UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
INGENIERÍA FORESTAL

ESTIMACIÓN DEL COSTO DE CAPITAL EN PROYECTOS FORESTALES EN CHILE MEDIANTE EL MODELO CAPM PARA EMPRESAS QUE NO COTIZAN EN BOLSA

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción para otorgar al título profesional de Ingeniero Forestal

POR: Thomas Alejandro Yung Álvarez

Profesor Guía: Dr. Eduardo Acuña Carmona

Enero, 2025

Concepción, Chile

© 2025, Thomas Alejandro Yung Álvarez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento

ESTIMACIÓN DEL COSTO DE CAPITAL EN PROYECTOS FORESTALES EN CHILE MEDIANTE EL MODELO CAPM PARA EMPRESAS QUE NO COTIZAN EN BOLSA

Profesor Guía

Eduardo Acuña Carmona
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal, Dr.

Profesor Guía

Jorge Cancino Cancino
Profesor titular
Ingeniero Forestal, Dr.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, Jessica y Alejandro, a mis dos hermanas, Camila y Natascha, y a mi novia, Valentina. Su apoyo incondicional a lo largo de todos estos años de universidad ha sido fundamental para mí. Nunca dudaron de mi capacidad y siempre me dieron el aliento necesario para seguir adelante en esta etapa de mi vida.

Quiero también agradecer en especial a mi amigo Gonzalo. A lo largo de nuestra carrera, hemos compartido innumerables momentos y desafíos, apoyándonos mutuamente en cada paso del camino. Su amistad y compañerismo han sido un pilar esencial en mi formación profesional y personal.

Por último, no puedo dejar de mencionar a mi profesor guía de proyecto de título, Eduardo Acuña. Su orientación y apoyo fueron decisivos para poder llevar a cabo esta tesis. Su experiencia y dedicación me brindaron las herramientas necesarias para enfrentar este desafío.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN vii
ABSTRACT viii
I. INTRODUCCIÓN 1
1.1. Objetivos e Hipótesis 5
1.2. Objetivos específicos 6
II. METODOLOGÍA 8
2.1. Enfoque general 8
2.2. Modelo CAPM ajustado 9
2.3. Fuentes de Datos 11
III. RESULTADOS 14
IV. DISCUSIÓN 18
4.1. Modificaciones al CAPM: Prima por Riesgo País y Prima por Liquidez 19
4.2. Implicaciones prácticas y políticas 25
V. CONCLUSIONES 26
VI. GLOSARIO 27
VII. BIBLIOGRAFÍA 28
VIII. APÉNDICE 35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos del coeficiente beta por sector industrial. 12
Tabla 2. Factores clave en la determinación de la tasa de descuento ajustada. 15
Tabla 3. Beta promedio del sector forestal para cada región y sus respectivos países. 35

RESUMEN

El presente estudio, se centró en la estimación del costo de capital para proyectos forestales en Chile utilizando un modelo ajustado de valoración de activos de capital, conocido por su abreviación en inglés como CAPM, adaptado a las particularidades del sector y empresas que no cotizan en la bolsa. A partir de una metodología que combina datos locales e internacionales, se determinó una tasa de descuento ajustada del 9,83%, que incorporó los riesgos del sector, como la prima por riesgo país y la prima por liquidez. Los resultados destacaron la importancia de considerar factores para reflejar adecuadamente las condiciones económicas y políticas de los mercados emergentes en Chile. Además, se demostró que, a pesar de las limitaciones del modelo, sigue siendo una herramienta valiosa para la evaluación de inversiones en el sector forestal chileno. Las conclusiones acentuaron la necesidad de un enfoque integral que combine herramientas avanzadas de modelado para maximizar la utilidad del CAPM, lo que permitiría a los inversores optimizar las decisiones financieras y promover la sostenibilidad en la gestión forestal.

ABSTRACT

This study focused on estimating the cost of capital for forestry projects in Chile using an adjusted capital asset pricing model, known by its abbreviation in English as CAPM, adapted to the particularities of the sector and companies that are not listed on the stock exchange. Based on a methodology that combines local and international data, an adjusted discount rate of 9.83% was determined, which incorporated the risks of the sector, such as the country risk premium and the liquidity premium. The results highlighted the importance of considering factors to adequately reflect the economic and political conditions of emerging markets in Chile. In addition, it was demonstrated that, despite the limitations of the model, it remains a valuable tool for evaluating investments in the Chilean forestry sector. The conclusions emphasized the need for a comprehensive approach that combines advanced modeling tools to maximize the utility of the CAPM, which would allow investors to optimize financial decisions and promote sustainability in forest management.

I. INTRODUCCIÓN

El sector forestal incluye una amplia gama de actividades económicas que abarcan desde la gestión sostenible de los bosques hasta la transformación de los recursos naturales en productos como madera, celulosa y bienes no madereros. Además, los bosques proporcionan servicios ecosistémicos fundamentales, como la captura de carbono, la regulación hídrica y la conservación de la biodiversidad. Estas actividades benefician tanto al medio ambiente como a las comunidades rurales mediante su vínculo con el bienestar económico y social. De acuerdo con (Lebedys & Li, 2014), la industria forestal contribuye de manera significativa a la seguridad alimentaria y a la generación de ingresos, promoviendo simultáneamente la preservación y restauración de los ecosistemas.

En el caso de Chile, el sector forestal tiene una importancia destacada dentro de la economía nacional. Según el Instituto Forestal (INFOR, 2023), este sector representa el 1,6% del Producto Interno Bruto (PIB), lo que equivale a aproximadamente 3.296 millones de pesos. Este dato evidencia el papel relevante de la industria forestal no solo en términos de ingresos, sino también como un catalizador para el desarrollo sostenible. La contribución económica del sector se refleja, además, en el valor de las exportaciones forestales, que ha

llegado a niveles comparables con el de las exportaciones agrícolas (Haltiam & Keipi, 1997). Este crecimiento ha sido impulsado en gran medida por políticas de incentivos financieros directos, que fomentaron el establecimiento de plantaciones forestales de alto rendimiento.

A medida que la actividad forestal se expande, también surge la necesidad de adoptar enfoques de manejo más dinámicos y adaptables. Las aproximaciones económicas tradicionales, que a menudo se centran en maximizar la rentabilidad a corto plazo, suelen ignorar la importancia de la flexibilidad en el manejo de recursos forestales. Como señalaron (Acuña & Drake, 2003), es fundamental ajustar las decisiones de manejo forestal a los cambios en las condiciones del mercado, optimizando tanto la conversión de tierras como la rotación de cultivos forestales. Este enfoque no solo permite maximizar el rendimiento económico, sino también minimizar el impacto ambiental y mejorar la resiliencia de los ecosistemas forestales.

En los últimos años, ha habido un notable aumento en la participación de inversores privados en proyectos forestales. Este fenómeno ha llevado a la necesidad de desarrollar herramientas que permitan evaluar de manera precisa las oportunidades de inversión y los riesgos asociados. Una de las metodologías más utilizadas para este propósito es el Modelo de Valoración de Activos de Capital (CAPM, por sus siglas en inglés), que proporciona un marco teórico

robusto para estimar la tasa de rendimiento requerida por los inversores. Según (Sharpe, 2012), el CAPM es ampliamente reconocido por su capacidad para relacionar el riesgo de un activo con su rendimiento esperado, lo que lo convierte en una herramienta clave para valorar proyectos de inversión en sectores como el forestal.

A pesar de la utilidad del CAPM, su aplicación en el sector forestal chileno ha sido limitada. La literatura existente se ha enfocado principalmente en estimar la rentabilidad de los cultivos forestales o en calcular el costo de capital de manera genérica (Acuña & Lisboa, 2016). Este vacío representa una oportunidad para desarrollar estudios más específicos que adapten el modelo a las particularidades del sector forestal en Chile. En este contexto, es importante señalar que el CAPM no está exento de críticas. (Fama & French, 2004) destacan que, aunque el modelo ha sido fundamental para la teoría de la cartera y la fijación de precios de activos, existe un debate académico significativo sobre su validez, especialmente en mercados emergentes.

La tasa de descuento, que es un componente clave del CAPM, refleja las ganancias esperadas por los inversores al asumir riesgos comparables. Este concepto, también conocido como costo de oportunidad, es particularmente relevante para proyectos forestales debido a las características a largo plazo de estas inversiones. Según (Brealey et al., 2023), la determinación de una tasa de

descuento adecuada sigue siendo un desafío importante, ya que debe considerar factores como la volatilidad económica y los riesgos inherentes al sector forestal.

En economías emergentes como la de Chile, la tasa de descuento incluye a menudo una prima por riesgo-país. Este componente se estima como la diferencia entre los rendimientos de los bonos soberanos de un país desarrollado y uno emergente (Sabal & Sarmiento, 2007). La inclusión de esta prima es esencial para reflejar las condiciones económicas locales, que pueden ser más volátiles que en economías avanzadas. Además, (Lof & Nyberg, 2024) sugieren que la estabilidad económica y sectorial juega un papel crucial en la estimación de la tasa de descuento, especialmente en industrias como la forestal, donde los ciclos de inversión son prolongados.

Por otra parte, el CAPM asume que todos los inversores participan en una cartera de mercado diversificada. Sin embargo, en la práctica, este supuesto puede no cumplirse, especialmente en proyectos de inversión forestal que suelen ser gestionados por empresas privadas o individuos con portafolios menos diversificados. (Damodaran, 2012) subraya que, al valorar empresas privadas, deben considerarse ajustes específicos, como la falta de liquidez de las participaciones y la prima asociada a una participación mayoritaria frente a una minoritaria. Estas consideraciones son esenciales para garantizar una valoración

adecuada de los activos forestales y, en última instancia, para tomar decisiones de inversión informadas.

Finalmente, es importante reconocer que la sostenibilidad del sector forestal no solo depende de su rentabilidad económica, sino también de su capacidad para generar beneficios sociales y ambientales a largo plazo. En este sentido, la adopción de metodologías como el CAPM no solo contribuye a la evaluación financiera de los proyectos, sino que también promueve una asignación eficiente de recursos que respalde el desarrollo sostenible del sector. Este enfoque es particularmente relevante en un país como Chile, donde el sector forestal desempeña un papel estratégico tanto en la economía nacional como en la conservación del entorno natural.

1.1. Objetivos e Hipótesis

Dado que una evaluación formal y precisa de las inversiones de capital es crucial para una eficiente asignación de recursos financieros, esta memoria tiene como objetivo principal la estimación de una tasa de costo de capital ajustada para proyectos del sector forestal chileno, incorporando factores como la liquidez y horizontes temporales específicos.

Se plantea que el uso del modelo ajustado del CAPM, que considera características propias del sector y las condiciones de mercado en Chile, puede ser una herramienta eficaz para calcular la tasa de descuento apropiada y valorar los activos de capital en proyectos forestales de empresas privadas no cotizadas en bolsa. Esto puede mejorar significativamente la toma de decisiones de inversión y gestión de recursos en este sector estratégico.

El estudio busca desarrollar un marco financiero que permita estimar la tasa de descuento adecuada para proyectos forestales, utilizando el modelo CAPM ajustado, considerando las particularidades de las empresas no cotizadas y la relación temporal entre tasas libres de riesgo, como herramienta clave en la evaluación financiera.

1.2. Objetivos específicos

1. Explorar y evaluar la aplicabilidad del modelo CAPM ajustado para el cálculo de tasas de costo de capital en proyectos forestales, incorporando el premio por liquidez y la relación entre tasas libres de riesgo a diferentes plazos.

2. Contribuir al conocimiento y comprensión de los ajustes necesarios en el modelo CAPM para reflejar las características específicas de proyectos forestales en empresas privadas no cotizadas en bolsa en Chile.

3. Identificar y calcular los elementos clave del modelo CAPM, incluyendo:
   - La tasa libre de riesgo específica para Chile, diferenciada por horizonte temporal.
   - El rendimiento esperado del mercado ajustado.
   - El coeficiente beta estimado para proyectos forestales, considerando los riesgos inherentes al sector.

4. Realizar un análisis empírico basado en datos globales y locales para calcular la tasa de costo de capital ajustada y evaluar su aplicabilidad financiera en proyectos forestales chilenos.

5. Proveer recomendaciones prácticas para la toma de decisiones financieras y la gestión de inversiones en el sector forestal chileno, basadas en los resultados del modelo ajustado.

II. METODOLOGÍA

2.1. Enfoque general

El CAPM se basa en la noción de que el riesgo de un activo puede dividirse en dos componentes: riesgo sistemático y riesgo no sistemático. El riesgo sistemático es el riesgo que afecta a todo el mercado y no se puede diversificar, como cambios en la política económica o fluctuaciones del mercado financiero global. Este es el riesgo que el CAPM considera relevante para estimar la tasa de retorno esperada. El riesgo no sistemático, por otro lado, es específico de una empresa o sector y puede ser mitigado mediante la diversificación. En este contexto, el modelo CAPM mide únicamente el riesgo sistemático a través del coeficiente beta (β). La fórmula principal del CAPM es la siguiente:

$$r_i = r_f + \beta_i (r_m - r_f) \tag{1}$$

Donde, Donde, r_i es la tasa de descuento o retorno esperado del proyecto, es utilizada para descontar los flujos de efectivo futuros de un proyecto a su valor presente, reflejando el costo de oportunidad del capital. Se utiliza en la evaluación de proyectos para determinar si el valor presente de los ingresos futuros justifica

la inversión inicial (García-Gusano et al., 2016). La tasa libre de riesgo r_f, es un componente clave en el CAPM, que refleja el retorno de una inversión sin riesgo de default. Se utiliza como base para calcular el costo del capital y los retornos ajustados por riesgo (Damodaran, 2020). El beta desapalancado β_i, mide la sensibilidad de los rendimientos de una empresa o proyecto a los movimientos del mercado, ajustado para eliminar el impacto del apalancamiento financiero (Damodaran, 2012). Un beta mayor a 1 indica que el activo es más volátil que el mercado en general, mientras que un beta menor a 1 indica que el activo es menos volátil.

Premio por riesgo de mercado $r_m - r_f$, refleja la diferencia entre el rendimiento esperado del mercado y la tasa libre de riesgo. Es decir, cuánto se espera ganar al invertir en el mercado en lugar de en un activo libre de riesgo. Refleja el exceso de retorno esperado en el mercado (Claus & Thomas, 2001).

2.2. Modelo CAPM ajustado

En conformidad a varios estudios se presenta un CAPM ajustado a las realidades propias del país (ecuación 2).

$$r_i = r_f + \beta_i (r_m - r_f) + r_p + r_l \tag{2}$$

Donde, Premio por riesgo país r_p, se refiere a la compensación que los inversores requieren por invertir en un país con mayor riesgo económico o político en comparación con mercados desarrollados. Es un factor clave en la estimación del costo de capital para proyectos internacionales (Damodaran, 2003). Por último, el premio por liquidez r_l, es la prima que los inversores exigen por invertir en activos que no se pueden vender fácilmente sin una pérdida significativa de valor. Este premio se añade al rendimiento esperado de activos ilíquidos (Pástor & Stambaugh, 2003).

El cálculo del premio por liquidez se lleva a cabo siguiendo un enfoque metodológico que integra la relación entre tasas libres de riesgo y un promedio ponderado de tasas perpetuas asociadas a rangos de descuento. En primer lugar, se estima la relación entre la tasa libre de riesgo a largo plazo (30 años) y la tasa libre de riesgo a mediano plazo (10 años). Este cociente refleja cómo los mercados perciben las diferencias de riesgo en horizontes temporales distintos, fundamentándose en la teoría de la estructura temporal de tasas de interés (Mishkin, 2022).

Posteriormente, siguiendo las directrices de (Damodaran, 2012), se calcula el promedio de tasas perpetuas asociado a dos rangos de descuento: el descuento mínimo (20%) y el descuento máximo (30%). Estas tasas se obtienen multiplicando cada porcentaje por una tasa perpetua estándar, asumida en este

caso como 9%, un valor consistente con retornos promedio aplicables a activos significativamente ilíquidos pero con riesgos controlados. Finalmente, el promedio de estas tasas perpetuas se ajusta multiplicándolo por la relación previamente calculada entre las tasas libres de riesgo a diferentes plazos, obteniendo un valor ajustado del premio por liquidez específico al horizonte temporal del proyecto. Este enfoque asegura una valoración coherente con la naturaleza del activo y los riesgos inherentes a su falta de liquidez.

2.3. Fuentes de Datos

Los valores utilizados para el cálculo fueron extraídos de diferentes fuentes confiables y están reflejados en la hoja de cálculo. La Tasa libre de riesgo se seleccionó el rendimiento promedio de los últimos tres años de un bono soberano de Estados Unidos a 10 años, un valor comúnmente aceptado en la literatura financiera. Este valor se ha obtenido del sitio web oficial del Tesoro de los Estados Unidos, donde se publica de manera constante la información sobre las tasas de bonos soberanos (U.S. Department of The Treasury, 2024). El Premio por riesgo de mercado fue calculado como la diferencia entre los retornos del mercado y la tasa libre de riesgo (Damodaran, 2024b).

El Beta desapalancado fue calculado como el beta promedio de los sectores “Paper/Forest Products”, de “Mercado Emergentes” y el de “Empresas

Comparables”. Este beta refleja el riesgo inherente de la industria forestal o de otra manera, la sensibilidad del retorno del proyecto forestal a las fluctuaciones del mercado global (Damodaran, 2024a). Este grupo lo componen 266 empresas, 2 de Estados Unidos, 188 de mercados emergentes en diversas regiones del mundo (Tabla 1).

Tabla 1. Datos del coeficiente beta por sector industrial.

Región	**Incluye**
Estados Unidos	Solo Estados Unidos
Europa	Unión Europea, Reino Unido, Suiza y Escandinavia
Japón	Solo Japón
Mercados emergentes	Toda Asia, excepto Japón, América Latina, África, Oriente Medio, Europa del Este, Rusia
Australia, Nueva Zelanda y Canadá	Australia, Nueva Zelanda y Canadá
Global	Todas las empresas

Nota: Chile se incluye en el sector de mercados emergentes.

En el proceso de búsqueda de los coeficientes beta, se utilizaron los sitios web financieros (FinanceYahoo, 2024; Infront, 2024; StockInvest.US, 2024). Sin embargo, no fue factible obtener un total de 31 coeficientes beta correspondientes a empresas incluidas en el listado, de las cuales 29 pertenecen a mercados emergentes y 2 a Europa. Como resultado estas empresas fueron excluidas de la lista, dejando un total de 236 restantes. Además, se decidió excluir

a la empresa Amazonas Florestal, Ltd. (OTCPK:AZFL) debido a la presentas un coeficiente beta atípico de 102,82.

El riesgo país de Chile (Premio por riesgo país), estimado a partir de la diferencia entre los bonos soberanos de Chile y EE.UU (Damodaran, 2024c). Por último se añadió un premio por liquidez se seleccionó el rendimiento promedio de los últimos tres años de un bono soberano de Estados Unidos a 10 y 30 años (U.S. Department of The Treasury, 2024).

III. RESULTADOS

La tasa de descuento final estimada para proyectos forestales en Chile se construyó a partir de un modelo CAPM ajustado, incorporando variables fundamentales como la beta desapalancada, el premio por riesgo país y un ajuste específico por liquidez. Este enfoque responde a la necesidad de reflejar las particularidades del sector forestal chileno y las características propias de las empresas privadas no cotizadas en bolsa.

La base de cálculo partió de la determinación de una tasa libre de riesgo, la cual se estableció en un 3,66%. Este valor, derivado de bonos soberanos de largo plazo, representa el rendimiento esperado de un activo sin riesgo en el contexto económico chileno. Adicionalmente, se incluyó un premio por riesgo de mercado, calculado en un 4.57%, el cual refleja el rendimiento adicional que los inversionistas esperan por asumir riesgos asociados al mercado. Este premio es consistente con valores propuestos para mercados emergentes y está alineado con las prácticas establecidas en la literatura financiera (Tabla 2).

Tabla 2. Factores clave en la determinación de la tasa de descuento ajustada.

Ítem	Valor
Tasa libre de riesgo	**3.66%**
Premio por riesgo	**4.57%**
Beta desapalancado	
Damodaran - Mercados Emergentes	0.55
Damodaran - Mercado Total	0.67
Comparables – sector Paper/Forest Products	0.60
Beta desapalancado	**0.61**
Tasa de descuento (Re original)	**7.67%**
Premio por riesgo país	**1.24%**
Premio por liquidez	
A) Promedio Tasa equivalente	
Descuento Rango Mínimo	20.00%
Tasa equivalente a perpetuidad del Rango de Descuento Mínimo	1.80%
Descuento Rango Máximo	30.00%
Tasa equivalente a perpetuidad del Rango de Descuento Máximo	2.70%
Promedio Tasa equivalente	2.25%
B) Factor plazo	
Tasa libre de riesgo 30 años	3.82%
Tasa libre de riesgo 10 años	3.66%
Factor plazo	0.96
Premio por liquidez	**2.15%**
Tasa de descuento final (Re)	**9.83%**

La beta desapalancada fue un componente clave en la construcción de la tasa de descuento, que mide la sensibilidad del activo forestal respecto al mercado general. Para su cálculo, se consideraron tres fuentes principales: datos de mercados emergentes, el mercado global y comparables del sector.

Los valores respectivos de 0,55, 0,67 y 0,60 permitieron obtener un promedio ponderado de 0,61, que se utilizó como el coeficiente beta representativo del

sector forestal chileno. Este valor refleja una baja sensibilidad al mercado, atribuible a la naturaleza relativamente estable del sector forestal en comparación con otros segmentos más volátiles.

Además, se incluyó un premio por riesgo país de 1,24%, que ajusta la tasa de descuento para capturar las condiciones específicas del entorno macroeconómico y político de Chile. Este premio asegura que la valoración sea coherente con los riesgos inherentes al contexto local.

Con estos componentes, la tasa de descuento inicial o retorno esperado del capital (Re) fue calculada en un 7,67%. Este valor proporciona una base sólida para evaluar la viabilidad de proyectos forestales, considerando los riesgos inherentes al mercado, pero excluyendo aún los ajustes específicos por liquidez y otros factores particulares.

Para reflejar la naturaleza líquida de los proyectos forestales, se incorporó un premio por liquidez. Este ajuste se calculó utilizando un rango de descuentos típicos para empresas no cotizadas, entre un 20% y un 30%, y las tasas perpetuas asociadas a dichos rangos, de 1,8% y 2,7% respectivamente. El promedio de estas tasas perpetuas, igual a 2,3%, fue posteriormente ajustado por un factor temporal. Este factor, calculado como la relación entre las tasas libres de riesgo a 10 y 30 años, resultó ser 0,96. La multiplicación de este factor

por el promedio de las tasas perpetuas dio como resultado un premio por liquidez de 2,15%. Este valor añade un ajuste crítico que refleja las restricciones de liquidez propias de los proyectos forestales.

Finalmente, se combinó la tasa inicial de descuento con el premio por liquidez, obteniendo una tasa de descuento ajustada final de 9,83%. Este valor integra tanto los riesgos inherentes al sector forestal como las particularidades asociadas a las empresas privadas no cotizadas. La inclusión del premio por liquidez y otros ajustes específicos asegura que esta tasa sea adecuada para la evaluación financiera y la toma de decisiones estratégicas en proyectos forestales en Chile.

IV. DISCUSIÓN

El CAPM ha demostrado ser una herramienta efectiva para evaluar inversiones al estimar el costo de capital y considerar los riesgos sistemáticos a través de un modelo matemático relativamente simple (Xie, 2023). Su aceptación generalizada radica en su capacidad para relacionar el riesgo sistemático, representado por el coeficiente beta, con el rendimiento esperado de un activo. Sin embargo, esta simplicidad también representa una limitación, especialmente en mercados específicos y sectores que presentan características particulares, como el sector forestal en Chile. En este sentido (Li, 2023) sostiene que el CAPM puede generar incertidumbres significativas debido a sus supuestos ideales, que muchas veces no reflejan las complejas dinámicas del mercado real.

Uno de los principales desafíos en la aplicación del CAPM es la estabilidad y precisión del coeficiente beta. Estudios previos, como los de (Bollerslev et al., 1988), han señalado que la beta es susceptible a fluctuaciones temporales y a factores externos que influyen en el mercado. Esto es particularmente relevante en el sector forestal chileno, donde las decisiones de inversión están condicionadas por factores como la demanda de madera, las políticas ambientales y la fluctuación de precios en productos forestales. Estas dinámicas destacan la necesidad de ajustar el modelo para incorporar elementos

específicos del mercado, como un beta sectorial ajustado que considere estos riesgos.

A pesar de sus limitaciones, el CAPM sigue siendo un punto de partida sólido para la evaluación del costo de capital. Sin embargo, en sectores caracterizados por alta volatilidad y dinámicas específicas, como el forestal, algunos autores han propuesto extender el modelo clásico para mejorar su precisión. (Cui, 2023) sugiere que la integración de factores adicionales, como primas por riesgo país y liquidez, puede hacer que el CAPM sea más relevante en mercados emergentes. Estos ajustes permiten una evaluación más detallada de las inversiones, al incorporar riesgos únicos que el modelo clásico no captura de manera efectiva.

4.1. Modificaciones al CAPM: Prima por Riesgo País y Prima por Liquidez

Uno de los avances recientes en la evolución del CAPM es la incorporación de la prima por riesgo país, que reconoce las condiciones económicas y políticas inherentes a las economías emergentes. (Sabal, 2005) argumenta que el enfoque tradicional, que integra la prima de riesgo país basada únicamente en el diferencial de los bonos soberanos, es insuficiente para reflejar la realidad de proyectos específicos. En su lugar, propone una metodología más granular que evalúe el riesgo país en función de las características del proyecto, como la

localización, la exposición a políticas regulatorias y la estabilidad macroeconómica del sector en cuestión.

Esta visión ha sido desarrollada por autores recientes, quienes han planteado modelos ajustados que incluyen primas específicas según el tipo de inversión. Por ejemplo, (Campos-Jaque et al., 2021) sugieren que la prima por riesgo país debe ser dinámica y adaptativa, considerando no solo las métricas financieras tradicionales, sino también indicadores cualitativos como la percepción de estabilidad institucional y los riesgos climáticos asociados al sector. Este enfoque es particularmente relevante en el caso del sector forestal chileno, donde las políticas ambientales y los acuerdos internacionales pueden influir significativamente en el atractivo de las inversiones.

Otro componente crítico que ha sido incorporado al CAPM en aplicaciones recientes es la prima por liquidez. Esta prima tiene como objetivo capturar el costo adicional que enfrentan los inversores debido a la dificultad de liquidar activos en mercados con menor profundidad o activos con baja rotación. Según (Amihud et al., 2006), la falta de liquidez puede tener un impacto considerable en el rendimiento esperado de una inversión, especialmente en sectores como el forestal, donde los activos suelen ser de largo plazo y menos líquidos. Incorporar esta prima permite una evaluación más precisa del costo de capital, reflejando las restricciones reales que enfrentan los inversores.

En contextos como el chileno, donde las empresas forestales pueden operar en mercados menos líquidos, la prima por liquidez se convierte en un factor crucial. (Lamothe & Vásquez, 2011) destacan que la falta de liquidez en activos forestales, como tierras y plantaciones, puede ser mitigada mediante ajustes en el CAPM que reflejen estos costos adicionales. Este enfoque no solo mejora la precisión del modelo, sino que también ofrece una herramienta más robusta para la toma de decisiones en proyectos de inversión de largo plazo.

Los resultados obtenidos en este estudio destacan la importancia de adoptar un enfoque cuidadoso en la selección de parámetros y en la implementación de ajustes al CAPM, como la integración de primas por riesgo país y liquidez. Estos ajustes no solo abordan las limitaciones del modelo clásico, sino que también permiten una evaluación más realista y adaptada a las condiciones específicas del sector forestal chileno. Como mencionan (Dempsey, 2012) y (Cui, 2023), los modelos ajustados ofrecen una mayor flexibilidad y precisión, lo que los hace más aplicables en mercados emergentes y sectores con alta volatilidad.

No obstante, estas modificaciones también generan desafíos. La introducción de factores adicionales al modelo puede complicar la relación simple entre riesgo y rendimiento, desviando al CAPM de su esencia original. Por ello, es fundamental encontrar un equilibrio entre la precisión analítica y la practicidad del modelo,

asegurando que las herramientas desarrolladas sean útiles para los tomadores de decisiones en un entorno económico real.

En resumen, el CAPM sigue siendo una herramienta clave en la planificación financiera estratégica, pero su utilidad máxima se alcanza cuando se complementa con enfoques que consideren riesgos específicos, como la prima por riesgo país y la prima por liquidez. Estas modificaciones reflejan las complejas realidades del sector forestal chileno, proporcionando un marco teórico más robusto para la evaluación del costo de capital y la valoración de proyectos de inversión. Con estas adaptaciones, el modelo puede evolucionar para mantenerse relevante en un mundo económico en constante cambio.

El uso del CAPM en la investigación actual permite modelar la relación entre riesgo y rendimiento esperado, proporcionando una herramienta clave para evaluar la viabilidad de proyectos de inversión en el sector forestal. Este enfoque se alinea con estudios internacionales, como los realizados por (Cubbage et al., 2010), quienes analizaron las tasas internas de retorno (IRR) en plantaciones forestales en Chile y otros países. Este estudio reportó IRR en el rango de 12% a 20% para plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus* spp., destacando la competitividad de Chile frente a mercados internacionales como Brasil y Uruguay (Cubbage et al., 2010).

En un análisis longitudinal realizado por (Cubbage et al., 2014), se observaron IRR estables de 15% a 18% en Chile para las mismas especies. Este trabajo también subrayó que la estabilidad regulatoria y los incentivos gubernamentales contribuyen significativamente a mantener la competitividad del sector forestal chileno, especialmente frente a fluctuaciones económicas internacionales (Cubbage et al., 2014).

En un estudio más reciente, (Chudy et al., 2020) utilizaron simulaciones Monte Carlo para modelar la incertidumbre en las inversiones forestales, considerando variables como los precios de la madera y los costos de establecimiento. En este análisis, las IRR en Chile se situaron entre 12% y 16%, lo que confirma la robustez del sector frente a riesgos financieros y climáticos. Además, se identificaron factores como los costos de establecimiento y las tasas de crecimiento biológico como determinantes clave de la rentabilidad (Chudy et al., 2020).

La investigación actual destaca que el CAPM ajustado es particularmente útil para modelar inversiones a largo plazo como las forestales. Esto es relevante en economías emergentes como Chile, donde la volatilidad económica y los riesgos idiosincráticos pueden influir en las tasas de descuento. A pesar de estas ventajas, el CAPM no está exento de críticas. (Fama & French, 2004) señalaron que el modelo puede subestimar los riesgos específicos de mercados

emergentes, como la dependencia de las exportaciones y las fluctuaciones de precios internacionales.

Para abordar estas limitaciones, estudios como los de (Chudy et al., 2020) sugieren la integración de métodos complementarios, como simulaciones Monte Carlo y análisis de sensibilidad, para capturar mejor la incertidumbre inherente a las inversiones forestales. Esto permitiría a los inversionistas tomar decisiones más informadas y minimizar riesgos.

Una contribución clave de este estudio es la identificación de factores que influyen en las IRR de proyectos forestales en Chile. Especies como *Pinus radiata* y *Eucalyptus* spp. han mostrado consistentemente altas IRR, oscilando entre el 12% y el 20%, dependiendo del régimen de manejo aplicado y las características del sitio (Chudy et al., 2020; Cubbage et al., 2010). En contraste, especies nativas como *Nothofagus dombeyi* presentan IRR más bajas (entre el 6% y el 14%), aunque ofrecen oportunidades interesantes para diversificar la matriz forestal chilena y explorar mercados de alto valor, como madera estructural (Navarro et al., 2024).

El estudio de (Navarro et al., 2024) destacó que las plantaciones manejadas de *Nothofagus dombeyi* con podas y raleos estratégicos alcanzaron IRR cercanas al 14%, lo que demuestra que las intervenciones silviculturales pueden mejorar

significativamente la rentabilidad de especies nativas. Estos hallazgos sugieren que la diversificación hacia especies nativas podría complementarse con incentivos gubernamentales para fomentar su adopción.

4.2. Implicaciones prácticas y políticas

Los resultados de este estudio tienen implicaciones directas para la planificación y gestión de inversiones forestales en Chile. La capacidad de calcular tasas de descuento ajustadas mediante el CAPM permite a los inversores optimizar sus decisiones, maximizando rendimientos y reduciendo riesgos. Además, considerando la creciente importancia de la sostenibilidad en la industria forestal, los resultados pueden integrarse con evaluaciones de impacto ambiental para promover una gestión forestal equilibrada y responsable (Cubbage et al., 2010).

Por otro lado, los hallazgos también resaltan la necesidad de políticas públicas que apoyen la inversión en especies nativas y fomenten la innovación en prácticas silviculturales. Los incentivos fiscales y subsidios podrían desempeñar un papel crucial en este contexto, como se ha observado en países como Brasil (Cubbage et al., 2014).

V. CONCLUSIONES

La estimación del costo de capital en proyectos forestales en Chile mediante el modelo CAPM ajustado ofrece un marco teórico y práctico relevante para abordar las particularidades del sector forestal chileno. Este análisis proporciona una perspectiva valiosa en un campo que históricamente ha carecido de estudios específicos, especialmente para empresas no cotizadas en bolsa. A continuación, se contextualizan los resultados principales en relación con estudios previos y se exploran las implicaciones prácticas y teóricas para la industria forestal.

Este estudio refuerza la utilidad del CAPM como herramienta para modelar el costo de capital en inversiones forestales, destacando la rentabilidad y estabilidad competitiva del sector forestal chileno. Sin embargo, para maximizar su impacto, se requiere un enfoque integral que combine herramientas avanzadas de modelado.

VI. GLOSARIO

CAPM: Capital Asset Pricing Model

TIR: Tasa Interna de Retorno

VII. BIBLIOGRAFÍA

Acuña, E., & Drake, F. (2003). Análisis del riesgo en la gestión forestal e inversiones silviculturales: Una revisión bibliográfica. *Bosque, 24*(1), 113-124. https://doi.org/10.4067/s0717-92002003000100009

Acuña, E., & Lisboa, M. (2016). Performance assessment of the *Pinus radiata* cultivation by a non-industrial owner: An analysis of ex-post results by applying a capital assets pricing model. *Custos e @gronegócio on line, 12*(3), 2-10.

Amihud, Y., Mendelson, H., & Pedersen, L. H. (2006). Liquidity and asset prices. *Foundations and Trends® in Finance, 1*(4), 269-364.

Bollerslev, T., Engle, R. F., & Wooldridge, J. M. (1988). A capital-asset pricing model with time-varying covariances. *Journal of Political Economy, 96*(1), 116-131. https://doi.org/10.1086/261527

Brealey, R. A., Myers, S. C., Allen, F., & Edmans, A. (2023). *Principles of corporate finance*. McGraw Hill LLC.

Campos-Jaque, Z. J., Tapia-Gertosio, J., & Gudaris, P. N. (2021). Country risk premium: The case of Chile. *Revista Finanzas y Política Económica, 13*(2), 317-344.

Chudy, R. P., Chudy, K. A., Kanieski da Silva, B., Cubbage, F. W., Rubilar, R., & Lord, R. (2020). Profitability and risk sources in global timberland investments. *Forest Policy and Economics, 111*, 102037. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.102037

Claus, J., & Thomas, J. (2001). Equity premia as low as three percent? Evidence from analysts' earnings forecasts for domestic and international stock markets. *The Journal of Finance, 56*(5), 1629-1666. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/0022-1082.00384

Cubbage, F., Koesbandana, S., Mac Donagh, P., Rubilar, R., Balmelli, G., Olmos, V. M., De La Torre, R., Murara, M., Hoeflich, V. A., Kotze, H., Gonzalez, R., Carrero, O., Frey, G., Adams, T., Turner, J., Lord, R., Huang, J., MacIntyre, C., McGinley, K., Abt, R., & Phillips, R. (2010). Global timber investments, wood costs, regulation, and risk. *Biomass and Bioenergy, 34*(12), 1667-1678. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.05.008

Cubbage, F., Mac Donagh, P., Balmelli, G., Morales Olmos, V., Bussoni, A., Rubilar, R., De La Torre, R., Lord, R., Huang, J., Afonso Hoeflich, V., Murara, M., Kanieski, B., Hall, P., Yao, R., Adams, P., Kotze, H., Monges, E., Hernández Pérez, C., Wikle, J., Abt, R., Gonzalez, R., & Carrero, O. (2014). Global timber investments and trends, 2005-2011. *New Zealand*

Journal of Forestry Science, 44(Suppl 1). https://doi.org/10.1186/1179-5395-44-s1-s7

Cui, Y. (2023). The recent progress and state-of-art applications of CAPM model. *Highlights in Science, Engineering and Technology, 49*, 432-437. https://doi.org/10.54097/hset.v49i.8561

Damodaran, A. (2003). Measuring company exposure to country risk: Theory and practice. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.889388

Damodaran, A. (2012). *Investment valuation: Tools and techniques for determining the value of any asset*. Wiley.

Damodaran, A. (2020). What is the riskfree rate? A search for the basic building block. *Journal of New Finance, 1*(3). https://doi.org/10.46671/2521-2486.1010

Damodaran, A. (2024a). *Betas by Sector (US)*. Retrieved septiembre 21 from https://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html

Damodaran, A. (2024b). *Country default spreads and risk premiums: Last updated January 5, 2024*. Retrieved septiembre 21 from https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html

Damodaran, A. (2024c). *Historical implied equity risk premiums*. Retrieved septiembre 21 from https://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/datafile/histimpl.html

Dempsey, M. (2012). The Capital Asset Pricing Model (CAPM): The history of a failed revolutionary idea in finance? *Abacus, 49*(S1), 7-23. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1467-6281.2012.00379.x

Fama, E. F., & French, K. R. (2004). The capital asset pricing model: Theory and evidence. *Journal of Economic Perspectives, 18*(3), 25–46.

FinanceYahoo. (2024). *Investment Ideas*. Retrieved septiembre 21 from https://finance.yahoo.com/?guccounter=1

García-Gusano, D., Espegren, K., Lind, A., & Kirkengen, M. (2016). The role of the discount rates in energy systems optimisation models. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 59*, 56-72. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.359

Haltiam, O., & Keipi, K. (1997). *Financiamiento de inversiones forestales en América Latina: El uso de incentivos*. Banco Interamericano de Desarrollo. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18235/0010237

INFOR. (2023). *El sector forestal chileno 2023*. Instituto Forestal (INFOR). https://doi.org/https://doi.org/10.52904/20.500.12220/32666

Infront. (2024). *Market analysis*. Retrieved semtiembre 21 from https://www.infrontanalytics.com/why-infront-analytics/our-capabilities/market-analysis/

Lamothe, P., & Vásquez, F. (2011). Asset Pricing and liquidity risk in the Chilean Stock Market. *Aestimatio: The IEB International Journal of Finance*(3), 126-149.

Lebedys, A., & Li, Y. (2014). *Contribution of the forestry sector to national economies, 1990-2011*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Li, S. (2023). The Development of CAPM Model and Its Application in the Field of Corporate Finance. *Advances in Economics, Management and Political Sciences, 41*(1), 172-178. https://doi.org/10.54254/2754-1169/41/20232062

Lof, M., & Nyberg, H. (2024). Discount rates and cash flows: A local projection approach. *Journal of Banking and Finance, 162*, 107127.

Mishkin, F. S. (2022). *The economics of money, banking, and financial markets* (Thirteenth edition ed.). Pearson.

Navarro, C., Donoso, P. J., Soto, D. P., Vásquez-Grandón, A., & Esse, C. (2024). Silvicultural systems and estimated profitability of Nothofagus dombeyi

plantations: an option for forestry diversification in Chile. *New Forests, 56*(1), 4. https://doi.org/10.1007/s11056-024-10073-7

Pástor, Ľ., & Stambaugh, R. F. (2003). Liquidity risk and expected stock returns. *Journal of Political Economy, 111*(3), 642-685. https://doi.org/10.1086/374184

Sabal, J. (2005). The discount rate in emerging markets: A guide. *Journal of Applied Corporate Finance, 16*(2-3), 155-166. https://doi.org/10.1111/j.1745-6622.2004.tb00547.x

Sabal, J., & Sarmiento, A. (2007). Riesgo-país y tasas de descuento para empresas latinoamericanas. *Journal of Economics, Finance and Administrative Science, 12*(22), 73-110.

Sharpe, W. F. (2012). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance, 19*(3), 425-442. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1964.tb02865.x

StockInvest.US. (2024). *Global markets*. Retrieved septiembre 21 from https://stockinvest.us

U.S. Department of The Treasury. (2024). *Daily Treasury Par Yield Curve Rates*. Retrieved septiembre 21 from https://home.treasury.gov/resource-center/data-chart-center/interest-

rates/TextView?type=daily_treasury_yield_curve&field_tdr_date_value_month=202409

Xie, Z. (2023). A literature study on the Capital Asset Pricing Model. *BCP Business and Management, 40*, 162-166. https://doi.org/10.54691/bcpbm.v40i.4375

VIII. APÉNDICE

Tabla 3. Beta promedio del sector forestal para cada región y sus respectivos países.

Row Labels	Average of Beta
Australia, NZ and Canada	**1.22**
Australia	0.77
Canada	1.41
New Zealand	0.46
Developed Europe	**0.51**
Finland	0.47
France	0.52
Germany	0.67
Greece	-0.98
Guernsey	0.42
Italy	1.02
Norway	0.53
Poland	0.45
Portugal	0.89
Spain	0.75
Sweden	0.45
Switzerland	0.27
Turkey	0.29
United Kingdom	0.87
Emerging Markets	**0.56**
Argentina	0.70
Brazil	0.73
Chile	0.64
China	0.53
Hong Kong	0.80
India	0.41
Indonesia	0.54
Israel	0.05
Lithuania	0.47
Malaysia	0.52
Morocco	-0.21
Saudi Arabia	0.78
Singapore	0.80
South Africa	0.47
South Korea	0.84
Taiwan	0.76
Thailand	1.04
Tunisia	0.44
Vietnam	0.53
Japan	**0.40**
Japan	0.40
United States	**0.98**
United States	0.98
Grand Total	**0.60**