$

En una representación gráfica del interés simple, el valor del dinero crece linealmente a lo largo del tiempo, es decir, crece en progresión aritmética.

A pesar de haber expuesto la base teórica del régimen de interés simple, se debe advertir que Pereira Rezende et al. (2001) opinan que es de uso poco frecuente. Es más, Candioti (1999) advierte que es un cálculo erróneo en la inversión de capitales.

1.3.3 Régimen de interés compuesto

En este régimen, los intereses se incorporan al capital inicial al final de cada período, constituyendo un nuevo capital, que rendirá nuevos intereses en el período siguiente. En este caso, se calculan intereses sobre los intereses.

Siendo V_F el monto final obtenido por la capitalización del valor inicial Vo, I el monto de los intereses, i la tasa de interés y n el período de tiempo durante el cual se generan los intereses, se tiene que el capital final es el capital inicial más el monto de los intereses generados en el período:

$$V_F = V_o + I$$

El cálculo del capital final para diferentes períodos será como sigue:

Período	Monto
0	V_o
1	$V_1 = V_o + V_o * i = V_o (1+i)$
2	$V_2 = V_o (1+i) + V_o (1+i) * i = V_o (1+i) (1+i) = V_o (1+i)^2$
3	$V_3 = V_o (1+i)^2 + V_o (1+i)^2 * i = V_o (1+i)^2 (1+i) = V_o (1+i)^3$
…	…
n	$V_n = V_o (1+i)^{n-1} + V_o (1+i)^{n-1} * i = V_o (1+i)^{n-1} (1+i) = V_o (1+i)^n$

La expresión general para calcular el valor final o **valor futuro** V_F de un capital a interés compuesto es:

$$V_F = V_o(1+i)^n$$

Dónde:
V_F: capital final o valor final
V_o: capital inicial o valor inicial
i: tasa de interés unitaria
n: número de períodos de tiempo en que expresa la tasa de interés

Despejando V_o se obtiene la expresión para hallar el valor inicial o valor actual V_o de un capital:

$$V_o = \frac{V_F}{(1+i)^n}$$

EJEMPLO

3) Si en el Ejemplo 2, en lugar de interés simple se aplicara interés compuesto del 8% para el mismo capital inicial de los 800 $, a un plazo de 7 años, se tendría:

$$V_F = V_o(1+i)^n = 800(1+0{,}08)^7 = 1.371\ \$$$

4) Una persona deposita 25.000 $ durante 6 meses en una cuenta de caja de ahorro a una tasa del 2% mensual. El monto final resultante al cabo de los 6 meses será:

$$V_F = V_o(1+i)^n = 25.000(1+0{,}02)^6 = 28.154\ \$$$

5) Un pequeño ahorrista tiene 10.000 $ al cabo de 5 años. Los había colocado en un banco a una tasa del 8% anual. ¿De cuánto fue la colocación inicial?

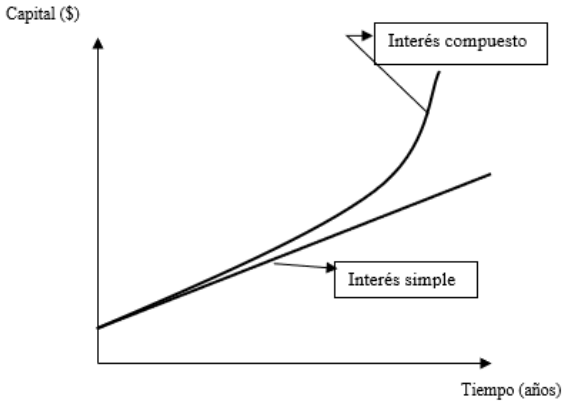
$$V_o = \frac{V_F}{(1+i)^n} = \frac{10.000}{(1+0{,}08)^5} = 6.806\ \$$$

6) Sea un capital inicial de 1.000 $ aplicado a una tasa de interés del 10% anual durante 10 años. Se requiere calcular el monto final de ese capital en cada período por el régimen de interés simple y el régimen de interés compuesto.

Período (años)	Capital final con interés simple ($)	Capital final con interés compuesto ($)
0	1.000	1.000
1	1.100	1.100
2	1.200	1.210
3	1.300	1.331
4	1.400	1.464
5	1.500	1.611
6	1.600	1.772
7	1.700	1.949
8	1.800	2.144
9	1.900	2.358
10	2.000	2.594

En una gráfica del interés compuesto, el valor del dinero crece exponencialmente, en progresión geométrica, a lo largo del tiempo; además, el dinero crece más rápidamente que a interés simple, como se observa en la Figura 1.1

Figura 1.1. Capitalización por el régimen de interés simple e interés compuesto



Fuente: elaboración propia

7) Se acaba de vender un terreno a 1.200.000 $ que se compró hace 20 años a 700.000 $ (ambas cifras expresadas en moneda constante de igual poder adquisitivo). ¿A qué tasa de interés anual se ha valorizado la propiedad? Se parte de la expresión siguiente:

$$V_F = V_o(1+i)^n$$

Los datos que se disponen son:

$$1.200.000 = 700.000(1+i)^{20}$$

dónde la incógnita es i.

$$i = \left(\frac{V_F}{V_o}\right)^{1/20} - 1 = \left(\frac{1.200.000}{700.000}\right)^{0,05} - 1 = 0,02731$$

La propiedad se ha valorizado al 2,73% anual

8)¿Cuánto tiempo se deberá invertir 5.000 $ en una cuenta bancaria que ofrece un interés del 13 % de interés compuesto anual, para obtener 8.152,37 $?
Se parte de la expresión:

$$V_F = V_o(1+i)^n$$

Los datos que se disponen son:

$$8.152{,}37 = 5.000(1+0{,}13)^n$$

dónde la incógnita es n.

Efectuando pasaje de términos se tiene que:

$$\left(\frac{8.152{,}37}{5.000}\right) = (1{,}13)^n$$

$$1{,}630474 = (1{,}13)^n$$

Despejando n de la expresión inicial se obtiene el resultado:

$$n = \frac{\log 1{,}630474}{\log 1{,}13} = 4 \text{ años}$$

1.4 Capitalización y descuento

El mismo tema de la capitalización será abordado ahora desde una óptica más sencilla, siempre desde la premisa de aplicar el régimen de interés compuesto para la generación de los intereses del capital.

Se ha dicho que el interés expresa el valor del dinero en el tiempo: "un peso de hoy no vale lo mismo que un peso de mañana". La existencia de la preferencia temporal por el dinero significa que cualquier agente económico, ante la disyuntiva de poseer una determinada cantidad de dinero en el momento actual o la misma cantidad un año después, siempre preferirá tener ese dinero en el momento presente.

Salvo en los casos de atesoramiento donde el capital queda inerte sin producir nada, los capitales producen un fenómeno de enriquecimiento a medida que el tiempo transcurre.

Por consiguiente, se impone distinguir entre el valor presente o valor inicial Vo del valor futuro o valor final VF. Entre ambos, la diferencia es el interés:

$$V_F = V_o + I$$

Dónde:
V_F: valor futuro (o valor final)
V_o: valor presente (o valor inicial)
I: monto del interés

Es común expresar el interés como "tanto por ciento" (%) al que se simboliza i %, pero también se lo puede hacer como "tanto por uno" y simbolizar como i. En el primer caso el capital es de 100 $ y en el segundo, de 1 $. Es menos usual trabajar con un capital de un peso, aunque más cómodo porque abrevia la operatoria.

Si, por ejemplo, un capital de 14.000 $ goza de un interés del 12% anual, el monto de los intereses que se ganan después de un año será:

$$I = 14.000 * 0{,}12 = 1.680\ \$$$

Por consiguiente:

$$I = V_o * i$$

Luego de cada período convenido, el capital es liberado conjuntamente con su interés, por lo que, si un inversor recoloca ambos, se está en presencia del sistema de capitalización de interés compuesto.
Es por eso que, si se deja el capital trabajando durante varios años (por ejemplo, 3 años) y al término de cada uno de ellos se capitalizan los intereses, NUNCA deberá efectuarse el siguiente cálculo:

$$V_F = 14.000 + (14.000 * 0{,}12 * 3)$$

Efectuando así los cálculos se ignora el dinero producido de los intereses que (por no haberse retirado) se convirtieron en capital. Este procedimiento se denomina sistema de capitalización simple, cálculo erróneo que no debe efectuarse (Candioti, 1999).

El cálculo correcto será:

$$V_F = 14.000(1 + 0{,}12)^3 = 19.669\ \$$$

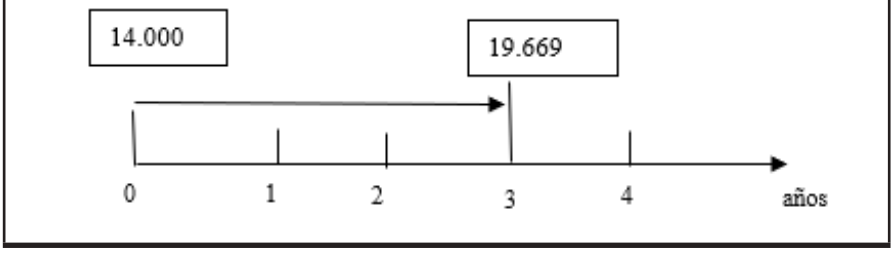
Los 14.000 $ de hoy equivalen a 19.669 $ en el año 3 cuando el interés es del 12% anual. En otras palabras, la tasa de interés representa la equivalencia de las dos sumas de dinero en dos momentos diferentes del tiempo.

En un horizonte temporal, lo que se hace es "llevar" el valor presente de 14.000 $ al futuro (año 3), momento en que ese monto de dinero vale 19.669 $.

La Figura 1.2 muestra la comparación de los factores de capitalización discretos y continuos.

La función de capitalización $V_F = V_o$ ein crece más de prisa que la función $V_F = V_o$ (1+i)n por el hecho de que en la primera el interés se convierte en capital tan pronto como es generado.

Fig. 1.2. Capitalización discreta y continua



El procedimiento se denomina capitalización de un solo valor:

$$V_F = V_o(1+i)^n \quad (1)$$

Capitalización

Con la Fórmula (1) de capitalización se puede calcular cual será el monto futuro a obtener de un capital colocado hoy a trabajar durante un plazo convenido de tiempo a una determinada tasa de interés. Dicha tasa de interés es una **tasa de capitalización**.

El término $(1+i)^n$ se denomina "factor de capitalización de un solo valor".

Si se efectúa una transposición de términos en (1), se tiene lo siguiente:

$$V_o = \frac{V_F}{(1+i)^n} \quad (2)$$

Actualización o Descuento

Este otro procedimiento se conoce como actualización o descuento de un

solo valor.

Con la Fórmula (2) de actualización se puede conocer cuánto vale hoy un capital que se recibirá en un futuro, si se penaliza el transcurso del tiempo a una tasa i de interés. Esta tasa de interés se denomina **tasa de descuento**.

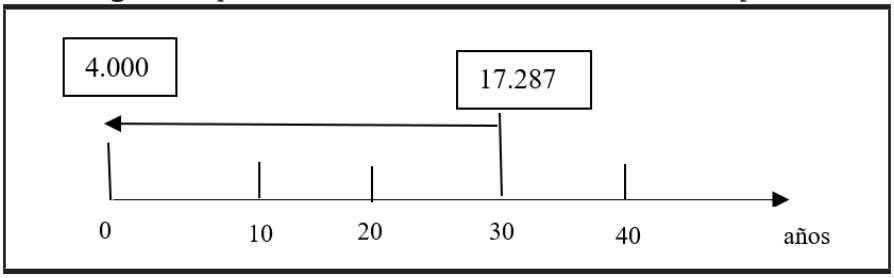
El término $\frac{1}{(1+i)^n}$ se conoce como "factor de actualización de un solo valor".

La actualización o descuento plantea el problema inverso al de la capitalización. En consecuencia, si por ejemplo se quiere averiguar cuánto valen hoy 17.287 $ que se recibirán dentro de 30 años, si se penaliza el paso del tiempo a razón del 5% anual, el cálculo será:

$$V_o = \frac{17.287}{(1+0{,}05)^{30}} = 4.000\ \$$$

En la gráfica de una línea de tiempo, lo que se hace es "traer" el valor futuro de 17.287$ al tiempo presente (momento 0), momento en que ese dinero vale 4.000 $.

Fig. 1.3. Esquema de actualización en el horizonte temporal.



1.5 Tasas equivalentes

Se ha advertido que la tasa de interés y el período de tiempo deben ser sincrónicos: si la capitalización o la actualización es mensual, la tasa debe tener como referencia el mes; si los períodos se expresan en años, la tasa de interés deberá ser anual. Si se tiene la información de la tasa mensual, pero el período de capitalización o de actualización es anual, ¿cómo se procede para convertir la tasa mensual a una tasa anual equivalente?

El concepto de **tasas equivalentes** se puede enunciar del siguiente modo: dos o más tasas son equivalentes cuando, referidas a distintas unidades de tiempo, pero aplicadas a un determinado capital inicial, durante el mismo plazo de tiempo, producen el mismo capital final al término de dicho plazo (De Miguel Seco, 2020; Meza, 2017).

El concepto de tasas equivalentes está ligado al régimen de interés compuesto. Las tasas de interés tienen su propio lenguaje: anual, mensual, diaria, etc. Una tasa de interés sólo se concibe para un período de tiempo y sólo uno. Por lo tanto, si un capital gana el 2% mensual, significa que el capital y su interés se liberan para el inversor al cabo de ese período. Consecuentemente, si el inversor no lo libera a su término y lo deja durante, por ejemplo 5, 10 o 15 períodos, significa que se produce una recolocación o capitalización automática de los intereses producidos al final de ese período.

La equivalencia de tasas es la traducción de un lenguaje a otro. Se trata de una necesidad cotidiana del administrador financiero, quien suele preguntarse, por ejemplo, cuál es la tasa anual que equivale a una tasa del 2% mensual. Será entonces:

$$i_{anual} = [(1+i_{mensual})^{12} - 1] * 100$$

$$i_a = [(1 + 0{,}02)^{12} - 1] * 100 = 26{,}82\% \text{ anual}$$

Ciertamente es diferente al 24% anual (2% * 12) que algún "interesimplista" haya deducido a partir de un ligero cálculo mental.

¿Por qué se usó esta fórmula?:

1,02:

- Porque en lugar de trabajar con un capital de 100 $ se lo hizo con 1 $. De esta forma resulta más fácil luego, aplicar la fórmula para cualquier capital.
- Porque se le agregó al capital unitario de 1 $, el interés de 0,02 $ para ese peso (equivalente al 2% mensual).

12:

- Porque se le efectuó un proceso de capitalización de 12 períodos, o sea se realizó la siguiente operación:

$$(1{,}02)^* (1{,}02)^* (1{,}02) \ldots\ldots \{12 \text{ veces}\} \ldots\ldots * (1{,}02) = (1{,}02)12 = 1{,}2682$$

- 1:

- Porque se restó el capital de 1 $, para que quedara sólo el interés ganado para un año (de 0,2682 $).

x 100:

- Porque el lenguaje corriente es el "tanto por ciento", para dar 26,82%

Si, por el contrario, se conoce la tasa de interés anual y se requiere calcular la tasa mensual equivalente, entonces la expresión será:

$$i_{mensual} = [(1+ i_{anual})^{1/12} - 1] * 100$$

La fórmula general de aplicación para cualquier planteo es la siguiente:

$$i_t = [(1 + i_n)^{t/n} - 1] * 100$$

Dónde:
i_t : tasa de interés equivalente buscada
i_n : tasa de interés conocida
n : período al que refiere el interés in
t : período al que refiere el interés i_t
En el ejemplo numérico, corresponden las siguientes referencias:
i_a : tasa de interés anual equivalente a la mensual
i_m : tasa de interés mensual (2%)
n : 1 mes
t : 12 meses

EJEMPLO

9) Comprobar que dados 10.000 $ invertidos a un año con un 5,83% de interés semestral es equivalente al 12% de interés anual y a su vez equivale a una tasa del 1,9067% de interés bimestral.
Si la tasa del 5,83% semestral equivale a una del 12% anual y a una tasa del 1,9067% bimestral, entonces los siguientes factores de capitalización son iguales:

(1+0,0583)2 = (1+0,12)1 = (1+0,019067)6

Por lo tanto:
10.000(1+0,0583)2 = 10.000(1+0,12)1 = 10.000(1+0,019067)6 =
= 11.200 $

1.6 La tasa de interés y el costo de oportunidad del capital

Los procedimientos de capitalización y de actualización requiere la elección de una tasa de interés adecuada que represente la equivalencia de dos sumas de dinero en dos períodos diferentes del tiempo.

La tasa de interés que se elige en la capitalización o en la actualización es una variable que influye radicalmente en los resultados.

Esta tasa de interés se denomina **costo de oportunidad del capital** y corresponde a la rentabilidad que el dueño de los fondos exige ganar por renunciar al uso de su capital en otras alternativas a su alcance, con similares niveles de riesgos (Meza, 2017).

Cuando un inversor desea hacer una inversión de su capital debe tener en mente una tasa de interés mínima de ganancia sobre la inversión propuesta, denominada "tasa de corte", "tasa mínima aceptable de rendimiento", "tasa calculatoria" (Frank, 1998) o "tasa de referencia" (Candioti, 1999). Por lo tanto, los términos costo de oportunidad del capital, tasa de corte, tasa calculatoria y **tasa de referencia** del inversor se consideran sinónimos.

Candioti (1999) define a la tasa de referencia como la tasa mínima de rentabilidad por debajo de la cual la inversión propuesta no debe ser aceptada.

En todos los casos, la elección de la tasa de interés a aplicar queda librada al criterio del inversor, una vez consideradas las tasas alternativas de otras inversiones, ponderación de riesgos, grado y duración de las inmovilizaciones, etc.

La elección de la tasa de referencia exige una prolija construcción por parte del inversor. Se trata de construir un piso mínimo de rentabilidad. Si se habla de un piso mínimo que la inversión debería rendir, el inversor se encuentra ante un caso de auténtica indiferencia. Por consiguiente, es necesario que exista una franja de rentabilidad adicional para que el inversor se lance a la aventura de invertir. Esa franja es una sobretasa de rentabilidad que cada inversor establecerá íntimamente como condición para implementar un proyecto con el fruto de sus ahorros.

La base a tomar para fijar esa tasa de referencia está formada por los siguientes elementos:

Interés natural
+
Liquidez
+
Riesgo
+
Sobretasa pretendida por el inversor

Candioti (1999) define claramente a la tasa de referencia como la tasa de interés pretendida por el inversor ante la oferta de una inversión en particular. El inversor debe comparar dicha tasa de referencia con el rendimiento de la inversión y analizar la conveniencia de invertir o no.

1.7 La tasa a aplicar en la gestión forestal

Una de las características intrínsecas de la producción forestal es que suele presentar un horizonte de larga duración. Esto significa que la elección de la tasa de interés cobra una notable influencia, ya que determina cuánto influirán los cobros y pagos esperados en el futuro.

Por lo tanto, la tasa de interés elegida desempeña un papel relevante en las decisiones a tomar cuando se trata de resolver problemas económicos referidos a los recursos forestales, tanto cuando se debe medir la rentabilidad de inversiones forestales, cuando se debe decidir el turno forestal con criterios económicos y cuando el caso objeto de estudio es una valoración forestal.

Díaz Balteiro (1998) analiza las tasas de interés usadas en el sector forestal encontrando cierta controversia entre economistas y forestales a la hora de su elección.

En primer lugar, es preciso advertir que la elección de la tasa a aplicar depende de si el recurso forestal objeto de análisis y valoración p osee titularidad pública o privada. En el caso de ser propiedad privada, la tasa de interés a usar reflejará aspectos financieros tales como el costo de oportunidad del capital y el riesgo inherente a la producción forestal. Esta tasa se denomina "tasa de interés privada".

Si por el contrario la propiedad es pública, se podría pensar que la tasa a aplicar debiera ser la misma que en otros campos de la inversión pública (por ejemplo, infraestructura). Pero a diferencia de estas últimas, las inversiones forestales presentan una rentabilidad mucho más reducida debido, entre otras razones, a que resulta complicado valorar aspectos que no sean los exclusivamente productivos (por ejemplo, los beneficios positivos que generan los bosques). La estimación de esta tasa, llamada "tasa de interés social", se convierte en un notable problema. Para su cuantificación es importante tener en cuenta dos razones: una es la tasa social de preferencia en el tiempo que involucra la mayor o menor impaciencia del conjunto de la sociedad hacia el consumo presente frente al consumo futuro; y la otra es el costo de oportunidad del capital, entendido como el mayor consumo que la sociedad puede obte-

ner en un futuro cuando en el momento presente sacrifica una parte del consumo para realizar la inversión.

Presentado el concepto de tasa privada y tasa social de interés se impone la pregunta: ¿qué factores se pueden incluir en el cálculo de cada una de ellas? En el caso de la tasa privada se incluye el riesgo. Este componente depend erá de la mayor aversión o propensión al riesgo del propietario, teniendo en cuenta los riesgos inherentes al sector forestal que se reflejan en la incertidumbre de la producción futura. Si se compara con inversiones en otros sectores, el sector forestal tiene un riesgo relativamente bajo, pero no se puede soslayar aspectos como la duración de la inversión forestal, las fluctuaciones en el precio de la madera, el riesgo de catástrofes, etc.

En el caso de un contexto de propiedad pública, la tasa social puede reflejar algunos otros aspectos. Al elegir una tasa social se puede estar pensando en cuestiones éticas como la justicia intergeneracional. En cierto sentido, la tas a de interés provoca rechazo de tipo moral ya que perjudica a las generaciones futuras en favor de las actuales, y ese perjuicio es mayor cuanto más elevada es dicha tasa. Además, el riesgo asociado a las inversiones públicas es inferior al de las privadas. De allí que algunos autores afirman que la tasa social debería ser más baja que las del mercado.

¿Qué tasas de interés se han aplicado en el ámbito forestal? El rango de variación de la respuesta está entre cero y cualquiera que fuera el costo de oportunidad para un agente económico del sector.

Al debate existente en torno a la elección de la tasa entre economistas y forestales, se suma la encendida polémica entre los forestales europeos y americanos, desde los albores de la economía forestal. Díaz Balteiro (1998) sint etiza este tema señalando que muchos de ellos no aceptaban los criterios económicos y proponían, en unos casos, una tasa nula y en otros, una tasa igual al crecimiento físico de la masa forestal (tasa de interés natural del bosque). Desde un punto de vista financiero, estas tasas no son defendibles actualmente, ya que, por una parte, destruyen el principio de la preferencia temporal por el dinero y por la otra, se deja de lado la teoría asociada al análisis de inversiones, independizando la tasa de cualquier consideración económica.

Históricamente, las tasas empleadas por los forestales han sido mucho más reducidas que las recomendadas por los economistas.

Partiendo de la suposición de que la racionalidad económica preside el cálculo de esta tasa de interés a aplicar, es preciso resaltar que dentro de la inmensa variedad de proyectos forestales (debido a las diferentes duraciones, a la diversidad de productos a obtener, al interés social, etc.) no es recomendable emplear una única tasa para todos los casos.

En los casos de bosques públicos, una solución para los analistas forestales ha sido seguir las indicaciones o recomendaciones de organismos

superiores. Por ejemplo, la *Forestry Commission* británica emplea una tasa del 3% en repoblaciones y nuevas plantaciones; el Servicio Forestal estadounidense recomienda una tasa anual del 4%.

Cuando se trata de bosques privados, algunos autores mencionan una aproximación del rango de variación utilizado en España. Lógicamente las tasas de interés más altas corresponden a aquellas especies de rápido crecimiento. Por ejemplo, en Díaz Balteiro (1998) se reportan aplicaciones de tasas de interés de entre el 4-12% para *Populus*, entre 7-11% para Eucalyptus y de 4-8% para *Pinus*. Por su parte, Ortuño Pérez (2012) señala que la rentabilidad de proyectos forestales en dicho país no supera el 6% en especies de crecimiento rápido (con excepción de montes de muy buena calidad) y el 2% en especies de crecimiento lento.

1.8 Interés real y nominal

No debe confundirse la tasa de interés utilizada en los cálculos de una inversión productiva con la tasa nominal obtenida en el mercado financiero en operaciones de dinero.

La tasa de interés aplicada a un capital real (una máquina, un inmueble, tierra, masa forestal en crecimiento, etc.) sólo puede ser el interés real.

Dado el crecimiento del nivel general de precios que caracteriza la inflación monetaria, se torna necesario entonces, distinguir la "tasa real" de la tasa aparente o "tasa nominal", relacionada con la tasa de inflación.

La **tasa real** es la que se refiere a la variación del poder de compra del capital, o sea, tiene relación con el aumento real del capital, factor estrictamente ligado a la productividad potencial de la inversión.

La **tasa nominal** se refiere al efecto combinado de la tasa real y la tasa de inflación. La tasa nominal es el aumento porcentual del valor monetario de un bien o un servicio.

Cuando hay inflación, la tasa que se paga o que se obtiene en préstamos de dinero se eleva marcadamente porque la depreciación de la moneda es compensada mediante parte del interés. No sucede lo mismo con la inversión en bienes. Los bienes no pierden valor por la inflación como la moneda; naturalmente, se deprecian debido al desgaste y/o obsolescencia, pero esta depreciación ya es compensada por la amortización.

La tasa real de interés (remuneración por el uso del capital) es aquella que surge luego de corregir el interés nominal o enunciado (tasa a la cual se deprecia la moneda); se logra cuando se elimina el componente inflacionario de este último.

La tasa nominal o enunciada i se conforma por la tasa real r (aquella que rige en un ámbito de estabilidad monetaria), expandida por la tasa de inflación k de ese momento, de manera que:

$$(1 + i) = (1+ r) * (1 + k)$$

expresión conocida como fórmula de Fisher y que se puede representar también de la siguiente manera:

$$i = r + k + (r * k)$$

La tasa nominal no es la suma de ambas. Es incorrecto esta práctica de sumar la tasa de inflación y la tasa real para obtener la tasa nominal: es necesario considerar también el término (r * k).

Algebrando, se obtiene la expresión matemática de la tasa de interés real:

$$(1 + r) = (1+ i) / (1 + k)$$

$$r = \frac{[1+i) - (1+k]}{1+k}$$

Dónde:
r: tasa de interés real
i: tasa de interés nominal
k: tasa de inflación

En un contexto inflacionario la tasa real puede tomar valores positivos o negativos. El interés real positivo se da cuando la tasa de inflación es inferior a la tasa nominal. En cambio, cuando la inflación supera a la tasa de interés nominal, el interés real es negativo: se convierte en un subsidio para el acreedor y un castigo para el ahorrista.

EJEMPLO

10) Si la tasa enunciada es del 10% por año y la tasa de inflación anual es del 4%, ¿cuál será la tasa real de interés? Aplicando la fórmula correspondiente se tiene:

$$r = \frac{[(1+i) - (1+k)]}{1+k}$$

$$r = \frac{[(1+0{,}10) - (1+0{,}04)]}{1+0{,}04} = 0{,}0577$$

Es decir que la tasa real es igual al 5,77% anual

Candioti (1999) advierte que, por lo general, la tasa de inflación se publica al finalizar cada mes; por consiguiente, las transacciones se hacen a ciegas porque sólo se puede calcular la tasa real después de publicada aquella.

1.9 ¿Cómo calcular la cuota de un crédito?

Cuando se está por emprender una inversión, las fuentes de financiamiento de la misma pueden provenir de fondos propios o capital de terceros (capital prestado). Si el capital es propio, el inversor asume el riesgo de perderlo; su recuperación está condicionada a los resultados de la inversión y su retribución. Si el capital es de terceros, el capital prestado contribuye al financiamiento de la inversión bajo el compromiso de su devolución posterior, sumados los intereses convenidos previamente.

Cuando la cantidad de dinero prestado es grande, los intereses pueden convertirse en un costo importante. El empresario debe estar familiarizado con el modo de calcular los intereses de un capital prestado.

En general existen dos maneras de calcular los intereses: a) interés directo y b) interés sobre saldo deudor.

En el primer caso se paga un determinado interés sobre el monto original del préstamo. El interés directo es la antítesis del interés genuino que consiste en calcular los intereses sobre el saldo que se adeuda.

En el segundo caso, el interés se cobra sobre el saldo deudor, y es lo que debería hacerse siempre, ya que el interés sobre saldo es el "verdadero interés". De este modo, los intereses se pagan solamente sobre la cantidad de capital que se adeuda, puesto que, sobre la cantidad ya devuelta, no habrá intereses.

La cuota de un crédito se compone de dos elementos: la amortización o devolución del capital prestado y el interés o costo del capital prestado:

Cuota crédito = amortización + interés

Los métodos utilizados para calcular la cuota de un crédito son variados, pero son dos los métodos corrientemente aplicados por las entidades financieras:

- Sistema Alemán
- Sistema Francés

Método alemán

Llamado también "sistema de cuota capital constante", se caracteriza porque los intereses son decrecientes sobre saldo, la amortización es constante y la cuota a pagar por el crédito es decreciente. La cuota se calcula con la siguiente expresión:

$$C = \frac{M_o}{n} + (M * i)$$

Dónde:
C: cuota del crédito a pagar por período
M_o: monto inicial del crédito
M: monto que se adeuda (saldo deudor)
n: plazo de devolución
i: interés del crédito

Método francés

Conocido como "sistema de amortización progresiva", es el usado con mayor frecuencia. En este sistema los intereses son decrecientes sobre saldo deudor, la amortización es creciente y la cuota a pagar resulta constante.

$$C = \frac{M_o * i * (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Dónde:
C: cuota del crédito a pagar por período
M_o: monto inicial del crédito
n: cantidad de cuotas o plazo de devolución
i: interés del crédito

¿Qué significa que un crédito tenga un período de gracia? El período de gracia es un intervalo de tiempo durante el cual no se paga la deuda del crédito, es decir, no se paga la amortización del préstamo. Durante el período de gracia, solo se paga el interés correspondiente. Es bastante común en los créditos para emprendedores. Generalmente son créditos promocionales que se otorgan para iniciar un emprendimiento. En esos casos, la institución crediticia suele otorgar unos meses de gracia, que son los que el pequeño empresario necesita para iniciar su proyecto productivo, ponerlo en funcionamiento hasta que comience a rendir los primeros resultados de su inversión.

EJEMPLO

11) Se supone el pedido de un crédito de 100.000 $ a una tasa de interés de 8% anual, a devolver en 5 años. El préstamo tiene un período de gracia de 1 año. Se requiere calcular la cuota anual del crédito por el sistema francés y el sistema alemán.
Por el sistema francés, la cuota anual se calcula aplicando la fórmula correspondiente:

$$C = \frac{M_o * i * (1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Tabla 1.3: Método francés. Tabla del financiamiento

Años	Monto adeudado	Intereses	Amortización de la deuda	Cuota a pagar
0	100.000			
1	100.000	8.000	--	8.000
2	100.000	8.000	22.192	30.192
3	77.808	6.225	23.967	30.192
4	53.841	4.307	25.885	30.192
5	27.956	2.236	27.956	30.192
6	0			

En la tabla se puede observar que la cuota, calculada una sola vez y para 4 años (1 año de gracia), resulta un valor constante; los intereses siempre son decrecientes porque se calculan sobre el saldo adeudado; la amortización resulta creciente, esto es, al principio se comienza devolviendo una cifra menor que al final del plazo del crédito. Al inicio del año 6, la deuda del crédito está cancelada.
Por el sistema alemán, la cuota debe calcularse todos los años dado que el monto adeudado M va disminuyendo año a año:

$$C = \frac{M_o}{n} + (M * i)$$

El procedimiento de cálculo se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 1.4: Método alemán. Tabla del financiamiento

Años	Monto adeudado	Intereses	Amortización de la deuda	Cuota a pagar
0	100.000			
1	100.000	8.000	--	8.000
2	100.000	8.000	25.000	33.000
3	75.000	6.000	25.000	31.000
4	50.000	4.000	25.000	29.000
5	25.000	2.000	25.000	27.000
6	0			

En la tabla se puede verificar que, en este caso, la amortización del crédito es constante y los intereses son siempre decrecientes (sobre saldo deudor), por lo que la cuota resulta decreciente. Asimismo, se observa que, al inicio del año 6, la deuda del crédito está saldada.

1.10 Tasa nominal versus tasa efectiva

Estos dos conceptos se utilizan con frecuencia en el mercado financiero. La tasa de interés efectiva es aquella que se utiliza en las fórmulas de la matemática financiera. En otras palabras, las tasas efectivas son aquellas que forman parte de los procesos de capitalización y de actualización. En cambio, una tasa nominal solamente es una definición o una forma de expresar una tasa efectiva. Las tasas nominales no se utilizan en las fórmulas de la matemática financiera en forma directa. En tal sentido, las tasas de interés nominales siempre deberán contar con la información de cómo se capitalizan.

La **tasa nominal anual** (TNA) es un valor de referencia que se utiliza en las operaciones financieras de ahorro y/o préstamos.

El Banco Central de Argentina obliga a las entidades financieras a dar información detallada sobre sus productos por medio de la TNA. Dicha tasa es fijada por dicha autoridad monetaria para regular los créditos que

se solicitan y los depósitos de fondos a plazo.

La TNA es una tasa que genera intereses varias veces al año. Para conocer los verdaderos intereses generados (en el caso que el plazo sea más de una vez al año), se debe calcular la tasa efectiva anual.

La **tasa efectiva** anual (TEA) es la verdadera tasa que se paga por un crédito o que se recibe por una colocación a plazo fijo, por ejemplo. Puede calcularse para cualquier período (mes, bimestre, trimestre, etc.).

¿Cómo se procede para convertir una tasa nominal en una efectiva? Se puede comprender fácilmente el procedimiento con los siguientes ejemplos numéricos, partiendo de una supuesta TNA anunciada del 20% anual:

1. Si el período de capitalización es mensual, entonces, el cálculo será:

Período p = 12 meses/año

Tasa nominal mensual = TNA/p = 20/12 = 1,66% mensual

TEA = [(1 + 0,0166)12 -1] * 100 = 21,84% anual

2. Si el período de capitalización es bimestral, entonces será:

p = 6 bimestres/año

Tasa nominal bimestral = TNA/p = 20/6 = 3,33% bimestral

TEA = [(1+ 0,0333)6 - 1] *100 = 21,72% anual

3. Si el período de capitalización es semestral, entonces:

p = 2 semestres/año

Tasa nominal semestral = TNA/p = 20/2 = 10% semestral

TEA = [(1+ 0,1)2 - 1] *100 = 21% anual

Si el período de capitalización es anual, es obvio colegir que ambas tasas son idénticas.

1.11 Capitalización continua

Las expresiones de capitalización y actualización presentadas suponen que los valores crecen o decrecen a lo largo del tiempo en forma discontinua, o más concretamente, en forma periódica. Este supuesto está refrendado en la práctica financiera en la que los intereses se acumulan al capital de forma anual, semestral, mensual, etc.

El factor de capitalización $(1+i)^n$ y el factor de actualización $\frac{1}{(1+i)^n}$ asignan a la variable tiempo una naturaleza discreta.

Sin embargo, en los fenómenos biológicos, el crecimiento (fenómeno análogo a la incorporación del interés del capital) se efectúa en forma continua, por lo que resulta incorrecto considerar el tiempo como una variable discreta (Madrigal Collazo, 1995).

La capitalización continua es un tipo de capitalización compuesta en los que los períodos de capitalización son demasiado cortos, casi instantáneos. Por lo tanto, es útil indagar cuál es el factor de capitalización y el factor de actualización de un proceso continuo de crecimiento. Tales factores se obtienen partiendo de sus homólogos para el caso discreto, considerando el paso al límite por el que la unidad de tiempo tiende a cero.

El factor de capitalización continua pasaría a ser:

$$\lim_{t\to\infty}\left(1+\frac{i}{t}\right)^{m} = e^{in}$$

El correspondiente factor de actualización será e^{-in}

Dónde:

i: tasa de interés instantánea

n: período de tiempo en que i está actuando (en años)

t: unidad de tiempo (periodicidad anual, semestral, mensual, diaria, horaria, etc.)

En la capitalización continua, el tiempo n siempre debe indicarse en años si la tasa de interés i es anual, para que sean dimensionalmente compatibles.

¿Cómo surge la expresión del factor de capitalización continua? A medida que la periodicidad t crece, la frecuencia de capitalización aumenta. Cuando t tiende a infinito, el número de veces que se capitaliza el dinero es grande, y por lo tanto, los intereses se capitalizan en forma instantánea.

Si t tiende a infinito, el factor $\left(1+\frac{i}{t}\right)^{n}$ tiende al número e^{in}

Se denomina **capitalización continua** a la ley financiera por la cual un capital inicial Vo puesto a trabajar durante n años a una tasa de interés anual i produce un capital final VF igual a Vo * e^{in}.

Por lo tanto, el capital final VF será igual a:

$$V_F = V_o\, e^{in}$$

El capital inicial Vo será igual a:

$$V_o = V_F\, e^{-in}$$

Se puede visualizar claramente el proceso de capitalización instantánea en la siguiente tabla, para un interés i = 0,15 y en un plazo n = 1 año:

Table 1.5: Capitalización continua

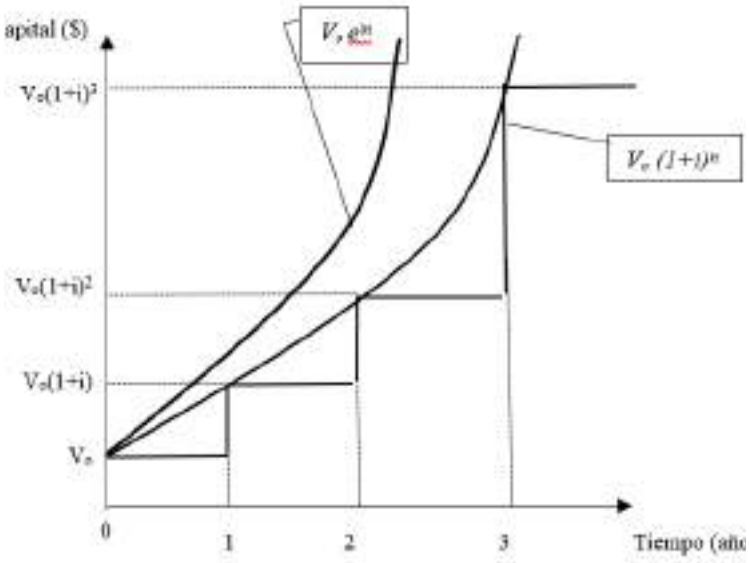
Frecuencia de capitalización	Periodicidad t	Factor de capitalización	Valor
Anual	1	$\left(1+\frac{0{,}15}{1}\right)^{1}$	1,15

Semestral	2	$\left(1+\frac{0{,}15}{2}\right)^{2}$	1,155625
Trimestral	4	$\left(1+\frac{0{,}15}{4}\right)^{4}$	1,158650
Bimestral	6	$\left(1+\frac{0{,}15}{6}\right)^{6}$	1,159693
Mensual	12	$\left(1+\frac{0{,}15}{12}\right)^{12}$	1,160755
Diaria	365	$\left(1+\frac{0{,}15}{365}\right)^{365}$	1,161798
Horaria	8.760	$\left(1+\frac{0{,}15}{8760}\right)^{8760}$	1,161833
...	...	...	...
Continua	∞	$\lim_{t\to\infty}\left(1+\frac{0{,}15}{t}\right)^{t}$	1,161834

La Figura 1.4 muestra la comparación de los factores de capitalización discretos y continuos.

La función de capitalización VF = Vo e^{in} crece más de prisa que la función VF = Vo $(1+i)^n$ por el hecho de que en la primera el interés se convierte en capital tan pronto como es generado.

Figura 1.4: Capitalización discreta y continua



Fuente: Madrigal Collazo (1995)

EJEMPLO

12) Se desea hallar el capital final V_F después de dos años (n = 2), suponiendo un capital inicial V_o = 1.000 $, con un interés del 12% en capitalización continua.

Tabla 1.6

Frecuencia de capitalización	t	$\left(1+\frac{i}{t}\right)^{in}$	VF
Anual	1	(1+0,12/1)1*2	1.254,400
Semestral	2	(1+0,12/2)2*2	1.262,476
Trimestral	4	(1+0,12/4)4*2	1.266,770
Mensual	12	(1+0,12/12)12*2	1.269,734
Diaria	365	(1+0,12/365)365*2	1.271,199

Horaria	8.760	(1+0,12/8760)8760*2	1.271,247
Continua	∞	e0,12*2	1.271,249

Cuando la capitalización es más frecuente, el monto final VF aumenta. Esto significa que cuánto más rápido es la acumulación de los intereses, mayor será el monto futuro esperado.
En el análisis económico se presenta con frecuencia la necesidad de comparar fenómenos continuos y discontinuos de crecimiento. Por ejemplo, comparar el crecimiento (continuo) del valor de una masa forestal con la capitalización (discontinua) de una cantidad equivalente de dinero invertido en una entidad bancaria. Es por esa razón que algunos autores de publicaciones en Economía Forestal aplican la capitalización continua cuando desarrollan temas financieros.

13) El banco HB acaba de lanzar un novedoso producto financiero. Se trata de una cuenta que ofrece un interés anual del 8% en capitalización continua, con un capital inicial mínimo de 20.000 $. Si se ingresa 25.000 $ en dicha cuenta, se requiere calcular el saldo de la cuenta en cinco años.
Si se tratara de una capitalización discreta, el capital final sería de 36.733 $. Con un sistema de capitalización continua es de:

$$VF = V_o\, e^{in.} = 25.000\, e(0,08*5) = 25.000 * 1,491824 = 37.295,60\ \$$$

4) Para el mismo tipo de cuenta bancaria del ejemplo reciente, se quiere averiguar cuánto se tendría que ingresar hoy en dicha cuenta, si se desea disponer de 30.000 $ dentro de 6 años.

$$V_o = VF\, e^{-in} = 30.000\, e(-0,08*6) = 30.000 * 0,618783 = 18.563,50\ \$$$

Bibliografía

Candioti, Eduardo M. (1999). *Administración financiera a base de recetas caseras* (5a ed.). Entre Ríos: Editorial Universidad Adventista del Plata.

Cruz Rambaud, Salvador y Valls Martínez, María del Carmen (2014). *Introducción a las matemáticas financieras*. Madrid: Ediciones Pirámide.

De Miguel Seco, José María (2020). *Matemática financiera. Problemas resueltos*. Madrid: Editorial Tébar Flores.

Díaz Balteiro, Luis (1998). "La elección de la tasa de descuento en la gestión forestal". Revista Montes. Ciencia y técnica. (54), 49-57.

Frank, Rodolfo (1998). *Evaluación de inversiones en la empresa agropecuaria.* Buenos Aires: Editorial El Ateneo.

Lopes da Silva, Marcio, Gonçalves Jacovine, Laèrcio A. y Valverde, Sebastian Renato (2005). Economía Florestal (2a ed.). Viçosa: Editorial UFV. Universidade Federal do Viçosa.

Madrigal Collazo, Alberto (1995). *Ordenación de montes arbolados. Colección técnica*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Meza Orozco, Jhonny de Jesús (2017). *Matemáticas financieras aplicadas*. Bogotá: Ecoe Ediciones.

Ortuño Pérez, Sigfredo (2012). "Estructura económica del sector forestal en España". *Revista Quebracho*, Vol. 20 (1,2), 49-59.

Pereira Rezende, José Luiz y Donizette de Oliveira, Antonio (2001). *Análise Económica e Social de Projetos Florestais*. Viçosa: Editorial UFV. Universidade Federal do Viçosa.

Capítulo 2

Fórmulas financieras de valoración

La actividad forestal es una actividad plurianual en cuanto a los años que transcurren hasta la obtención del producto final, de manera que el factor tiempo juega un papel fundamental en esta actividad tan especial.

En el ámbito de la Economía Forestal, cuando se requiere comparar valores monetarios (costos, ingresos, beneficios, etc.) que se generan en diferentes momentos del ciclo de producción, se hace necesario igualar u homogeneizar dichos valores a un mismo momento del tiempo. Así, por ejemplo, se podría requerir actualizar un ingreso por la corta final, sumar una serie de futuros beneficios anuales que brinda el bosque, valorar el suelo forestal, sumar una serie de costos anuales que genera una plantación, valorar una masa forestal, etc.

Por tal motivo, se hace indispensable conocer ciertas expresiones de equivalencia financiera que resultan muy útiles a la hora de efectuar una valoración forestal.

En todos los casos, la elección de la tasa de interés a aplicar queda librada al criterio del inversor, una vez consideradas las tasas alternativas de otras inversiones, ponderación de riesgos, grado y duración de las inmovilizaciones, etc.

2.1 Capitalización y actualización de un solo valor

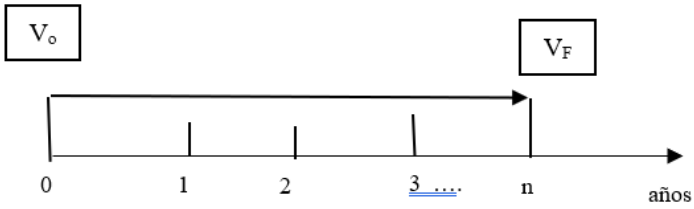
Antes de desarrollar este título es preciso dejar en claro que con el término "valor" se hace referencia a cualquier cifra monetaria, sea ésta un ingreso, un costo, una renta, un beneficio, una cuota, un pago, etc. De manera que aquí se adoptará el vocablo "renta" para referirse a cualquier valor monetario (dejando a un lado el concepto estricto de su definición económica).

Cuando se requiere capitalizar o actualizar un solo valor, se aplican las expresiones presentadas en el capítulo anterior de valor futuro y valor actual (Fórmula 1 y Fórmula 2).

Para conocer el valor futuro de una única cifra monetaria se aplica la Fórmula (1) de capitalización (ver Figura 2.1a):

$$V_F = V_o(1+i)^n \quad (1)$$

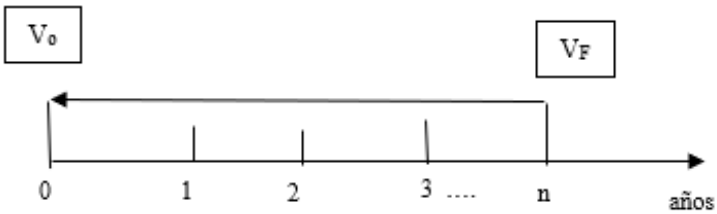
Figura 2.1a: Capitalización de un solo valor



Si lo que se desea es calcular el valor presente o valor actual de una única cifra, se aplica la Fórmula (2) de actualización o descuento:

$$V_o = \frac{V_F}{(1+i)^n} \quad (2)$$

Figura 2.1b:Actualización de un solo valor



Pero sean ahora, por ejemplo, una serie de valores monetarios que se requiere sumar:

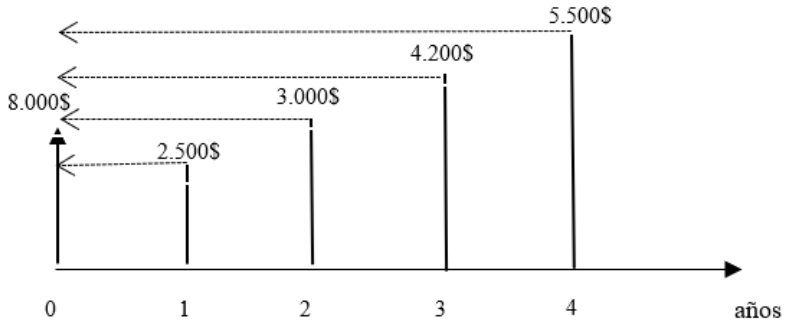
Año 0: 8.000 $
Año 1: 2.500 $
Año 2: 3.000 $

Año 3: 4.200 $
Año 4: 5.500 $

Los valores monetarios dados, solo se podrán sumar si se homogenizan en un punto determinado del tiempo. Por ejemplo, si se homogenizan en términos de su valor actual, se deben "traer" todos los montos futuros al momento cero, como se observa en el siguiente cálculo y se visualiza en la gráfica (ver Figura 2.2.):

$$V_o = \frac{8.000}{(1+i)^0} + \frac{2.500}{(1+i)^1} + \frac{3.000}{(1+i)^2} + \frac{4.200}{(1+i)^3} + \frac{5.500}{(1+i)^4}$$

Figura 2.2: Esquema de actualización de una serie de valores en la línea temporal



Si los valores monetarios son todos diferentes, como en el ejemplo, no queda otro camino que aplicar y calcular la actualización (o la capitalización) para cada uno de aquéllos. Sin embargo, si los valores fuesen iguales será muy útil conocer algunas expresiones de matemática financiera que simplifican y abrevian los cálculos.

2.2 Capitalización y actualización de una serie de valores

Cuando se requiere homogeneizar más de un valor se habla de suma de rentas, suma de valores, anualidades o "serie de pagos" (Ramírez et al., 2009; Villalobos, 2009; Cruz R y Valls M, 2014; Margaría y Bravino, 2014; De Miguel Seco, 2020).

Una serie de valores o serie de pagos pueden clasificarse en función de los siguientes factores (Lopes Da Silva et al., 2005):

d. Periodicidad:
- Periódicas: separadas a intervalos constantes
- Anuales: separadas a un año de plazo
- No periódicas: separadas a intervalos variables

e. Duración:
- Temporarias (limitadas): con horizonte finito
- Perpetuas (ilimitadas): con horizonte infinito
- Valor de los montos:
- Constantes: todos los valores son iguales
- Variables: los valores son diferentes

f. Vencimiento:
- Inmediatas: los valores surgen a partir del primer período de tiempo
- Diferidas: los valores no surgen en el primer período

Las series inmediatas y diferidas pueden ser anticipadas o post-anticipadas. En una serie anticipada, el valor o pago ocurre al principio de cada período de tiempo. En tanto que, en la serie post-anticipada, llamada también vencida u ordinaria, el valor o pago se realiza al vencimiento o final del período.

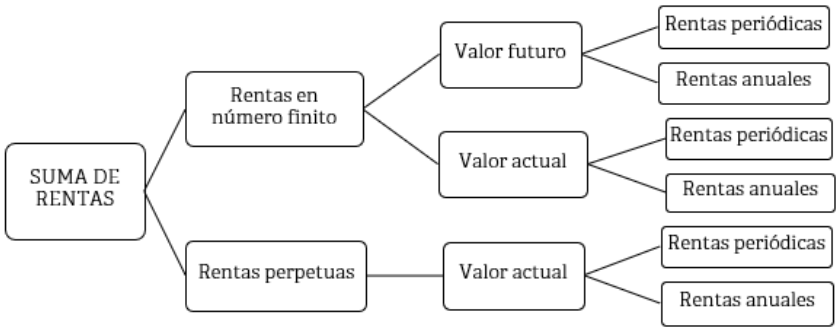
A los efectos exclusivos de aplicar estos conceptos en la Valoración Forestal, el análisis se limitará a los casos de conocer el valor futuro (o capitalizado) y el valor presente (o actualizado) de una serie de pagos o suma de rentas **periódicas o anuales**, con duración **limitada** o **ilimitada**, para montos **constantes** y con vencimiento **inmediato**, descartando, en el presente trabajo, el tratamiento de los demás casos.

De esta manera, las posibles combinaciones de series de pagos que se forman, originarán diferentes expresiones y fórmulas financieras.

Los casos objeto de análisis se resumen en el siguiente esquema (Figura 2.3): rentas periódicas o anuales, con duración limitada o perpetuas, para montos constantes con vencimiento inmediato.

En la Figura 2.3 se puede advertir que si la serie de pagos es de duración ilimitada (rentas perpetuas), solo se puede calcular su valor actual.

Figura 2.3. Serie de pagos: resumen



Fuente: elaboración propia

A continuación, se presentan las explicaciones pertinentes de cómo se arriba a la formulación financiera de cada caso, no sin antes adicionar algunos conceptos matemáticos complementarios, muy útiles para llegar a las respectivas expresiones financieras.

2.2.1 Conceptos previos. Progresiones geométricas

En matemáticas, se denomina progresión a una sucesión de números entre los cuales hay una ley de formación constante. Se distinguen dos tipos de progresiones:

- Progresión aritmética: aquella en que la diferencia entre sus términos es constante.
- Progresión geométrica: aquella en que la razón o cociente entre sus términos es constante.

Una progresión geométrica particular es el llamado interés compuesto.

Una progresión geométrica es una sucesión o secuencia de números reales en la que el elemento siguiente se obtiene multiplicando el elemento anterior por una constante denominada razón o factor de la progresión.

Si se llama a1 al primer término de la progresión, an-1 y an a dos términos consecutivos y r a la razón, entonces se puede obtener el valor de un elemento cualquiera de la sucesión mediante la expresión:

$$a_n = a_1 * r^{n-1}$$

El valor de un término de la progresión es igual al valor del término inmediato anterior multiplicado por la razón:

$$a_n = a_{n-1} * r$$

Por lo tanto, para conocer la razón de una progresión geométrica solo es necesario dividir un término cualquiera entre el término anterior, o sea:

$$r = \frac{a_n}{a_{n-1}}$$

La razón de una progresión geométrica no necesariamente tiene que ser un número entero. Tampoco tiene por qué ser positiva. La razón de una progresión puede ser mayor que uno *(r > 1)*, igual a uno *(r = 1)* o menor que uno *(r < 1)*.

Suma de los n términos de una progresión geométrica

Sea S_n la suma de los n términos consecutivos de una progresión geométrica:

$$S_n = a_1 + a_2 + a_3 + \ldots\ldots a_{n-1} + a_n$$

Se puede obtener una fórmula para calcular de manera rápida dicha suma S_n.

Para una progresión creciente, donde la razón es r > 1, la suma de los n términos de la progresión geométrica en función del primer término a1 y de la razón r es la siguiente:

$$S_n = a_1 \frac{r^n - 1}{r - 1} \quad \text{(A)}$$

Para una progresión decreciente, donde la razón es $|r| < 1$, la suma de los *n* términos de la serie en función del primer término a_1 y de la razón *r* es:

$$S_n = a_1 \frac{1 - r^n}{1 - r} \quad \text{(B)}$$

Suma de infinitos términos de una progresión geométrica

Sea S_∞ la suma de los infinitos términos consecutivos de una progresión geométrica:

$$S_\infty = a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + \ldots\ldots + a_\infty$$

Si el valor absoluto de la razón es menor que la unidad $|r| < 1$, la suma de los infinitos términos decrecientes de la progresión converge hacia un valor finito. Partiendo de la expresión (B), cuando n tiende a infinito, entonces r^∞ tiende a cero. Por lo tanto, siendo a1 el primer término de la serie y r

la razón, la fórmula de la suma de infinitos términos será la expresión (C):

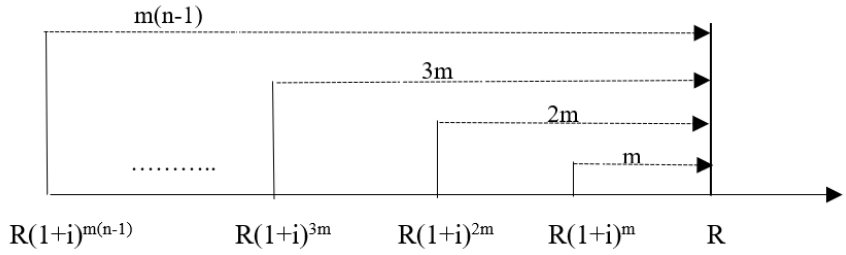
$$S_{\infty} = \frac{a_1}{1-r} \quad (C)$$

2.2.2 Suma de rentas en número finito

Valor futuro de n rentas periódicas

Se plantea el caso de *n* rentas, todas iguales al valor *R*, que se perciben de *m* en *m* años; la última a los *m* * *n* años. Se trata de conocer el valor futuro de la suma *S* de las *n* rentas periódicas. En una línea temporal el planteo será:

Figura 2.4



Analíticamente:

$$S = R + R(1+i)^{m} + R(1+i)^{2m} + R(1+i)^{3m} + ... + R(1+i)^{m(n-1)}$$

¿Cómo se puede simplificar el cálculo para hallar la suma de las n rentas R? Aplicando la expresión (A) de progresiones geométricas, donde:

Primer término $a_1 = R$
Razón $r = (1+i)^n$

Al sustituir los términos en la expresión (A), se obtiene la Fórmula (3):

$$S = R\frac{[(1+i)^{m} - 1]}{(1+i)^{m} - 1} \quad (3)$$

Valor total futuro de una serie periódica

Dónde:
S: valor total futuro de la suma de términos
R: valor individual de cada renta
n: número de rentas
m: duración del período
i: tasa de interés

EJEMPLO

1) Se desea conocer cuánto valdrá en el año 15, el costo total de 5 operaciones de poda de 1.000 $ c/u, efectuadas cada 3 años en una plantación forestal. Tasa de interés del 8% anual:

$$S = 1.000\frac{[(1+0{,}08)^{3*5}-1]}{(1+0{,}08)^{3}-1} = \frac{2.172{,}17}{0{,}259712} = 8.363{,}76\ \$$$

Valor futuro de n rentas anuales

Este es un caso particular de la Fórmula (3) para cuando el período es anual, es decir cuando m = 1. Se obtiene entonces la Fórmula (4) cuya expresión es la siguiente:

$$S = R\frac{[(1+i)^{n}-1]}{i} \quad (4)$$

Valor total futuro de una serie anual

EJEMPLO

2) Se necesita saber cuál será el valor futuro del ingreso total por 18 cosechas anuales de vainas de algarrobo de 2.500 $ c/u. Tasa de interés del 8% anual:

$$S = 2.500\frac{[(1+0{,}08)^{18}-1]}{0{,}08} = \frac{7.490{,}05}{0{,}08} = 93.625{,}60\ \$$$

3) Depositando 1.000 $ mensualmente en una cuenta de ahorro que rinde el 2% mensual, ¿cuánto se obtendrá al final de 12 meses?

$$S = 1.000\frac{[(1+0{,}02)^{12}-1]}{0{,}02} = 13.412\ \$$$

Cuota de amortización de un capital

Si se parte de la Fórmula (4) y se despeja *R*, se obtiene la Fórmula (5):

$$R = S\frac{i}{[(1+i)^n-1]} \quad (5)$$

R representa la cuota anual de amortización y *S* el valor real de un activo (máquina, tractor, equipo, sierra, etc.) al final del plazo de la amortización. La Fórmula (5) establece la relación entre la anualidad o cuota *R* y el monto final S.

El término que multiplica a *S* se denomina "factor del fondo de amortización":

$$\frac{i}{[(1+i)^n-1]}$$

La Fórmula (5) permite conocer, por ejemplo, la cuota de amortización o depreciación de un bien de capital, de manera de recuperar dicho capital *S* al cabo de *n* años.

EJEMPLO

4) Se requiere conocer el monto anual de amortización de una máquina de 400.000 $, de modo de recuperar el monto final de ese capital al término de su vida útil de 14 años, a una tasa de interés del 8% anual:

$$R = 400.000\frac{0{,}08}{[(1+0{,}08)^{14}-1]} = \frac{32.000}{1{,}937193} = 16.518{,}75\ \$/\text{año}$$

5) Suponer una forestación con un costo de implantación de 1.000 $/ha. Los ingresos por la venta de madera en pie a los 7 años son de 2.300 $/ha. Se quiere calcular el ingreso o renta anual R (en $/ha/año). El tipo de interés es del 8% anual.
Costo de implantación, vale en el
año 7=VF=1.000 (1+0,08)7= 1.713,82 $/ha
Ingresos por la venta de madera, valen en el año 7=2.300 $/ha
Renta neta total S, en el año 7 = (2.300 – 1.713,82) = 586,17 $/ha

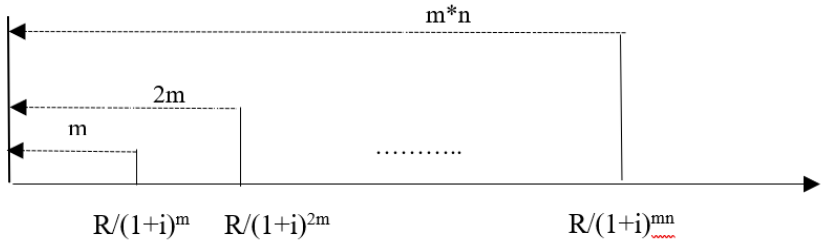
Aplicando la Fórmula (5) se puede obtener *R*:

$$R = S\frac{i}{[(1+i)^n - 1]} = \frac{586{,}17 * 0{,}08}{[(1{,}08)^7 - 1]} = 65{,}67 \text{ \$/ha/año}$$

Valor actual de n rentas periódicas

En este caso son *n* rentas periódicas, todas iguales a *R*, que se perciben de *m* en *m* años; la primera a los *m* años y la última a los *m* * *n* años. Se desea obtener el valor presente de la suma de las *n* rentas periódicas. En una línea de tiempo, la gráfica será:

Figura 2.5



En forma analítica:

$$S = \frac{R}{(1+i)^m} + \frac{R}{(1+i)^{2m}} + \frac{R}{(1+i)^{3m}} + ... + \frac{R}{(1+i)^{mn}}$$

Como en este caso los términos de la progresión son decrecientes y la razón es r < 1, para hallar la suma de los términos se aplica la expresión (B) de progresiones geométricas, donde:

Primer término a1 = $\dfrac{R}{(1+i)^m}$

Razón r = $\dfrac{1}{(1+i)^m}$

Al sustituir los términos respectivos en la expresión (B), se obtiene la Fórmula (6):

$$S = R\frac{[(1+i)^{mn}-1]}{[(1+i)^m-1](1+i)^{mn}} \quad (6)$$

Valor total actual de una serie periódica

Dónde:
S: valor total actual de la suma de términos
R: valor individual de cada renta
n: número de rentas
m: duración del período
i: tasa de interés

EJEMPLO

6)¿Cuál es el monto total actualizado al 8% anual, de 6 cuotas de 420 $ c/u, a pagar cada 2 años?:

$$S = 420\frac{[(1+0{,}08)^{2*6}-1]}{[(1+0{,}08)^2-1](1+0{,}08)^{2*6}} = \frac{637{,}63}{0{,}419023} = 1.521{,}70\ \$$$

Valor actual de *n* rentas anuales

Éste es un caso particular de la Fórmula (6) para cuando el período es anual, es decir cuando m = 1. La expresión analítica de la Fórmula (7) es:

$$S = R\frac{[(1+i)^n - 1]}{i(1+i)^n} \quad (7)$$

Valor total actual de una serie anual

EJEMPLO

6) ¿Cuál es el monto total actualizado al 8% anual, de 6 cuotas de 420 $ c/u, a pagar cada 2 años?:

$$S = 420\frac{[(1+0{,}08)^{2*6} - 1]}{[(1+0{,}08)^2 - 1](1+0{,}08)^{2*6}} = \frac{637{,}63}{0{,}419023} = 1.521{,}70\ \$$$

7) ¿Cuánto suma hoy, el total de gastos de administración de 850 $ anuales de una forestación de 15 años? Tasa de descuento del 8% anual:

$$S = 850\frac{[(1+0{,}08)^{15} - 1]}{0{,}08(1+0{,}08)^{15}} = \frac{1.846{,}34}{0{,}253773} = 7.275{,}55\ \$$$

8) Para la compra de una propiedad existen dos ofertas: Opción a: pagar 200.000 $ de contado hoy y 250.000 $ al final del 6° año; y Opción b: pagar 150.000 $ al contado hoy y 50.000 $ anuales durante 6 años. ¿Cuál es la propuesta más ventajosa para el comprador suponiendo una tasa del 6% anual?

$$\text{Valor actual Opción a} = 200.000 + \frac{250.000}{(1+0{,}06)^6} = 376.240\ \$$$

$$\text{Valor actual Opción b} = 150.000 + 50.000\frac{[(1+0{,}06)^6 - 1]}{0{,}06(1+0{,}06)^6} = 395.866\ \$$$

La propuesta más ventajosa para el comprador es la Opción a.

9)[1] Un productor puede comprar una máquina forestal con los siguientes planes de pago: (a) un pago al contado hoy de 90.000 $; (b) diez pagos mensuales de 10.000 $ y (c) cinco pagos bimestrales de 20.000 $. Sabiendo que el interés es del 2% mensual, se desea determinar la mejor opción de compra.

Valor actual Opción a = 90.000 $

Valor actual Opción b = $10.000\frac{[(1+0{,}02)^{10}-1]}{0{,}02(1+0{,}02)^{10}} = 89.826\ \$$

Valor actual Opción c = $20.000\frac{[(1+0{,}02)^{2*5}-1]}{[(1+0{,}02)^{2}-1](1+0{,}02)^{2*5}} = 88.936\ \$$

El mejor plan de pagos de la compra es la Opción c.

Cuota de un crédito

Se puede despejar R en la Fórmula (7) para obtener la siguiente expresión:

$$R = S\frac{i(1+i)^n}{[(1+i)^n-1]} \quad (8)$$

La Fórmula (8) establece la relación entre la anualidad *R* y el monto inicial *S*.
El factor que multiplica a *S* se denomina "factor de recuperación del capital":

$$\frac{i(1+i)^n}{[(1+i)^n-1]}$$

Dicha Fórmula (8) corresponde al llamado "Método Francés" o Sistema de amortización progresiva (tema expuesto en el Capítulo 1); representa el método usado con mayor frecuencia por las entidades crediticias para otorgar un préstamo y calcular la cuota anual del mismo.

La expresión se utiliza para determinar el pago anual uniforme que

1 Ejemplo extraído de Lopes Da Silva et al. (2005)

amortiza o cancela un préstamo *S* a pagar durante *n* años, con un interés anual *i* sobre saldo deudor (corresponde a la amortización y el interés en forma simultánea).

EJEMPLO

10) Se necesita establecer el monto del pago anual que cancela un préstamo de 350.000 $ a pagar durante 5 años, por el método Francés. El costo del capital es del 10% anual:

$$R = 350.000 \frac{0{,}10(1+0{,}10)^5}{[(1+0{,}10)^5 - 1]} = \frac{56.367{,}85}{0{,}61051} = 92.329{,}12 \text{ \$/año}$$

Costo anual equivalente de una inversión

La misma Fórmula (8) se usa también para la determinación del costo operativo anual equivalente de una inversión. ¿De qué se trata esto? Una inversión es una erogación inicial que inmoviliza fondos a largo plazo. Además, dicha inversión puede originar cada año, otros gastos adicionales tales como gastos de reparaciones, de repuestos, de impuestos, etc. El propósito es transformar la erogación inicial en una serie equivalente de anualidades, a la cual se deben sumar los gastos anuales. En consecuencia, se define la "anualidad" *R* como el monto anual uniforme, pagadero en determinada cantidad de años, que equivale al valor actual de una inversión dada S (Frank, 1998).

Si la inversión es un bien de capital amortizable, la anualidad será la suma de la amortización y los intereses sobre el capital invertido. En otros términos, la inversión inicial *S* se transforma en una serie uniforme de anualidades *R*.

Pero para obtener el costo operativo de la inversión, a la anualidad se deberán sumar los gastos anuales:

Costo operativo = anualidad + gastos anuales

El concepto de "anualidad" y la aplicación de la Fórmula (8) se aplican cuando los gastos anuales son uniformes durante todo el tiempo que dura la inversión. En muchos casos esto implica una simplificación de un problema real más complejo. Se sabe que una máquina no necesariamente

origina el mismo costo operativo durante toda su vida útil, pero en muchos casos, es suficiente conocer un promedio de sus costos anuales, cuando la otra alternativa consiste, por ejemplo, en contratar una máquina.

Frank (1998) resume el tema señalando que este concepto se aplica en las siguientes situaciones:

- Cuando hay una inversión inicial y una serie uniforme de gastos anuales (por ejemplo, una máquina).
- Cuando hay una inversión inicial y una serie de ingresos anuales uniformes (por ejemplo, la compra de una casa y el cobro de un alquiler durante el tiempo de su vida útil).
- Cuando hay una inversión inicial y gastos e ingresos anuales uniformes (por ejemplo, la cosechadora forestal de un contratista).

EJEMPLO

11)[2] Un productor forestal evalúa la posibilidad de comprar una harvester (cosechadora forestal) en lugar de recurrir al contratista. Cuenta con los siguientes datos: la harvester tiene un valor a nuevo de 800.000 $ (valor residual pasivo igual a cero) y una vida útil estimada en 20 años, trabajando 300 horas al año. La capacidad de la cosechadora es de 50 m^3 de madera por hora. Los gastos anuales (mano de obra, combustible, seguro, impuestos, reparaciones) ascienden a 96.000 $/año. El productor estima un precio promedio de la madera de 150 $/$m^3$. El contratista cobra el 10% del precio de la madera.
Se necesita determinar los costos de ambas alternativas, suponiendo una tasa de interés del capital del 8% anual.
Costo del contratista = 15 $/m3 * 50 m3/h * 300 h/año = 225.000 $/año

La anualidad R será igual a:

$$R = 800.000 \frac{0,08(1+0,08)^{20}}{[(1+0,08)^{20}-1]} = \frac{298.300,80}{3,660957} = 81.481,65 \text{ \$/año}$$

2 Adaptación de un ejemplo extraído de Frank (1998)

La inversión inicial S de 800.000 $ equivale a una serie uniforme de anualidades actualizadas R, iguales a 81.481,65 $ (amortización e intereses).

Gastos anuales =	96.000 $/año
Anualidad =	81.481,65 $/año
Total costo cosechadora propia =	177.481,65 $/año

Según los resultados obtenidos, resulta conveniente utilizar la cosechadora propia porque tiene un costo menor que recurrir al contratista.

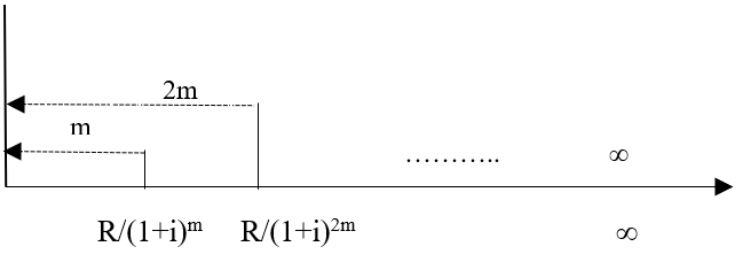
Cabe advertir que un incremento de la tasa de interés aumentará el monto de la anualidad y en consecuencia el costo operativo de la máquina. Existirá alguna tasa de interés (superior al 8%) para la cual resulte más aconsejable la cosecha con contratista. Por interpolación se puede hallar dicha tasa, llamada "tasa de indiferencia": en ese punto, resultarán indiferentes las dos alternativas. A tasas superiores a la tasa de indiferencia será más conveniente contratar la máquina.

2.2.3 Suma de rentas en número infinito

Se recuerda que en una serie de rentas perpetuas (con horizonte infinito), no puede calcularse el valor futuro, puesto que su capitalización tiende a infinito.

Valor actual de infinitas rentas periódicas

Este caso trata de hallar el resultado final de la suma de rentas periódicas, todas iguales a R, que se perciben a perpetuidad, de m en m años; la primera a los m años. La gráfica de la línea de tiempo es:



La formulación matemática es la siguiente:

$$S = \frac{R}{(1+i)^m} + \frac{R}{(1+i)^{2m}} + \frac{R}{(1+i)^{3m}} + ... + \frac{R}{(1+i)^{\infty}}$$

Para obtener la suma de los términos se aplica la expresión (C) de progresiones, donde:

Primer término $a_1 = \frac{R}{(1+i)^m}$

Razón $r = \frac{1}{(1+i)^m}$

resultando la siguiente formulación analítica (Fórmula 9):

$$S = \frac{R}{(1+i)^m - 1} \quad (9)$$

Valor total actual de una serie periódica perpetua

Dónde:
S: valor total actual de la suma de términos
R: valor individual de cada renta
m: duración del período
i: tasa de interés

EJEMPLO

12) Se quiere calcular el valor presente del total de beneficios que genera un monte manejado a perpetuidad, con rentas de 700.000 $ en cada turno de corta de 18 años, con un interés del 8% anual:

$$S = \frac{700.000}{(1+0{,}08)^{18} - 1} = 233.644\ \$$$

Valor actual de infinitas rentas anuales

Es un caso particular de la situación anterior para cuando el período es anual, es decir cuando m = 1. La primera renta R se percibe desde el año 1. La Fórmula (10) es:

$$S = \frac{R}{i} \quad (10)$$

Valor total actual de una serie anual perpetua

EJEMPLO

13) ¿Cuánto representa hoy, el valor de una finca urbana que produce una renta anual (en concepto de alquiler) de 22.000 $, con un interés anual del 5% anual?:

$$S = \frac{22.000}{0{,}05} = 440.000\ \$$$

14) ¿Cuál debería ser el valor del arrendamiento mensual de unas tierras, si una hectárea de terreno rural en la zona cuesta 2.500 US$ y la tasa de interés es del 3% mensual?

$$R = 2.500 * 0{,}03 = 75\ \text{US\$/mes}$$

Si en lugar que la primera renta R se perciba desde el año 1, la misma tuviese lugar después de transcurrido un lapso de tiempo, por ejemplo, a partir de un año n determinado, la formulación anterior se convierte en la Fórmula (11):

$$S = \frac{R}{i(1+i)^n} \quad (11)$$

Dónde:
S: valor total actual de la suma de términos
R: valor individual de cada renta

n: cantidad de años que transcurren hasta la primera renta
i: tasa de interés

Esta situación es frecuente en la actividad forestal donde debe transcurrir una determinada cantidad de tiempo antes que el bosque puede normalizar su organización y comience a generar rentas anualmente.

A manera de resumen, en la página siguiente se exponen todas las fórmulas financieras presentadas:

FÓRMULAS FINANCIERAS

Para un solo valor:

Fórmula 1: Valor futuro

$$V_F = V_o(1+i)^n$$

Fórmula 2: Valor actual

$$V_o = \frac{V_F}{(1+i)^n}$$

Para una serie de valores:

Serie finita

Fórmula 3: Valor futuro de serie periódica

$$S = R\frac{[(1+i)^{mn}-1]}{(1+i)^m-1}$$

Fórmula 4: Valor futuro de serie anual

$$S = R\frac{[(1+i)^n-1]}{i}$$

Fórmula 5: Cuota anual de amortización

$$R = S\frac{i}{[(1+i)^n-1]}$$

Fórmula 6: Valor actual de serie periódica

$$S = R\frac{[(1+i)^{mn}-1]}{[(1+i)^m-1](1+i)^{mn}}$$

Fórmula 7: Valor actual de serie anual

$$S = R\frac{[(1+i)^n-1]}{i(1+i)^n}$$

Fórmula 8: Cuota de recuperación de capital

$$R = S\frac{i(1+i)^n}{[(1+i)^n-1]}$$

Serie infinita

Fórmula 9: Valor actual de serie periódica (se percibe de m en m años; la primera a los m años)

$$S = \frac{R}{(1+i)^m - 1}$$

Fórmula 10: Valor actual de serie anual (se percibe desde el 1° año)

$$S = \frac{R}{i}$$

Fórmula 11: Valor Actual de Serie Anual (se percibe a partir del año n)

$$S = \frac{R}{i(1+i)^n}$$

Bibliografía

Cruz Rambaud, Salvador y Valls Martínez, María del Carmen (2014). *Introducción a las matemáticas financieras*. Madrid: Ediciones Pirámide.

De Miguel Seco, José María (2020). *Matemática financiera. Problemas resueltos*. Madrid: Editorial Tébar Flores.

Frank, Rodolfo (1998). E*valuación de inversiones en la empresa agropecuaria*. Buenos Aires: Editorial El Ateneo.

Lopes da Silva, Marcio, Gonçalves Jacovine, Laèrcio A. y Valverde, Sebastian Renato (2005). *Economía Florestal* (2a ed.). Viçosa: Editorial UFV. Universidade Federal do Viçosa.

Margaría, Oscar y Bravino, Laura (2014). *Matemática financiera*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba.

Ramírez Molinares, Carlos, García Barbosa, Milton, Pantoja Algarín, Cristo y Zambrano Meza, Ariel (2009). F*undamentos de matemáticas financieras.* Cartagena: Grupo GNOSIS. Universidad Libre. Sede Cartagena.

Villalobos, José Luis (2009). *Matemáticas financieras* (3a ed.). Guadalajara: Pearson. Prentice Hall.

Capítulo 3

La valoración forestal

Valorar las cosas, bienes y servicios, significa expresarlos en términos monetarios, de manera que, dos cosas que se presentan como heterogéneas por naturaleza, se puedan comprar utilizando un tercer bien, común a ambas, como lo es el dinero. La finalidad de la valoración es, en definitiva, poder comparar cosas disímiles o de diferente naturaleza.

La ciencia de la valoración se encarga, pues, de determinar los precios de los bienes. El valor se mide por el tiempo, los bienes o el dinero que un individuo está dispuesto a dar para obtener bienes o servicios.

Si se pudiera conocer con facilidad los valores de los bienes y servicios que proporcionan los bosques, no sería necesario desarrollar procedimientos y técnicas para su determinación. Lamentablemente, esta circunstancia no se produce, por lo que es necesario conocer y comprender la metodología aplicable en la Valoración Forestal.

La primera parte de este capítulo aborda contenidos correspondientes a los conceptos, fundamentos, criterios y utilidades de la Valoración en general.

La segunda parte se dedica a presentar todas las particularidades propias de la Valoración Forestal (tipos, técnicas empleadas, factores influyentes y aplicaciones), atendiendo en forma exclusiva a los aspectos productivos del bosque. Se desarrollan los métodos de valoración que surgen desde este ámbito y los tipos de valoración que se aplican a las diferentes formas de masa forestal.

3.1 Definición de valor

Se define al **valor** como el grado de utilidad o aptitud que se le reconoce a un bien o servicio, en un momento y lugar determinado. Es una percepción humana.

El término valor no es un concepto fácil de definir ya que existen diferentes puntos de vista para conceptualizarlo. Pero para la Economía, el valor es la equivalencia de un bien/servicio en términos de otros bienes/servicios. Refleja la cuantía en dinero que se paga por un bien/servicio.

El concepto de valor tiene diferentes apreciaciones o puntos de vista. Por ejemplo, existen los siguientes:

- Valor de uso: es la capacidad de un bien en satisfacer una necesidad. Es el grado de utilidad de un bien en particular.
- Valor de mercado o valor de cambio: es la relación cuantitativa entre dos o más bienes o servicios. Es el poder de un bien para adquirir otros bienes. También se denomina precio de intercambio.
- Valor social: es la apreciación de la sociedad sobre un bien/servicio en particular. Es un indicador de la importancia de dicho bien/servicio en el bienestar de la comunidad.

El valor de cualquier objeto en un mercado depende de su escasez y de su atractivo. El valor de mercado refleja su poder adquisitivo en un mercado libre.

El valor natural es el valor que prevalecería si las fuerzas de un mercado competitivo operaran sin fricciones. El valor natural es el precio justo de un bien.

Existen dos teorías que tratan de explicar la formación del valor de cambio o valor de mercado, que es el concepto que aquí interesa porque define las actividades comerciales. Ellas son las siguientes: teoría objetiva y teoría subjetiva del valor.

Teoría objetiva del valor

También llamada "teoría del valor trabajo". Plantea que el valor de todo bien se genera en función del trabajo que costó crearlo. El trabajo es la medida de valor de toda mercancía. Originalmente, el bosque sólo tenía valor por la madera que ofrecía y ésta a su vez, por el trabajo que se incurría en extraerla.

La teoría tuvo su origen con Adam Smith; fue mejorada por David Ricardo y perfeccionada por Carlos Marx. Con la llegada de la revolución industrial cambia la forma de trabajo y aparece la figura del empresario y el capitalista (que en los primeros tiempos eran una misma persona) en lugar del artesano. En sus formas clásicas, la teoría no podía explicar (con sólo el factor trabajo) la creación conjunta del valor y el beneficio del capitalista. Marx introduce el concepto de plusvalía que significa la apropiación del capitalista de parte del trabajo ajeno. De acuerdo con este concepto, un hombre es rico o pobre de acuerdo al trabajo que se pueda apropiar. Esta visión del concepto de valor es hoy, obsoleta.

Teoría subjetiva del valor

Conocida como "teoría del valor utilidad" o teoría marginalista. Se basa en la utilidad y escasez de los bienes. Trata de buscar las causas del valor en el interior del individuo. Realza los elementos subjetivos de la actividad económica, principalmente emocionales. Esta teoría mide el valor de un bien por el grado de utilidad o satisfacción que le reporta al individuo que lo consume. Considera como muy importante el valor de uso de un bien.

¿Cuál es la diferencia entre ambas teorías?

Si se define el valor como el costo de producción, el valor será un dato objetivo porque está ligado a la tecnología y al costo de los factores productivos. Sin embargo, si se considera el valor como la satisfacción del consumidor, el valor será una variable subjetiva.

El ejemplo y las explicaciones de Aznar y Estruch (2015) ayudan a aclarar la diferencia. Estos autores plantean la siguiente pregunta: ¿cuánto vale una manzana?

En un caso se dirá que depende de la cantidad de insumos utilizados y del precio de éstos. En este caso, el valor de la manzana estaría relacionado con la función de costos e indicaría el valor de los recursos que la empresa dedica a la obtención de la manzana. Por lo tanto, el valor de la manzana variaría según el productor considerado, pues no todos (incluso siendo eficientes) utilizan la misma función de producción, ya que los precios del capital, mano de obra e insumos son diferentes para los diferentes productores.

Desde el otro punto de vista, el valor de la manzana estará ligado a la satisfacción que el consumidor obtiene de su consumo.

En conclusión, en ninguno de los dos casos se tiene un valor único, pues en un caso depende del sistema de producción utilizado y en el otro de la satisfacción obtenida en su consumo.

En teoría económica, la satisfacción del consumidor está ligada al concepto de utilidad marginal[3] y por lo tanto, a la función de demanda. El economista Dupuit fue el primero que explicitó este concepto bajo una función de demanda. De una forma muy simple se dispone de una función de demanda tal que la demanda de un bien es función del precio de éste. Debajo de la función de demanda subyace el concepto de utilidad marginal, siendo la utilidad total, la suma de todas las utilidades margina-

3 La utilidad marginal de un bien es el incremento de satisfacción que obtiene un consumidor debido al consumo de la última unidad del bien.

les. Así, si el consumidor quiere maximizar su bienestar deberá igualar la satisfacción obtenida con el costo que ello le supone. Por lo tanto, el precio que el consumidor está dispuesto a pagar por un bien depende de la utilidad marginal proporcionada por la última unidad. Es decir, el precio de mercado refleja lo que se está dispuesto a pagar por la última unidad consumida y no por las anteriores.

De esta manera, el valor que se obtiene por el consumo de un bien y el precio que se paga por él son dos conceptos distintos, ya que el precio está ligado a la utilidad marginal y el valor está ligado a la utilidad total. En este sentido, existen bienes que proporcionan alto grado de satisfacción, pero su precio es muy reducido. Por ejemplo, en una sociedad sin problemas de restricciones de agua, el m3 de agua tendrá un precio muy bajo. Sin embargo, el valor del agua es muy elevado porque permite la vida. Si se redujera la cantidad disponible y solo se pudiera consumir un vaso de agua diario, ese vaso adquiriría un precio muy elevado.

En el primer caso, la utilidad total proporcionada por el agua, y por lo tanto su valor, es elevado y su precio reducido, mientras que, en el segundo caso, el precio aumenta pero el valor disminuye.

Cabe aclarar que la inexistencia de precio no implica inexistencia de valor. Si la cantidad existente de un bien es tal que se puede consumir toda la cantidad del dicho bien que se desee (lo cual implica que la utilidad marginal que proporciona ese bien es nula), el precio de mercado de ese bien será nulo.

3.2 Valor versus precio

El precio y el valor son dos conceptos amplios pero interrelacionados. Los dos términos han estado presentes a lo largo de la historia de la actividad económica, entendida ésta como un aspecto más de la conducta humana y lo seguirán estando mientras la vida del ser humano siga desarrollándose dentro de un contexto social.

Valor y precio son dos palabras que parecen similares pero cuyos sentidos son bien diferentes. El valor se refiere al beneficio que se recibe de algo. El precio se refiere a cuánto cuesta comprarlo.

Si las leyes económicas fueran exactas, el precio de algo siempre reflejaría su valor para el comprador, pero, casi nunca es así. Las personas solo se fijan en el precio de algo y en base a eso toman la decisión de comprar.

El **precio** es la cantidad de dinero que se asigna a un bien/servicio para su venta; son las unidades monetarias que un consumidor paga para ad-

quirir dicho bien/servicio, necesarias para que se produzca un intercambio en el mercado. El valor es la utilidad o grado de satisfacción que tiene ese bien/servicio para el consumidor; es el conjunto de características y circunstancias asociadas al bien o servicio que le otorgan un grado de utilidad al mismo.

El precio es el dinero a pagar para adquirir un determinado bien o servicio, mientras que el valor es el monto que se está dispuesto a pagar por dicho bien o servicio. El precio se caracteriza porque depende de la oferta y demanda del bien/servicio y, además, es cuantificable de un modo objetivo. El valor, por su parte, se caracteriza porque no depende de la oferta y demanda y, a pesar de que también es cuantificable, lo es de un modo subjetivo.

3.3 Concepto de valoración

La valoración es la parte de la Economía que se ocupa de estimar valores según determinadas hipótesis, con un fin determinado, mediante un proceso de cálculo basado en información de carácter técnico (Caballer, 2008).

De la definición presentada se derivan algunos aspectos a tener en cuenta:

- El objeto de la valoración es estimar un determinado valor.
- La valoración es una rama de la economía y, por lo tanto, requiere fundamentos económicos.
- La valoración utiliza procedimientos de cálculo; por lo tanto, requiere de fundamentos matemáticos.
- La valoración necesita información de carácter técnico y, en consecuencia, requiere fundamentos tecnológicos.

Valoración es sinónimo de valuación. En cambio, la apreciación o valorización es la fijación arbitraria oficial de un precio: se refiere al avalúo o tasación (David y Johnson, 1986).

La valoración o valuación es un campo o área académica de estudio que se refiere al estudio y desarrollo de conceptos y metodologías apropiadas para estimar el valor de los bienes y servicios.

VALUACIÓN = VALORACIÓN

Campo de estudio

Teoría para asignar precio a las cosas

La valorización o tasación es el acto específico de aplicar estos conceptos y métodos, para hacer una estimación específica del valor de un bien/servicio en particular, a un casi particular, en una situación particular y en un punto del tiempo. Es una guía legal, una habilidad profesional.

VALORIZACIÓN = TASACIÓN = AVALÚO

Acto de aplicación

Aplicación práctica de la valoración

3.3.1 Utilidades básicas de la valoración

La valoración en general, puede resolver diferentes problemas tales como:

- Determinar la compensación monetaria por demandas y juicios legales
- Cuantificar un patrimonio con fines de una transacción comercial
- Establecer bases impositivas, fijando las tasas del tributo a pagar
- Orientar sobre el precio de transacciones comerciales de compras y ventas
- Determinar una compensación monetaria por daños (incendio, robo, ataque de plagas, granizo, etc.)
- Establecer garantías para conceder préstamos y fijar hipotecas
- Liquidar seguros
- Planificar producciones futuras

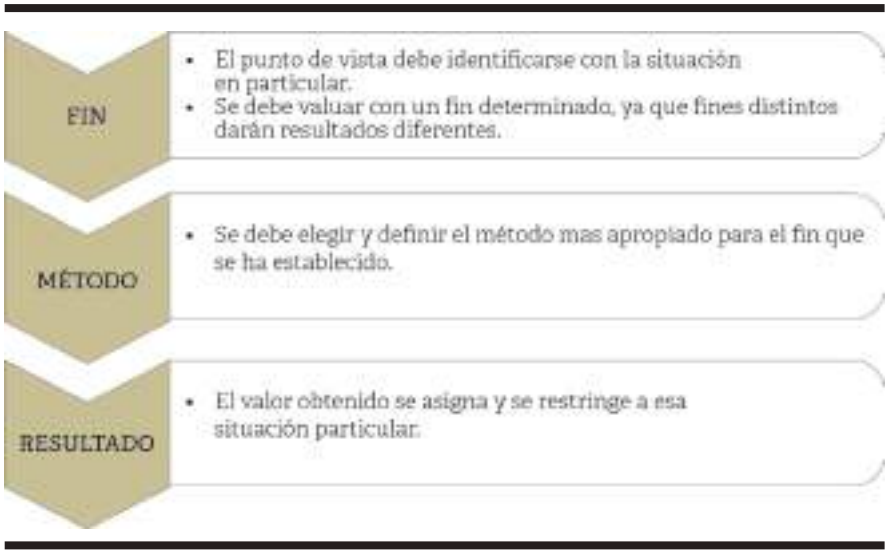
3.3.2 Fundamentos de la valoración

Para realizar una valoración es necesario conocer el fin que se desea alcanzar con la misma. Es imprescindible encontrar la respuesta a la pregunta: ¿para qué se valúa?

Resulta imposible interpretar una valoración si se desconoce el fin para el cual se la efectuó.

Por esta razón, en la valoración se deben considerar tres puntos o pilares en los que la misma se sustenta: el fin, el método y el resultado (Figura 3.1).

Figura 3.1. Fundamentos de la valoración



Fuente: elaboración propia

3.4 Orígenes de la valoración forestal

La Valoración Forestal es una rama de la Economía Forestal que se ocupa de estimar el valor de la producción forestal según determinadas hipótesis, con un fin determinado.

Históricamente, la valoración forestal fue considerada durante mucho tiempo como una parte de la valoración agraria. Dado que en muchas ocasiones el predio objeto de la valoración poseía características agrofo-

restales y los procedimientos valorativos eran los mismos, la valoración forestal estuvo fuertemente vinculada a la agrícola, debido a la mayor tradición histórica de esta última (Díaz Balteiro y Prieto, 2000).

Esta circunstancia condujo a que la valoración forestal no fuera concebida como disciplina propia. Bajo esta concepción histórica, Caballer (2008) clasifica la valoración agraria del modo que se presenta en la Figura 3.2, donde se puede observar que la valoración de los bosques forma parte de aquélla.

La valoración de los bosques en sus aspectos más generales coincide básicamente con los métodos y criterios de la valoración agraria. Sin embargo, las diferencias que existen entre la producción agraria y la forestal le otorgan ciertas particularidades que obligan al conocimiento de elementos fundamentales de otras disciplinas y técnicas específicas del sector forestal. Estas disciplinas son la Silvicultura (ciencia que aplica una serie de prácticas para obtener una producción continua de ciertos bienes y servicios forestales), la Dasometría (disciplina que se ocupa de la medición e inventario forestal) y la Ordenación de Montes (ciencia que se encarga de la organización económica de la producción forestal).

Figura 3.2. Clasificación de la valoración agraria



Fuente: Caballer (2008)

La actividad forestal se caracteriza por presentar características específicas que la diferencian de la actividad agraria: la larga duración del ciclo vegetativo de los árboles, la complejidad y fragilidad del medio forestal, la diversidad de productos, la inmovilidad del recurso y la existencia de graves riesgos naturales y artificiales. Asimismo, es preciso subrayar la creciente importancia de las funciones ecológicas y sociales que desempeñan de los bosques.

3.4.1 Bienes y servicios de los ecosistemas forestales

La clasificación de la valoración agraria presentada en la Figura 3.2 posee importancia histórica. Dado que la acción de valorar consiste en estimar una serie de valores utilizando procedimientos de carácter económico, es evidente que este concepto incluye un componente antropocéntrico, es decir, que los valores son obtenidos por apreciaciones humanas o surgidos de valores que la sociedad percibe.

La concepción que la sociedad tiene actualmente de los ecosistemas forestales difiere en gran medida de la que históricamente se reflejó en los procesos de valoración. Así, mientras que anteriormente se atendía a valorar exclusivamente los aspectos productivos tangibles del bosque tales como madera, frutos, resina, corcho, etc., hoy en día, no hay duda de la importancia de los bosques como sistemas generadores de un conjunto variado de bienes y servicios, tangibles como los mencionados, e intangibles tales como el control de erosión, fijación de CO_2, mantenimiento de la biodiversidad, aspectos recreativos y paisajísticos, etc.

Esta dualidad en la producción hace que los problemas sean muy distintos si se atiende a los tipos de productos ofrecidos. Mientras que, en el primer caso, los procedimientos disponibles están bastante desarrollados y extendidos, cuando se genera una producción conjunta entre bienes tangibles e intangibles, la producción tangible sólo representa una parte del valor total, pero se tienen muchas dificultades a la hora de hallar ese valor conjunto del ecosistema forestal. Este valor conjunto, conocido como VET o valor económico total (tema que será planteado en el Capítulo 4), engloba una serie de componentes.

Por otro lado, hay que señalar que, en muchas ocasiones, estos valores no son independientes unos de otros. En efecto, muchos bienes y servicios forestales presentan interrelaciones explícitas, tanto en el espacio como en el tiempo. Dicho de otra forma, se sabe que el valor del conjunto es mayor que el valor de la suma de las partes.

Esta realidad ha conducido, desde el campo de la Economía Ambiental, al desarrollo de nuevos métodos de valoración que intentan incorporar estos aspectos.

¿Qué bienes y servicios pueden ofrecer los bosques? Los ecosistemas forestales son productores de múltiples bienes y servicios.

En la valoración forestal debe distinguirse los tipos de bienes y servicios que brinda el bosque. Algunos de éstos (principalmente bienes) tiene un mercado formado y por lo tanto, un precio asignado; otros (esencialmente servicios) tienen valor social pero no existe un precio de mercado para ellos (Tabla 3.1).

De acuerdo con Prieto et al. (1998), en la valoración de bienes con precio de mercado, se deben diferenciar entre los productos primarios (los del vuelo) y los secundarios (los del suelo). La producción primaria puede ser directa (madera y leña) y mediata (cortezas, curtientes, resinas, frutos). La producción secundaria puede ser mineral (minas, canteras, arena, tierras), vegetal (aromáticas, pastos, hongos) y animal (caza y pesca).

Tabla 3.1. Tipo de producciones forestales de bienes y servicios

Tipo de producto	Bienes y servicios	Situación	Tipo de valor
Bienes	Madera, leña, frutos, caza, pesca, minerales, pastos	Con precio de mercado	Valor de mercado Valor de uso
Servicios	Uso social (recreación) Biodiversidad Fijación de CO_2 Paisaje Protección física Agua	Sin precio de mercado	Valor social

Fuente: Prieto et al. (1998)

En el caso de bienes y servicios del bosque que carecen de un precio de mercado (los que aparecen en la segunda fila de la Tabla 3.1), se aplican técnicas y procedimientos de valoración desarrollados desde la Economía Ambiental.

La clasificación antes expuesta es válida en términos genéricos, pero presenta algunas excepciones. Por ejemplo, en algunos países el agua tiene valor de mercado; en muchos otros, se pueden asignar valor monetario a algunos aspectos del uso social del bosque. Al respecto, es preciso tener

en cuenta que, en muchas situaciones, el mantener la masa forestal con el fin de proporcionar los servicios que la misma brinda a la sociedad, lleva a una pérdida de producción o a una disminución de los ingresos por aumento de los costos de extracción o disminución de la cantidad y calidad de los productos. En el caso de una propiedad privada, estas posibles restricciones son afrontadas por el propietario privado sin ningún tipo de compensación, lo que puede llevar, razonablemente, a establecer cierto tipo de subsidios (Prieto et al., 1998).

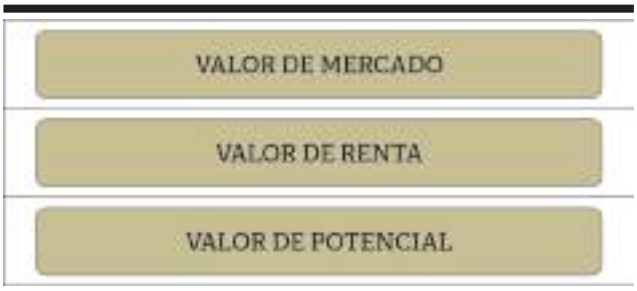
3.5 Criterios de valoración

Es importante observar que la valoración es tanto un arte como una ciencia porque requiere del juicio del profesional interviniente. Generalmente se utilizan varios métodos de valoración en diferentes escenarios, obteniéndose distintos valores del bien/servicio objetivo, en función del método empleado y el escenario elegido. De esta forma, puede apreciarse que los métodos de valuación no son excluyentes entre sí, sino que la utilización de más de uno de ellos permite al analista ofrecer una opinión que contemple distintos puntos de vista.

La valoración no es una ciencia exacta; posee flexibilidad en su aplicación. Si bien se conjugan herramientas matemáticas y financieras, los resultados no tienen precisión ya que existen diferentes criterios para medir el valor de las cosas.

Según Ortuño Pérez et al. (2007) son ocho los criterios de valoración. Los diferentes criterios de valoración no deben interpretarse como un conjunto de metodologías, sino como una serie de conceptos distintos de la valoración. Los ocho criterios son los que se mencionan a continuación (Figura 3.3):

Figura 3.3. Criterios de valoración





Fuente: Ortuño Pérez et al. (2007)

Para que la lista de la Figura 3.3 sea completa y actualizada deberían agregarse las técnicas desarrolladas por la disciplina de la Valoración Ambiental. El objetivo de la valoración ambiental es asignar valor a las externalidades tanto positivas (calidad del aire, del agua, etc.) como negativas (contaminación, etc.), o sea, valorar bienes y servicios que carecen de mercado y que, por lo tanto, no tienen asignado un precio.

El presente capítulo se destinará a exponer los métodos empleados en la Valoración Forestal atendiendo exclusivamente a valorar los aspectos productivos del bosque, es decir, los bienes y servicios con precio de mercado (principalmente la madera).

La temática de la Valoración Ambiental será objeto de análisis en el Capítulo 4 de este trabajo.

3.5.1 Características de cada criterio de valoración

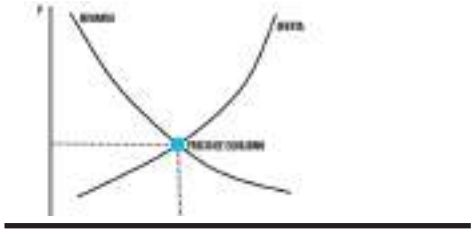
A continuación se presenta el concepto y las características de cada uno de los ocho criterios de valoración señalados en Ortuño Pérez et al. (2007).

Valor de mercado

Este criterio también se denomina "valor en venta" o "evidencia de mercado". Es el precio corriente, precio de equilibrio o precio de mercado que

alcanza un bien, resultante del juego de la oferta y la demanda (ver Figura 3.4). La estructura de mercado influye notablemente en el proceso de fijación del precio.

Figura 3.4. Precio de equilibrio



En el caso de productos forestales, el mercado que funciona no es de competencia perfecta debido a que los productos no son homogéneos, normalmente concurren pocos compradores y vendedores, no se conocen los precios y las transacciones pueden estar frecuentemente influenciadas por la existencia de monopolios.

Características:

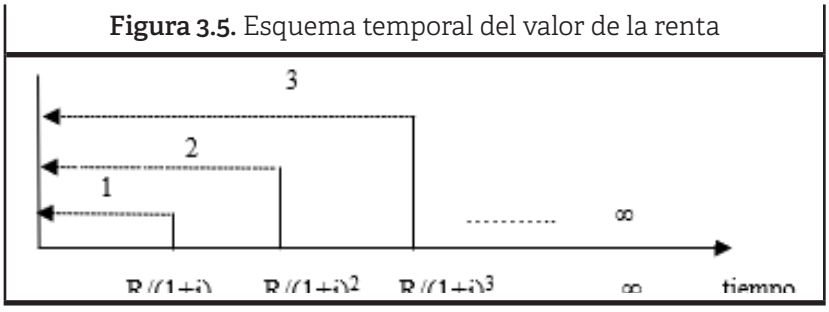
- Se aplica a bienes/servicios que tiene un mercado formado; generalmente a bienes de consumo.
- Es un indicador neutral e impersonal.
- Es un indicador legal, aceptado por la legislación.
- Requiere de gran cantidad de información para su determinación.

Valor en renta

El valor en renta Vr resulta de sumar infinitas rentas futuras R y actualizarlas al momento de la valoración (momento presente), a una tasa de interés prefijada. La gráfica del horizonte temporal es la que muestra la Figura 3.5:

En términos analíticos:

Figura 3.5. Esquema temporal del valor de la renta



Características:

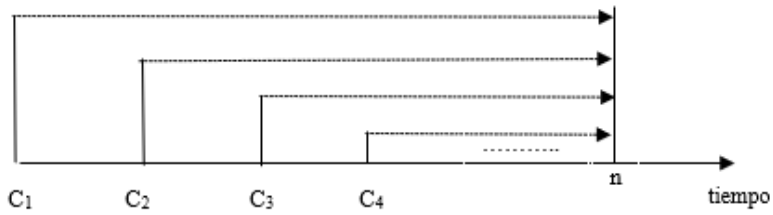
$$V_r = \frac{R}{(1+i)} + \frac{R}{(1+i)^2} + \frac{R}{(1+i)^3} + \cdots + \frac{R}{(1+i)^{\infty}} = \frac{R}{i}$$

- Se aplica para valorar tierras agrícolas, fincas urbanas y rurales y propiedades cuya renta anual R es de fácil determinación.
- Exige conocer las futuras rentas a obtener.
- Exige fijar la tasa de interés a aplicar.
- Las rentas R deben ser anuales, infinitas y constantes.

Valor en costo

Llamado también "costo de formación" o "valor de reposición". El valor en costo Vc resulta de sumar todos los costos que fueron necesarios incurrir para obtener el bien en el estado actual. Es el precio mínimo que se puede pedir, ya que en esa situación no hay ganancias ni pérdidas. Para hallar este valor, se suman los costos efectuados hasta el momento n de la valoración con sus respectivas capitalizaciones, a una tasa dada de interés. Gráficamente puede representarse como sigue (ver Figura 3.6):

Figura 3.6. Esquema temporal del valor en costo



Fuente: elaboración propia

Los costos habitualmente implicados en el cálculo son los siguientes: precio por el uso de la tierra, salarios, capital circulante (energía, abonos, semillas, combustible, etc.) y capital fijo (instalaciones, maquinarias, etc.). La expresión matemática es:

$$V_c = C_1(1+i)^n + C_2(1+i)^n + C_3(1+i)^n + \ldots.. + C_n$$

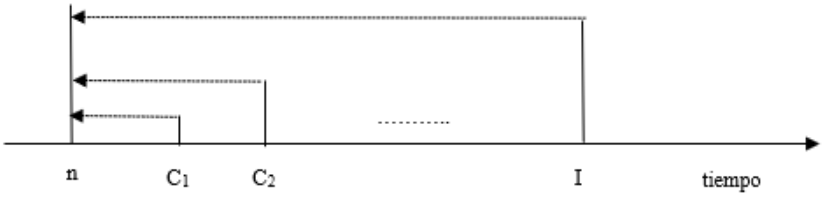
Características:

- El método arroja resultados muy precisos cuando la información histórica de los costos es minuciosa y exacta.
- Es un buen método para valorar daños y para los casos de venta forzosa.
- En el cálculo deben usarse los precios del momento actual y no los precios históricos.
- Es un criterio especialmente utilizado en Valoración Forestal, donde es frecuente tener que realizar la valoración de montes en los que se produjeron gastos durante muchos años, antes que comiencen a generarse los ingresos.

Valor potencial

Conocido también como "valor esperado", "valor económico", "valor de expectativa" o "valor de porvenir". El valor potencial V_p es el valor presente o actual de la estimación de beneficios futuros. Aplicar este criterio implica conocer la estructura de cobros y pagos asociados a la función de producción. Para calcularlo, a los ingresos esperados I deben deducirse (restarse) los costos *C* que se estiman efectuar, todos referidos al momento presente n, utilizando una tasa de descuento o actualización. El esquema de la línea de tiempo se muestra en la Figura 3.7

Figura 3.7. Esquema temporal del valor potencial



Fuente: elaboración propia

$$V_p = \frac{\sum I}{(1+i)^n} - \frac{\sum C}{(1+i)^n}$$

Al igual que en los dos criterios anteriores (valor en renta y valor en costo), si se pretende aplicar este método, se debe fijar el tipo de interés a emplear; esa tasa de interés no es fácil de precisar, sobre todo en un sector como el forestal.

Características:
- En el cálculo deben usarse precios del momento actual.
- Se aplica a productos en formación o crecimiento (por ejemplo, un bosque).
- No resulta un método sencillo por la dificultad que existe en estimar producciones futuras y costos futuros.
- Es un criterio utilizado muy especialmente en Valoración Forestal para valorar un bosque manejado bajo el principio de perpetuidad.

Valor de transformación

Este criterio también se lo llama "valor residual derivado". Constituye el valor atribuible a un bien, el que mediante un proceso de producción se transforma en otro. Se lo aplica, por ejemplo, para calcular el valor de la madera en pie. El procedimiento para aplicar el criterio del valor residual consiste en partir del precio de mercado del producto manufacturado y deducir los costos para llegar al valor de la materia prima. En este caso, el valor de la madera en pie será igual al valor de mercado de la tabla de madera, restados los costos de transformación de la misma.

Este procedimiento se emplea también para determinar otras producciones como puede ser el valor de los pastos en función del aumento de peso que experimenta el ganado que realiza su aprovechamiento (Prieto et al., 1998).

Valor de sustitución

Denominado "costo de reemplazo". Es el valor que adquiere un bien como consecuencia de ser utilizado como alternativa de otro. Este método se utiliza en caso de daños, pérdidas o robo de un bien, cuando éste se puede sustituir fácilmente en el mercado por otro similar.

En el sector forestal no es muy usado ya que no se puede reemplazar instantáneamente una masa arbórea que no ha llegado a la edad de corta. Sólo se puede aplicar en el caso de repoblaciones de hasta 15 años de edad o en los métodos de valoración del arbolado urbano u ornamental.

Valor fiscal

Conocido también como "valor catastral". Es el criterio que aplica la administración tributaria a los efectos de establecer la base impositiva a los

bienes. Aunque hay una tendencia actual a aproximar los valores fiscales a los reales de mercado, siguen siendo bastante inferiores, por lo que no es un método que se utilice en la valoración forestal, ni siquiera en los casos de expropiación forzosa por razones de interés social.

Valor de afección

Este criterio se apoya en componentes sicológicos y afectivos. El mismo se basa en la afirmación de que el valor de un bien puede buscarse en el interior del individuo.

Se aplica en la valoración de bienes rústicos que pasan de generación en generación, como puede ser el caso de la tierra. Es un criterio admitido para valorar árboles de valor histórico o cultural y árboles ornamentales. Asimismo, en la valoración ambiental, una de las metodologías se basa en el valor de afección.

3.6 Postulados de la valoración forestal

La tierra (suelo) y las existencias (vuelo) son el capital forestal básico. La inversión forestal se materializa principalmente en el capital monte o bosque, que se compone del capital suelo y el capital vuelo.

CAPITAL MONTE =

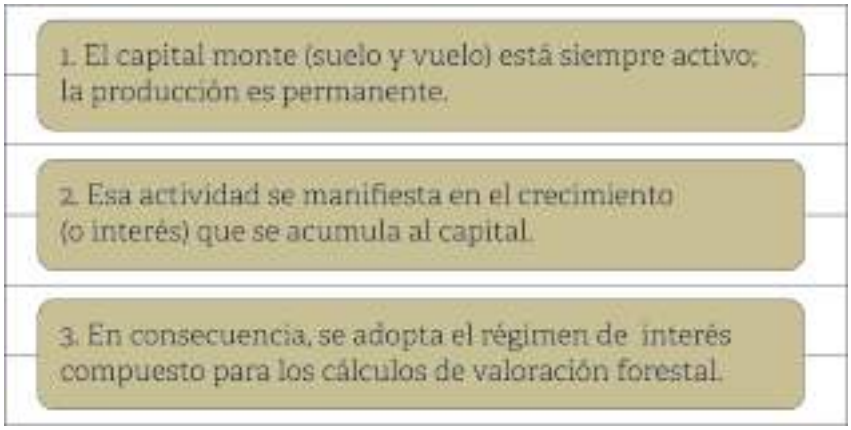
CAPITAL SUELO + CAPITAL VUELO

El capital suelo no se refiere tan solo al espacio físico, sino en esencia, al factor de producción como recurso natural renovable que sustenta al vuelo forestal. En el capital vuelo se acumulan las rentas que el bosque genera.

La valoración forestal se basa en el principio general de la producción permanente del vuelo y del mantenimiento de la capacidad productiva del suelo. En función de este principio general, se pueden anunciar los tres postulados fundamentales de la valoración forestal:

Por lo general, la valoración forestal implica la determinación conjunta del suelo y el vuelo. Sin embargo, existen situaciones específicas que conducen al cálculo independiente de estos dos valores, como se verá más adelante.

Figura 3.7. Tres postulados fundamentales de la valoración forestal



3.7 Tipos de valoración forestal

Según Prieto et al. (1998) la valoración forestal concierne tanto a las parcelas arboladas como a los terrenos despoblados. Este conjunto de propiedades está constituido básicamente por tres elementos: el suelo, los árboles en crecimiento (que forman la masa forestal) y las infraestructuras necesarias tanto para el mantenimiento de las masas (cortafuegos, cercas, puntos de agua), como para la movilización de los productos (caminos, rutas, etc.).

La tierra (suelo) y las existencias (vuelo) son el capital forestal básico. En el valor del suelo se incluyen aquellos elementos que pueden dar lugar a una nueva masa, tales como raíces, semillas, etc. Cada uno de estos elementos tiene su propia valoración, pero desde el punto de vista forestal sólo se considera el arbolado y la tierra desnuda.

El vuelo está constituido fundamentalmente por la madera de los árboles, aunque se puede considerar todo el material leñoso (leña y biomasa).

Los distintos casos que pueden requerir de la valoración forestal son los siguientes: por una parte, la valoración de masas regulares no ordenadas (tanto inmaduras como maduras) y masas regulares ordenadas. Por la otra, la valoración de masas irregulares no ordenadas (tanto de corta anual como periódica) y masas irregulares ordenadas.

Si la masa está constituida por distintas parcelas, cada una de ellas

compuesta por árboles de aproximadamente la misma edad se denomina masa regular. Por el contrario, si está compuesta por parcelas en las que los árboles presentan un amplio rango de edades se le denomina masa irregular.

Se entiende por una masa ordenada a aquélla que está sometida a un plan económico de localización de cortas previstas de antemano en el espacio y el tiempo, buscando una constancia en la producción de madera. Cuando no existe esa constancia en la producción, se dice que esa masa forestal no está ordenada.

En la valoración de un bosque regular no ordenado, debe distinguirse si el bosque tiene una masa madura (lista para cortar y aprovechar) o si se trata de una masa que no ha llegado a su edad de corta (masa inmadura).

El suelo y el vuelo se pueden valorar conjunta o independientemente, según el tipo de estructura de la masa: regular o irregular, madura o inmadura.

Sólo en el caso de masas regulares (no ordenadas) maduras, se puede realizar una valoración independiente del suelo y del vuelo. En todos los demás casos, se efectúa una valoración conjunta del suelo y del vuelo.

En función de lo expuesto, los temas de valoración forestal que serán planteados y ejemplificados en el presente capítulo, son los siguientes:

- Valoración del suelo forestal
- Valoración del vuelo forestal
- Valoración de rodales regulares inmaduros
- Valoración de rodales irregulares
- Valoración del monte ordenado
- Valoración de la madera en pie

¿Qué criterios se pueden aplicar en la valoración forestal? Los ocho criterios de valoración señalados por Ortuño Pérez et al. (2007) y presentados en el apartado 5 pueden ser de aplicación en la valoración forestal. En particular, los de uso más frecuente son el valor en renta, el valor en costo, el valor potencial y el valor de transformación, los cuales se aplican cuando se requiere valorar el suelo, el vuelo, el bosque o la madera en pie, como se expondrán en los próximos apartados.

3.7.1 Aplicaciones de la valoración forestal

¿Qué problemas puede resolver la valoración forestal? La valoración forestal, desde la perspectiva puramente mercantil y productiva del bosque, se puede aplicar para determinar u orientar en el precio de transacciones comerciales con bosques, utilizar el bosque como garantía hipotecaria, determinar una compensación monetaria por daños y orientar acerca del manejo y la administración forestal (la más importante de las utilidades).

En todos los casos, el paso previo a la valoración forestal es la determinación de las existencias (número de árboles, sus volúmenes y la distribución de esos volúmenes por dimensiones). Esta operación se efectúa por inventarios completos o se mide sólo una parte de la masa forestal mediante inventarios por muestreo estadístico. Es fundamental conocer el inventario de la masa objeto de la tasación, ya que tanto al propietario como al comprador les interesa averiguar con la mayor exactitud posible, el volumen de los árboles que componen dicha masa forestal.

Los fines de la valoración forestal son diversos, como se ejemplifica en la Tabla 3.2. El objetivo puede tener un interés privado o público.

Tabla 3.2. Objetivos de la valoración forestal

Valoración forestal	
Interés privado	**Interés público**
Compraventa de terrenos forestales	Expropiación forzosa
Enjuiciamiento civil	Imposición fiscal
Proindivisos y herencias4	Impuesto al patrimonio
Compraventa de árboles y masas	Impuesto sobre sucesiones
Constitución de sociedades	Impuestos sobre donaciones
Contabilidades	Transmisiones patrimoniales
Solicitud de préstamos con garantía hipotecaria	Plusvalías5
Arrendamientos	Trabajos de ordenación rural
Valoración de árboles individuales	Catastro
Daños y reclamos legales	Política forestal

Fuente: Prieto et al. (1998)

A estas aplicaciones de la valoración forestal, señaladas hace unos veinte años atrás, habría que añadir otras, más actuales y demandadas por la

4 Proindiviso se dice de algo que está para repartir. Se aplica a bienes no divisibles. Una propiedad proindivisa significa que pertenece a dos, sin que se sepa de quién es cada parte.

5 En España cuando se transmite una propiedad inmueble se debe abonar un impuesto sobre el incremento de valor de los terrenos urbanos. El impuesto, luego de la venta, corre a cargo del que vende por el aumento de valor que ha adquirido el terreno durante su posesión.

sociedad, referidas a la valoración de activos ambientales tales como el paisaje, la recreación, la biodiversidad y la captura de carbono, entre otras. Este tema será objeto de análisis en el próximo capítulo.

La valoración forestal es esencial como guía en las operaciones comerciales, en el sentido que, si el precio que se paga en una transacción está muy alejado de lo que el bosque puede producir bajo ciertos principios de ordenación, se puede llegar a liquidar las existencias y destruir el capital forestal.

Las técnicas de manejo están basadas en aspectos esencialmente biológicos, pero la elección de una determinada técnica, dentro de un abanico de posibilidades, está influenciada por cuestiones económico-financieras debido a que la actividad forestal domina largos plazos de actividades y alcances de planificación.

Se concluye entonces que la valoración forestal es una herramienta fundamental de manejo donde se conjugan una serie de conocimientos dasométricos, silvícolas y económicos. A la hora de elegir entre destinar el bosque a un uso maderero u otro que preste servicios, se deben valorar ambos y elegir el mayor.

3.7.2 Factores que influyen en la valoración forestal

La valoración forestal puede ayudar a tomar decisiones relativas a la gestión del bosque como, por ejemplo, lo relacionado con la duración del turno o la silvicultura más apropiada a aplicar. Sin embargo, hay determinados aspectos del ámbito forestal que complican la valoración.

¿Cuáles son los factores que influyen en la valoración forestal? Entre éstos, se pueden mencionar los siguientes:

- Elevada duración del turno forestal: esto supone riesgos, incertidumbre sobre los flujos de caja, dificultad para fijar la tasa de interés a aplicar, etc.
- Escasez de información.
- Importancia creciente del uso social del bosque.
- Complejidad de la producción del bosque: la producción múltiple está dada por la variedad de servicios y funciones que el mismo ofrece (madera, pastos, leña, caza, frutos, hongos, servicios ambientales, etc.).

Respecto al problema de la fijación del tipo de interés, Díaz Balteiro (1998) profundiza este tema llegando a la conclusión de que existe cierta aleatoriedad en su elección, lo que conduce a la carencia de procedimientos aceptados en forma unánime para su estimación.

En cuanto al aspecto referido a la producción múltiple del bosque, cabe señalar que ésta complejiza los cálculos. Por esta razón, para hacer

sencillas las estimaciones, es frecuente que en la valoración se suponga la existencia de una producción simple.

El valor de un bosque depende de una serie de factores tales como:

- El valor de uso. El valor de uso del bosque está en función de su destino. Un bosque con escasa producción maderera tendrá, lógicamente, poco valor. Si ese mismo bosque es utilizado como centro de turismo brindando servicios de caza y pesca, su valor será mayor.
- La ubicación del mismo. Cuanto más cerca esté de los centros industriales o de los centros turísticos, mayor será su valor.
- Las características intrínsecas del bosque (composición de especies, calidad de sitio, topografía y accesibilidad, etc.).
- El punto de vista social. Si el bosque es protector de cuencas, barrera contra la contaminación, protector de cultivos y del ganado, etc.

3.8 Valoración del suelo forestal

Se ha señalado anteriormente que la valoración forestal implica la determinación conjunta de los valores del suelo y del vuelo. No obstante, existen circunstancias en las que es necesario calcular de forma independiente estos valores. En el caso de una masa regular madura, la valoración del vuelo y del suelo se puede hacer en forma conjunta o independiente. Sin embargo, hay que advertir que en los bosques del Estado (bosques fiscales) sólo se puede vender la masa y no el suelo; en el caso de los bosques privados, se pueden vender ambos elementos.

El suelo, además de constituir el medio físico donde se sustenta la actividad económica forestal, es el elemento determinante de la productividad de la gestión forestal. De ahí la gran importancia de este tipo de valoración.

Se puede afirmar que, prácticamente, no existe un valor aislado para el suelo forestal cuando sobre éste existe una masa forestal. Suelo y vuelo están tan íntimamente ligados en el proceso productivo que es arbitraria la valoración aislada del suelo.

La valoración exclusiva e independiente del suelo se presenta solamente en los siguientes casos concretos:

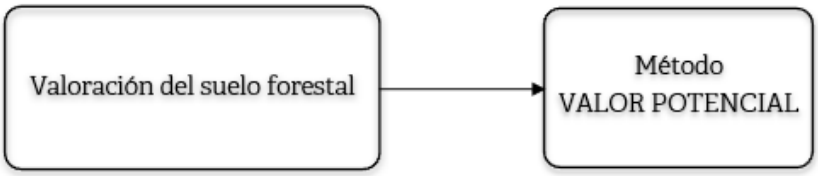
- Terrenos con vocación forestal, completamente desarbolados.
- Terrenos con escasos árboles.
- Terrenos donde se ha realizado la tala rasa.

En los demás casos, es decir, cuando exista una masa arbolada en pie, sería posible determinar el valor del suelo de forma independiente, pero con el riesgo de obtener valores inconsistentes.

Sobre ese suelo forestal se puede imaginar un proceso productivo de cuya hipótesis se deducirá su valor. La valoración del suelo dependerá, por lo tanto, de las previsiones que se realicen sobre lo que ese suelo producirá. Esto significa que el suelo se valora en función del uso que podrá tener en el futuro. Luego, cada hipotético comprador podrá fijar un valor diferente, dependiendo del proceso productivo forestal que imagine sobre ese suelo.

3.8.1 ¿Qué criterio se aplica para valorar el suelo forestal?

Para valorar el suelo forestal en las condiciones recién mencionadas se utiliza el criterio del valor potencial o valor de expectativa.



El suelo se valora suponiendo un monte raso sobre el que va a establecer una masa forestal, que generará rentas periódicas indefinidamente. La persistencia de rentas se mantiene al considerar la regeneración inmediata del vuelo después del aprovechamiento final de cada turno de *T* años.

La formulación matemática general del valor potencial del suelo o valor de expectativa del suelo forestal (VES) es:

$$VES = \frac{\sum_{n=0}^{T} R_n}{(1+i)^T - 1}$$

Dónde:
VES: valor de expectativa del suelo
Rn: renta neta (ingresos menos costos) de cada año n, con n = 0, 1, 2, 3, ...T
T: año del turno de corta
i: tasa de interés (tasa de actualización)

La expresión analítica representa el valor presente o actual de una suma de rentas futuras perpetuas y periódicas que se prevé obtener del suelo.

Dichas rentas se suponen constantes y periódicas cada *T* años, siendo *T* la duración del ciclo productivo (corresponde a la aplicación financiera general de la Fórmula (9): valor actual de una serie periódica que se percibe de m en m años, la primera a los m años).

Cabe aclarar que en la expresión presentada se ha supuesto un tipo de interés con capitalización discreta. En el caso que se quisiera emplear una tasa de interés con capitalización continua, la ecuación del VES debería ser:

$$VES = \frac{\sum_{n=0}^{T} R_n}{e^{iT} - 1}$$

Dado que durante cada turno T tiene lugar una serie de ingresos y costos, la formulación matemática del VES puede desplegarse en el numerador de la expresión, para detallar los ítems que conforman la renta neta y convertirse en la denominada "Fórmula de Faustmann":

$$VES = \frac{I_T + \sum I_r (1+i)^{T-r} + I_a \frac{[(1+i)^T - 1]}{i} - C_e (1+i)^T - \sum C_s (1+i)^{T-s} - C_a \frac{[(1+i)^T - 1]}{i}}{(1+i)^T - 1}$$

Fórmula de Faustmann

Dónde:

VES: valor de expectativa del suelo en el momento presente

I_T: ingresos por la corta final en el año T

I_r: ingresos intercalares (por raleos) en los años r

Ia: ingresos anuales de aprovechamientos secundarios

C_e: costo de establecimiento o implantación (preparación del suelo, plantación, valor de los plantines, reposición, etc.) en el momento cero

C_s: costos intercalares (cuidados culturales, mejoras, etc.) en los años s

C_a: costos anuales (vigilancia, impuestos, mantenimiento, administración, etc.)

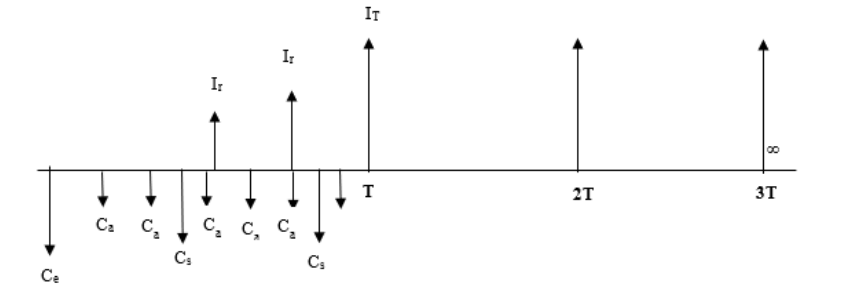
T: año del turno de corta

i: tasa de interés

La expansión del numerador no se agota con la formulación presentada; tiene posibilidades de un mayor desarrollo de los componentes de la renta neta.

La representación gráfica de la línea de tiempo con la ubicación de los componentes de la fórmula es como sigue:

Figura 3.7. Esquema temporal de los componentes de la fórmula de Faustmann



Fuente: elaboración propia

La estimación del valor de un suelo forestal se conoce con el nombre de VES (valor esperado del suelo o valor de expectativa del suelo), o según la terminología inglesa SEV *(soil expectation value)* y corresponde al valor actual neto de un suelo desnudo destinado perpetuamente a la producción de madera, con el mismo tipo de gestión y sujeto a las mismas restricciones ecológicas, legales, administrativas y económicas.

Este concepto se conoce como fórmula de Faustmann ya que este autor fue el primero en aplicar esta fórmula para calcular el turno forestal óptimo (Coronel de Renolfi, 2017).

La inclusión de cada término de la fórmula de Faustmann merece las siguientes explicaciones:

En el numerador se consigna la renta neta, es decir, los ingresos restados los costos, todos capitalizados al año *T*.

El ingreso por la corta final I_T ocurre en el año *T* y no requiere capitalización.

La suma de los ingresos intercalares, por aprovechamientos intermedios que se generan en los respectivos años *r*, se capitalizan entre el año *r* en que se generan y el año *T*:

$$\text{Suma de ingresos intercalares} = \sum I_r (1+i)^{T-r}$$

Los ingresos anuales se suman para los años que correspondan, capitalizados desde el momento inicial de la implantación hasta el final del turno T. La expresión que sintetiza dicha suma capitalizada es:

$$\text{Suma de ingresos anuales} = \frac{I_a[(1+i)^T - 1]}{i}$$

El costo de implantación se capitaliza, llevando este único valor al año *T*:

$$\text{Costo de implantación} = C_e(1+i)^T$$

Otros costos que se sustraen de los ingresos son los costos intercalares. La suma de éstos, que se incurren en los respectivos años s, debe capitalizarse entre el año s en que generan y el momento T de la corta final:

$$\text{Suma de costos intercalares} = \sum C_s(1+i)^{T-s}$$

El último término a restar de los ingresos representa la suma de los costos anuales de administración y dirección, capitalizados para los años que correspondan desde la plantación hasta el año T. La expresión analítica de dicha suma es:

$$\text{Suma de costos anuales} = \frac{C_a[(1+i)^T - 1]}{i}$$

Una vez obtenido en el numerador el valor de la renta neta capitalizada al año *T*, se actualiza con el factor de actualización para una serie de rentas periódicas perpetuas:

$$\frac{1}{(1+i)^T - 1}$$

El VES de la fórmula de Faustmann arroja el valor de la tierra libre de mejoras al momento de la corta final; es decir, cuando la tierra queda liberada de árboles y es posible tomar una decisión acerca del destino futuro e inmediato a dar al campo o parcela en consideración.

Es necesario advertir que en el VES no se considera la influencia de los siguientes dos factores:

- Desvalorización monetaria (inflación): se parte del supuesto de que el valor de la tierra y de la madera y el volumen de gastos siguen el ritmo de la inflación, protegiendo al inversor contra ella. Por lo tanto, la tasa de interés i es una tasa real, libre de inflación.
- Valorización eventual de la tierra desde el momento inicial hasta el momento de la corta, por factores distintos a la desvalorización monetaria (por ejemplo, resultado del progreso de la zona en que está situada).

En la valoración del suelo se observa una valuación objetiva-subjetiva, puesto que el técnico que realiza la tasación se imagina para ese suelo un hipotético proceso de producción forestal. Si cambian algunos de los factores (especie, turno, silvicultura, tipo de interés, etc.), el VES será diferente.

Factores que influyen en el valor del suelo forestal

El VES es un valor muy sensible. Existen una serie de factores que tienen marcada influencia en la determinación del valor del suelo forestal. ¿Cuáles son esos factores que pueden sensibilizar el valor que se obtiene?:

- Calidad de la estación: (o calidad de sitio) define la capacidad productiva.
- Modelo de gestión: (o modelo de ordenación) define la producción a obtener.
- Silvicultura aplicada: define el ritmo de crecimiento y los costos operativos.
- Duración del ciclo: define la edad de corta.
- Tasa de interés a aplicar.
- Costos e ingresos intercalares.
- Crecimiento de la masa.
- Precio del producto: el precio de la madera depende del mercado.
- Riesgos.

Debido a los dilatados horizontes de tiempo de las inversiones forestales, el valor esperado del suelo o VES es muy sensible al tipo de interés utilizado. A mayor interés, menor será el valor obtenido del suelo, para un modelo fijo de producción. El VES es menos sensible al interés cuanto más pequeño sea *T*.

3.8.2 Interpretación del valor del VES

El valor obtenido del VES indica el precio máximo que debe pagarse por una hectárea de tierra destinada a crear una masa forestal, a fin de que, bajo los supuestos de entrada, se obtenga una rentabilidad igual a la tasa de interés fijada. Expresado en otros términos, el VES es la máxima voluntad de pago por el activo tierra.

Otra manera de interpretar dicho valor es como sigue: para un precio de mercado dado para una hectárea de tierra, el VES indica cuál debería ser la producción forestal mínima que haga factible un emprendimiento con sentido económico.

El valor de expectativa del suelo determina el valor de uso del activo "tierra forestal". El valor de uso sigue los principios del uso de la tierra, en donde, en una transacción típica de tierras, la misma se destinará al manejo que genere el mayor valor de uso para el comprador u oferente individual.

El valor del VES permite resolver problemas tales como los siguientes:

- Antes de plantar: orienta acerca del valor máximo de la tierra que hace rentable una plantación forestal a la tasa de interés elegida, en las condiciones previstas de producción de madera y gastos necesa-

rios para su obtención. Ayuda en la decisión de plantar o dedicar la tierra a otras actividades aptas.

- Después de la corta final: permite decidir (considerando el valor del VES) entre seguir forestando, cambiar de actividad o vender la tierra.

EJEMPLO

1)[6] Sean los de la tabla, los datos hipotéticos de los costos en una tierras que serán repobladas con Pinus sp. Se desea hallar el valor de la hectárea de tierra desnuda para ese destino, usando un tipo de interés real del 5%.

Tabla 3.3.

Años	Tarea	Costos ($/ha)
0	Repoblación	2.000
10	Raleo pre comercial	640
15	Poda	600
20	Raleo comercial	700
25	Corta final	1.000
0-25	Administración	30

En la corta final se obtiene 250 m^3/ha de madera para aserrar a un precio de 120 \$/m^3 y 40 m^3/ha de madera para pasta a un precio de 40 \$/m^3. Del raleo comercial se obtiene 50 m^3/ha de madera a un precio de 45 \$/m3.
Ingresos por corta final =
(250 m^3/ha * 120 \$/m^3) + (40 m^3/ha * 40 \$/m^3) = 31.600 \$/ha
Costos por corta final = 1.000 \$/ha
Ingresos intercalares por raleo comercial =
50 m3/ha * 45 \$/m^3 = 2.250 \$/ha

Ingresos intercalares capitalizados =

$$I_r(1+i)^{T-\tau} = 2.250\ (1 + 0,05\ )^{25-20} = 2.872\ \$/\text{ha}$$

6 Adaptación de un ejemplo extraído de Davis y Johnson (1986)

Costo de implantación capitalizados =

$C_e(1+i)^T = 2.000\,(1 + 0{,}05)^{25} = 6.773$ \$/ha

Costos intercalares capitalizados = $\sum C_i(1+i)^{T-t}$ =

$640\,(1 + 0{,}05)^{25-10} + 600\,(1 + 0{,}05)^{25-15} + 700\,(1 + 0{,}05)^{25-20} =$

$1.330{,}50 + 977 + 893 = 3.201$ \$/ha

Suma de costos anuales capitalizados =

$$\frac{C_a[(1+i)^T - 1]}{i} = \frac{60\ [(1 + 0{,}05)^{25} - 1]}{0{,}05} = 2.864 \text{ \$/ha}$$

Una vez que todos los valores de ingresos y costos están capitalizados al año T, se puede hallar la renta neta:

Renta neta = (31.600 - 1.000) + 2.872 - 6.773 - 3.201- 2.864 = 20.634 \$/ha

$$VES = \frac{R}{(1+i)^T - 1} = \frac{20.634}{(1+0{,}05)^{25} - 1} = 8.647 \text{ \$/ha}$$

En conclusión, el precio máximo a pagar por una hectárea de tierra destinada a crear una masa de pino manejada según el plan propuesto es de 8.647 \$/ha, si el inversor pretende obtener una rentabilidad del 5% anual.

¿Puede el VES tomar valores negativos?

No es infrecuente hallar valores del VES negativos. Con tasas de interés muy altas, turnos muy largos o baja calidad de estación, el VES puede tomar valores negativos. ¿Cómo se interpreta este valor?

Un VES negativo, desde el punto de vista estrictamente financiero, no significa que el monte no sea rentable, sino que, para los supuestos de partida establecidos, no se puede llevar a cabo una producción forestal con sentido económico; el propietario forestal no tendría incentivo para invertir en una masa forestal, al menos que exista un subsidio. Dicho en otros términos: "la instalación de una masa forestal no es económicamente recomendable, incluso si la tierra fuese gratis". Es probable que un cambio en los criterios de gestión, un acortamiento del turno o un cambio en la tasa de interés usada, pueda conducir a valores positivos del VES.

Un ejemplo de aplicación e interpretación

Sean los de la tabla que se presenta a continuación, los VES correspon-

dientes para forestar con *Salix* y *Populus* en el área de riego de Santiago del Estero. Sea también el precio de mercado hipotético de la tierra (P_m) en la zona de 1.000 $/ha.

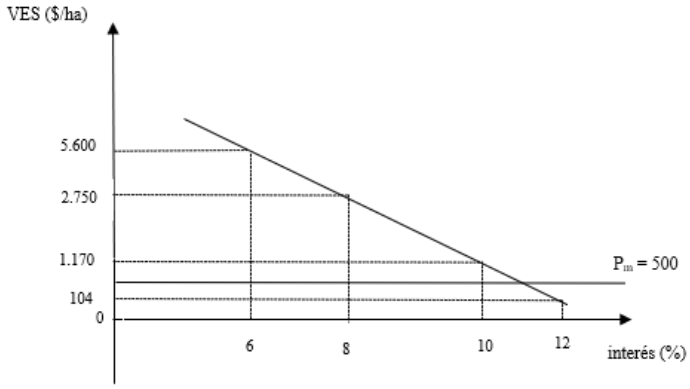
Para un nivel determinado de producción para cada especie, se tiene los siguientes valores de VES para cuatro niveles de tasas de interés (6, 8, 10 y 12% anual):

Tabla 3.4.

Tasa de interés (%)	Salix ($/ha)	Populus($/ha)
6	24	5.600
8	-1.020	2.750
10	-1.560	1.170
12	-1.900	104

La figura 3.9. resume, de manera más elocuente, los resultados de la tabla anterior de los valores obtenidos del VES para *Populus*.

Figura 3.9.



De acuerdo con los valores de la tabla, los resultados en Populus señalan que:

- El VES tiene todos valores positivos y muy superiores a Salix.
- Si se pretender ganar una rentabilidad del 6% anual, se puede pagar como máximo 5.600 $/ha (VES > Pm), de tierra destinada a forestar con álamos, para las condiciones dadas de producción y precios de la madera.

- Lo mismo sucede si se desea una retribución del capital del 8% o del 10% anual, pues los VES superan al precio normal de mercado de 1.000 $/ha.
- Para expectativas de retorno del capital del 12% anual, el precio máximo a pagar es de 104 $/ha (VES < P_m). Dado que este valor es inferior al precio de mercado, sólo será factible forestar con álamos si es posible conseguir y adquirir tierras en la zona notablemente más baratas que el precio de mercado.

Los resultados en *Salix*, por su parte, indican que:

- El VES tiene valores negativos para tasas superiores al 6%, lo que significa que, emprendimientos con tasas superiores a ese nivel, no son económicamente viables para las condiciones dadas de precios, rendimientos de la producción forestal, costos e ingresos y turno de corta para sauces.
- Si se pretender ganar una rentabilidad mayor al 6% anual, estos emprendimientos forestales no son económicamente viables, aún si la tierra fuese gratis.
- Si se desea alcanzar una rentabilidad del capital del 6% anual, lo máximo que debería pagarse es 24 $/ha (VES < P_m). Por lo tanto, como el precio de mercado de la tierra en la zona es 1.000 $/ha, no resulta conveniente adquirir tierras a este precio en esa zona, con destino a la forestación con sauces, en tanto no mejoren los rendimientos o se reduzcan los costos de producción.

3.8.3 La fórmula de Faustmann

La fórmula de Faustmann, conocida también como "renta del suelo", valor esperado del suelo o valor de expectativa del suelo (VES) es un concepto inicialmente formulado por Martín Faustamnn en 1849, con el objetivo de valorar tierras forestales a los efectos tributarios.

La filosofía básica del concepto de "renta del suelo" se fundamenta en la idea de que el excedente económico de la producción forestal debe ser destinado a remunerar al factor tierra. Si esto es así, se garantiza un retorno al capital aplicado a la actividad forestal (la tasa de interés) y el excedente económico de los ingresos sobre los costos, se canaliza para retribuir al factor tierra.

En 1849 el forestal alemán Martin Faustmann publicó un artículo en una prestigiosa revista alemana 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 este autor, del que lo separaban aspectos importantes, en especial sobre el método de cálculo. 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.

Faustmann señala también que su cálculo del valor del suelo forestal se refiere exclusivamente a su uso para finalidades silvícolas. Asimismo, señala que la solución completa desde el punto de vista de la silvicultura debe tener en cuenta el valor de las existencias todavía inmaduras, es decir, de los árboles que todavía no han alcanzado su edad de cortabilidad, y que este valor no debe 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 le confiere su pertenencia a un sistema de producción silvícola.

La importancia de encontrar la solución adecuada a esta cuestión era grande, según este autor, pues permitía 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 determinadas actividades humanas. Pero, sobre todo, la solución permitía elegir el sistema silvícola más adecuado y la determinación del turno forestal óptimo, uno de los temas centrales de las ciencias forestales.

La fórmula de Faustmann apareció en el contexto de un intenso debate entre los forestales alemanes, interesados en encontrar modelos matemáticos que expresaran el comportamiento del monte. El carácter polémico del artículo de Faustmann ya es en sí mismo un reflejo de la existencia de diferentes orientaciones y puntos de vista en torno a estas cuestiones, que se referían no sólo a cómo debía calcularse el valor económico de un monte sino sobre todo en relación al tema del turno forestal y, en relación con éste, sobre el papel de la propiedad privada y la propiedad del Estado en la economía forestal.

En una revisión histórica del tema, Arosa Gómez (1996) señala que la norma habitual de trabajo de los ingenieros forestales, anterior a la incursión de los economistas en materia forestal, se fundamentaba en la maximización de la renta bruta anual, omitiendo el valor del suelo y el costo de oportunidad financiero que significa la inclusión del tipo de interés. Pero este razonamiento, como lo probó el gran economista Samuelson en 1976, solo tiene en cuenta el valor del vuelo, no del suelo, omisión importante, ya que la producción forestal se desarrolla sobre un recurso natural que

es la tierra, cuyo costo de oportunidad, el de su valor en capital, afecta de manera importante a las decisiones sobre la rentabilidad.

El modelo de Martin Faustmann tiene presente la maximización del valor capital de la parcela para una sucesión infinita de ciclos productivos. Fue y sigue siendo éste el aporte más completo y decisivo de lograr los objetivos óptimos de rentabilidad privada.

Tal como lo comprobó y clarificó en forma lúcida Samuelson, el precio correcto del suelo forestal, en un mercado competitivo, es aquel que maximiza la renta bajo un régimen de explotación óptimo. Esta optimización conjunta e inseparable del suelo y del vuelo es la que se alcanza y se define en el modelo de Faustmann, a través de esa consideración indefinida de ciclos productivos.

3.9 Valoración del vuelo forestal

En general, la valoración del vuelo conlleva la valoración conjunta con el suelo, salvo que el vuelo esté listo para la corta final, en cuyo caso, el problema se resuelve con la valoración de la madera en pie.

Sin embargo, se pueden presentar algunos casos en los que el propietario del monte ceda el terreno forestal a un tercero, sin perder la posesión del suelo (en muchos casos motivado por un alto valor de afección que tiene la tierra). Esta cesión del derecho del vuelo ("derecho real de superficie") se realiza a cambio de una renta, anual o periódica, derivada de los futuros ingresos que generará la actividad forestal.

En estos casos, el valor del vuelo se calcula por el valor actual de las rentas percibidas por el propietario, a cambio de que un tercero use el suelo para la actividad forestal, en las condiciones que establezca el contrato de cesión. Por lo tanto, la metodología empleada para el cálculo consiste en calcular la diferencia entre los ingresos actualizados menos los costos también actualizados.

EJEMPLO

2)[7] Interesa determinar el valor del derecho de vuelo (en $/ha) de un propietario de un monte que será repo

7 Adaptación de un ejemplo extraído de Ortuño Pérez et al. (2007)

blado con Eucaliptus sp. Se ha establecido un acuerdo con una papelera para su cesión, durante el turno que es de 12 años. La producción forestal prevista es de 200 m3/ha con un precio de la madera de 80 $/m3. El costo de oportunidad del capital (tasa de interés) es del 5% anual. Las condiciones del contrato de cesión son las siguientes:

- El 25% del ingreso del aprovechamiento que ingresará en el año del turno.
- Un anticipo de 30 $/ha cobrados al final de cada año, durante los 12 años.

Ingresos por corta final =
(200 m^3/ha * 80 $/m3) = 16.000 $/ha
Ingreso por corta final que percibe el propietario =
(0,25* 16.000) = 4.000 $/ha
Ingreso actualizado que percibe el propietario =

$$\frac{I_T}{(1+i)^T} = \frac{4.000}{(1+0{,}05)^{12}} = 2.227 \text{ \$/ha}$$

Suma de los anticipos actualizados =

$$\frac{C_a[(1+i)^T - 1]}{i(1+i)^T} = \frac{30[(1+0{,}05)^{12} - 1]}{0{,}05 * (1+0{,}05)^{12}} = 266 \text{ \$/ha}$$

El valor del vuelo es: 2.227 + 266 = 2.493 $/ha

3.10 Valoración del rodal regular inmaduro

El rodal[8] es, por el crecimiento del vuelo, una unidad productiva sujeta a variación permanente. A medida que el vuelo se acerca a su madurez, el valor del rodal tiende a ser igual al valor comercial del vuelo (por su inmediata conversión en madera) más el valor de venta del suelo.

En Ortuño Pérez et al. (2007) se señala que, como consecuencia de la elevada duración de los ciclos de explotación forestal, es muy habitual te-

8 Se entiende por rodal a una parte del bosque formado por un conjunto de árboles que ocupan un área geográfica definida, que posee una o más características comunes que la diferencian del resto de la población (edad, altura, composición de especies, etc.).

ner que valorar masas inmaduras, es decir, en un punto intermedio del turno. Por su parte, Chacón y Neuenschwander (1991) reseñan que en Chile las transacciones comerciales de bosques coetáneos, especialmente de *Pinus radiata* pasaron a ser operaciones cada vez más frecuentes en ese país. Muchos propietarios de terrenos forestales que efectuaron plantaciones motivados por beneficios impositivos, ya no están interesados en invertir en tareas de aprovechamiento o bien carecen de recursos financieros, por lo que están dispuestos a vender sus bosques a terceros. Los compradores pueden ser empresarios dueños de aserraderos, empresas de aserrío y pulpa o exportadores de madera rolliza. Las negociaciones de compraventa comúnmente se rigen por el juego de la oferta y la demanda. En otras palabras, el precio alcanzado en las transacciones de vuelos forestales corresponde al valor de mercado, el cual refleja aproximadamente el valor de los productos que el bosque es capaz de generar. Sin embargo, cuando se trata de bosques que no han alcanzado la madurez, se hace necesario hacer consideraciones que reflejen tanto su valor potencial como las inversiones efectuadas en el mismo, dado que aún su capacidad productiva se encuentra en desarrollo.

El caso que se expone en este apartado es la valoración de un rodal regular inmaduro, esto es, un bosque regular en serie de rodal único. Es decir que se plantea valorar una masa forestal inmadura con pies de la misma edad, en un punto intermedio del turno *T*.

El estado de inmadurez varía entre un rodal recién implantado hasta aquél que está cercano a la edad de corta. La masa inmadura no presenta valor de realización, ya que no presenta la edad mínima necesaria para obtener productos comercializables. Es una valoración conjunta para el suelo y el vuelo forestal.

La valoración de rodales regulares inmaduros incluye dos elementos de valoración:

- El valor de mercado del suelo, que reflejará la demora en utilizar ese suelo para otras plantaciones o para otros usos.
- El valor actual de los aprovechamientos (pasados y futuros).

La valoración de un rodal inmaduro es una situación que se plantea frecuentemente en una venta forzosa, una expropiación fiscal o una expropiación crediticia, para conocer el valor de las inmovilizaciones de la empresa que no tienen mercado.

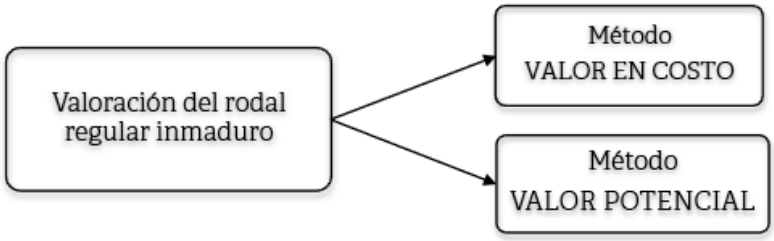
Factores que influyen en el valor del rodal

Tanto el valor del bosque como el del suelo están basados en la producción que genera y la misma se rige por cuatro aspectos que controlan su valor:

- Calidad de sitio: factor exógeno que determina los posibles límites de la producción.
- Tipo e intensidad de manejo: las diferentes modalidades de manejo originan costos diferentes a incurrir e ingresos diferentes a obtener. A mayor intensidad de manejo, mayor será la producción, pero también serán mayores los costos a afrontar. El manejo determina la producción, la especie, el tipo de madera a obtener y es el único de los factores que el técnico forestal puede modificar a su conveniencia.
- Valor del producto: generalmente, no es una variable que el técnico pueda controlar puesto que la fija el mercado.
- Valor del dinero en el tiempo: traducido en la tasa de interés a aplicar. Este factor influirá en la elección de la rotación más apropiada y en el valor del bosque.

3.10.1 ¿Qué criterio se aplica para valorar el rodal regular inmaduro?

Según Esteban Justo (1979), los criterios de valoración aplicables a un rodal son el valor en costo y el valor potencial.



El criterio del valor de mercado (o valor en venta) es de difícil aplicación en este caso, dado el concepto variable del rodal. Todas las inmovilizaciones (caminos, instalaciones, mejoras, la plantación en sí, etc.) no tienen precio de mercado formado, porque no existe un mercado real de oferta y demanda de éstas.

3.10.2 Valor en costo del rodal

Si se desea saber cuánto costó crear un bosque tal como se encuentra en este momento, se aplica el criterio del valor en costo, también erróneamente identificado como "valor de reposición" según Chacón y Neuenschwander (1991).

El método del valor en costo, como lo indica su nombre, consiste en cuantificar el valor de un rodal desde el punto de vista de lo que ha costado formarlo, independientemente de su valor comercial y de su potencialidad productiva. Es frecuente su uso por compañías aseguradoras contra incendios u otros siniestros.

En forma práctica, consiste en identificar todos los costos de formación tales como plantación, reposición, limpiezas o desbroces, podas, raleos, administración anual y costo de oportunidad del capital, el que opera bajo la forma de una tasa de interés mediante la cual se capitalizan todos los demás costos ya mencionados, desde la fecha en que ocurren hasta la edad de valorización. Asimismo, si durante este periodo han tenido lugar ingresos, como por ejemplo venta de productos de un raleo practicado a una edad no muy temprana, éstos deberán descontarse o, dicho de otro modo, deberán incluirse en la ecuación de cálculo con signo negativo y debidamente capitalizados.

Sintetizando, para valorar el monte en este caso, se calculan todos los costos incurridos desde el establecimiento hasta el año n (momento de la tasación) y se restan los eventuales ingresos obtenidos hasta ese momento. Todos estos valores deben capitalizarse al año n a una determinada tasa de interés. Como un componente del costo, debe incluirse el valor inicial de adquisición del suelo.

De acuerdo con Chacón y Neuenschwander (1991) y Ortuño Pérez et al. (2007), el valor de costo es el método más apropiado cuando se trata de rodales jóvenes (en la primera mitad del turno), siendo recomendable el empleo de una tasa de interés más alta que el costo de oportunidad del capital.

El valor que se obtiene es un valor conjunto para el suelo y el vuelo, sin que, en realidad, se pueda determinar el valor potencial o VES por separado, ya que, en ese caso, sería necesario incluir los futuros ingresos, lo cual no es propio del principio que sustenta este método.

El valor en costo de un rodal en el año *n* (rodal de n años contados desde la implantación de la masa forestal) se calcula como valor capitalizado al momento en que se realiza la valoración y se simboliza como V_c.

La expresión analítica del valor en costo de un bosque se denomina "Fórmula de Köenig" (Speidel, 1966) y es la siguiente:

$$V_C(n) = \left[S_a(1+i)^n + C_e(1+i)^n + \sum C_s(1+i)^{n-s} + C_a \frac{[1+i)^n - 1]}{i} \right] - \left[\sum I_r(1+i)^{n-r} + I_a \frac{[1+i)^n - 1]}{i} \right]$$

Fórmula de Köenig

Dónde:

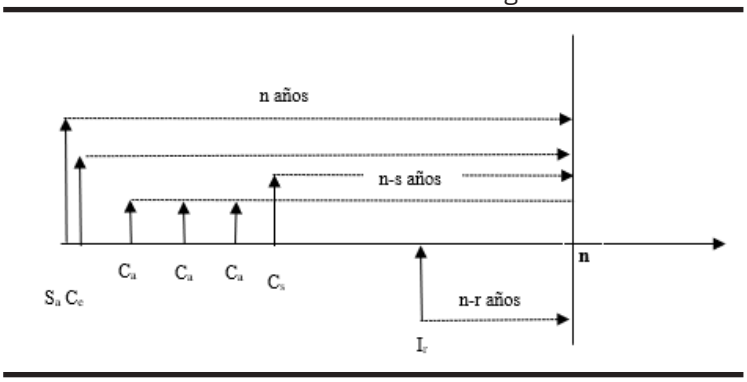
V_c: valor en costo del rodal a la edad n

S_a: valor de adquisición (de mercado) del suelo en el momento inicial cero

C_e: costo de establecimiento (plantación, repoblación, construcción de caminos, etc.)
C_s: costos intercalares (cuidados culturales, mejoras, etc.) en los años *s*
C_a: costos anuales (vigilancia, impuestos, mantenimiento, administración, etc.)
I_r: ingresos intercalares (por raleos) en los años r
I_a: ingresos anuales de aprovechamientos secundarios
n: momento de la valoración, en años
i: tasa de interés (tasa de actualización)

La gráfica de la línea temporal donde se ubican los componentes de la fórmula es como sigue:

Figura 3.10. Esquema temporal de los componentes de la fórmula de Köenig



Es necesario aclarar que todos los cálculos de los costos deben hacerse con cifras del año en que se practica la valorización, es decir, con moneda del mismo poder adquisitivo. En este sentido, un error frecuente es intentar calcular cifras nominales del año en que se efectuó el respectivo gasto, para luego reajustar el valor hasta la fecha de valorización, lo que además de engorroso, es equivocado, ya que los precios de los factores de costo no necesariamente se reajustan según el índice de precios al consumidor.

Asimismo, debe advertirse que los costos a considerar para una intervención silvícola determinada deben ser estándares y no los costos históricos o efectivamente incurridos por el propietario. De este modo se eliminan distorsiones producidas por los diferentes niveles de eficiencia que los propietarios pudieron tener al manejar su bosque. Esta idea es importante dado que pudiera darse la paradoja de que un propietario ineficiente que gastó más de lo debido, valorice más alto su bosque (Chacón y Neuenschwander,1991).

La inclusión de cada término de la fórmula de Köenig requiere las siguientes aclaraciones:

El primer término de la fórmula es el costo de la compra de la tierra, que se capitaliza al momento actual *n*:

$$\text{Costo de compra de la tierra} = S_a(1+i)^n$$

El segundo costo es el de la forestación, que se capitaliza al momento *n* de la valoración:

$$\text{Costo de forestación} = C_e(1+i)^n$$

La suma de los costos intercalares que se incurre en los respectivos años s es el tercer término de la expresión; estos deben capitalizarse entre el año s en que se generan y el momento n de la valoración:

$$\text{Suma de costos intercalares} = \sum C_s(1+i)^{n-s}$$

El último término de los costos representa la suma de los egresos anuales en concepto de administración y manejo, capitalizados para los años que correspondan desde la implantación hasta el momento n de la valuación. La expresión de dicha suma es:

$$\text{Suma de costos anuales} = \frac{C_a[(1+i)^n - 1]}{i}$$

Si hay eventuales ingresos, éstos deben restarse. Los ingresos pueden ser intercalares y/o anuales.

Los ingresos obtenidos por eventuales raleos u otras operaciones, producidos entre el momento de la plantación y el momento de la valoración, capitalizados entre el año r en que se generan y el año n serán:

$$\text{Suma de ingresos intercalares} = \sum I_r(1+i)^{n-r}$$

Los ingresos anuales, si los hubiera, se suman capitalizados para los años que correspondan desde el momento de la plantación hasta el momento n de la valuación. La expresión de dicha suma capitalizada es:

$$\text{Suma de ingresos anuales} = \frac{I_a[(1+i)^n - 1]}{i}$$

Si no hubiera compra del suelo, el término S_a no se incluye en la expresión. Si en lugar de una compra existe una renta anual constante R_s a pagar en concepto de arrendamiento del suelo, el primer término de la ex-

presión de Köenig $S_a(1+i)^n$ desaparece y en los costos se incluye la suma de los costos anuales del arrendamiento, durante los n años:

$$\frac{R_s[(1+i)^n-1]}{i}$$

El valor así obtenido, en este caso, es realmente el valor del vuelo ya que el valor del suelo desaparece en el cálculo.

El valor del suelo sólo tiene sentido para el propietario (el que arrienda) y su valor será igual a:

$$S=\frac{R_s}{i}$$

Dicha expresión representa el valor actual de una suma de infinitas rentas anuales (corresponde a la aplicación financiera general de la Fórmula (10): valor actual de una serie anual que se percibe desde el primer año).

3.10.3 Valor potencial del rodal

También citado en la literatura forestal como "valor productivo del bosque" (Speidel, 1966), "valor económico" o "valor esperado" (Chacón y Neuenschwander, 1991).

El valor económico de un rodal está basado en el concepto teórico de valor económico de cualquier bien de capital, es decir, la capacidad de éste para producir beneficios futuros. Así como, en términos económicos, una fábrica o una máquina valen tanto como los beneficios netos futuros que prodigarán a sus propietarios, el valor económico de un bosque es el valor actual de todos sus ingresos futuros menos los costos en que será necesario incurrir para administrarlo y cosecharlo, incluyendo el costo de oportunidad del capital.

Mientras que el método del valor en costo es utilizable para valorar rodales jóvenes, el método del valor potencial es recomendable aplicar para rodales mayores, de edad cercana a la edad de corta (segunda mitad del turno), o bien cuando existe la posibilidad cierta de estimar razonablemente el rendimiento futuro.

En este método se tienen en cuenta únicamente los ingresos y costos futuros. Por lo tanto, el cálculo consiste en estimar solamente los ingresos y costos futuros a ocurrir desde el año *n* en adelante, hasta el año *T* del turno.

Como componente de los ingresos futuros se incluye el valor estimado de venta del suelo S_v al final del turno, momento en que el suelo es el único componente del rodal.

El valor potencial del rodal V_p es un valor presente, actualizado al año n en que se efectúa la valoración. La formulación matemática del valor potencial del bosque se conoce como "Fórmula de Öettelt":

$$V_P(n) = \frac{S_v + I_T + \sum I_r (1+i)^{T-r} + I_a \frac{[(1+i)^{T-n} - 1]}{i} - \sum C_s (1+i)^{T-s} - C_a \frac{[(1+i)^{T-n} - 1]}{i}}{(1+i)^{T-n}}$$

Fórmula de Öettelt

Dónde:

V_p: valor potencial del rodal a la edad n

S_v: valor de venta del suelo en el año T del turno de corta

n: momento de la valoración, en años

Los demás términos tienen idénticos significados que los antes expuestos.

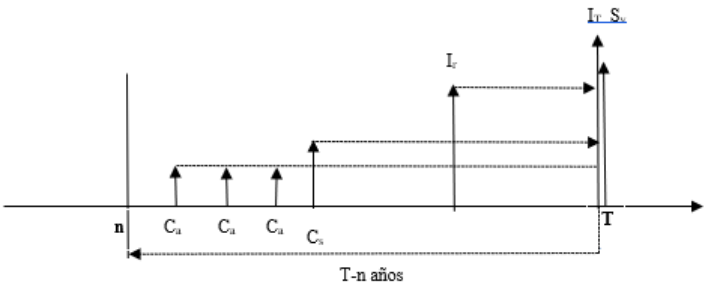
La expresión anterior muestra que el método considera solamente los costos e ingresos que ocurrirán entre la edad de valorización del bosque y la edad en que se realizará la corta final, correspondiente a la edad del turno, dejando de lado todos los costos e ingresos ocurridos antes del momento de la valoración. En otras palabras, el bosque se valoriza por lo que es capaz de rendir y no por lo que ha costado formarlo. El costo de formación tiene, en este sentido, solo un valor histórico.

Para calcular el valor productivo o valor potencial de un modo más sencillo, se suman todos los ingresos, capitalizados al año *T* y se restan todos los costos también capitalizados al año *T*. El valor obtenido de la diferencia, luego se actualiza al momento de la valoración (*T-n* años), con el factor de actualización de un solo valor:

$$\frac{1}{(1+i)^{T-n}}$$

En términos gráficos, el procedimiento de cálculo será:

Figura 3.11.



Comparación entre ambos criterios

La Tabla 3.5 expone una síntesis comparativa entre los criterios del valor en costo y valor potencial del rodal.

Tabla 3.5. Comparación entre los criterios del valor en costo y potencial

Valoración del rodal	
Valor en costo	**Valor potencial**
Se aplica en la primera mitad de T	Se aplica en la segunda mitad de *T*
Considera costos e ingresos pasados	Considera ingresos y costos futuros
Se calcula la diferencia de costos menos ingresos	Se calcula la diferencia de ingresos menos costos
Se usa el S_a como costo pasado	Se usa el S_v como ingreso futuro
Se capitalizan los valores al año *n*	Se actualizan los valores al año n
Fórmula de Köenig	Fórmula de Öettelt

Fuente: elaboración propia

EJEMPLO

3)[9] Se requiere valorar una hectárea de un rodal inmaduro de Pinus radiata en Chile de 12 años de edad, por los métodos del valor en costo y valor potencial.
El turno de corta es de 22 años. El volumen medio al turno es de 260 m^3/ha. El precio de la madera es 180 $/$m^3$. El valor de venta del suelo es de 2.300 $/ha. El costo de oportunidad del capital es del 7% real anual. Los costos de la actividad son lo que muestra la tabla:

Tabla 3.6

Años	Concepto	Costos ($/ha)
0	Compra de la tierra	1.500

9 Adaptación de un ejemplo extraído de Chacón y Neuenschwander (1991)

0	Plantación	2.600
1	Reposición	850
2	Limpieza	750
3	Fertilización	600
6	Poda y raleo a desecho	1.400
8	Poda	1.000
14	Raleo comercial	(*)
22	Cosecha	3.600
0-22	0-22	0-22

(*) El raleo comercial arroja un ingreso neto de 18.000 $/ha

Ingresos por corta final = (260 m^3/ha * 180 $/$m^3$) = 46.800 $/ha
Ingreso neto por corta final = 46.800 – 3.600 = 43.200 $/ha

Valor en costo:

$$V_c(12) = 1.500(1+0{,}07)^{12} + 2.600(1{,}07)^{12} + 850(1{,}07)^{12-1} + 750(1{,}07)^{12-2} +$$

$$+ 600\,(1{,}07)^{12-3} + 1.400\,(1{,}07)^{12-6} + 1.000\,(1{,}07)^{12-8} + 830\,\frac{[(1{,}07)^{12}-1]}{0{,}07} =$$

$$= 3.378 + 5.856 + 1.789 + 1.475 + 1.103 + 2.101 + 1.311 + 14.847 = 31.860\ \$/\text{ha}$$

Hasta los 12 años, el costo de formación de bosque de pino es de 31.860$ por hectárea.

Valor potencial:

$$V_p(12) = \frac{2.300 + 43.200 + 18.000(1{,}07)^{22-14} - 830\,\frac{[(1{,}07)^{22-12}-1]}{0{,}07}}{(1+0{,}07)^{22-12}} =$$

$$= \frac{64959}{1{,}9671} = 33.023\ \$/\text{ha}$$

En el año 12, el valor de todos los ingresos netos futuros del bosque es 33.023$ por hectárea.

Relación entre los valores obtenidos por ambos criterios

Dada la concepción diferente de los métodos de valor en costo y valor potencial, no tiene que llegarse a resultados iguales en los dos casos, si el año *n* de valoración fuera el mismo.

Si el valor potencial resulta superior al valor en costo del rodal, significa que los costos incurridos fueron bajos en relación a los ingresos potenciales. Por lo tanto, la inversión fue acertada. Por el contrario, si el valor en costo supera al valor potencial, la inversión no fue acertada.

Es necesario destacar la mayor importancia que tiene el valor potencial V_p en el definitivo valor del rodal inmaduro ya que, a fin de cuentas, pone en evidencia el concepto fundamental de que "en toda valoración inmobiliaria, lo que cuenta son las rentas futuras, es decir, los futuros servicios que puede prestar un bien".

¿Cómo se comportan ambos valores a lo largo de la vida del rodal? Es esperable que los valores en costo y potencial se mantengan a una apreciable distancia entre sí a lo largo de toda la vida del rodal ya que, como se señaló antes, dicha diferencia es un indicador de la bondad de la inversión. La diferencia entre ambos valores tiende a ser mayor a medida que se acerca la edad del turno, ya que los costos, una vez pasado el período de formación intensiva de la masa forestal, crecen principalmente debido al costo de oportunidad del capital. El valor potencial, en cambio, más dependiente del rendimiento futuro del rodal, aumenta a medida que se acerca la edad de corta final.

A edades tempranas del rodal, antes de la aparición del volumen comercial, si bien hay una importante diferencia entre los valores de costo y potencial, el precio de transacción debiera acercase al primero, ya que el valor potencial del bosque a esa edad es de difícil pronóstico.

Las edades intermedias del rodal son el período de mayor dificultad para establecer un precio que permita, tanto al vendedor como al comprador, iniciar una negociación, dado que los valores de costo y potencial tienden a mostrar una clara diferencia. El problema que se plantea es el siguiente: ¿qué valor escoger?

Desde el punto de vista del vendedor, el precio deberá ser lo más alto posible, partiendo de la base del valor en costo, cifra mínima bajo la cual no debiera aceptarse negociación alguna. Desde la perspectiva del comprador, por su parte, el precio de compra debiera ser el más bajo posible, aceptando el valor potencial del bosque como máximo a pagar por él ya que, de superar esta cifra, su inversión no tendría rentabilidad. El precio final se encontrará entre el valor potencial y el valor en costo, y el trato se cerrará más cerca de una u otra cifra según la fuerza negociadora que tengan tanto el comprador como el vendedor, la que a su vez dependerá

de las respectivas necesidades de comprar y vender, por una parte, y de la información que cada uno posea del bosque, del mercado y del estado de la tecnología existente. Si el vendedor sabe que el comprador tiene acceso a tecnología que le permite aprovechar mejor el potencial maderero del rodal y obtener, por lo tanto, mayores ganancias que aquellas de conocimiento común en el medio maderero, podrá elevar el precio por encima incluso del valor calculado para sí mismo, ya que él sabe que el valor potencial del bosque es más alto para su oponente.

Existe una gama de otros antecedentes que pueden ser conocidos o ignorados por las partes involucradas en una negociación de compraventa de bosques y que serán la base sobre la cual se puede acordar el precio definitivo.

Aunque teóricamente el V_c y el V_p del rodal son independientes entre sí, tienen un nexo en común: el valor del suelo. Si en el cálculo del valor del rodal por ambos métodos, para el mismo año *n*, se usara el valor potencial del suelo VES en lugar del valor de compra S_a y del valor de venta del suelo S_v, ambos valores del rodal serían coincidentes.

Si se retoma el ejemplo de Davis y Johnson (1987) del cálculo del VES para repoblar tierras con *Pinus sp.* (Ejemplo 1), se puede demostrar dicha coincidencia:

VES = 8.647 $/ha

n = 20

$$V_C(20) = \left[8.647(1+0{,}05)^{20} + 2.000(1{,}05)^{20} + 640(1{,}05)^{20-10} + 600(1{,}05)^{20-15} + \frac{60\left[(1{,}05)^{20} - 1\right]}{0{,}05} \right] - (2.250 - 700) =$$

$$= 30.491 \text{ \$/ha}$$

$$V_p(20) = \frac{8.647 + (31.600 - 1.000) - \frac{60\left[(1{,}05)^{25-20} - 1\right]}{0{,}05}}{(1{,}05)^{25-20}} =$$

$$= 30.491 \text{ \$/ha}$$

Sin embargo, Esteban Justo (1979) advierte que no hay fundamento real para emplear el VES en dichos cálculos. Esto se debe a que el valor del suelo es variable durante los T años que dura el turno. Resulta ilógico establecer que el valor de adquisición del suelo Sa en el año cero y el valor de venta del suelo Sv en el año T sean iguales entre sí, e iguales al VES. El valor potencial del suelo VES permite apreciar la estructura de la gestión forestal y la inversión realizada.

Observaciones acerca de la valoración del rodal

Esteban Justo (1979) señala que, aunque de modo seudomatemático se ha pretendido determinar el "valor del vuelo del rodal" en ciertos tratados de economía forestal, es necesario realizar una advertencia. En rodales inmaduros no se puede separar los valores del suelo y el vuelo forestal, salvo que exista un arrendamiento del suelo con renta efectiva. Mientras exista un vuelo sobre una superficie, los valores del suelo y el vuelo son inseparables. Hasta que no se efectúe la corta del vuelo forestal, el suelo no tendrá un valor independiente.

El rodal inmaduro tiene un valor conjunto, calculado por el método del costo o el método potencial y el suelo tiene la consideración de un costo o un ingreso respectivamente, que se contabiliza única y exclusivamente en el momento de su producción.

3.11 Valoración de masas irregulares

A diferencia de las masas regulares donde al menos el 90% de sus pies pertenecen a la misma clase de edad, en la estructura irregular, la masa está formada por árboles que pueden llegar a ser de todas las edades. Esto implica que en un mismo rodal existirán pies de todas las dimensiones.

En este tipo de masas no se puede hablar de turno ya que normalmente se efectúan cortas (cortas de entresaca10) anuales o periódicas, en las que se extraen árboles de edades variadas, con determinadas dimensiones mínimas.

En el caso de la valoración de rodales irregulares11 el valor del suelo nunca puede existir separado del valor del vuelo, excepto que el vuelo se corte en su totalidad, en cuyo caso desaparecería la masa y por tanto la estructura irregular. Esta forma principal de masa se caracteriza por presentar siempre una reserva de vuelo o capital forestal, puesto que la regeneración se produce por toda la superficie de forma continua en el tiempo. Los ingresos y gastos pueden ser anuales o periódicos, es decir que se genera una renta anual o periódica correspondiente a la masa que se extrae.

10 En Latinoamérica, las cortas por entresaca adoptan la denominación de sistema de selección (Araujo e Iturre, 2006).

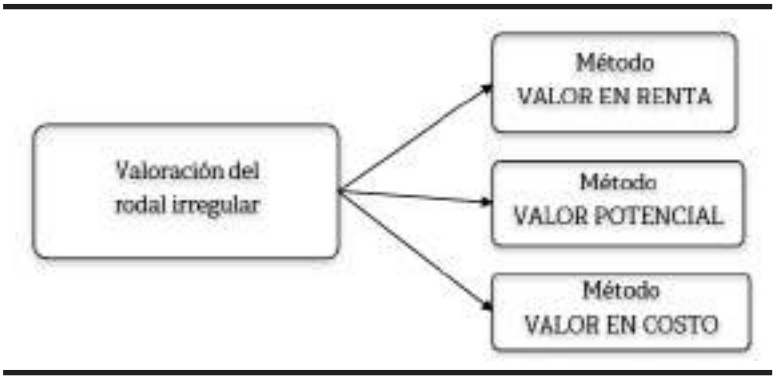
11 Los rodales irregulares son masas naturales disetáneas caracterizadas por la multiplicidad de especies arbóreas, diversidad de tamaños, edades, características ecofisiológicas y tasas de crecimiento y producción (Araujo e Iturre, 2006).

Se pone énfasis en señalar que no existe valor separado del suelo y del vuelo, ya que en masas irregulares el suelo nunca queda desnudo. En la valoración se obtiene un valor conjunto de la tierra y las existencias (suelo más vuelo).

3.11.1 ¿Qué criterio se aplica para valorar el rodal irregular?

La forma más conveniente de valuar un bosque irregular es por el criterio del valor en renta, si las cortas por entresaca se realizan de manera anual; o por el criterio del valor potencial si las cortas por entresaca se realizan periódicamente. En algunos casos, también se aplica el criterio del valor en costo (Esteban Justo, 1979).

Figura 3.12.



El valor inicial de un rodal irregular (inmediatamente después de haber practicado la corta de entresaca), incluye el valor del suelo y la masa de reserva.

Dado que se está valorando un rodal (una fracción del bosque), la forma de percibir las rentas variará dependiendo del modelo de entresaca adoptado para la gestión del monte, y por lo tanto, el tipo de entresaca practicada condicionará la forma de valorar un rodal concreto del monte.

Entresaca pura: todos los años se interviene con cortas de entresaca en todo el bosque y por lo tanto, también en el rodal.

El valor del rodal irregular V_{RI} se obtendrá como la suma de una renta anual Ra constante e infinita, actualizada a una tasa i de interés:

$$V_{IR} = \frac{R_a}{i}$$

Entresaca regularizada: en masas irregulares es frecuente que para conseguir lotes de productos comercialmente atractivos, las cortas no se realicen anualmente, sino cada r años. En este caso, cada año se interviene en un tramo de entresaca de los r tramos definidos en el monte, siendo r la rotación de la entresaca establecida para la gestión de la masa. Por tanto, dado que se está valorando sólo un rodal (o tramo) del monte, las rentas que de él se obtengan serán periódicas, cada r años.

El valor del rodal, en este caso, dependerá del momento del tiempo que se considere, es decir que, por ejemplo, el valor en el año 0 no será el mismo que en el año 5 o en el año r de la corta de entresaca.

El valor del rodal en el momento inicial $V_{RI\,(0)}$ será el valor de la suma de una renta constante, periódica e infinita R_r, es decir:

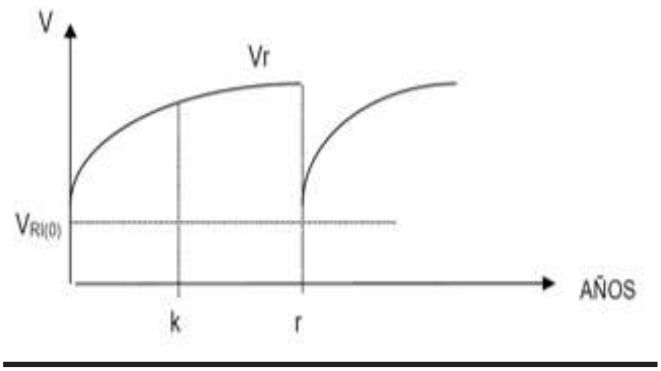
$$V_{RI\,(0)} = \frac{R_r}{(1+i)^r - 1}$$

dónde R_r representa la renta periódica, percibida cada *r* años, actualizada al año *r*. Se entiende que es una renta neta (ingresos menos costos).

Este valor representa el valor conjunto del suelo más el de la masa de reserva en el momento inmediatamente posterior a realizarse la corta, es decir, el valor inicial del rodal.

Gráficamente el valor de un rodal irregular se puede representar de la siguiente forma:

Figura 3.13.



El valor del rodal en un año k (V_k) se obtendrá aplicando la misma metodología que en el caso de rodales regulares inmaduros, puesto que conceptualmente el procedimiento es el mismo:

- **Valor en costo:**

$$V_k = V_{RI(0)}(1+i)^k + \frac{C_a[(1+i)^k - 1]}{i}$$

- **Valor potencial:**

$$V_k = \frac{V_{RI(0)} - \frac{C_a\left|(1+i)^{r-k} - 1\right|}{i} + I_{total}}{(1+i)^{r-k}}$$

dónde $V_{RI\,(0)}$ es el valor del rodal en el momento inicial, C_a son los costos anuales, supuestos constantes, e I representa los ingresos totales.

EJEMPLO

4) Se trata de un bosque irregular de una zona semiárida de la provincia de Chaco, con un crecimiento medio de 1,52 m³/ha/año. El precio de la madera es de 100 US$/m3. Los gastos anuales son de 32 US$/ha. La tasa de interés es del 5%. Se necesita determinar el valor de este rodal (en $/ha), suponiendo que todos los años se interviene con cortas de entresaca.
La renta neta anual R_a es: R_a = (1,52 * 100) - 32 = 120 US$/ha/año
Dado que las rentas son anuales, entonces:

$$V_{RI} = \frac{120}{0{,}05} = 2.400 \text{ US\$/ha}$$

Ahora se supone que las cortas de entresaca se efectúan cada 10 años. ¿Qué valor tiene el rodal en el momento inicial? ¿Qué valor tiene el rodal en el año 4? ¿Qué valor tiene el rodal en el año 10?

Ingresos = (1,52 * 100) * 10 = 1.520 US$/ha cada 10 años

Costos = $\frac{32[(1+0{,}05)^{10} - 1]}{0{,}05} = 402{,}50$ US$/ha

Renta neta = (1.520 – 402,50) = 1.117,50 US$/ha
El valor del rodal en el momento inicial ($V_{RI\,(0)}$) será el valor de la suma de infinitas rentas constantes y periódicas cada 10 años:

$$V_{RI(0)} = \frac{1.117{,}50}{(1+0{,}05)^{10}-1} = 1.777 \text{ US\$/ha}$$

Este valor representa en forma conjunta, el valor del suelo más la masa de reserva en el momento posterior a la corta de entresaca.
El valor del rodal en el año 4 será:
Valor en costo $V_{c(4)}$:

$$V_{C(4)} = 1.777(1+0{,}05)^4 + \frac{32[(1{,}05)^4-1]}{0{,}05} = 2.298 \text{ US\$/ha}$$

Valor potencial $V_{P(4)}$:

$$V_{P(4)} = \frac{1.777 - \frac{32\left[(1{,}05)^{10-4}-1\right]}{0{,}05} + 1.520}{(1+0{,}05)^{10-4}} = 2.298 \text{ US\$/ha}$$

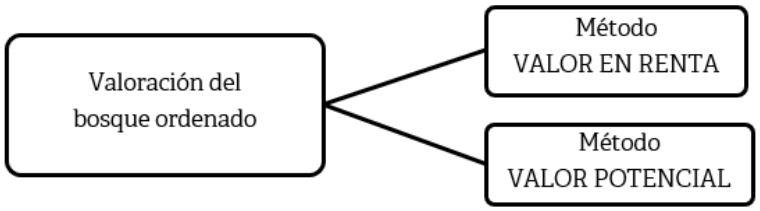
El valor del rodal en el año 10, justo antes de realizar la corta, será igual al valor del rodal en el momento inicial más los ingresos totales:
$V_{RI\,(10)} = V_{RI\,(0)} + \text{Itotal} = 1.777 + 1.520 = 3.297$ US$/ha

3.12 Valoración del bosque ordenado

Pese a que la ordenación de las masas regulares e irregulares tiene planteamientos, objetivos y procedimientos muy distintos, lo cierto es que su valoración, cuando se supone que están gestionadas de acuerdo con un modelo que satisfaga los principios de la ordenación forestal, se realiza siguiendo la misma metodología ya que, en ambos casos, las rentas obtenidas suelen ser de carácter anual o periódico, y por tanto el valor del monte se determinará por el valor actualizado de una renta (anual o periódica), constante e infinita (Ortuño Pérez et al., 2007). En consecuencia, el problema reside en determinar el valor de dicha renta esperada.

¿Qué criterio se aplica para valorar el bosque ordenado?

Según Esteban Justo (1979), los criterios de valoración aplicables a montes ordenados son el valor en renta y el valor potencial.



Masa regular en serie ordenada de rodales

Una masa regular sujeta a un proyecto de ordenación se caracteriza por la obtención de una constancia anual de rentas indefinidamente. Básicamente, la ordenación supone que cada año se procede a la corta de una determinada superficie poblada con pies de una determinada edad y se intenta que cada año se corte aproximadamente la misma superficie con el fin de obtener una constancia en la renta y perpetuar el proceso. En este tipo de masa forestal, la valoración debe ser conjunta del suelo y del vuelo.

El procedimiento para valorar una masa regular ordenada es el mismo que para otros tipos de organización de masas regulares en las que la renta sea anual o periódica.

El valor obtenido es el valor conjunto del suelo y del vuelo como una única entidad, estimado mediante el valor de capitalización de la renta que genera a un determinado tipo de interés, en donde también quedarían incluidos los costos de lograr y mantener ese monte ordenado.

Un cuartel manejado por una serie ordenada de rodales es aquel que está dividido en tantos rodales como años tiene el turno *T*, de superficie S/T, que se irán cortando uno por año, donde *S* es la superficie del cuartel y *T* la cantidad de rodales.

Este caso se caracteriza porque en cada año se obtiene la producción posible de un rodal a lo largo del turno. Todo esto hace que sea factible aplicar el método de valor en renta. Para estimar la renta *R*, se deben determinar los ingresos y egresos producidos anualmente.

Ingresos *(I)*: cada año, un rodal entrará en corta, mientras que otro de igual superficie producirá ingresos por raleos u otras producciones:

$$I = \sum_{j=1} I_j$$

Egresos *(C)*: como cada año se cortará un rodal, será necesario repoblarlo y los gastos administrativos anuales C_a deberán extenderse al cuartel *T* veces. Llamando Ce a los gastos de repoblación y C_a a los gastos anuales, se tiene:

$$C = C_e + (C_a * T)$$

La renta anual Ra será igual a la diferencia entre ingresos y egresos:

$$R_a = I - C = I - C_e - (C_a * T)$$

- Valor en renta:

El valor en renta del bosque se obtiene con la expresión del valor actual de la suma de rentas anuales perpetuas:

$$V = \frac{R_a}{i}$$

Dónde:
V: valor del bosque ordenado
R_a: renta anual
i: tasa de interés anual

- Valor potencial:

En el caso que el método de ordenación condujese a la obtención de rentas periódicas, cada *p* años, y siempre que éstas fuesen constantes a perpetuidad, el valor del bosque se obtiene aplicando el criterio del valor potencial, con la siguiente formulación matemática:

$$V = \frac{R_p}{(1+i)^p - 1}$$

Dónde:
V: valor del bosque ordenado
R_p: renta periódica
i: tasa de interés anual
p: período en el que perciben las rentas

En este caso, el valor del bosque variaría en función del año en que se lleve a cabo la valoración, siendo su valor tanto mayor cuanto más próximo se esté del momento de percibir la renta.

EJEMPLO

5)[12] Se pretende determinar el valor de un hipotético monte ordenado por el método de división por cabida y serie ordenada de tranzones. Son 270 hectáreas de

12 Ejemplo extraído de Ortuño Pérez et al. (2007)

pino, con turno de 30 años. La tasa de interés es del 5% anual. Los gastos de mantenimiento ascienden a 40 $/ha/año. Los gastos de repoblación son de 2.500 $/ha. El volumen de corta final es 360 m^3/ha. El precio de la madera es 70 $/$m^3$. Los ingresos por claras son:

1ª clara a los 15 años: 150 $/ha
2ª clara a los 20 años: 400 $/ha
3ª clara a los 25 años: 650 $/ha
Cabida anual de corta = 270/30 = 9 ha
Ingresos corta final = (360 * 70) * 9 = 226.800 $/año/monte
Ingresos por claras = (150 + 400 + 650) * 9 = 10.800 $/año/monte
Ingresos totales = 237.600 $/año/monte
Gastos = (2.500 * 9) + (40 * 270) = 33.300 $/monte
Renta anual = (237.600 – 33.300) = 204.300 $/año/monte
Valor del rodal regular ordenado =
4.086.000 $/monte

$$V = \frac{R_a}{i} = \frac{204.300}{0{,}05} = 4.086.000 \text{ \$/monte}$$

Valor por hectárea = 15.134 $/ha

El valor obtenido es el valor del suelo y del vuelo como entidad única, calculado por la valorización de la renta anual que genera a una tasa del 5% anual, en donde quedan incluidos los costos de lograr y mantener el monte ordenado.

Rodal irregular ordenado

Tal como se ha comentado antes, el proceso de valoración es el mismo que el utilizado para masas regulares, e incluso más sencillo en sus cálculos. En la gestión de masas irregulares, determinados tratamientos silvícolas deben realizarse todos los años y no pueden localizarse por la edad del rodal puesto que en él existen todas, por lo que son aplicados a toda la superficie (entresaca pura) o a una parte (entresaca regularizada) como un costo anual. Además, las cortas finales y las cortas de mejora se realizan simultáneamente y en la misma superficie con la práctica de la entresaca.

EJEMPLO

6)13 Se desea valorar un monte irregular de una superficie de 200 hectáreas, ordenado por entresaca regularizada, con una rotación de 10 años. El crecimiento medio es de 4,5 m3/ha/año. El precio de la madera es de 35 $/m3. Los gastos anuales son de 25 $/ha. Aplicar un interés del 5% anual.

Tramo de entresaca = 200/10 = 20 ha
Ingresos anuales = (4,5 * 35 * 10 * 20) = 31.500 $/año
Gastos anuales = (25 * 200) = 5.000 $/año
Renta anual = (31.500 – 5.000) = 26.500 $/monte
Valor del rodal irregular ordenado =

$$V = \frac{R_a}{i} = \frac{26.500}{0{,}05} = 530.000 \text{ \$/monte}$$

Valor por hectárea = 2.650 $/ha

3.13 Valor de la madera en pie

Se entiende por **madera en pie** al conjunto de fustes del vuelo maduro o del vuelo intermedio dispuesto para la corta (corta final o raleos, respectivamente), que presentan dimensiones y calidades de mercado determinadas (Esteban Justo, 1979).

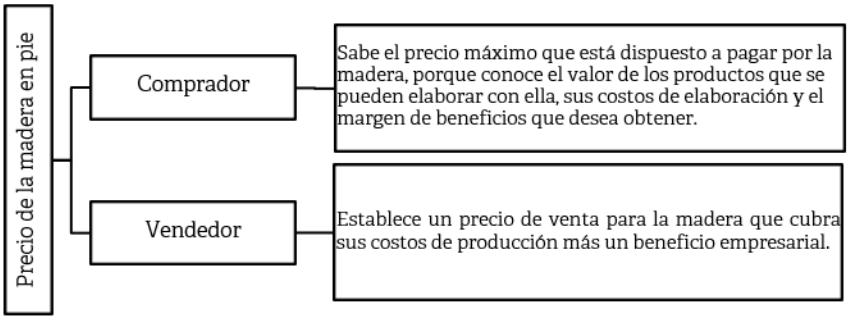
La madera en pie es, simultáneamente, materia prima para la industria y producto final de un aprovechamiento forestal.

El valor de la madera en pie es el ingreso que percibe el propietario del bosque. Este mismo valor representa un costo para la empresa industrial. El objetivo de la valoración es conocer este valor del modo más exacto posible para que sirva como base de decisiones de compra o venta.

En la formación del precio de la madera en pie intervienen dos agentes: comprador y vendedor:

13 Ejemplo extraído de Ortuño Pérez et al. (2007)

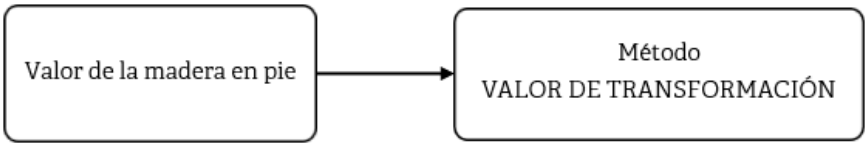
Figura 3.14.



Los planteos teóricos de ambos son diferentes; por lo tanto, comprador y vendedor pueden llegar a precios diferentes para la madera en pie, sobre todo en condiciones de no competitividad en el mercado.

3.13.1 ¿Qué criterio se aplica para valorar la madera en pie?

Es frecuente que el valor de la madera en pie M se estime como un valor residual, es decir, como la diferencia entre el valor de mercado del producto elaborado, menos los costos de extracción y elaboración del producto. Por lo tanto, se aplica el criterio del valor residual o valor de transformación.



El valor residual o valor de transformación de la madera en pie corresponde a la diferencia entre el precio del producto final menos los costos de transformación de dicha madera. Por lo tanto, se parte del precio de venta del producto final y del costo de transformación que debe incluir desde el volteo hasta la última fase del procesamiento. Además, debe incluirse un margen de utilidad en concepto de remuneración a la capacidad y riesgo empresarial. Si bien es cierto que conceptualmente no ofrece dificultades, en la práctica, su determinación suele tornarse más compleja.

El valor de la madera en pie viene determinado por la siguiente expresión:

$$M = P - C - B \quad (1)$$

Dónde:
M: valor de la madera en pie
P: precio del producto elaborado
C: costos de aprovechamiento y elaboración del producto final
B: margen de beneficios

El precio del producto final *P* es fácil de obtener; lo proporciona la industria transformadora con la cual se tiene poca capacidad de negociación.

Los costos de transformación *C* incluyen los de aprovechamiento (apeo, desrame, trozado, acarreo y carga), los de transporte del bosque a la industria y los del procesamiento industrial. Para determinar los costos es necesario tener un perfecto conocimiento de todas las fases del proceso de producción.

El margen de beneficios *B* sirve para cubrir riesgos y es el parámetro más difícil de calcular. De hecho, lo que proponen algunos de los métodos para estimar el valor de *M* son diferentes procedimientos para determinar la cuantía de este término.

De la expresión (1) se pueden deducir varias relaciones, las cuales pueden resultar útiles para el cálculo del valor de la madera en pie.

Despejando el precio del producto elaborado, se tiene:

$$P = M + C + B \quad (2)$$

Agrupando el valor de la madera en pie y los costos de elaboración, se tiene:

$$M + C = P - B \quad (3)$$

Agrupando el valor de la madera en pie y el beneficio se obtiene la siguiente relación:

$$M + C = P - C \quad (4)$$

Factores que afectan el valor de la madera en pie

Para una región específica es fácil conocer los usos alternativos más frecuentes que se le asigna a una determinada especie, donde la caracterización por calidades, dimensiones, etc. es indispensable. Para evitar sobrevaluación o subvaluación de la madera se pueden efectuar cálculos usando precios promedios, máximos y mínimos, o trabajando con series históricas deflactadas.

El análisis de los factores supone conocido el producto final y su respectivo precio, de donde se deducen los costos de transformación. Dichos factores son:

- Volumen de venta. Afecta considerablemente el precio que se puede pedir para la madera en pie. En general, el valor es mayor cuanto mayor es el volumen a ofrecer. Esto se debe a que las tareas de aprovechamiento requieren altos costos fijos que afectan el costo unitario de la madera a extraer. El valor de la madera en pie será mayor a medida que aumente el volumen que se está comercializando. Esto obedece a la disminución del costo de aprovechamiento por unidad de volumen.
- Equipo elegido para el aprovechamiento. Este factor está vinculado con el anterior. Cuanto mayor es el volumen en pie, más sofisticados son los equipos a usar. Si bien dichos equipos tienen mayores costos fijos, la productividad es mayor y esto permite reducir los costos unitarios y obtener mayor valor residual para la madera.
- Sistema de cortas permitido. Los costos de aprovechamiento son distintos si el tratamiento silvícola es de tala rasa o de entresaca (a mayor volumen a extraer por unidad de superficie, menor costo de aprovechamiento). Por esta razón, la elección de un tratamiento silvícola no debe responder sólo a razones biológicas, dado que una mala elección económica puede conducir a valores negativos para la madera.
- Características del bosque. El valor de la madera en pie es superior cuando se tiene rodales con alto volumen por unidad de superficie (alta densidad) y árboles con buenas dimensiones, puesto que los costos de aprovechamiento por unidad de volumen se reducen.
- Tamaño de los árboles del rodal. Factor vinculado con el anterior. Las trozas de diámetro mayores aumentan el valor de la madera en pie porque reduce los costos de apeo, transporte y procesamiento industrial por unidad de volumen.
- Distancia a la industria. La distancia afecta los costos de transporte. Cuanto más alejado se encuentre el bosque de los centros de consumo, menor será el valor de la madera en pie. Al igual de lo que ocurre en el caso del volumen, se puede reducir los costos de transporte mediante el transporte a granel. Cuanto más rápido y de mayor capacidad sea el medio de transporte, mayor será el costo fijo, pero más bajo tenderá a ser el costo por km tran**sportado.**

3.13.2 Métodos de cálculo

Para calcular el valor de la madera en pie se pueden usar métodos de valoración directos o indirectos. La valoración directa implica que existe un mercado y que actúan las fuerzas de oferta y demanda para una determinada madera y lugar, de tal manera que se ha establecido el precio. Sin embargo, esto es hipotético ya que el valor nunca será uniforme, puesto que para la determinación del precio intervienen muchas variables (volumen a extraer, costos de extracción, costos de transporte, etc.).

En la literatura forestal se mencionan los siguientes métodos para calcular el valor de la madera en pie:

- Método de costos
- Métodos de ratios de valoración
- Otros métodos

Los dos primeros métodos son métodos indirectos de valoración, que parten del criterio del valor residual o valor de transformación.

Método de costos

Es el sistema más habitual de cálculo. El método considera que el margen de beneficios es un porcentaje k de los costos. Esto significa que B = C* k, siendo k menor que la unidad.

Por lo tanto, si se parte de la expresión (1) del valor de la madera en pie y se reemplaza el margen de beneficios, entonces:

$$M = P - C - (C^*K) = P - C\,(1+K)$$

El método tiene mejor aplicación cuando:

- El producto elaborado es de venta rápida, segura y a precio conocido.
- El período de extracción y elaboración es corto.
- La inversión en equipos e instalaciones es pequeña o nula.
- La mayor parte de la inversión y del riesgo corresponde al capital móvil.
- La producción es simple.

En otras circunstancias tales como maderas destinadas a aserraderos, no siempre debe aplicarse este método que limita el beneficio a una fracción de los costos operativos. El método es inapropiado para aquellos aprovechamientos que requieren grandes inversiones.

EJEMPLO

7) Determinar el valor de la madera en pie de una plantación de eucalipto con destino a pasta celulósica. El volumen total de madera es de 4.000 toneladas. El costo fijo total es de 800.000 $ y el costo variable medio de 550 $/t. El precio de la pasta asciende a 1.300 $/t. El margen de beneficios representa un 15% del costo total.

Costo total = (800.000/4.000) + 550 = 750 $/tonelada

M = P - C - (C*k) = 1.300 – 750 (1 + 0,15) = 437,50 $/t

Métodos de ratios de valoración

Los ratios son coeficientes, índices relativos o indicadores obtenidos como resultado de relaciones conocidas en el conjunto de empresas del sector productor. Sirven como datos adicionales que ayudan al cálculo del valor de la madera en pie *M*.

El conocimiento de estos coeficientes permite resolver el problema de la indefinición del margen de beneficios B. Poseen la ventaja de ser valores constantes frente a los valores de P, M y C que son mucho más variables en el tiempo.

En el sector forestal, los costos de extracción y los precios de venta son muy variables, ya que dependen de la especie, la calidad, las dimensiones, etc. En cambio, los ratios presentan valores constantes o con un pequeño entorno de variación.

Dentro de estos ratios o índices, los más conocidos son: el factor de valoración, el ratio de beneficio, el ratio operacional y el ratio de venta (Ortuño et al., 2007).

Factor de valoración

Es un coeficiente que relaciona el valor de la madera en pie M y su valor de conversión (*M+B*):

$$FV = M/(M+B) = M/(P-C)$$

El denominador (M+B) se reemplazó por su equivalente según la expresión (4).

- Para una misma especie, se observó que Fv es bastante similar y constante.

- Este ratio tiene sentido práctico.
- Ignora el sentido residual de M.
- Si *M+B* es alto debido a que P es alto en relación a C, resulta un precio alto de M para la madera en pie.

Ratio de beneficio

Es una relación entre el margen de beneficios *B* y el costo total de producción, incluido el valor de la madera en pie:

$$R_b = B/(M+C) = B/(P-B)$$

En este caso, el denominador *(M+C)* se reemplazó por su equivalente según la fórmula (3).

El R_b tiene reducido campo de variación en la práctica, sobre todo en un mercado perfecto.

EJEMPLO

8) Se trata de calcular el valor de la madera en pie de una plantación forestal sabiendo que el precio pagado por la madera puesta en fábrica es de 12.500 $/m^3. La distancia a la fábrica es de 120 km, con un costo de transporte de 5 $/m^3/km y los costos de aprovechamiento suman 4.280 $/m^3. Los costos de administración representan el 8% de ambos costos (transporte y corte). El ratio de beneficio es el 10%.

Costo de transporte = (5 * 120) = 600 $/m^3
Costo de aprovechamiento = 4.280 $/m^3
Costo de administración = 0,08 * (4.280 + 600) = 390 $/m^3
Costo total C = 5.270 $/m^3
Si, por un lado, se parte de la expresión del ratio de beneficio:

$$R_b = B/(M+C)$$

entonces se puede escribir:

$$M+C = B/R_b$$

Por otro lado, la expresión que define el valor de la madera en pie es:

$$M = P - C - B$$

puede reescribirse en función del precio del siguiente modo:

$$P = (M+C) + B$$

Reemplazando (M + C) por su equivalencia, se tiene que:

$$P = (B/R_b) + B$$

En esta expresión, se reemplazan los datos de P y R_b para hallar B:

$$12.500 = (B/0{,}10) + B = (1{,}10\ B)\ /0{,}10$$

$$1.136 = B$$

Finalmente, con todos los datos obtenidos, se sustituye en la expresión de *M*:

$$M = P - C - B$$

$$M = 12.500 - 5.170 - 1.136 = 6.194\ \$/m^3$$

- Ratio operacional

Se expresa como el cociente entre el total de costos de producción y el precio del producto elaborado:

$$R_o = (M+C)\ /P$$

- Ratio de venta

Relación por cociente entre el valor de la madera en pie y el precio del producto final:

$$R_v = M/P$$

Otros métodos de cálculo

El "método sintético de corrección" es otra vía para estimar el valor de la madera en pie (Ortuño Pérez et al. 2007). Consiste en establecer el precio para la venta de la madera en pie por comparación con precios pagados por bienes de similares características.

El valor de *M* se determina por el valor de otras ventas realizadas recientemente en predios y campos forestales de características análogas. Se reúnen antecedentes de transacciones de madera en pie en la zona de interés; se construye un registro de cada compra específica, se buscan predios de características similares y se aplican precios semejantes. Dicho en otros términos, se establece el precio de la madera por comparación con otros precios pagados por bienes de similares características.

Este procedimiento, aparentemente sencillo, es difícil de aplicar ya que en cada caso las condiciones de venta y de gestión forestal son únicas: volumen de madera, especie o especies implicadas, edades, tipo de cor-

tas, porcentaje de pies mayores, distancia a los caminos, topografía, etc. La principal dificultad consiste en encontrar predios similares, puesto que las condiciones difícilmente se repitan en forma idéntica. En estos casos, suele ser recomendable utilizar un valor medio de la madera en pie de otras ventas y llevar a cabo correcciones de este valor de forma que se adecue a las características concretas de que se trate.

Bibliografía

Araujo, Publio e Iturre, Marta (2006). *Ordenación de bosques irregulares*. Serie didáctica (28). Santiago del Estero: Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero.

Arosa Gómez, Constantino (1996). *Modelos y técnicas de optimización forestal. Cuadernos de Estudios Empresariales (6)*. Madrid: Servicio de publicaciones Universidad Complutense de Madrid.

Aznar-Bellver, Jerónimo y Estruch-Guitart, Vicente (2015). *Valoración de activos ambientales: teoría y casos* (2a ed.). Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.

Caballer Mellado, Vicente (2008). *Valoración agraria. Teoría y práctica* (5a ed.). Madrid: Mundi Prensa.

Coronel de Renolfi, Marta (2017). *Determinación del turno forestal*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Chacón Contreras, Iván y Neuenschwander, Rodolfo (1991). *"Valoración de rodales coetáneos. Análisis y discusión de los métodos existentes"*. INFOR. Ciencia e Investigación Forestal. Vol 5. (2), 267-277.

Davis, Lawrence y Johnson, K. Norman (1986). *Forest management*. New York: McGraw Hill.

Díaz Balteiro, Luis (1998). "La elección de la tasa de descuento en la gestión *forestal". Revista Montes (54). Ciencia y técnica, 49-57.*

Díaz Balteiro, Luis y Prieto, Antonio (2000). "Problemática actual de la valoración de montes en España". Revista Montes (60). *Divulgación, 49-55.*

Esteban Justo, Emilio (1979). *Economía de la empresa forestal*. Madrid: ETSI Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

Ortuño Pérez, Sigfredo, Madrigal Collazo, Alberto y González Doncel, Inés (2007). *Apuntes de valoración agraria y forestal*. Madrid: ETSI Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

Prieto, Antonio, Díaz Balteiro, Luis y Pertierra Andrés Hernando (1998). "Valoración de montes arbolados. Parte I". *Revista CT Catastro* (33), 65-82.

Speidel, Gerhard (1966). *Economia Florestal*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. Escola de Florestas.

Capítulo 4
Valoración ambiental

Como se ha venido planteando y advirtiendo a lo largo del capítulo anterior, un trabajo sobre Valoración Forestal quedaría incompleto si el tema no se aborda desde un marco integrador, como lo proporciona la Valoración Ambiental.

En el presente trabajo no se pretende desarrollar la valoración ambiental como tema central, de por si complejo, polémico y en continuo desarrollo. Bajo la consigna de sostener la exposición dentro de límites razonables, el objetivo es presentar una introducción de este enfoque, con conceptos básicos y elementales que completen la temática central del libro, pretendiendo dejar el claro mensaje de que los métodos de valoración aplicables en el sector forestal no se limitan únicamente a la producción de *outputs* tangibles como la madera.

Asimismo, se desea aclarar que el desarrollo de este capítulo no pretende invadir el campo del conocimiento de especialistas destacados en el tema.

La valoración económica de los bienes y servicios ambientales es uno de los temas de mayor actualidad y de mayor dificultad metodológica dentro del análisis económico. Sin embargo, a pesar de las justificadas críticas en cuanto a los resultados obtenidos en materia de valoración ambiental, es incuestionable la existencia de dicho valor como parte integrante del valor económico total de un bien (Pearce y Turner, 1995).

4.1 Funciones ambientales de los bosques

En la actualidad es incuestionable el hecho de considerar a los bosques como ecosistemas productores de múltiples bienes y servicios.

¿Qué funciones cumplen los bosques actualmente? A lo largo del tiem-

po, la sociedad fue reconociendo y asignando a los bosques diferentes funciones: productiva en los comienzos, luego ambiental y actualmente, una función social.

Desde tiempos pasados, los bosques cumplen variadas funciones productivas. Han sido y son fuente de recursos naturales de diversos sectores económicos; de ellos se extrae madera, frutos, resina, corcho, frutos, biomasa para la producción de energía renovable, etc.

Además de su función productora, el bosque cumple funciones ecológicas o reguladoras de la dinámica de la biosfera, realizando una serie de servicios ambientales interrelacionados entre sí, como son: la fijación de dióxido de carbono, la mejora de la calidad del aire, la regulación hídrica, la conservación de los suelos para evitar los procesos de erosión y la conservación de la biodiversidad. Mediante la fijación de CO_2 se consigue un amortiguamiento del cambio climático. El bosque actúa como pulmón de la Tierra, aparte de disminuir las concentraciones atmosféricas de CO_2 mediante la fotosíntesis de las plantas, y también absorbe polvo y varias sustancias contaminantes que viajan suspendidas en el aire. La proximidad de la vegetación forestal en núcleos urbanos favorece una mejor calidad del aire, una disminución del ruido y una mejora de la salud pública.

El bosque tiene un papel muy importante dentro del ciclo del agua porque le sirve de almacén. La erosión es el proceso de desprendimiento y arrastre de partículas de suelo por el agua, el viento y la nieve. Implica un empobrecimiento del suelo, y en condiciones extremas podría llevar a la desertificación. La existencia de vegetación contribuye a reducir el riesgo de erosión: la existencia de una cubierta vegetal evita que el agua de lluvia se escurra con demasiada fuerza y destruya el suelo. Además, las raíces forman una red que contribuye a fijar el suelo. También el bosque sirve de reservorio tanto de plantas como de animales. La preservación del bosque garantiza la supervivencia del valioso patrimonio vegetal.

El bosque, aparte de sus funciones productoras y protectoras, ofrece servicios recreativos y culturales que incluyen una gran variedad y diversidad de actividades, como actividades de ocio (excursionismo, deportes, turismo rural, caza, recolección de frutos, etc.), investigación científica o educación ambiental. Otra función insustituible del bosque es aportar una reserva de paisajes de gran belleza. Este uso recreativo del bosque ha adquirido creciente importancia dentro de la sociedad. Así, los bosques han pasado de ser un lugar de extracción de recursos a un espacio de ocio. Se ha dado, pues, una transformación económica y social de los recursos forestales que provoca que se incorporen nuevos retos al gestor forestal, para compatibilizar la conservación y los usos tradicionales del bosque, con los usos sociales.

Cuando el bosque cumple funciones sociales y ambientales, además de la función productiva, las teorías y técnicas de valoración descriptas en las secciones precedentes no alcanzan para explicar el valor del mismo.

4.2 Aplicaciones de la valoración en ecosistemas forestales

Dado que la percepción que la sociedad tiene hoy con respecto a los bosques ha cambiado notablemente en los últimos años, resulta lógico pensar que los valores e incluso los métodos empleados también han tenido que modificarse.

Por otro lado, a nivel general, se puede decir que el sector forestal presenta, sobre todo en la componente primaria, datos que reflejan una moderada expansión. Este hecho favorece una extensión de las valoraciones forestales.

Ante este planteo y con una visión integradora y sistémica de la valoración, corresponde revisar y extender las aplicaciones de la valoración forestal presentadas inicialmente en la Tabla 3.2 del capítulo anterior.

Completar y extender dicho esquema exige ampliar los objetivos de la valoración forestal. Además de los valores de mercado que se pueden estimar a partir de ciertos bienes y servicios que se producen en un bosque, existen otra serie de componentes de su valor económico global, que surgen de los distintos outputs que produce un ecosistema forestal y que no tienen valor de mercado. En la Tabla 4.1 se exhibe un resume de las aplicaciones extendidas de la valoración forestal, tanto las pertenecientes al ámbito público como privado.

Tabla 4.1. Objetivos ampliados de la valoración forestal

Aplicaciones de la valoración de ecosistemas forestales
Valoración de propiedades forestales:
Sucesiones
Compraventa
Hipotecas
Expropiaciones

Imposición fiscal
Catastro
Política Forestal
Incendios forestales
Otros daños y reclamos legales
Valoración de empresas forestales
Valoración de existencias y otros activos
Valoración de otras producciones forestales:
Pastos
Frutos
Cinegética
Otras
Valoración del arbolado ornamental y urbano
Valoración de aspectos culturales
Valoración de activos ambientales:
Paisaje
Recreación
Biodiversidad
Captura de carbono
Otros activos

Fuente: Díaz Balteiro y Prieto (2000)

El listado extendido y ampliado de las posibles aplicaciones a valorar es objeto de estudio de la Economía Ambiental. Las herramientas y técnicas que aporta esta disciplina sirven para la valoración económica total de los ecosistemas forestales.

4.3 La economía ambiental

La **Economía Ambiental** consiste en la aplicación de los principios económicos al estudio de la gestión de los recursos ambientales (Field y Field, 2003).

Es una rama de la Economía que incorpora el medio ambiente en sus análisis habituales y que considera a la variable ambiental como un aspecto más que influye en los hechos económicos.

La economía ambiental comenzó a preocuparse por el medio ambiente en la década de los años '60-'70, reconociendo el valor del medio ambiente para la economía. Esta ciencia abarca el estudio de los problemas ambientales empleando la visión y las herramientas de la economía.

Uno de los temas que aborda la Economía Ambiental es el de valorar económicamente los activos ambientales. Con este tipo de valoración se busca obtener una medición monetaria de la ganancia o pérdida de bienestar (o utilidad) que experimenta una persona o un determinado colectivo, a causa de una mejora o un daño de un activo ambiental (Romero, 1997).

Otros contenidos fundamentales de los que se ocupa la Economía Ambiental son la problemática de las externalidades y la asignación de los recursos naturales entre las distintas generaciones.

La valoración ambiental cuantifica la importancia de un bien ambiental para la sociedad; determina el valor de un activo ambiental, no su precio. Este valor será una medida de la satisfacción que proporciona dicho activo ambiental a la sociedad.

4.4 Algunos conceptos previos

Con el fin de lograr mayor claridad en los contenidos que se van a desarrollar en este capítulo, a continuación, se presentan conceptos y definiciones que se consideran claves para comprender la temática que se expondrá. Se trata de los conceptos de activo ambiental, servicios ecosistémicos, bien público, externalidades, disposición a pagar, disposición a aceptar, excedente del consumidor, preferencias declaradas y preferencias reveladas, los cuales serán abordados de una manera intuitiva, sin ningún tipo de formalización.

Activo ambiental

Los activos ambientales son bienes y servicios proporcionados por los ecosistemas. Se entiende al **activo ambienta**l como aquel territorio, área o espacio físico que sustenta un determinado tipo de ecosistema, que ofrece bienes y servicios ambientales y que contiene un elemento de conservación, cuya finalidad principal sea la minimización del impacto medioambiental y la protección y mejora del ambiente, incluyendo la reducción o eliminación de la contaminación futura.

Son activos ambientales los océanos, las zonas costeras, las aguas continentales, los ríos, el suelo agrícola y los pastos, las zonas áridas, las zonas

de alta montaña, además de los espacios naturales protegidos y obviamente, los bosques.

Servicios ecosistémicos

Los **servicios ecosistémicos** son los beneficios que brinda la naturaleza (ecosistemas) y que dan bienestar humano. Las personas obtienen dichos beneficios, esenciales para la supervivencia humana y para el desarrollo social y económico.

Los servicios ecosistémicos se pueden clasificar por el tipo de servicios que ofrecen: abastecimiento (agua, alimento, etc.), regulación (control de la erosión, fijación de nutrientes, etc.), sustento (formación de sustrato, etc.) y culturales (turismo, educación ambiental, etc.).

7. Servicios de provisión: alimento, fibra, recursos genéticos, productos bioquímicos, medicinas naturales, productos farmacéuticos, agua.
8. Servicios de regulación: regulación de la calidad del aire, regulación del clima, regulación del agua, regulación de la erosión, purificación del agua y tratamiento de aguas residuales, regulación de enfermedades, regulación de pestes, polinización, regulación de riesgos naturales.
9. Servicios de soporte: aquellos que sustentan casi todos los demás servicios, como hábitat para las especies y mantenimiento de la diversidad genética.
10. Servicios culturales: valores espirituales, valores estéticos, recreación y ecoturismo.

El enfoque ecosistémico es una estrategia para la gestión integral del suelo, agua y recursos vivos que promueve la conservación y el uso sostenible de una manera equitativa. El enfoque coloca a la gente que vive en los ecosistemas y a sus medios de vida en el centro de las decisiones sobre la gestión y la protección.

Bien público

Bajo la perspectiva económica, un **bien público** es un bien económico cuyo consumo es indivisible y puede ser consumido por muchas personas sin excluir a ninguno. Son ejemplos de bienes públicos la defensa nacional, el alumbrado de las calles, los parques y las políticas ambientales.

Por tratarse de bienes y servicios cuya producción no es rentable para la iniciativa privada, en la mayoría de los casos, es el Estado el que provee los bienes públicos a la población. De no mediar la intervención estatal, se produciría una cantidad de bienes públicos mucho menor a la requerida

para satisfacer las necesidades de toda una comunidad.

Teniendo en cuenta esta definición, los bienes públicos tienen tres propiedades que los diferencian de los bienes de propiedad privada:

11. Se consumen conjuntamente, dando utilidad a más de un consumidor a la vez.
12. No se puede excluir de su consumo a un individuo o a un colectivo.
13. Su consumo no es rival: que lo consuma un nuevo individuo no afecta o limita el consumo al resto de los consumidores.

Externalidades

Según Prieto et al. (1999), se define la externalidad como el aumento o disminución en el nivel de producción de una empresa (o en la utilidad del consumidor) provocado por el valor que toman otras variables que escapan a su control.

Azqueta (2002) define una **externalidad** como una situación en la que una persona o una empresa afecta positiva o negativamente el bienestar de otra, sin que se pague o se reciba una compensación a cambio.

Las externalidades son efectos indirectos de las actividades de consumo o producción, es decir, los efectos sobre agentes distintos al originador de tal actividad y que no funcionan a través del sistema de precios. En otras palabras, las externalidades son efectos secundarios (buenos o malos) que se producen cuando una persona o una empresa realizan una actividad y no asumen todos los costos de la misma, o todos los beneficios que le podría reportar.

Las externalidades se clasifican en negativas y positivas. Las externalidades negativas se generan cuando una persona o una empresa realizan actividades, pero no asume todos los costos, traspasando a otros (en general, a la sociedad) algunos de sus costos. Por ejemplo, una empresa que contamina su entorno o una persona que arroja basura a la calle. En ambos casos se genera un costo social, ya que es toda la sociedad la que sufre las consecuencias de sus acciones. Y el precio de mercado no recoge este costo.

Las externalidades positivas se originan cuando una persona o una empresa no recibe todos los beneficios de sus actividades, con lo cual otros, posiblemente la sociedad en general, se benefician sin pagar. Un ejemplo es la investigación científica de la cual se beneficia la sociedad en general. Otro ejemplo sería la utilización de energías renovables de la que se beneficia la sociedad porque la persona o la empresa que las utiliza no están contaminando. Los precios de mercado no recogen los beneficios reales.

Disposición a pagar y disposición a ser compensado

La **disposición a pagar** (DAP) es un concepto usado en la teoría económica para expresar la cantidad máxima de dinero que pagaría un consumidor por adquirir un determinado bien o un usuario para disponer de un determinado servicio.

Lo que el consumidor de un bien o el usuario de un servicio están dispuestos a pagar mide sus preferencias, su valoración personal de ese bien o servicio. Es una medida subjetiva que depende de cada individuo.

Las preferencias que las personas manifiestan es el elemento empleado para la aplicación de algunos métodos de valoración ambiental. En el contexto de la valoración ambiental, una preferencia positiva por algo (una mejora ambiental) se reflejará en la disposición a pagar. Por el contrario, una preferencia negativa, tal como una disminución de la calidad del ambiente, originará una disposición a ser compensado por parte del que la sufre.

La **disposición a ser compensado** (DAC), o "disposición a aceptar" como también se la denomina, refleja la mínima cantidad de dinero que una persona estaría dispuesto a recibir por renunciar a un bien o servicio.

La determinación de la DAP y de la DAC se hace generalmente mediante encuestas con la población objetivo, a fin de estimar el comportamiento de las personas ante el cambio (impacto ambiental). Se puede estimar el deseo de pagar ante una mejora o el deseo de compensación ante un daño ambiental.

Según Pearce y Turner (1995) hay dos medidas del beneficio obtenido de una mejora ambiental y dos medidas de la pérdida o daño de un deterioro ambiental. Las medidas son:

- DAP para asegurar un beneficio ambiental: deseo de pagar para obtener un cambio positivo.
- DAC para renunciar a un beneficio ambiental: deseo de ser compensado por renunciar a un cambio positivo.
- DAP para prevenir una pérdida ambiental: deseo de pagar por evitar un cambio negativo.
- DAC para tolerar una pérdida ambiental: deseo de compensación por permitir un cambio negativo.

Excedente del consumidor

En la Economía Clásica existe un concepto referido al comportamiento del consumidor que surge de la diferencia entre lo que el consumidor está dispuesto a pagar y lo que realmente paga por un bien o un servicio. Si la

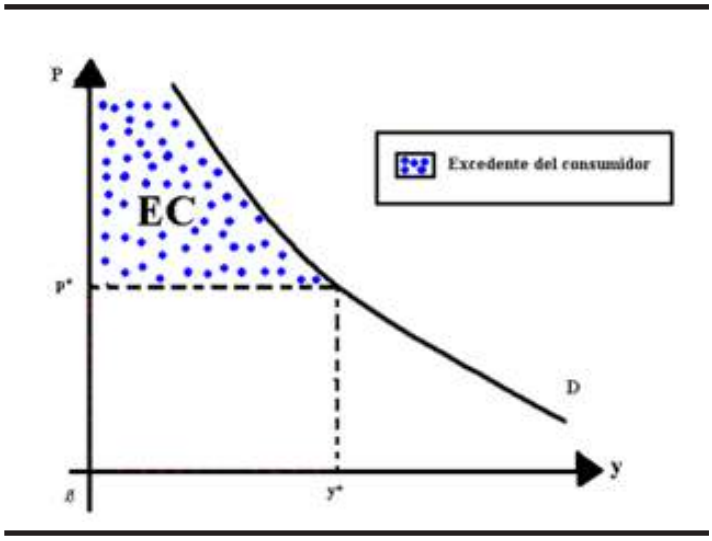
persona está dispuesta a pagar más de lo que realmente vale ese bien o servicio es porque el beneficio que recibe tiene un valor mayor que el que obtiene consumiendo el bien al precio de mercado. Esa diferencia expresada en dinero es un "excedente" conocido como excedente del consumidor.

El ***excedente del consumidor*** es la diferencia entre la utilidad total que se obtiene de un bien o servicio y su precio de mercado.

El excedente del consumidor surge por la ley de utilidad marginal decreciente. Esto significa que la primera unidad que se consume de un bien se la valora altamente, pero a medida que se van consumiendo unidades adicionales, la valoración va decayendo. Sin embargo, el precio que se paga por cualquier unidad es siempre el mismo: es el precio de mercado. De esta manera, se disfruta de un excedente positivo de las primeras unidades que se consumen hasta llegar a la última unidad en que el excedente es cero.

En términos gráficos, el excedente del consumidor se mide como el área debajo de la curva de demanda de mercado y por encima de la recta del precio. La curva de demanda mide la cantidad que están dispuestos a pagar los consumidores por cada unidad consumida. Luego, el área total por debajo de la curva de demanda refleja la utilidad total del consumo del bien o servicio. Si se resta a esta área el precio que se paga por cada unidad, se obtiene el excedente del consumidor (Figura 4.1).

Figura 4.1. Excedente del consumidor



Con el propósito de resumir estos conceptos se puede puntualizar lo siguiente:

- La curva de demanda del mercado describe las diversas cantidades que los compradores estarían dispuestos a comprar a los diferentes precios.
- La disposición a pagar es la cantidad máxima que pagaría un comprador por un bien. Mide cuanto valora el comprador el bien o el servicio.
- El área debajo de la curva de demanda y encima del precio mide el excedente del consumidor en el mercado.
- El excedente del consumidor es la disposición a pagar de un comprador menos la cantidad que efectivamente paga. Mide el bienestar económico de los compradores.

Como se ha expuesto anteriormente, hay muchas funciones de los bosques que no son valorados monetariamente. Este hecho no significa que la sociedad no aprecie o estime estas utilidades que proporcionan los bosques. En el contexto de la Economía Ambiental, una forma sencilla de identificar este aprecio es conocer la disposición a pagar por la existencia de dichos bienes y servicios. Esta disposición a pagar será diferente para cada individuo: muchos de ellos pagarían por encima del precio de mercado establecido. Si esto es así, el beneficio que reciben dichos individuos supera al precio de mercado. Este superávit es el excedente del consumidor (Pearce y Turner, 1995). Este concepto se ha revelado de gran utilidad a la hora de valorar activos ambientales.

Preferencias declaradas

La **preferencia declarada** es una metodología de relevamiento de datos basada en las preferencias de selección de un consumidor sobre opciones que no existen en la realidad. Dichas preferencias son estimadas partiendo de la información provista directamente por el consumidor. La implementación de esta técnica exige que el consumidor sea enfrentado a un escenario hipotético, virtual, diseñado explícitamente para el propósito del estudio.

En resumen, las preferencias declaradas son datos que tratan de reflejar lo que las personas harían ante determinadas situaciones hipotéticas construidas por el investigador.

Preferencias reveladas

Las **preferencias reveladas** son datos que reflejan el comportamiento actual de las personas en sus decisiones de consumo. La preferencia revelada, a diferencia de la preferencia declarada, es un método por el cual es posible discernir la mejor opción posible sobre la base del comportamiento del consumidor. Esto significa que las preferencias del consumidor pueden ser reveladas por sus hábitos de compra. Esta técnica emplea fuentes indirectas de información como datos de precios y cantidades adquiridas. En lugar de trabajar con elecciones hipotéticas, se analizan las elecciones de compra efectivamente realizadas por los consumidores.

4.5 La valoración económica del ambiente

Valorar el ambiente significa contar con algún indicador que mida su importancia en el bienestar de la sociedad, proporcionar un parámetro ante la restitución por posibles daños, compararlo con otros componentes del bienestar, mejorar la sensibilización de la sociedad sobre su importancia real y servir a la administración para priorizar sus actuaciones. El denominador común es el dinero.

La economía enseña que los mercados son las instituciones más efectivas y eficientes para asignar los recursos escasos. Sin embargo, en presencia de externalidades como por ejemplo la contaminación, los mercados no producen asignaciones socialmente eficientes.

Aunque la valoración económica ambiental no es la última respuesta ni la solución a los procesos de degradación y sobre-explotación del ambiente, es una útil herramienta complementaria en la formulación de políticas tendientes al desarrollo sustentable.

La valoración económica de los recursos naturales es importante en la búsqueda del desarrollo sustentable. En términos económicos, el usuario de los recursos naturales tenderá a no tratarlos como un bien gratuito y tratará de mantener el flujo de beneficios que proporcionan los bienes y servicios del ambiente.

La **valoración económica ambiental** se define como un conjunto de técnicas y métodos que permiten medir los beneficios y costos derivados de algunas acciones, tales como el uso de un activo ambiental, la realización de una mejora ambiental y la generación de un daño ambiental. Se fundamenta en argumentos económicos y herramientas econométricas.

Romero (1997) ilustra estos conceptos con sencillos ejemplos. Supone

el caso de una ampliación de un aeropuerto: esta ampliación genera un incremento del tráfico aéreo, lo cual genera a su vez, un incremento del ruido en las cercanías de dicho aeropuerto. Este incremento del ruido es un daño ambiental que sufren los vecinos de la zona. La estimación monetaria de la pérdida de bienestar de estos vecinos es un típico problema de valoración ambiental. Otro ejemplo que plantea este autor es el caso de un parque natural en el que, mediante determinadas mejoras, se consigue que se pueda practicar la pesca deportiva en un lago situado en este espacio natural. La estimación monetaria de la ganancia de bienestar de los potenciales visitantes al parque constituye otro ejemplo representativo de los problemas que enfrenta la valoración ambiental.

Estos ejemplos transmiten la idea de la enorme cantidad de situaciones reales en las que se hace necesaria la valoración ambiental. Es por ello que los economistas han desarrollado una serie de métodos que permiten abordar este tipo de problemas.

Todos los métodos y técnicas de valoración ambiental tienen un punto en común: la conceptualización y la medición de los beneficios ambientales. Y ¿cómo se mide esos beneficios ambientales? Por el grado en que la gente desea ese beneficio, esto es, por lo que la gente está dispuesta a pagar por dicho beneficio. De manera análoga, los costos asociados a un daño ambiental se conceptualizan y miden por lo que a la gente disgusta ese daño ambiental, es decir, por lo que la gente está dispuesta a aceptar como compensación por dicho daño.

El principal problema asociado con este tipo de enfoque radica en la ausencia de un mercado real para la mayoría de los beneficios y costos ambientales. No existe un "mercado del ruido", o un "mercado de la calidad del aire".

4.6 El valor de un activo ambiental

La valoración económica del ambiente arroja información sobre el valor monetario que los miembros de un determinado colectivo les otorgan a las distintas alternativas ambientales con las que se los confronta.

En las últimas décadas las metodologías de valoración ambiental han tenido un amplio desarrollo en la medición de aquellos aspectos que antes se clasificaban como intangibles y que en la actualidad pueden medirse en términos monetarios. Sin embargo, la diferencia entre bienes, servicios e impactos ambientales pueden implicar el uso de diferentes metodologías para la valoración de cada uno.

Cuando el activo ambiental a valorar es el bosque, bajo el innegable concepto de uso múltiple del mismo, la valoración asume un papel fundamental a la hora de tomar decisiones en la gestión forestal. Es decir, que antes de decidir un futuro uso o actividad en el bosque, será necesario realizar una valoración.

Un rasgo característico de muchos bienes ambientales es la multitud de beneficios que proporcionan. Algunos de ellos están relacionados con el uso directo o indirecto del bien ambiental, mientras que otros, cuya valoración es más complicada, nada tiene que ver con su uso.

Es fundamental remarcar el concepto y significado del término "valor" en un contexto ambiental.

En líneas generales se pueden distinguir cuatro tipos distintos de valor. En primer lugar, está aquel valor cuyo uso implica un consumo, como el caso de los productos forestales madereros y no madereros, la pesca o la caza. En segundo lugar, aquel que su uso no implica consumo, como puede ser la satisfacción que se obtiene al observar una puesta de sol al borde de un lago. En tercer lugar, el valor que proporcionan servicios mediante un uso indirecto. Finalmente, están los bienes ambientales que poseen un valor positivo por su mera existencia y que no está relacionado con ningún uso, ni actual ni futuro.

En consecuencia, se debe advertir que el valor económico asociado a un determinado activo ambiental no se refiere exclusivamente a su valor de uso, sino que mide otros conceptos de valor, como se expondrá a continuación.

4.6.1 Valor económico total

Se ha señalado antes que existen algunos bienes y servicios (por ejemplo, pescado, arroz, madera) para los cuales el mercado provee los precios como un buen reflejo de los valores que la sociedad asigna a dichos bienes y servicios. Para otros bienes y servicios (por ejemplo, paisajes de valor escénico, especies en peligro), los precios de mercado o no existen o sólo capturan una pequeña parte de su valor total.

Para facilitar la tarea de análisis es útil desagregar cualquier impacto ambiental en componentes de valor individuales. Un enfoque para efectuar esto es el llamado enfoque del valor económico total (VET), donde un impacto es descompuesto en una cantidad de categorías de valor (Dixon y Pagiola, 1998).

La idea del enfoque del VET es que cualquier bien o servicio está compuesto por varios atributos, algunos de los cuales son concretos y fácilmente medibles, mientras que otros pueden ser más difíciles de cuanti-

ficar. Sin embargo, el valor total es la suma de todos estos componentes, no sólo aquellos que pueden ser fácilmente medidos. Los economistas ambientales han realizado avances considerables hacia una taxonomía de los valores económicos en función de cómo se relacionan con el ambiente. Los límites y la terminología para los componentes del VET varían levemente entre un analista y otro, pero generalmente incluye valores de uso y valores de no uso de un activo ambiental. Adicionalmente, cada uno suele a su vez ser subdividido en categorías adicionales.

Valor económico total (VET) = Valor de uso + Valor de no uso

Aznar y Estruch (2015) definen **al valor económico total** (VET) como el conjunto de valores que contienen los activos ambientales por las distintas funciones y beneficios que producen para la sociedad. Martín-López et al. (2012), por su parte, lo definen como el valor procedente de la satisfacción individual obtenida por una persona al obtener utilidad de los ecosistemas.

El VET es una expresión monetaria de los beneficios que los ecosistemas generan a la sociedad. Este concepto incluye el valor monetario asociado con el uso real e in situ de un servicio de los ecosistemas (valor de uso) y el valor derivado de la satisfacción de conocer que un ecosistema existe o de que generaciones futuras puedan disfrutar de cualquiera de los servicios de los ecosistemas (valor de no uso).

Se impone pues comenzar distinguiendo los valores de uso de los valores de no uso, no sin antes advertir que la consulta en diferentes fuentes bibliográficas revela algunas discrepancias entre algunos autores respecto a la conceptualización y la clasificación de los dichos valores. Con el propósito de lograr una exposición lo más sencilla y menos confusa posible sobre el tema, se ha optado por presentar una clasificación ecléctica, enfocada hacia la realidad forestal, como es la propuesta por Dixon y Pagiola (1998) y que coincide con la clasificación de Aznar y Estruch (2015).

Remarcando que el valor económico total (VET) asociado a un activo ambiental está conformado por su valor de uso actual más los posibles valores de opción, de existencia y de legado, en la Figura 4.2 se presenta la clasificación del VET.

Figura 4.2. Componentes del valor económico total



Fuente: elaboración propia con base en Dixon y Pagiola (1998)

4.6.2 Valores de uso

Los **valores de uso** son aquellos que se derivan del empleo real de los recursos naturales y ambientales y de los beneficios que se obtienen de ellos (disfrute de un paisaje, aprovechamiento de madera, caza, pesca, recolección de frutos, captura de carbono, etc.). Los usuarios usan el ambiente y extraen un beneficio de él.

Dentro de los valores de uso se pueden diferenciar los siguientes: valor de uso directo, valor de uso indirecto y valor de opción (o valor futuro).

- **Valor de uso directo**: el valor de uso directo está representado por los bienes y servicios que pueden ser extraídos, consumidos o disfrutados directamente. Por ejemplo, en el contexto de un bosque el valor de uso extractivo es el derivado de la madera, de la cosecha de frutos, hierbas u hongos y de la caza y la pesca. Además de estos bienes consumidos directamente, los valores de uso directo pueden ser también no consuntivo. Por ejemplo, el disfrute de caminatas o campamento en el bosque. De modo similar, en un arrecife de coral, el valor de uso directo incluye la cosecha de mariscos y la pesca, o el uso no consuntivo del arrecife dado por el buceo deportivo. Son bienes y servicios generados por los ecosistemas y que son puestos en el mercado. Dado que se comercializan, estos productos se cuantifican en dinero por su valor de mercado. Todos estos beneficios son reales, pueden ser medidos y tiene valor. El uso consuntivo es generalmente el más fácil de valorar en la medida que involucra cantidades observables de productos cuyos precios también pueden ser observados. El uso no consuntivo es a menudo más difícil

de valorar dado que tanto las cantidades como los precios pueden no ser observados.

- **Valor de uso indirecto**: conocido como valor de uso no extractivo o valor funcional, corresponde al valor de los servicios que provee el ambiente. Por ejemplo, los bosques fijan CO_2 y protegen el suelo; los humedales filtran agua mejorando la calidad de ésta para los usuarios aguas abajo; los parques nacionales proveen la oportunidad de recreación. Estos servicios tienen valor, pero no requieren que el bien sea cosechado, aunque pueden requerir algún tipo de presencia física. La medición del valor de uso indirecto es, a menudo, más difícil que la medición del valor de uso directo. Las cantidades de estos servicios generalmente no ingresan a los mercados y, por lo tanto, sus precios son difíciles de establecer. Los beneficios estéticos visuales que brinda un paisaje son no rivales en el consumo, lo que significa que pueden ser disfrutados por muchas personas sin perjudicar el disfrute de otras.
- **Valor de opción**: representa el valor del ambiente expresado como un uso potencial, directo o indirecto, frente al valor actual en sí mismo. Se trata de la expresión de una preferencia del usuario, de su disposición a pagar por un bien o un servicio ambiental frente a la posibilidad de que el individuo se convierta en usuario del mismo en algún momento futuro. Dicho en otros términos, el valor de opción es lo que alguien pagaría por no cerrar la posibilidad de disfrutar en el futuro de un determinado activo ambiental. Por ejemplo, el pago de una cantidad monetaria por el futuro acceso a un bosque o a un parque natural. Romero (1997) define el valor de opción como el valor que un individuo asocia a un activo ambiental que no está utilizando, pero que piensa que podrá usarlo en un futuro más o menos inmediato. El valor de opción resulta una categoría particularmente artificiosa de medir.

4.6.3 Valores de no uso

Los **valores de no uso** son los valores que tienen los recursos, independientemente de su utilidad o empleo. En este caso se puede hacer una distinción entre el valor de existencia y el valor de legado.

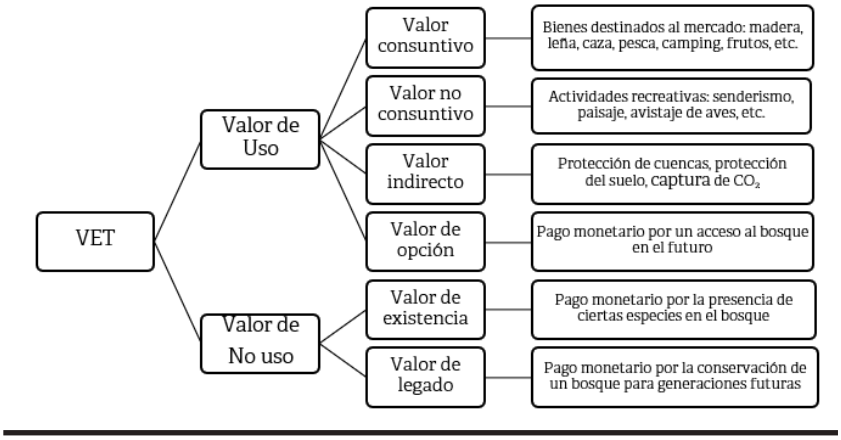
- **Valor de existencia**: representa la medida que la sociedad está dispuesta a pagar para conservar recursos naturales por sí mismos, es decir, para que sigan existiendo, aunque no esté disfrutando con su uso. Constituye un valor intrínseco de los recursos y, por lo tanto, es un valor no relacionado con el uso. En otras palabras, alguien pue-

de estar dispuesto a pagar por conservar algo que casi con certeza jamás verá o hará uso; es la mera disposición a pagar por el hecho de contribuir a conservar la existencia de algún activo natural. En la actualidad, organizaciones como Greenpeace o WLF se financian con aportes de socios que no son usuarios actuales o potenciales del patrimonio natural defendido por los mismos. Según Romero (1997) el valor de existencia es el valor que un individuo asocia a un activo ambiental cuyos servicios no ha utilizado ni piensa utilizarlo en el futuro, pero que su simple existencia le reporta un valor. Por ejemplo, hay muchas personas que valoran las ballenas azules, el oso panda o la fauna africana, pero muy pocas las valoran por seguir teniendo la oportunidad de verlas por sí mismos; lo que valoran es su existencia, un valor no relacionado con el uso, aunque el vehículo que asegura que este valor existe puede ser una película, una fotografía o una historia reportada.

- **Valor de legado**: es el valor de un bien o servicio ambiental, no para beneficio directo, sino para asegurar un placer a fin de que otros obtengan un valor de uso. Representa la disposición a pagar para que las generaciones futuras puedan hacer uso, o no, de dichos recursos. Por ejemplo, una persona puede estar dispuesta a pagar por la conservación de un bosque para que lo disfruten sus descendientes en el estado que se encuentra hoy.

Presentada la clasificación general, se puede aplicar el concepto y la clasificación del valor económico total a un ecosistema forestal, tal como se resume y ejemplifica en la Figura 4.3.

Figura 4.3. Clasificación de los valores económicos del bosque



Fuente: elaboración propia adaptada de Díaz Balteiro y Prieto (2000)

4.7 Significado del valor económico de un ecosistema forestal

La clasificación que muestra la Figura 4.3 revela la complejidad asociada a la valoración que involucra a los bienes y servicios que ofrecen los ecosistemas forestales. En muchas situaciones, los valores de no uso superan a los propios valores de uso.

Aunque desde un punto de vista microeconómico el valor económico total es un concepto bien definido, la descomposición en componentes a menudo introduce ambigüedad y solapamientos potenciales. Por otro lado, esta expresión del valor total es una simplificación excesiva del problema. No se puede enfrentar a la valoración de un ecosistema forestal calculando únicamente todos estos valores por separado, como si fueran independientes unos de otros. Muchos bienes y servicios forestales presentan interrelaciones explícitas, tanto en el espacio como en el tiempo. Por ejemplo, la corta de árboles para aprovechamiento de la madera puede degradar el hábitat de determinadas especies vegetales y animales.

¿Qué significa asociar una determinada cifra monetaria al valor económico de un activo ambiental? La valoración monetaria no es equivalente a una valoración de mercado. Dicha cifra no representa un precio, sino, simplemente, un indicador monetario del valor que tiene para un individuo o un determinado colectivo, el activo en cuestión. No representa un precio de mercado; representa un simple indicador monetario muy útil, entre otras cosas, para efectuar comparaciones.

¿Qué puede proporcionar la valoración de los bienes y servicios forestales? La valoración de los servicios del bosque proporciona información sobre:

- El valor social de diferentes bienes y servicios del bosque
- La importancia de diferentes bienes y servicios forestales
- Las preferencias de los consumidores
- El uso de los bosques
- Las presentes y futuras necesidades de la población

¿Para qué sirve conocer el valor económico de los bienes y servicios forestales sin mercado? El conocimiento de los valores económicos del bosque puede servir para:

- La sensibilidad del público acerca de la contribución del bien valorado para el bienestar social
- La justificación de las inversiones en determinado tipo de gestión forestal
- El apoyo a las decisiones sobre el uso del terreno forestal
- La comparación de los costos y beneficios entre diferentes alternativas de programas y proyectos

4.8 Métodos de valoración ambiental

Se ha dicho que el principal problema asociado a la valoración ambiental radica en la ausencia de un mercado real para la mayoría de los beneficios (mejoras) y costos (daños) ambientales.

Este problema se aborda por dos caminos alternativos: 1) con métodos directos como lo es la construcción de un mercado artificial; 2) con métodos indirectos de mercado. En el primer caso, la metodología está basada en las preferencias declaradas, que acude a interacciones directas con las personas para obtener el valor de los servicios ambientales. En el segundo caso, los métodos se basan en las preferencias reveladas que identifican los valores a través de información de mercados relacionados indirectamente con los servicios ecosistémicos (Cristeche y Penna, 2008).

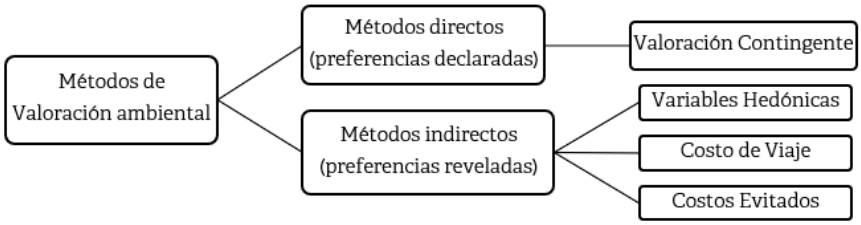
La creación de un mercado artificial se efectúa mediante la instrumentación de una encuesta. El papel de la demanda de mercado lo desempeña un entrevistador, el de la oferta, las personas que disfrutan del bien o que sufren el daño ambiental; el mecanismo que interactúa entre la oferta y la demanda lo desempeña un cuestionario que el encuestador formula a los usuarios del activo ambiental. Dentro de este enfoque se encuentra el método de valoración contingente.

Los métodos indirectos proponen estimar el valor de un activo ambiental a través del comportamiento que se revela en mercados reales. Entre dichos métodos se encuentran el método de variables hedónicas, el método del costo del viaje y el de los costos evitados.

Los métodos de valoración difieren entre sí por los procedimientos que emplean para recoger la información y por la forma de aplicación en diferentes situaciones. Existen métodos que emplean datos referidos a gastos que se realizarán, gastos que se han realizado, valores que deben ordenarse, encuestas individuales, encuestas grupales, entrevistas, etc.

Los métodos mencionados son los métodos tradicionales más importante y más utilizados. Los mismos serán descriptos a continuación de una manera intuitiva, sin abundar en fundamentos teóricos ni explicaciones analíticas formales, de manera de mantener el carácter de este capítulo con el calificativo de introductorio. La Figura 4.4 presenta la clasificación de los métodos de valoración ambiental.

Figura 4.4. Métodos de valoración ambiental



Fuente: elaboración propia con base en Cristeche y Penna (2008)

Cabe advertir que la literatura señala y describe otros métodos de valoración ambiental (Sarmiento y Prieto, 2005; Cristeche y Penna, 2008), tales como el análisis costo-beneficio, el método de Krutilla-Fisher, el método de transferencia de beneficios, entre otros. No obstante, dado el carácter introductorio del tema, los mismos no serán analizados en este trabajo.

4.8.1 Valoración contingente

El método de valoración contingente ha sido empleado como ayuda en la toma de decisiones públicas con el fin de evaluar proyectos y programas que involucren cambios ambientales de signo positivo o negativo (Sarmiento y Prieto, 2005).

El método es una importante y valiosa herramienta de valoración ambiental pues valora las preferencias de la gente o su comportamiento ante una situación de mercado. Sin embargo, no puede valorar todos los bienes y servicios ambientales. Se lo emplea para valorar paisaje, áreas silvestres, parques nacionales, biodiversidad, antigüedades, características de un pueblo o un sitio histórico particular, etc.

El método de valoración contingente es el único que permite calcular el valor económico total de un bien o servicio ambiental, dado que es capaz de estimar tanto valores de uso como aquéllos de no uso, siendo estos últimos los responsables de su gran difusión debido a que ningún otro método puede capturarlos.

La valoración contingente es uno de los métodos más frecuentemente utilizados para valorar activos ambientales. La idea básica del método consiste en estimar los cambios en el bienestar de las personas como con-

secuencia de cambios hipotéticos (o contingentes) en un recurso natural o un servicio ecosistémico.

El método valora los beneficios asociados a una mejora ambiental por la cantidad monetaria (disposición a pagar) que los beneficiarios potenciales de dicha mejora estarían dispuestos a pagar por la misma. De igual forma, los costos derivados de un daño ambiental se valoran por la cantidad monetaria (disposición a aceptar una compensación) que los perjudicados potenciales por dicho daño aceptarían como compensación.

Para su aplicación, normalmente se emplea una encuesta estructurada en la cual se plantean las posibilidades de disposición a pagar (DAP) o disposición a ser compensado (DAC), a través de mecanismos como preguntas abiertas o rangos de valores.

Como normalmente para los activos ambientales que se quiere valorar (calidad del aire, recreación, nivel de ruido, etc.) no existe un mercado, la valoración contingente propone preguntar de manera directa a los afectados, las cantidades monetarias que ellos pagarían por un determinado beneficio ambiental, o que estarían dispuestos a aceptar como compensación por cierto daño ambiental. En resumen, el método se basa en preguntar a los interesados sobre sus deseos de pagar o de aceptar.

El procedimiento para preguntar al usuario puede basarse en cuestionarios directos o apoyarse en métodos más sofisticados.

El proceso de encuesta exige las siguientes condiciones:

- Proporcionar abundante información a los entrevistados, con el objeto de que la pregunta respecto a la disposición a pagar tenga un soporte previo de conocimiento del problema.
- Establecer diferentes rangos en cuanto a la cantidad a pagar, estableciendo grupos distintos de encuestas. También hay que establecer distintas posibilidades de pago.
- Eliminar los sesgos posibles y analizar las características personales de los encuestados.

Con la información recogida en la encuesta, se procede a la construcción de un modelo econométrico para estimar la DAP/DAC individual y promedio, analizando los supuestos económicos y valores esperados. Posteriormente se debe realizar la agregación de los datos a nivel de población. La disponibilidad promedio representa el valor que la población le da a los recursos o servicios ecosistémicos. Al extrapolar la disponibilidad promedio al número total de habitantes perjudicados o beneficiados, se tiene la disponibilidad total, que corresponde con el valor total de los usos directos e indirectos del activo ambiental en cuestión.

La valoración contingente es una controvertida metodología valorativa. Las estimaciones de valor obtenidas han sido criticadas, en muchos casos, como poco confiables. Las debilidades asignadas al método se refieren

principalmente a los sesgos que conlleva cualquier procedimiento de encuesta directa, en el que además, las preguntas se hacen sobre estimaciones de valor de cosas poco tangibles, utilizando para ello medios de pago diferentes tales como una suba de impuestos, pago de una entrada, etc.

El método de valoración contingente presenta ventajas y desventajas. Las ventajas son, entre otras, las siguientes: no se necesita de una infraestructura estadística importante para su análisis; brinda resultados en unidades monetarias, lo cual simplifica los cálculos; es una herramienta flexible; permite definir el vehículo de pago y proporciona una gran cantidad de información que puede usarse en otros estudios. Entre las desventajas se advierte que es necesario agudizar la simulación de las condiciones del mundo real (debido a que no analiza el comportamiento real de los encuestados); los estudios en los que se aplica el método son teóricos por naturaleza y las personas encuestadas tienen escaso conocimiento de la metodología (Sarmiento y Prieto, 2003).

Es importante señalar que las estimaciones obtenidas con este método pueden variar enormemente según las preguntas se orienten hacia la medición de un deseo de pagar (DAP) o de un deseo de aceptar un pago (DAC).

El método tiene cuatro variantes: valoración contingente individual, grupal, ordenación contingente y puntuación contingente (Sarmiento y Prieto, 2005).

El antecedente de las encuestas en el tema del medio ambiente se lo encuentra en el año 1952, con las recomendaciones de Ciriacy-Wantrup para medir los valores de los recursos naturales. Sin embargo, la literatura medio ambiental destaca que fue en 1963 cuando Bob Davis utilizó por primera vez la técnica de valoración contingente.

Como ejemplos de aplicación de este método en el área forestal se puede mencionar el trabajo de Díaz y Sarmiento (2007) en el que se emplea esta técnica para valorar el uso medicinal de la flora autóctona en la provincia de Santiago del Estero. El valor del excedente del consumidor total es de 28.466,13 $ para las treinta familias de la muestra, lo que equivale a 341.593,60 $ anuales.

Sánchez (2013) aplica la valoración contingente para estimar el valor de las funciones del Parque Nacional de Sierra Nevada (Venezuela): excursionismo y escalada, práctica de ecoturismo con observación de la flora y fauna y visita a pueblos y aldeas de gran atractivo paisajístico y cultural.

4.8.2 Variables hedónicas

De acuerdo a la Real Academia de la Lengua Española, el término "hedónico" proviene del concepto de hedonismo que significa tendencia a la

búsqueda del placer y el bienestar.

El término ha sido utilizado por los economistas que han aplicado este concepto a la motivación de los actos económicos, partiendo del supuesto de que el hombre instintivamente huye del dolor y busca el placer en todos los momentos de su existencia.

Autores como Romero (1997), ubican a Zvi Griliches a principios de los años '60 como el primero en iniciar los estudios de este método.

El método de los precios hedónicos o variables hedónicas se basa en que el precio que una persona paga por un determinado bien no depende sólo de las características materiales del mismo, sino que influyen otros factores de tipo social o sicológico. La parte del precio de un bien que no viene determinado por sus características materiales se lo denomina "precio hedónico".

El método estima el valor de un activo a través la suma de sus características propias u objetivas (las que constituyen el bien) y no propias o subjetivas (entorno cultural o ambiental en el que está el bien).

Esta técnica se usa para estimar los valores económicos de ecosistemas o servicios ambientales que directamente afectan los precios del mercado. Es más comúnmente aplicado a variaciones en el precio de las viviendas que refleja el valor de los atributos ambientales locales. Se utiliza para estimar beneficios económicos o costos asociados con la calidad ambiental, incluyendo la polución del aire, del agua o ruido y con atractivos ambientales tales como vistas estéticas o proximidad a sitios recreativos.

La premisa básica del método es que el precio de un bien en el mercado está relacionado con sus características o servicios que presta. Por ejemplo, el precio de un vehículo refleja las características de tal automóvil (transporte, confort, estilo, lujo, economía de combustible, etc.). Por lo tanto, se puede valorar las características individuales de un automóvil u otro bien analizando cómo el precio que la gente está dispuesta a pagar por él cambia cuando las características cambian. Este método es más comúnmente usado para valorar amenidades ambientales que afectan el precio de las propiedades residenciales.

El método de los precios hedónicos consiste en establecer de qué manera el placer o dolor de consumir un activo ambiental (por ejemplo, dolor o daño del nivel de ruido) afecta al precio de una serie de bienes para los que sí existe un mercado perfectamente definido (por ejemplo, el mercado de las viviendas, en el caso del ruido).

Con este método se pretende determinar qué porcentaje del valor de los bienes con mercado (por ejemplo, las viviendas) está determinado por el nivel que alcanza la variable hedónica (por ejemplo, el ruido).

Si se toma el ejemplo de la vivienda, el precio de ésta dependerá de sus características estructurales (superficie, número de habitaciones, si tiene

garaje o no), de su antigüedad, de dónde esté localizada (distancia al centro de la ciudad, distancia al colegio más cercano, etc.) y de las características ambientales del entorno (distancia a un parque, vistas a un parque o al mar, niveles de ruido, etc.). Por lo tanto, el precio estadístico de mercado Pi de la vivienda será función de características estructurales (X1), características de localización (X2) y características ambientales (X3):

$$P_i = f\,(X1, X2, X3)$$

Por ejemplo:

X_1: Superficie, materialidad, nº habitaciones, obras complementarias, etc.

X_2: Distancia al centro de la ciudad, distancia al colegio más cercano, servicios etc.

X_3: Distancia al parque más cercano, nivel de ruido, calidad aire.

Operativamente, el método busca establecer una relación entre el precio del bien con mercado y una serie de variables que explican dicho precio, además de una variable adicional, que es la variable ambiental.

Una vez recogida la información a partir de una muestra representativa de viviendas, se procede a ajustar estadísticamente la función precio de la vivienda con las características antes mencionadas efectuando la regresión correspondiente. Estimada la función precio de la vivienda, es inmediato la obtención del deseo de pagar por una reducción marginal del daño ambiental (nivel de ruido, en el ejemplo) o por un incremento marginal en el caso de un beneficio ambiental.

Dicho deseo marginal de pagar por una determinada mejora (por ejemplo, disminución del nivel de ruido) será igual a la derivada parcial del precio con respecto a la variable ambiental, es decir:

$$dP_i / dX_3$$

A partir del deseo marginal de pagar, se determina el deseo total de pagar representado por la valoración monetaria de la correspondiente mejora.

La técnica de los precios hedónicos se ha aplicado con frecuencia para valorar cualidades ambientales tales como el nivel de ruido generado por el tráfico automovilístico, el tráfico aéreo, la contaminación atmosférica, etc. Los activos con mercado con los que trabaja habitualmente son el mercado de viviendas o el mercado laboral. No obstante, el éxito del método depende fundamentalmente de que la variable ambiental explique un porcentaje significativo del valor de los bienes con mercado.

Favela et al. (2010) efectúan una exhaustiva revisión bibliográfica del método y mencionan los resultados de algunos estudios que ejemplifican la aplicación del método de los precios hedónicos en el mercado inmobiliario, tales como los siguientes: los trabajos de Tyrväinen y Mettinen en

2010 muestran que en Salo (Finlandia) se paga un 4,8% más por una vivienda que tenga vista a un bosque. Asimismo, la proximidad a un parque forestal también afecta al precio de la vivienda: cada kilómetro adicional que esté más alejada reduce el precio de ésta en un 5,7%. En otro estudio que data de 2002, Bond, Seiler y Seiler, aseguran que una casa con vista al lago Eerie en Cleveland (EE.UU.) cuesta un 89,9% más que una que carece de esta característica. Des Rosiers, en 2009 encontró que en Montreal (Canadá) una vista directa a una torre de alta tensión tiene un impacto negativo en el costo de la vivienda ya que, en promedio, llega a costar un 10% menos que las que no la tienen. Además, en 2010 Wilhelmsson analizó el impacto que tiene en el precio de las viviendas el ruido procedente del tráfico rodado en un barrio de Estocolmo (Suecia). En este estudio se demuestra que las casas llegan a costar, en promedio, un 0,6% menos por cada decibel que aumenta el ruido de la zona. Así, una casa ubicada en un lugar ruidoso suele valer un 30% menos que una que se encuentra en una zona tranquila.

4.8.3 Costo de viaje

El método del costo de viaje ha sido aplicado en el campo forestal para valorar espacios naturales (parques, reservas, etc.) desde el punto de vista recreativo y también para valorar mejoras realizadas en dichos espacios naturales. La idea básica del método consiste en hallar el valor de un servicio recreativo provisto por un recurso natural, basándose en un elemento que se puede valorar como lo es un viaje realizado por un individuo a un sitio particular donde se encuentra el recurso. En otras palabras, el método consiste en utilizar la información relacionada con la cantidad de tiempo (costo de oportunidad) y la cantidad de dinero (costo real) que una persona o grupo de personas emplea en visitar un espacio natural, como puede ser un parque o un lago.

La técnica del costo de viaje presenta una ventaja importante con respecto al método de valoración contingente. La indiscreta pregunta de la valoración contingente de ¿cuánto estaría usted dispuesto a pagar o a recibir como compensación por una determinada mejora o daño ambiental? se reemplaza por la pregunta, más sencilla y directa, de ¿cuánto pagó usted y qué tiempo empleó por visitar este parque natural? Esto significa que el método del costo del viaje se limita a utilizar información revelada por consumidores reales en situaciones concretas y reales, en lugar de utilizar información "fabricada" de manera artificial. De este modo, las preguntas apuntan a reunir datos acerca del tiempo empleado en realizar el

paseo (valorado como costo de oportunidad), el costo incurrido en pasajes o combustible, el costo en comida y alojamiento y el costo por el pago de una entrada al lugar.

Este tipo de información estadística se releva para otros visitantes a lo largo de un período de tiempo (usualmente, un año). Así se obtiene información empírica que relaciona el número de visitas con el costo unitario de la visita. Dicha información representa la función de demanda de servicios recreativos del lugar visitado. Para obtener la curva de demanda de viajes al lugar (variable dependiente), la variable explicativa en el análisis es el costo del viaje. Una vez hallada la función de demanda recreativa y los costos correspondientes, se deriva el excedente del consumidor. De acuerdo con el concepto presentado en el punto 4 de este capítulo (excedente del consumidor), el área encerrada por dicha curva de demanda representa el deseo total de pagar, pudiéndose tomar como representativo de la utilidad percibida por los visitantes de los servicios recreativos del espacio natural.

La idea básica que contiene este enfoque es que, en un contexto de preferencias y rentas iguales, así como de iguales posibilidades de acceso a otro espacio natural recreativo alternativo, los potenciales visitantes revelan una relación inversa entre el número de visitas y el costo del viaje. Por lo tanto, la correspondiente curva de demanda conserva su típica forma de pendiente negativa.

Como crítica al método se puede señalar que muchos usuarios realizan viajes multipropósitos y, con este procedimiento, no se tienen en cuentas los otros bienes y servicios que participan en la elección de un lugar determinado. Otra limitación del método es que no existe una cifra que se pueda estimar sólo para la visita al recurso en cuestión, sino que en el viaje se produce el consumo de otros recursos.

El método del costo de viaje tiene dos modalidades de aplicación: método individual y método zonal (Sarmiento y Prieto, 2005).

Según Romero (1997), el enfoque del costo de viaje fue inicialmente sugerido por Harold Hotelling en 1947. Mendoza (2016) señala que la primera aplicación de este método se realizó a finales de los años '50 con una valoración al Parque Nacional de Yosemite, en California.

Como ejemplos de recientes trabajos de aplicación del método del costo de viaje se pueden mencionar el de Mendoza (2016) en el que usando esta técnica, halla que el excedente del consumidor que obtiene una persona en una visita al Parque Regional El Valle y Carrascoy, en Murcia, España, es de 5,09 euros.

Farré y Duro (2010) estiman el valor económico del uso recreativo del Parque Natural del Delta del Ebro (la zona húmeda más grande de Cataluña), en España, a través del método del costo de viaje, para el período

1999-2007. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto un aumento en el valor de casi un 60%, pasando de los 4,1 millones de euros en el año 1999 hasta los 6,5 millones en 2007.

A pesar que el método del costo de viaje fue originalmente desarrollado como una medida de valoración de los recursos naturales como son los parques naturales, se lo puede aplicar para inferir el valor del daño en términos de uso recreativo ocasionado a bienes y servicios ambientales.

Pere Riera y Farreras (2004) lo aplican para estimar una aproximación de la pérdida de valor recreativo de las costas del País Vasco a causa del accidente del petrolero Prestige. Para ello, se infiere el valor recreativo de las costas vascas antes y después de acontecido el accidente. El valor económico del daño se sitúa en un rango que va desde 1,54 hasta 2,46 millones de euros.

4.8.4 Costos evitados o inducidos

Los métodos de costos evitados o inducidos son aquéllos que buscan estimar los costos evitados por las personas gracias a un mejoramiento de la calidad ambiental o los inducidos debido a un detrimento de la misma.

En pocas palabras, este método calcula los costos en los que se debe incurrir para evitar un cambio en la calidad ambiental de las personas.

¿Cuál es el concepto de costo evitado? Cuando los valores correspondientes a los cambios de la calidad ambiental se convierten en costos en los que se debe incurrir a fin de evitar ese cambio en la calidad ambiental, se está ante el concepto de costo evitado.

Para estudiar estos efectos, Azqueta (2002) recomienda incluir el concepto de función "dosis-respuesta". Esta es una función que brinda información de cómo se ve afectado un determinado receptor (salud humana, salud animal, cultivos, calidad del aire, calidad del agua, etc.) por la calidad del ambiente (niveles de contaminantes en el aire, en el agua, en el suelo, etc.). El conocimiento de estas funciones permite tener una primera valoración económica de un cambio en la calidad ambiental. Es decir, se puede medir en términos monetarios los cambios en el bienestar individual o colectivo asociado con cambios en la cantidad y calidad de los bienes suministrados.

Los métodos de costos evitados o inducidos se aplican para valorar activos ambientales que están relacionados con activos de mercado. Esta relación puede darse de dos maneras: en un primer caso, el bien ambiental influye en la función de producción (y, por ende, en la función de costos) de un determinado bien privado; en el segundo caso, el bien ambiental interviene en la función de utilidad de las personas.

Existen muchas situaciones del primer caso, como por ejemplo las siguientes: la calidad de agua forma parte de la productividad de la tierra; la producción de cemento, en su emisión de polvo, limita el desarrollo vegetativo de las plantas; la producción de aluminio, por su emisión de flúor, puede disminuir el rendimiento ganadero de carne y/o leche. Para calcular el valor del activo ambiental, aprovechando estas relaciones, se puede calcular el incremento de beneficios que genera la intervención de dicho activo, calcular los beneficios que aparecen al reducir el daño ambiental o calcular el costo de sustitución de las funciones perdidas.

En el segundo caso, cuando el bien ambiental interviene en la función de utilidad de las personas, la valoración es muy compleja, ya que los costos y beneficios son difíciles de cuantificar. Son ejemplos de este caso, las campañas de fluoración del agua y el impacto de la calidad del aire en la salud.

En general, estos métodos usan modelos dosis-respuesta construidos a través de las funciones de producción, de costos de producción o de utilidad.

A continuación, se describen los tres principales enfoques: 1) con base en la función de producción de las empresas; 2) con base en la función de costos de producción de las empresas; y 3) con base en la función de utilidad de las familias.

Función de producción. El valor de los recursos naturales puede ser monetizado con base en el valor que tienen en la función de producción de un bien que sí tiene mercado. La producción de cualquier bien depende de la articulación y uso de una cantidad específica de ciertos factores de producción, en los que se encuentran los típicos factores como la tierra, el capital, la mano de obra, pero que también interactúan con factores como los recursos naturales o insumos ambientales. Por ejemplo, para la generación de una tonelada de papa son necesarios una cantidad de tierra, una cantidad de trabajo, herramientas, etc., y muchas veces no son tomados en cuenta aquellos factores que también influyen en la producción como los nutrientes del suelo, el agua utilizada de los ríos, etc. Con este método, la cantidad de un bien que se transa en el mercado y por consiguiente su precio, dependen no sólo de los típicos factores de producción sino también de recursos naturales, como el agua, los nutrientes, etc., que pueden ser valorados según sea su aporte marginal a la producción final del bien transable. Con el uso de este método se estima el valor marginal del servicio ecosistémico respecto de la producción. Este corresponde únicamente al valor de uso del mismo.

Para su aplicación, inicialmente se deben identificar todos los posibles factores de producción a incluir en el análisis como, por ejemplo, mano de obra, calidad del agua, del suelo, cantidad de fertilizantes, etc., incluyendo sus costos asociados. Para esto, es importante obtener series estadísticas robustas de manera que el modelo econométrico pueda recoger el com-

portamiento cronológico de la productividad y se logre estimar la función de manera confiable. Con esta información se construye el modelo econométrico de la productividad a partir de la función de producción que relacione todas las variables mencionadas anteriormente para, finalmente, estimar el valor marginal del servicio ecosistémico sobre la producción del bien o servicio.

Función de costos. El método de costos de producción se relaciona íntimamente con el método de cambios en la productividad, con la diferencia de que lo que se calcula no son los efectos del cambio en la calidad del parámetro ambiental sobre la productividad, sino sobre los costos de producción. El objetivo del método es estimar el cambio marginal que genera sobre los costos de producción de un bien o un servicio la variación del parámetro ambiental que se desea valorar.

Función utilidad. Los cambios ambientales pueden afectar la salud de las personas en una amplia variedad de formas. Por ejemplo, cambios en la frecuencia de la enfermedad, incremento en la presencia de síntomas, aumento en el riesgo de contraer una enfermedad, muerte prematura, entre otros. Asimismo, pueden presentarse efectos positivos sobre la disminución del riesgo de contraer una enfermedad, y/o aumentar la expectativa de vida de la población. Desde la perspectiva económica, la salud se constituye como un insumo necesario para que las familias puedan ofrecer su trabajo en el mercado. Cabe aclarar que la utilidad de las familias no solo se ve impactada por las afectaciones sobre la salud; no obstante, el impacto sobre la salud es de los más propensos a ser valorados a través de métodos basados en costos evitados o inducidos.

La valoración de la morbilidad (cantidad de personas que se enferman en un lugar) a través del enfoque de costo de la enfermedad estima la variación de los gastos incurridos por los individuos como resultado de un cambio en la incidencia de una enfermedad en particular. Tanto los costos directos (por ejemplo, los costos de las visitas al médico, los costos de tratamiento, etc.), como los costos indirectos (por ejemplo, salarios), se incluyen en la estimación.

Para su aplicación, en primer lugar, es necesario identificar el riesgo y el efecto asociados con los cambios en la variable ambiental de interés, de manera que se puedan identificar causas y efectos de la exposición al mismo. Adicionalmente, se debe cuantificar el número de casos derivados de dicha exposición. De esta forma se logra construir una función matemática que relacione estas dos variables, llamada función dosis-respuesta, la cual va a estimar el grado de afectación de las personas (respuesta) frente a cambios en la calidad ambiental (dosis), por ejemplo, enfermedades vinculadas con el cambio en tamaño de las partículas en el aire o la

concentración de las mismas, como problemas respiratorios, en ojos, en piel, muerte prematura, entre otras. Posteriormente, se deben cuantificar los costos por morbilidad o mortalidad, entendidos en términos de pérdida de ingresos por enfermedad, costos médicos y de medicamentos, entre otros, de acuerdo con los resultados de la función dosis-respuesta. Finalmente, se deberán agregar los costos obtenidos para la población afectada o con riesgo de afectación a fin de tener la estimación del costo total.

Un ejemplo de aplicación de estos métodos es el trabajo de Ramírez Vasco et al. (2010) donde se estima los costos inducidos derivados de la calidad del agua potable en municipios del Departamento de Risaralda (Colombia). Dicho estudio pudo establecer que la contaminación del agua por coliformes fecales es una variable significativa, aunque no la única, para explicar la morbilidad por enfermedad diarreica aguda. Se comprobó además que las deficientes condiciones de tratamiento y desinfección afectan la salud de los pobladores de los municipios del departamento, especialmente para la población con necesidades básicas insatisfechas. A partir de los modelos construidos, se logró estimar que un aumento en 1% en la contaminación por coliformes fecales presentes en el agua para consumo, puede ocasionar costos ambientales cercanos a los 100 millones de pesos colombianos en el departamento de Risaralda.

Un trabajo antiguo pero muy interesante es el que determina el valor del Humedal de Martebo en Suecia (Gren et al., 1994), estimando los servicios perdidos y el costo de su sustitución. Este estudio analiza una serie de servicios que han desaparecido por el drenaje abusivo y que han provocado la degradación del humedal. Los resultados determinaron que el costo anual de sustitución de las funciones del humedal se encuentra entre 350.000 y 1.000.000 de dólares al año (dólares de 1994).

4.8.5 ¿Cuándo aplicar cada método de valoración ambiental?

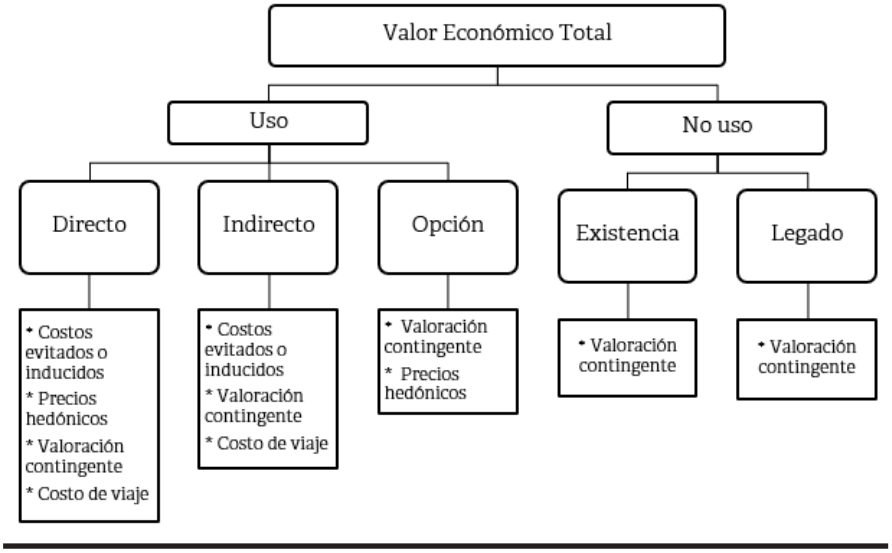
Las diferentes metodologías de valoración ambiental permiten identificar diferentes tipos de valor. Existe un potencial campo de aplicación para cada una de ellas, de modo que debe ser tenido en cuenta a la hora de elegir el método más adecuado en cada caso.

¿Cuál método aplicar en cada caso para estimar el valor económico total de un activo ambiental? Según se trata de hallar el valor económico de uso directo o indirecto, el valor de opción o el valor de existencia de un activo ambiental, existe un método recomendado para cada caso, como puede verse en la Figura 4.5.

De todos modos, la elección de la técnica más apropiada para cada caso particular depende de la naturaleza del problema, de la disponibili-

dad de información y de las restricciones presupuestarias para realizar la valoración.

Figura 4.5. Componentes del valor económico total y los métodos de valoración asociados



Fuente: elaboración propia con base en Dixon y Pagiola (1998)

4.9 Limitaciones de la valoración ambiental

La valoración económica ambiental posee algunas limitaciones, propias de un campo en desarrollo permanente. Por lo tanto, las herramientas deben utilizarse de forma racional respecto a las dimensiones de la gestión ambiental en la que serán aplicadas.

En primer lugar, el valor económico que se obtiene a partir de la aplicación de las metodologías depende de las preferencias y las percepciones de las personas, lo cual puede variar entre individuos, sociedades y a lo largo del tiempo. Así, los resultados dependen de condiciones individuales como las preferencias y el contexto sociocultural. Es decir que el valor obtenido a través de la aplicación de las metodologías de valoración económica ambiental es subjetivo y puede variar en el tiempo.

En segundo lugar, las diferentes dimensiones del valor no necesariamente se reflejan en las disposiciones a pagar o a aceptar de las personas, porque la maximización del bienestar individual depende de que todos los individuos cuenten con información completa sobre el presente y el futuro. La incertidumbre siempre estará presente en la aplicación de la herramienta, lo cual debe ser tenido en cuenta al establecer los alcances de los resultados obtenidos; especialmente, cuando la información se utiliza para la toma de decisiones.

En tercer lugar, al usar el dinero como unidad de medida del bienestar se está suponiendo que una unidad monetaria adicional en el ingreso aporta la misma utilidad a todas las personas (utilidad marginal constante). Sin embargo, empíricamente, se ha evidenciado que la utilidad marginal del dinero, como la de la mayoría de bienes y servicios, es decreciente. Debido a esto, al usar el dinero como unidad de medición de las variaciones del bienestar se obtendrá, en general, que el valor monetario de las pérdidas o ganancias de bienestar es menor para las personas de menores ingresos. Esto no se debe a que sus variaciones en el bienestar sean menores, sino que, para las personas de menores ingresos, el dinero vale más.

En cuarto lugar, los valores obtenidos a partir de los diferentes métodos pueden ser interpretados de diversas formas, dependiendo del enfoque teórico desde el cual se trabaje (como excedentes del productor o del consumidor, como disponibilidades a pagar o a aceptar, etc.). Así, la interpretación de los diferentes resultados debe ser consistente con la lógica que aborda el método aplicado y con el contexto en el que se aplica.

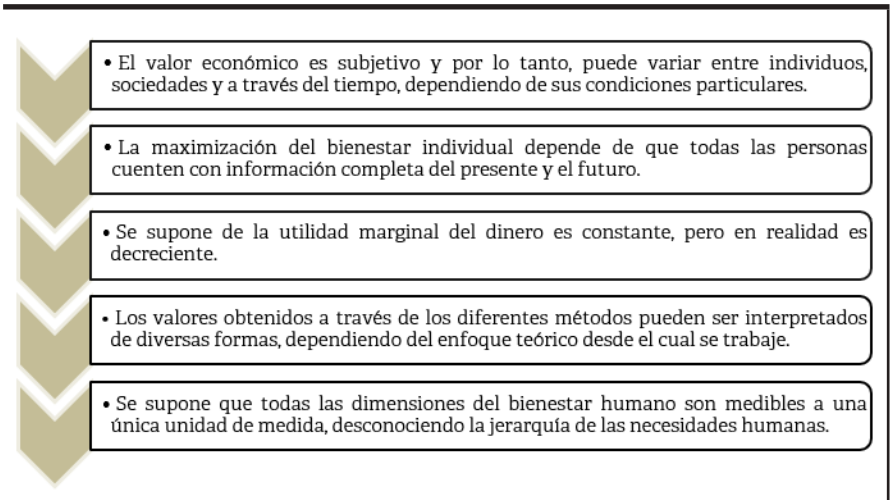
Finalmente, en quinto lugar, la valoración económica ambiental supone que todas las dimensiones del bienestar humano son conmensurables a partir de una única unidad de medición. Esto desconoce que, aunque todas las necesidades se relacionen con el bienestar humano, puede establecerse un ordenamiento jerárquico para las mismas, en relación con su mayor o menor importancia como soporte de la vida (por ejemplo, bajo este criterio, la subsistencia tendría una mayor jerarquía que el ocio). Igualmente, no todos los bienes y servicios contribuyen de igual manera a la realización de las necesidades (por ejemplo, tanto un helado como una ensalada quitan el hambre, pero el helado perjudica la salud, impidiendo la realización de otras necesidades). Al agregar las preferencias individuales para estimar la variación del bienestar social no sólo se están conmensurando valores en categorías axiológicas diferentes (subsistencia, protección, ocio, etc.) sino que también se están haciendo comparaciones interpersonales de la utilidad. Las pérdidas de bienestar de una persona no se pueden comparar con las ganancias de bienestar de otra porque no corresponden a necesidades de la misma categoría axiológica y porque la utilidad, al ser enteramente subjetiva, es incomparable.

Por lo anterior, al momento de realizar una valoración económica ambiental se debe evitar realizar comparaciones de los valores obtenidos a partir de diferentes escalas; no solo respecto a las escalas asociadas a la jerarquía de las necesidades humanas de Maslow (fisiológicas, seguridad, afiliación, reconocimiento y autorrealización); también se deben evitar las comparaciones de los valores obtenidos en diferentes escalas geográficas, con el fin de prevenir que los efectos sobre el bienestar humano en la escala local se pierdan de vista al realizar evaluaciones con base en información obtenida en la escala global.

Adicionalmente, teniendo en cuenta las limitaciones mencionadas, resulta fundamental recalcar que el proceso de toma de decisiones no debe basarse exclusivamente en los resultados que se obtengan a partir de la evaluación económica, sino que estos resultados deben constituirse únicamente como una fuente complementaria de información. En última instancia, la toma de decisiones debe basarse en la integración de toda la información disponible y en la evaluación de todos los criterios (éticos, políticos, jurídicos, culturales, económicos, etc.).

Recapitulando, las limitaciones de la valoración económica ambiental se sintetizan en la Figura 4.6.

Figura 4.6. Limitaciones de la valoración económica ambiental



Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (MADS) (2018)

4.10 La valoración ambiental aplicada en el ámbito forestal

A la hora de valorar bienes y servicios en el ámbito forestal, lógicamente algunos métodos son más acertados y oportunos que otros.

El método de valoración contingente presenta un uso generalizado en el campo de las ciencias forestales. Se lo utiliza para asignar valor el bosque, la calidad del aire, el paisaje, el uso social del bosque, el mantenimiento de la biodiversidad, etc.

La técnica del costo de viaje ha sido el más empleado en el terreno forestal. De acuerdo con Prieto et al. (1999), esta metodología presenta algunos inconvenientes ya que permite justificar la destrucción de zonas arboladas, aunque con la aplicación del método se pretenda su valoración y protección. La contradicción se debe a la escasa valoración que presentan las zonas poco visitadas y que puede justificar el cambio de uso del suelo. Ésta y otras debilidades han conducido a la aparición de algunas variantes de la técnica original.

El procedimiento de los costos evitados se puede utilizar en el caso de bosques protectores determinando el costo de aterramiento de embalses, la defensa de vías de comunicación o de cultivos agrícolas, etc. Si se quisiera valorar la función protectora que realizan los bosques al evitar la erosión, se podría utilizar como dato el costo de drenar los sedimentos que se pudieran depositar en un embalse aguas abajo que se acumularían si no existiera la masa forestal. Por otro lado, si se necesita estimar el valor de la función de captura de carbono que realizan los bosques, se podría utilizar la información del impuesto con el que se grava su emisión, o el costo que deberían introducir ciertas centrales térmicas para mejorar su tecnología y reducir así sus emisiones.

El método de las variables hedónicas ha sido utilizado con menos frecuencia en el entorno forestal en comparación con los otros métodos. No obstante, existen modificaciones de este procedimiento que puede adaptarse a situaciones forestales. El mayor número de aplicaciones se verifica en zonas urbanas o periurbanas para valorar el ruido o la calidad del aire en el mercado de viviendas.

Recapitulando las ideas contenidas en este apartado, la Tabla 4.2 presenta una síntesis de los métodos de valoración más utilizados en el ámbito forestal, señalando la clase de valor que calculan y las aplicaciones dentro de la valoración forestal.

Tabla 4.2. Métodos de valoración aplicados en el ámbito forestal

Métodos	Tipos	Clase de valor	Aplicaciones
Valor de mercado real		Valor de uso	Valor mínimo de un parque natural, existencia de un cortaviento, etc.
Directos	Valoración contingente	Valor de uso y de no uso	Uso social, mantenimiento de biodiversidad, paisaje.
Indirectos	Precios hedónicos	Valor de uso	Calidad ambiental.
	Costo de viaje	Valor de uso	Uso social, fauna.
	Costos evitados	Valor de uso	Colmatación de embalses, captura de CO_2.

Fuente: Prieto et al. (1999)

4.10.1 Valoración de los bienes y servicios de un ecosistema forestal

Prieto et al. (1999) sostienen que si el análisis de la valoración se enfoca en los bienes y servicios que no son valorados a precios de mercado (o son gratuitos, o están infravalorados), una posible clasificación puede partir de una distinción básica: separar por un lado aquellos outputs que para su uso y disfrute es preciso acudir al bosque de otros en los que no es necesario acercarse al ecosistema forestal para poder disfrutar de algunas de las funciones que cumple.

Bienes y servicios consumidos dentro del bosque

Aunque este análisis se centra en los bienes y servicios sin valor de mercado, en este ítem se puede añadir todas las actividades de manejo y producción que se efectúan en el bosque (madera, frutos, etc.). Los bienes y servicios consumidos dentro del bosque son: uso social, fauna silvestre, paisaje y protección física.

- **Uso social**: los bosques proporcionan a la sociedad una multitud de beneficios de tipo sicológico, cultural, educativo o emotivo. Aunque en algunos casos concretos, su consumo está regido por un precio de mercado, generalmente no ocurre así. ¿Cuál es el valor de pasear o acampar en el bosque, de hacer cicloturismo, etc.? En la valoración del uso social (o uso recreativo) se debe tener en cuenta diversos

elementos tales como: patrones de afluencia (temporada, días, horas, motivos), uso de las diferentes zonas (zonificación), censo de visitantes (capacidad de uso, edades, procedencia, nivel cultural, tipo de actividades demandadas), impactos sobre el medio, ciudades del entorno, comunicaciones y distancias y elementos culturales e históricos. Sin embargo, es preciso señalar que la existencia de estas externalidades positivas acarrea problemas como pérdida de rentas, problemas de regeneración, aumento de gastos, creación de infraestructuras, atención a los visitantes o impacto sobre el medio. Para medir el valor de este uso social se emplea, fundamentalmente, los métodos del costo de viaje y de valoración contingente.

- **Fauna silvestre**: si se quiere observar un cierto número de especies animales es imprescindible acudir a los lugares en donde viven. En principio, no tienen por qué ser especies amenazadas, ya que podrían incluirse también aspectos como la caza. Aunque sobre esta última actividad se pueden proporcionar estimaciones de mercado en cuanto a permisos, trofeos, etc., esta valoración sería incompleta ya que la caza presenta un aspecto lúdico o recreativo. Para valorar este servicio se suele acudir a técnicas de valoración contingente o de costo de viaje. Existen trabajos en los que, mediante la valoración contingente, se estima el valor de existencia para ciertas especies amenazadas, por el deseo de pagar por evitar la extinción de la especie.
- **Paisaje**: los paisajes consisten en interacciones de ecosistemas cuyos límites son a menudo difíciles de delimitar. La valoración del paisaje se enfrenta con el problema de su definición, ya que comprende elementos muy diferentes con interrelaciones complejas procedentes tanto del medio ambiente abiótico (geología del terreno, suelo, clima e hidrología), como de recursos bióticos (comunidades vegetales entre las que juegan un papel primordial los bosques y la vida silvestre que ocupan una parte del paisaje) y elementos sociales (núcleos urbanos e infraestructuras de todo tipo). Aunque en algunos casos se relaciona con los aspectos recreativos (uso social), la diferencia puede precisarse diciendo que en el caso de apreciar el paisaje o una determinada belleza escénica supone un valor que no es de consumo, frente a los valores contemplados en el apartado de aspectos recreativos. Asimismo, existen casos en los que dicho valor podría obtenerse fuera del bosque. Los métodos más utilizados para estimar el valor de este intangible suelen ser la valoración contingente y el método del costo de viaje, aunque se han desarrollado algunos métodos cualitativos que intentan de alguna forma estimar los valores escénicos de las masas forestales.

- **Protección física**: la función protectora del bosque con respecto al suelo que lo acoge es sobradamente conocida. En principio, dicha función se realiza dentro del bosque, pero sus efectos pueden ocurrir fuera de los límites del mismo. En este caso existen algunos procedimientos para evaluar la pérdida de suelo calculando el costo de eliminar el aterramiento o colmatación de un embalse, por ejemplo.

Bienes y servicios consumidos fuera del bosque

En este apartado se consideran aquellos outputs que, a diferencia de los citados en el título anterior, para su uso no es necesario acudir físicamente al ecosistema forestal para disfrutar de los mismos. Los bienes y servicios consumidos fuera del bosque son: absorción de CO_2, biodiversidad y recursos hídricos.

- **Absorción de CO_2**: una de las funciones intrínsecas a la existencia de las plantas es la capacidad de absorber el dióxido de carbono atmosférico. Esta capacidad ha sido utilizada para intentar mitigar la emisión de gases contaminantes a la atmósfera. En principio, una extensión de las plantaciones forestales puede mitigar el problema y basándose en estimaciones de ciertos precios de mercado (costos de emisión, multas, etc.), se puede llegar a un valor por cada tonelada capturada. En la literatura forestal existen trabajos en diferentes países y tipos de ecosistemas forestales en los que se suele valorar la tonelada de carbono capturada.
- **Biodiversidad**: la biodiversidad o diversidad biológica expresa el grado de variedad de la naturaleza, incluyendo tanto el número como la frecuencia de ecosistemas, especies o material genético que se dan en una comunidad. El término biodiversidad es, a menudo, utilizado en el sentido de presencia/ausencia y abundancia de especies en una determinada área. Generalmente, se consideran tres niveles distintos: diversidad genética, diversidad de especies y diversidad de ecosistemas. Se puede afirmar que el valor total de la biodiversidad es desconocido por la dificultad e imposibilidad de medición de algunos valores. Existe una polémica entre algunos científicos sobre esta cuestión. Mientras para algunos biólogos, su valor es infinito por carecer de sustituto, para ciertos economistas, la biodiversidad se debe considerar como cualquier otro bien de mercado. Aunque ciertamente puede constituir un valor de uso, como sería la visita a un bosque para contemplar un determinado elenco de seres vivos, generalmente se considera a la biodiversidad como un claro ejemplo de valor de no uso. El ejemplo más evidente sería el de las selvas tro-

picales, ecosistemas paradigma de la máxima diversidad, a los que se les suele asignar valores de existencia, opción o de legado. Como puede deducirse fácilmente, la valoración de la pérdida de biodiversidad resulta muy complicada ya que en muchas ocasiones no se dispone de un conocimiento global de todos los recursos, sus interacciones y sus posibles usos y aplicaciones.

- **Recursos hídricos**: es indudable la influencia que los bosques ejercen sobre los recursos hídricos, tanto en la calidad como en la cantidad de la misma. A través de la manipulación de la vegetación situada aguas arriba de un embalse se puede variar el aporte de agua a dicho embalse, la infiltración, etc. Una forma de evaluar esta función sería a través del precio de mercado del m3 de agua para consumo o para riego. Cabe citar un trabajo donde se aplica este procedimiento para calcular el aumento de infiltración que supone la existencia de un bosque, y una vez obtenido este dato, se lo multiplica por un hipotético precio del agua y se lo actualiza para obtener el valor de esta función protectora. Asimismo, se ha utilizado el método de valoración contingente para calcular el valor de las mejoras en la calidad del agua con propósitos recreativos.

Un caso especial: el arbolado urbano y periurbano

A causa de la creciente importancia y a las especificidades en cuanto a su valoración, se estima conveniente dedicar un apartado especial a la valoración del arbolado urbano y periurbano.

4.11 Valoración de árboles

La valoración forestal entendida como el valor de la producción directa de madera ha sido extensamente analizada en el Capítulo 3. Se trata de una valoración fácilmente traducible en términos monetarios por la capacidad de la masa forestal de generar rentas. Sin embargo, el arbolado posee, además, una utilidad más difícilmente traducible en términos económicos al no generar rentas, como es su utilidad ornamental y ambiental.

La función paisajística y decorativa de los árboles, tanto a nivel privado como público, se torna cada vez más importante, lo que origina la necesidad de su valoración en el entorno urbano.

La valoración del arbolado urbano y periurbano es un caso especial dado que presenta una metodología específica.

La valoración del arbolado surge como una disciplina complementaria en la valoración forestal, ante la necesidad de encontrar herramientas adecuadas para resolver, principalmente, conflictos jurídicos como consecuencia de la eliminación, expropiación o daño en el arbolado. Asimismo, los poderes públicos municipales requieren valorar el arbolado para cuantificar los elementos integrantes de sus inventarios públicos, en particular de sus parques, plazas y jardines, especialmente aquellos árboles catalogados como históricos o monumentales.

4.11.1 La valoración de árboles ornamentales

Se define al árbol ornamental como aquél que se planta con propósitos decorativos por sus características estéticas, como las flores, hojas, perfume, textura de su follaje, frutos o tallos en jardines y diseños paisajísticos. Lógicamente, quedan fuera de la definición, todo tipo de plantación forestal o frutal.

El arbolado urbano sirve para demarcar límites y zonas, proporcionar barreras visuales, proteger del viento, del sol o del ruido, embellecer y dar sombra en espacios de recreo o esparcimiento de parques y plazas, etc.

El método de valoración de árboles ornamentales es diferente a los métodos habituales. La valoración de árboles ornamentales presenta un alto grado de dificultad metodológica, en especial para aquellos ejemplares que carecen de mercado al haber alcanzado una edad muy elevada.

Según Ponce Donoso y Vallejos Barra (2016), en la literatura especializada en valoración del arbolado urbano es posible identificar más de treinta fórmulas, tanto de organizaciones que las patrocinan, como en diferentes estudios, que se aplican a grandes áreas de un país o bien exclusivamente a nivel municipal. Algunas de ellas son: Council of Tree and Landscape Appraisal y i-Tree (EE. UU.), Standard Tree Evaluation Method (Nueva Zelanda), Norma Granada e ICONA (España), Amenity Valuation of Tree and Woodlands y CAVAT (Gran Bretaña), Método Francés, Método Italiano y Tedesco (Italia), Método Burnley (Australia), Método Danés, Método Suizo, Método Finés, Método Radó, Método Párkányi (Hungría), COPIMA (Chile), etc.

En el presente trabajo se expone solamente la norma Granada (AEPJP, 2007), norma muy difundida y de actual aplicación en España. En Ponce Donoso y Vallejos Barra (2016) se puede consultar la fórmula o expresión analítica de doce métodos de valoración (incluida la norma Granada) que fueron aplicados por estos autores para tasar árboles de diferentes comunas urbanas en Chile.

4.11.2 Método de la Norma Granada

La norma Granada data de 1990. Tuvo su primera revisión en 1999 y la última es del año 2006.

La valoración de árboles ornamentales mediante la aplicación de la citada norma establece los siguientes casos, a efectos de valorar el arbolado: valoración de árboles sustituibles y valoración de árboles no sustituibles. Los árboles sustituibles son aquéllos que se pueden comprar y replantar; los no sustituibles son aquellos árboles que no se pueden conseguir en el mercado de viveros ornamentales.

1. Valoración de árboles sustituibles: se busca el precio de compra del árbol en cuestión en los catálogos de viveros ornamentales. Al precio de mercado se le suma los costos implicados en su nueva implantación (arranque y plantación), además de los costos derivados del mantenimiento, capitalizados con interés compuesto durante el tiempo que ha vivido el árbol. En la expresión analítica se incluye la probabilidad de éxito en el trasplante. La expresión analítica que determina el valor del árbol es la siguiente:

$$Vb = \frac{(P_m + C_t)}{\alpha} * (1+i)^t + Cm_{n+1}(1+i)^t + Cm_{n+2}(1+i)^{t-1} + \ldots + Cm_{t-1}(1+i) + Cm_t$$

Dónde:
Vb: valor básico del árbol
n: año de plantación
P_m: precio de mercado de la planta a reponer (para un calibre y edad determinados)
C_t: costos de arranque y plantación
Cm: costos de mantenimiento en los años n+1 de la plantación hasta que se alcance la edad de la planta destruida
t : edad de la planta destruida
α: probabilidad de éxito en el trasplante de la planta (0 <α< 1)
i: tasa de interés

El valor básico *Vb* es un valor estándar o tipo, un punto de partida mínimo. Si el árbol está vivo ya tiene un valor básico mínimo. Las circunstancias de estado, sanidad, singularidad, etc. solo pueden aumentar el valor básico.

En el caso de que los costos de mantenimiento Cm fueran iguales todos los años y que la planta que se instala para reponer a la planta dañada tuviera n años de edad, la expresión analítica anterior quedaría simplificada de la siguiente forma:

$$Vb = \frac{(P_m + C_t)}{\alpha}(1+i)^{t-n} + \frac{Cm\left[(1+i)^{t-m+1} - 1\right]}{i}$$

2. Valoración de árboles no sustituibles: en general se consideran árboles no sustituibles aquéllos que tengan una circunferencia superior a los 30 cm. El procedimiento de valoración resulta más complejo que en el caso anterior. Se debe establecer una función de crecimiento (función logística Y) cuya variable dependiente es el valor básico (o precio) en términos monetarios. La función circunferencia-precio o altura-precio se obtiene por regresión.

   Valor básico del árbol (Vb) = Valor característico * Y

   El valor característico se refiere al precio de la planta en vivero, con dimensiones de 10-12 cm de perímetro en frondosas o de 100-125 cm de altura en coníferas.
   El coeficiente Y representa, de forma aproximada, el comportamiento del valor/precio del árbol en su evolución a lo largo del tiempo.
   A partir del valor básico, se utilizan índices correctores (tabulados por categorías, desde excelente hasta escasa o nula) con el fin de tener en cuenta las características específicas de cada individuo. Dichos índices correctores son:

- Factores intrínsecos: tamaño, estado sanitario, expectativa de vida útil.
- Factores extrínsecos: estético y funcional, representatividad y rareza, situación, factores extraordinarios.

   El valor del coeficiente *Y* y los valores de los índices correctores están tabulado en la mencionada norma Granada.

Por lo tanto, el valor final del árbol será:

$$Vf = Vb\left(1 + \sum I_i + \sum I_e\right)$$

Dónde:
Vf: valor final
Vb: valor básico
$\sum I_i$: sumatoria de los índices de factores intrínsecos
$\sum I_e$: sumatoria de los índices de factores extrínsecos

En ambos casos (árboles sustituibles y no sustituibles) el peso de la valoración recae en el valor básico Vb, que expresa el valor de mercado extrapolado al momento de la valoración y este valor refleja la antigüedad y singularidad del árbol. Lo que se obtiene con la aplicación de la norma

Granada es un valor de afección teniendo en cuenta aspectos como estética, simbolismo, paisajismo o sensación de bienestar.

La norma Granada también tiene en cuenta los daños parciales que se provoquen sobre el arbolado. Para ello considera las heridas en el tronco, las pérdidas de ramas, la destrucción de raíces y cualquier otro daño en función de su repercusión sobre la vida futura del árbol.

EJEMPLO

1)[14] Se pretende valorar un pino piñonero de 25 años de edad y 40 cm de diámetro, ubicado en un casco urbano de 20.000 habitantes. Los datos son los siguientes:

P_m = 25 €
n = 5 años
C_t = 20 €
C_m = 10 €/año
α = 85%
i = 4%

Aplicando la fórmula correspondiente de la norma Granada, cuando se trata de un árbol sustituible, el valor básico Vb será:

$$Vb = \frac{(25 + 20)}{0{,}85}(1 + 0{,}04)^{25-5} + \frac{10\left[(1 + 0{,}04)^{25-5+1} - 1\right]}{0{,}04} = 435{,}70\,€$$

Si se considera que se trata de un árbol no sustituible (dado que posee una circunferencia superior a 30 cm), son necesarios ciertos datos adicionales:

Altura: 8 metros
Estado sanitario: bueno
Precio en vivero: 15 €
Tabla I[15]: tipo B
Tabla IV[15]: Y = 127
$\sum I_i$: 0,3 + 0,4 + 0,3 = 1,00
$\sum I_e$: 0,15 + 0,05 + 0,05 + 0 = 0,25

14 Ejemplo extraído de Ortuño Pérez et al. (2007)

15 Estos datos se extraen de las respectivas tablas del anexo de la norma Granada (2007)

$$Vb = 127 * 15 = 1.905 €$$

Aplicando la fórmula respectiva de la norma Granada, será:

$$Vf = 1.905(1+1+0,25) = 4.286 €$$

4.11.3 Algo más acerca de la valoración del arbolado

La aplicación práctica de la norma Granada en la provincia de Santiago del Estero se puede consultar en el trabajo de Ayuga Tellez et al. (2016) donde se efectúa la tasación del arbolado urbano de especies de pequeño, mediano y gran porte en el centro urbano de la ciudad Capital.

Prieto et al. (1999) mencionan que en algunos casos se puede proceder a la valoración del arbolado urbano por otros caminos metodológicos. Por ejemplo, se puede valorar el arbolado a través de los beneficios que produce en cuanto a la disminución del nivel de contaminación acústica, aplicando el método de los precios hedónicos; lógicamente, en este caso, el arbolado cumpliría una función más protectora que ornamental. Asimismo, la existencia de zonas verdes dentro y en las proximidades de las grandes ciudades, posee un gran valor de uso social, que puede ser valorado con métodos como el de valoración contingente.

Vidal (2012), en una revisión de los principales métodos de valoración del arbolado empleados en España, señala un caso de valoración de espacios verdes urbanos a partir del valor de las viviendas colindantes con el uso del método de precios hedónicos.

4.12 Valoración de pérdidas por incendios forestales

La valoración económica de pérdidas por incendios forestales requeriría un capítulo aparte. No obstante, en este trabajo, el tema será planteado de manera somera.

La valoración de daños por incendios constituye una actividad de gran complejidad e importancia. Es compleja por la gran cantidad de efectos a corto, mediano y largo plazos que provocan los incendios forestales en los aspectos social, económico y ambiental. Es importante porque permite demostrar con cifras, cuánto se pierde desde el punto de vista económico

cada vez que ocurre uno de estos fenómenos, lo cual puede ayudar a la toma de decisiones en la asignación óptima de recursos para las actividades de manejo del fuego.

Es claro que este tipo de desastres causa pérdidas ambientales, forestales, frutales y ornamentales e influye en la generación de carbono y en la problemática actual del cambio climático y de la emisión de gases de efecto invernadero, sin olvidar otros efectos de impacto ambiental como la pérdida de valores ecológicos, protectores, paisajísticos, recreativos o sociales.

La medida de las consecuencias económicas de un incendio forestal descansa en el conocimiento fundamental de los efectos físicos del fuego, negativos y positivos, sobre la vegetación forestal y el medio ambiente en general.

Un sistema de evaluación de daños originado por los incendios forestales requiere la aplicación de criterios específicos para cada situación en particular y la aplicación de una combinación de técnicas para valorar dichos daños.

Generalmente los daños son función de la severidad del incendio y la susceptibilidad del recurso a la destrucción. Los patrones del incendio como ubicación, frecuencia, oportunidad y el tamaño también afectan al daño. En la medida que aumenta el área quemada, los daños (directos e indirectos producto del fuego) aumentan más que proporcionalmente. En los grandes incendios forestales, debido a sus condiciones de comportamiento e intensidad, sus daños son proporcionalmente mayores a la sumatoria de igual superficie aportada por una gran cantidad de incendios pequeños.

Vidal (2012) efectuó una reseña histórica de los métodos existentes en España para valorar los daños por incendios forestal: el ICONA (Instituto para la Conservación de la Naturaleza) publicó en 1982 un manual de valoración de pérdidas por incendios forestales, de gran aceptación y utilización. Este manual fue sustituido en 1996 por el trabajo elaborado por Martínez Ruíz (1996) que conserva gran parte de los criterios de presentaba aquél, ampliándose a la estimación del impacto ambiental de los incendios forestales.

Otros trabajos que abordan esta problemática son, por ejemplo, los de Martínez Ruíz y Martínez-Chamorro (1996), Rodríguez y Silva et al. (2009) y Molina et al. (2013).

4.12.1 Componentes del daño por incendio

Para desarrollar un sistema completo de valoración del daño por incendios forestales se deben incluir todos los componentes pertinentes.

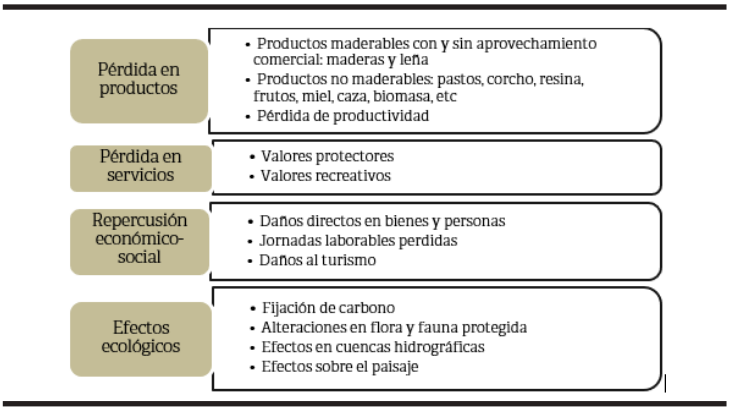
El manual de Martínez Ruíz (1996) expone la metodología y las fórmulas para valorar las pérdidas por incendios forestales en productos made-

rables y no maderables: madera, leña, corcho, fruto, resina, pastos y caza. También se ocupa de la cuantificación de las pérdidas de beneficios ambientales que el incendio ocasiona: capacidad de autoregeneración de la vegetación, efecto en la vida silvestre, riesgo por erosión, alternación del paisaje y efecto en la economía local. Este autor identifica e intenta asignar valor tanto a los daños como a los perjuicios que el incendio ocasiona. El daño es la pérdida o menoscabo sufrido en el patrimonio; el perjuicio es la privación de cualquier ganancia que se debería haber obtenido.

Molina et al. (2013) señalan que el valor de la madera en pie es la categoría de pérdida más importante en los bosques categorizados como de aprovechamiento. El valor neto de mercado del rodal antes de quemarse, incluyendo cualquier material salvable en cantidad suficientemente grande, se acepta generalmente como una medida de pérdida directa. Cualquier procedimiento de evaluación de daño de incendio debe incluir la estimación de la pérdida en el volumen y la calidad del rendimiento futuro de la madera, además de otros productos, cuando sea apropiado. Una forma de hacer esto es buscando la relación entre el valor presente y el valor esperado de la madera en pie mediante una tasa de descuento. Un bosque antes de su aprovechamiento no sólo produce madera sino también otros subproductos, los cuales deben ser cuantificados. La valoración del daño sigue la misma metodología utilizada para los productos maderables; sólo cambia la estimación de la producción. Ya no se utilizan los metros cúbicos de madera, sino las toneladas de resinas, de hojas, de miel, de cortezas, etc.

La clasificación de las pérdidas debidas a los incendios forestales se esquematiza en la Figura 4.7.

Figura 4.7. Clasificación de las pérdidas ocasionadas por incendios forestales



Fuente: Martínez Ruíz (1996)

4.12.2 Metodología de valoración del daño por incendio

Según Ortuño Pérez et al. (2007) la metodología propuesta por los diferentes especialistas del tema es conceptualmente muy sencilla, ya que lo que se pretende es reponer, en términos económicos, las pérdidas materiales causadas. Por lo tanto, los diferentes cálculos que se desarrollan para su estimación han sido ya utilizados, en su mayor parte, en capítulos anteriores.

A la hora de efectuar la valoración debe tenerse claramente identificadas las pérdidas por incendios forestales, las que pueden enmarcarse en dos grupos: las pérdidas de productos primarios y las pérdidas de beneficios ambientales (Tabla 4.3).

Tabla 4.3. Pérdida de productos y beneficios debida a incendios

Productos primarios	Beneficios ambientales
Madera	Erosión
Leña	Regeneración de la vegetación
Frutos	Vida silvestre (fauna, flora)
Pastos	Valores paisajísticos
Caza	Valores recreativos
Miel	Costos sociales
Resina, corcho	

Fuente: elaboración propia

Pérdidas en madera

Para valorar las pérdidas en madera se procede del siguiente modo:

- Madera sin aprovechamiento comercial

Daños: se valoran mediante la capitalización de los costos de regeneración de la masa forestal hasta disponer de una masa igual a la existente antes del incendio:

$$D = S * C_R (1+i)^n$$

Donde:
D: valor del daño
S: superficie afectada
C_R: costos actuales de repoblación por ha
n: edad de la masa en el momento del incendio
i: tasa de interés

A esto se debe añadir la pérdida del propietario por la inversión inicial realizada en la adquisición del suelo que aportarían intereses al capital invertido:

$$A\ (1+i)^n - A$$

dónde A es el valor actual del suelo desnudo.

Perjuicios: son el resultado de retrasar n años la percepción del valor de los aprovechamientos comerciales, que serían al final del turno:

$$P = P_T * V_T \left[\frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^T} \right]$$

Dónde:
P: valor del perjuicio
T: turno esperado de corta
P_T: precio esperado de la madera al final del turno
V_T: volumen de existencias esperadas a la edad del turno
n: edad de la masa en el momento del incendio
i: tasa de interés

- Madera con aprovechamiento comercial

Daños: se estiman por la pérdida de valor (depreciación) de la madera como consecuencia del incendio:

$$D = (P_M * V_M) - (P'_M * V'_M)$$

Dónde:
D: valor del daño
P_M: precio de la madera sin quemar
V_M: volumen de madera dañado por el fuego
P'_M: precio de la madera quemada
V_M: volumen de madera aprovechable

Perjuicios: se determinan de forma análoga a la madera sin aprovechamiento comercial

Pérdidas en leña

Para valorar las pérdidas en leña se procede a efectuar los siguientes cálculos:

Daños: se estiman de manera análoga a la madera con aprovechamiento forestal:

$$D = (P_L * V_L) - (P'_L * V'_L)$$

Dónde:
D: valor del daño
P_L: precio de la leña sin quemar
V_L: volumen de leña dañado por el fuego
P'_L: precio de la leña quemada
V'_L: volumen de leña aprovechable

Perjuicios: se determinan de forma análoga a la madera

Pérdidas en frutos, corcho, resina

Las pérdidas en estos recursos no madereros se valoran por la pérdida acumulada durante el período de tiempo correspondiente, consecuencia de los beneficios dejados de percibir (P_x*R):

$$P = P_x * R\left[\frac{(1+i)^{T-n} - 1}{i(1+i)^{T-n}}\right]$$

Dónde:
P: valoración del perjuicio
P_x: precio del producto
R: producción anual
T: turno de corta
n: edad de la masa en el momento del incendio
i: tasa de interés

Pérdidas en pastos y caza

Estas pérdidas se valoran por la pérdida acumulada durante el periodo de tiempo correspondiente, consecuencia de los beneficios dejados de percibir (Px*R):

$$P = P_x * R\left[\frac{(1+i)^{m} - 1}{i(1+i)^{m}}\right]$$

Dónde:
P: valoración del perjuicio

P_x: precio del producto
R: producción anual
m: período de acotamiento o clausura para la recuperación de las funciones de pastoreo o caza (2-5-10 años)
i: tasa de interés

Pérdida de protección del suelo

La valoración de esta pérdida se determina por la capitalización de la inversión necesaria para recuperar la masa forestal, durante un tiempo mínimo estimado, necesario para que la masa vuelva a adquirir las cualidades protectoras que tenía antes del incendio:

$$D = S * I_V (1+i)^n$$

Dónde:
D: valor del daño
s: superficie afectada
IV: inversión para recuperar la masa vegetal
n: tiempo estimado para recuperar la función protectora de la masa forestal
i: tasa de interés

Pérdida en servicios recreativos

Se puede estimar como un porcentaje de la renta comercial de la masa forestal durante el tiempo en el que quedarán limitados sus usos:

$$P = S * B\left[\frac{(1+i)^m - 1}{i(1+i)^m}\right]$$

Dónde:
P: valor del perjuicio
s: superficie afectada
B: beneficio o renta comercial que se deja de percibir
m: tiempo de clausura y privación de los servicios recreativos
i: tasa de interés

Valoración de los costos sociales

Se determinan en función de las jornadas laborales que se perderán como consecuencia del incendio. A estos costos habría que agregar el costo que se genera por la propia extinción del incendio.

EJEMPLO

2)16 Se requiere valorar las pérdidas generadas por un incendio forestal en la Sierra del Guadarrama (España) que afectó a 600 hectáreas de superficie con las siguientes características: 400 ha de pino de 45 años de edad; 100 ha de pino de 25 años de edad y sin aprovechamiento comercial y 100 ha de pastizales con arbolado disperso. El turno para la producción de madera es de 80 años. El valor actual del suelo desnudo es de 700 €/ha. El precio esperado de la madera a la edad del turno es de 40 €/m3. El precio de la madera sana a los 45 años es de 30 €/m3, mientras que la madera quemada tiene un valor de solo 25 €/m3. Se espera un rendimiento de 200 m3/ha de madera a la edad de corta. La tasa de interés se fija en el 3% anual.

Valoración de la pérdida en madera

Para la valoración se consideran de forma separada las diferentes superficies: por una parte, la superficie poblada por masa joven que aún no alcanza dimensiones suficientes para su aprovechamiento comercial y por otra, la masa adulta, que sin haber llegado al turno, sí presenta pies maderable con aprovechamiento comercial de haberse cortado antes del incendio.

En la masa sin aprovechamiento comercial de 100 ha de pino de 25 años, los daños producidos se valoran mediante la capitalización de los costos de regenerar la masa forestal hasta obtener una masa igual de 25 años. Suponiendo un costo de repoblación de 1.000 €/ha, se tendrá:

$$D = S * C_R (1+i)^n = 100 * 1.000 (1+0{,}03)^{25} = 209.378\ €$$

16 Ejemplo extraído de Ortuño Pérez et al. (2007)

A esto se agrega la pérdida del propietario (en concepto de costo de oportunidad), por el valor de la inversión inicial realizada en la compra del suelo que generarían los intereses de ese capital invertido (100 ha a 700 €/ha):

$$A\,(1+i)^n - A = (700*100)(1+0{,}03)^{25} - (700*100) = 76.564{,}45\ €$$

Además, se añaden los perjuicios resultantes de retrasar durante 25 años la percepción del valor de los aprovechamientos comerciales:

$$P = P_T * V_T\left[\frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^T}\right] = 40 * 200\left[\frac{(1+0{,}03)^{25} - 1}{(1+0{,}03)^{80}}\right] = 822{,}32\ €/\text{ha}$$

$$P\ \text{total} = 822{,}32\ €/\text{ha} * 100\ \text{ha} = 82.232\ €$$

En la masa con aprovechamiento comercial de 400 ha de pino de 45 años, los daños ocasionados por el incendio se valoran por la pérdida de valor de la madera como consecuencia del siniestro. Suponiendo que el volumen de madera aprovechable es de 70 m3/ha, entonces:

$$D = (P_M * V_M) - (P'_M * V'_M) = (30*90) - (25*70) = 2.700 - 1.750 = 950\ €/\text{ha}$$

$$D\ \text{total} = 950\ €/\text{ha} * 400\ \text{ha} = 380.000\ €$$

Los perjuicios se estiman de igual forma que la masa sin aprovechamiento comercial:

$$P = P_T * V_T\left[\frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^T}\right] = 40 * 200\left[\frac{(1+0{,}03)^{45} - 1}{(1+0{,}03)^{80}}\right] = 2.091{,}25\ €/\text{ha}$$

$$P\ \text{total} = 2.091{,}25\ €/\text{ha} * 400\ \text{ha} = 836.500\ €$$

Valoración de la pérdida en pastizales

Esta pérdida (perjuicio) se determina por las rentas que no se podrán percibir de las 100 ha de pastos. Suponiendo que la renta por pastaje del ganado sea de 20 €/ha/año y que el tiempo de clausura del pastizal para su restauración sea de 2 años, entonces:

$$P = P_x * R\left[\frac{(1+i)^m - 1}{i(1+i)^m}\right] = 20\left[\frac{(1+0{,}03)^2 - 1}{0{,}03(1+0{,}03)^2}\right] = 38{,}28\ €/\text{ha}$$

$$P\ \text{total} = 38{,}28\ €/\text{ha} * 100\ \text{ha} = 3.828\ €$$

Valoración de la pérdida de protección del suelo

La pérdida en relación con la protección del suelo se determina por la capitalización de la inversión necesaria para recuperar la masa forestal durante un período de 20 años, tiempo que se estima será el necesario para recuperar la función protectora. Si se plantea un costo de repoblación de la masa de 1.000 €/ha y una superficie arbolada de 500 ha afectada por el incendio, se tendrá:

$$D = S * I_V(1+i)^n = 500 * 1.000(1+0{,}03)^{20} = 903.055\ €$$

Valoración de la pérdida en aspectos recreativos

Esta pérdida se puede calcular por la renta de la masa boscosa que se dejará de percibir. Bajo el supuesto que el beneficio o renta es de 20 €/ha/año y que el tiempo de limitación de uso de la zona arbolada es de unos 20 años y del uso de pastizales es de 5 años, el cálculo será el siguiente:

$$P = S * B\left[\frac{(1+i)^m - 1}{i(1+i)^m}\right] = \left[(500 * 20)\frac{(1+0{,}03)^{20} - 1}{0{,}03(1+0{,}03)^{20}}\right] + \left[(100 * 20)\frac{(1+0{,}03)^5 - 1}{0{,}03(1+0{,}03)^5}\right] =$$

$$P = 148.774{,}70 + 9.159{,}40 = 157.934\ €$$

Bibliografía

AEPJP (2007). *Método para la valoración de árboles y arbustos ornamentales: Norma Granada* (3a ed.). Madrid: Asociación Española de Parques y Jardines Públicos.

Ayuga-Téllez, Esperanza, Contato-Carol, M. Lucrecia, García-Ventura, Claudia, Sánchez de Medina, Álvaro, Grande-Ortiz, M. Ángeles y González-García, Concepción (2016). "Obtención de valores unitarios mediante el método de árboles-tipo para la tasación del arbolado urbano: aplicación en Santiago del Estero (Argentina) y Madrid (España)". *Revista Bosque (Valdivia)* Vol. 37 (1), 53-62.

Aznar-Bellver, Jerónimo y Estruch-Guitart (2015). *Valoración de activos ambientales: teoría y casos* (2a ed.) Valencia: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.

Azqueta, Diego (2002). *Introducción a la Economía Ambiental*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España.

Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (MADS). Oficina de Negocios Verdes y Sostenibles (2018). *Guía de aplicación de la Valoración Económica Ambiental. Resolución 1084* [en línea]. Bogotá: MADS. Consultado el 12 de diciembre de 2018 en http://www.andi.com.co/Uploads/MinAmbiente-Resolucion-2018-.pdf

Cristeche, Estela y Penna, Julio A. (2008). *Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales* (3). Buenos Aires: Ediciones INTA.

Díaz Balteiro, Luis y Prieto, Antonio (2000). "Problemática actual de la valoración de montes en España". Revista Montes (60). *Divulgación*, 49-55.

Díaz, Romina y Sarmiento, Miguel Ángel (2007). "Valoración contingente y su aplicación en el uso medicinal de la flora autóctona". En Jornadas de Economía Ecológica, *Actas de las Terceras Jornadas de la Asociación Argentino Uruguaya de Economía Ecológica (Resumen)* (p.130). San Miguel de Tucumán: ASAUEE.

Dixon John y Pagiola, Stefano (1998). *Análisis económico y evaluación ambiental*. Washington DC: Editores Environmental Assessment Sourcebook Updates (23). Banco Mundial.

Farré, Francesc Xavier y Duro, Juan Antonio (2010). "Estimación del valor económico del uso recreativo del Parque Natural del Delta del Ebro a través del método del coste de viaje zonal". Cuadernos de Turismo (26) [en línea]. Murcia: Universidad de Murcia. Consultado el 18 de octubre de 2018 en https://revistas.um.es/turismo/article/download/116301/110061.

Favela, Alma, Galindo, Carlos, Herrera, Daniela y Rizo, Juan (2010). "Determinantes del precio de la vivienda en la zona metropolitana de Monterrey". *Revista Estudiantil de Economía Vol. II (*2) [en línea]. Monterrey: Departamento de Economía-Campus Monterrey. Consultado el 20 de noviembre de 2018 en http://ree.economiatec.com/A2N2/207291.pdf.

Field, Barry C. y Field, Martha K. (2003). *Economía Ambiental* (3a ed.) Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España.

Gren, Marie, Floke, Carl, Turner, Kerry y Bateman, Ian (1994). "Primary and secondary values of wetland ecosystems". *Environmental and Resource Economics* (4), 55-74.

Martínez Ruíz, Enrique (1996). *Manual de valoración de pérdidas y estimación del impacto ambiental por incendios forestales.* Madrid: Ministerio de Medio Ambiente. Dirección general de conservación de la naturaleza. ADCIF (Área de defensa contra incendios forestales.

Martínez Ruiz, Enrique y Martínez-Chamorro, Enrique (1996). "Repercusión de los incendios forestales en la economía local. Pérdidas en valores paisajísticos, recreativos y costes sociales". *Revista Montes* (43). Divulgación, 41-44.

Martín-López, Berta, González, José A. y Vilardy, Sandra (2012). *Ciencias de la sostenibilidad: guía docente.* Santa Marta: Universidad de Magdalena.

Mendoza, Javier (2016). *Aplicación del método del coste de viaje individual para la valoración recreacional del Parque Regional El Valle y Carrascoy [*en línea]. Murcia: Universidad Politécnica de Cartagena. Facultad de Ciencias de la Empresa. Consultado el 23 de noviembre de 2018 en http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/5686/tfm-men-apl.pdf?sequence=1

Molina Martínez, Juan Ramón, Ramos Rodríguez, Marcos Pedro y González Rodríguez, Raúl (2013). *Metodología para determinar las pérdidas económicas producidas por los incendios forestales* [en línea]. Pinar del Río: Universidad de Pinar del Río. Ministerio de Agricultura, Cuerpo de guardabosques de Cuba. Consultado el 23 de noviembre de 2018 en https://www.researchgate.net/publication/312022167

Ortuño Pérez, Sigfredo, Madrigal Collazo, Alberto y González Doncel, Inés (2007). *Apuntes de valoración agraria y forestal*. Madrid: ETSI Montes. Universidad Politécnica de Madrid.

Pearce, David W. y Turner, R. Kerry (1995). *Economía de los recursos naturales y del medio ambiente*. Madrid: Colegio de Economistas de Madrid. Celeste Ediciones.

Pere Riera, Micaló y Farreras, Verónica (2004). "El método del coste de viaje en la valoración de daños ambientales. Una aproximación para el País Vasco por el accidente del Prestige". *Ekonomiaz. Revista vasca de economía* (57), 68-85.

Ponce-Donoso, Mauricio y Vallejos-Barra, Oscar (2016). "Valoración de árboles urbanos, comparación de fórmulas". *Revista FCA UNCUYO* Vol. 48 (2), 195-208.

Prieto, Antonio, Díaz Balteiro, Luis y García Rodrigo, Ángel (1999). "Valoración de montes arbolados. Parte II". *Revista CT Catastro* (36), 37-52.

Ramírez Vasco, Claudia, Ríos Millán, Claudia y Morales Pinzón, Tito (2010). "Estimación de costos inducidos derivados de la calidad del agua potable en Risaralda". *Scientia Et Technica* Vol. 1 (44), 117-122.

Rodríguez y Silva, Francisco, Molina-Martínez, Juan Ramón, Herrera, Miguel Ángel y Zamora, Ricardo (2009). "El impacto socioeconómico de los incendios forestales: procedimiento para su determinación e implementación cartográfica". En SECF (Sociedad Española de Ciencias Forestales) (eds.). Actas del 5° *Congreso Forestal Español* (pp. 2-13). Ávila: SECF.

Romero, Carlos (1997). *Economía de los recursos ambientales y naturales* (2a ed. ampl.). Madrid: Alianza Editorial.

Sánchez, José Miguel (2013). "Valoración contingente y experimentos de elección aplicados en el Parque Nacional Sierra Nevada, Venezuela". *Economía Vol. XXXVIII* (35) [en línea]. Mérida: Universidad de los Andes. Consultado el 12 de diciembre de 2018 en http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195632394003.

Sarmiento, Miguel Ángel y Prieto, Antonio (2005). "Métodos de la valoración ambiental: un nuevo método basado en la variación del PIB". Revista CT Catastro (53) [en línea]. Madrid: Ministerio de Hacienda. Centro de publicaciones. Consultado el 10 de diciembre de 2018 en: https://www.researchgate.net/publication/28110022.

Vidal, Fernando (2012). "La valoración del arbolado en España. Una revisión". *Economía Agraria y Recursos Naturales* Vol. 12 (1), 115-140.

La autora

MARTA CORONEL DE RENOLFI
Doctora Ingeniera de Montes por la Universidad Politécnica de Madrid (2003), Magister en Dirección de Empresas por la Universidad Católica de Santiago de Estero (1999) e Ingeniera Forestal por la Universidad Nacional de Santiago del Estero (1982).

Investigadora Categoría II del Programa de Incentivos y Directora de Proyectos del CICyT-UNSE.

Fue Profesora Regular en la Facultad de Ciencias Forestales y en la Facultad de Agronomía y Agroindustrias-UNSE.

Se desempeñó como Editora Principal de la revista Quebracho (FCF-UNSE) y como Directora del Departamento Académico de Producción Forestal y de la Escuela Forestal-UNSE.

Realizó múltiples presentaciones en eventos científicos en el país y en el exterior.

Es autora de capítulos de libros y de múltiples publicaciones científicas en revistas con referato nacional e internacional sobre temas de economía, administración y política forestal.

Es autora y coautora de libros sobre la disciplina, tales como: *¿Por qué ocuparnos de las PyMES?* (2009), *Cómo calcular costos forestales* (2013), *Decisiones financieras en el sector forestal* (e-book, 2014), *La programación lineal aplicada al manejo forestal* (e-book, 2014), *Determinación del turno forestal*, editado por EDUNSE (2015).



Queremos hacer libros cada vez mejores, contesta esta pequeña encuesta haciendo clic **aquí** y contanos lo que piensas.

Si este libro de **EDUNSE** te gustó mucho, recomendanos y seguí conociendo nuestro catálogo.

La temática que se aborda en este trabajo es la Valoración Forestal. Se trata de un manual que recoge los aspectos esenciales del tema, tanto teóricos como prácticos.

Está destinado principalmente a estudiantes avanzados de Ingeniería Forestal, es decir, a estudiantes que tengan conocimientos previos de Economía General, Administración, Ecología Forestal y Silvicultura. También está pensado para que cualquier profesional de las Ciencias Forestales interesado, pueda actualizarse en este tema complejo.

Se ha pretendido que el texto sea sencillo, tratando detenidamente la deducción de fórmulas e insistiendo en la justificación de los criterios de valoración adoptados.

UNSE
Universidad Nacional
de Santiago del Estero

EDUNSE