

---

**A MULTICRITERIA OPTIMIZATION MODEL FOR FORESTRY MANAGEMENT  
UNDER CLIMATE CHANGE UNCERTAINTY: AN APPLICATION IN PORTUGAL**

**FELIPE ANDRÉS ULLOA FIERRO  
MAGÍSTER EN GESTIÓN DE OPERACIONES**

**RESUMEN**

En esta tesis, se propone un marco multicriterio de apoyo a la toma de decisiones estratégicas en la Gestión Forestal, teniendo en cuenta la incertidumbre debido al cambio climático. En este contexto, la incertidumbre se modela por medio de escenarios de cambio climático. La tarea de decisión es definir una programación de cosecha que aborde, de forma simultánea, objetivos en conflicto: el valor económico de la estrategia, la cantidad de CO<sub>2</sub> total retenida, la eficiencia del uso del agua para la producción de biomasa y la escorrentía de agua (exceso), durante todo el horizonte de planificación. El marco propuesto es una combinación de Programación por Metas y Programación Estocástica. Dependiendo de las preferencias del decisor, el modelo proporciona diversas políticas de planificación de cosecha que producen diferentes trade-offs entre los criterios en conflicto. Por otra parte, se propone la incorporación de un componente de aversión al riesgo, con el fin de mejorar el rendimiento de las políticas obtenidas con respecto a su valor económico. Este nuevo enfoque se ha probado en un verdadero bosque, situado en el centro de Portugal, y que está compuesto por un gran número de unidades de terreno forestal a gestionar (agregadas en 21 stands). El cambio climático es modelado por 32 escenarios, y se considera un horizonte de planificación de 15 años. Los resultados obtenidos muestran la capacidad del marco diseñado, para proporcionar un conjunto de diversas soluciones con diferentes trade-offs entre los cuatro criterios, dándole al tomador de decisiones la posibilidad de elegir una política de cosecha flexible que cumpla con sus requerimientos. Palabras claves: Gestión Forestal, Cambio Climático, Optimización Multicriterio, Optimización Estocástica, Programación por Metas.

## ABSTRACT

In this thesis, a multicriteria decision-making framework to support strategical decisions in Forestry Management is proposed, taking into account uncertainty due to climate change. In this setting, uncertainty is modeled by means of climate change scenarios. The decision task is to define a harvest scheduling that addresses, simultaneously,

Conflicting objectives: the economical value of the strategy, the total CO<sub>2</sub> retention, the efficiency of water use for biomass production and the water runoff (excess), during the whole planning horizon.

The proposed framework is a combination of Goal Programming and Stochastic Programming. Depending on the decision-maker preferences, the model produces different harvest scheduling policies that yield different tradeoffs among the conflicting criteria. Furthermore, the incorporation of a risk-averse component is proposed, in order to improve the performance of obtained policies with respect to their economical value.

This novel approach is tested on a real forest, located in central Portugal, which is comprised by a large number of land forest units to manage (aggregated into 21 stands). The climate change is modeled by 32 scenarios, and a planning horizon of 15 years is considered. The obtained results show the capacity of the designed framework to provide a pool of diverse solutions with different trade-offs among the four criteria, giving to the decision maker the possibility of choosing a flexible harvesting policy that meets her/his requirements.

Keywords: Forestry Management, Climate Change, Multicriteria Optimization, Stochastic Optimization, Goal Programming.