

DeepForest: Modelización inteligente para la gestión sostenible de biomasa forestal mediante IA geoespacial

Sarai Cobas Merino^{1*}, Guillermo González Cordero¹, Jairo Calderón Miñaca¹,
Belén Pérez Lancho², and Ana-Belén Gil-González²

¹ AIR Institute, Castilla y León, España

{scobas, ggonzalez, jcalderon}@air-institute.com

² Grupo de Investigación Bisite. Universidad de Salamanca, Salamanca, Castilla y León, España
{lancho, abg}@usal.es

Abstract

Este trabajo presenta un marco metodológico que integra machine learning y sistemas de información geográfica para optimizar la cadena de valor de la biomasa forestal. El modelo aborda tres retos clave en la transición energética: identificar áreas óptimas de aprovechamiento, estimar volúmenes mediante ensemble learning con datos LiDAR multiespectrales y optimizar rutas logísticas con algoritmos genéticos que reducen costes y huella de carbono. Resultados preliminares en núcleos rurales de Castilla y León del trabajo muestran que este sistema inteligente puede disminuir la dependencia de combustibles fósiles, configurando un paradigma replicable de gestión forestal circular apoyada en inteligencia artificial.

1 Introducción

Castilla y León constituye uno de los principales territorios forestales de España, dispone de más de 150 millones de metros cúbicos de madera y un crecimiento anual superior a los 7 millones, aunque la tasa de corta se sitúa en torno al 39% del crecimiento forestal, por debajo del promedio nacional (41%) y muy lejos del 75% que alcanzan los países europeos más avanzados en gestión forestal sostenible.

Aproximadamente el 70% de la corta total se destina a usos industriales y constructivos, mientras que el resto se emplea con fines energéticos en forma de leña o biomasa. Esta última, generada a partir de restos de madera y subproductos forestales, representa un recurso energético de creciente relevancia tanto para la producción eléctrica como para la calefacción residencial mediante pellets.

Castilla y León lidera la producción energética nacional con un récord de 25.141 GWh, así como la fabricación de pellets, concentrando casi un tercio del total español. Esta capacidad contrasta con el escaso aprovechamiento de su potencial forestal, lo que provoca un desaprovechamiento económico, un mayor riesgo de incendios y una dependencia continuada de fuentes fósiles.

El proyecto presentado propone un enfoque innovador que combina machine learning y sistemas de información geográfica (SIG) para optimizar el aprovechamiento forestal y la cadena de valor de la biomasa. Mediante el uso de datos LiDAR multiespectrales y algoritmos de aprendizaje automático, el sistema permite estimar volúmenes maderables con alta precisión, identificar áreas prioritarias de actuación y planificar rutas logísticas mediante técnicas

*Autora de correspondencia: scobas@air-institute.com

evolutivas que minimizan costes y emisiones. Esta metodología persigue no solo mejorar la eficiencia productiva del sector, sino también fortalecer la resiliencia ambiental mediante labores de limpieza, poda y regeneración vegetal, impulsando la transición hacia un modelo energético descentralizado, sostenible y digitalizado, en el que las comunidades rurales se conviertan en agentes activos de su propio autoabastecimiento.

2 Identificación de áreas forestales óptimas de aprovechamiento de biomasa

Para optimizar la localización de áreas de extracción y reducir el impacto ambiental, se aplican técnicas de inteligencia artificial y análisis geoespacial sobre datos satelitales y climatológicos.

La metodología combina tres componentes principales: un modelo de clasificación de densidad forestal a partir de imágenes satelitales, un algoritmo de clustering que agrupa municipios según sus condiciones climáticas y forestales, y un modelo de evaluación de montes con Certificación Forestal Sostenible (GFS) que determina su idoneidad para distintos tipos de aprovechamiento (coníferas, frondosas o mixtas).

3 Estimación de la necesidad de recursos forestales

Para evaluar la viabilidad del aprovechamiento energético mediante biomasa, se desarrolló un modelo que estima el consumo energético local a partir de variables que relacionan la demanda con la disponibilidad de recursos forestales, como producción anual, población, capacidad de transporte, poder calorífico inferior y rendimiento global.

Con estos parámetros se calculan la producción anual total, el consumo medio diario de biomasa y las necesidades logísticas. Además, la biomasa forestal regional se estima mediante datos LiDAR multiespectrales y métodos de ensemble learning, utilizando capas derivadas de índices como NDVI, EVI, NBR, NDWI, NDBI, PVI, MSI y el modelo digital de elevación (DEM).

4 Optimización de rutas y ubicaciones de explotación

Se aplican algoritmos de machine learning para optimizar la ubicación de estaciones de explotación y procesamiento de biomasa, considerando las relaciones entre localidades, sistemas forestales, logística y rutas disponibles.

El modelo consta de dos fases: clustering de áreas poblacionales cercanas a sistemas forestales y optimización de los puntos de explotación y subestaciones de procesamiento y distribución. Así, se vincula la biomasa disponible con las necesidades energéticas municipales y se determinan las rutas más eficientes en tiempo y costo para el transporte de residuos forestales.

5 Agradecimientos

Esta investigación cuenta con el apoyo de la subvención TSI-100933-2023-1 financiada por la Convocatoria de Cátedras Universidad-Empresa (Cátedras ENIA 2022) del Ministerio de Transformación Digital y Función Pública de España, y por el Plan de Recuperación y Resiliencia de la Unión Europea NextGenerationEU/PRTR.