

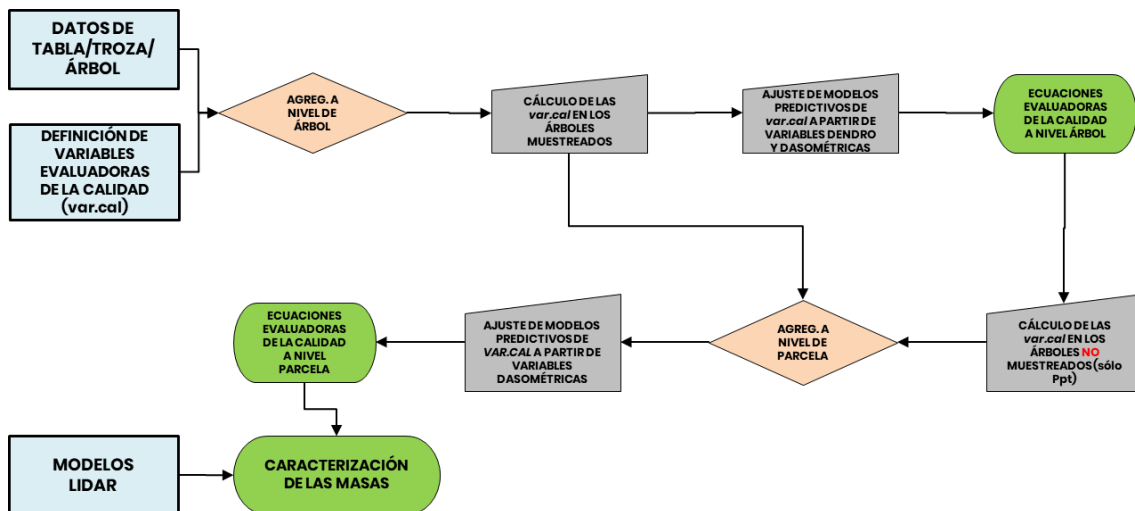
ANEXO. ENTREGABLE

FV7.1 INFORME CON EL PROCEDIMIENTO DE GENERACIÓN DE MODELOS PREDICTIVOS DE LA MADERA DE CALIDAD DE *PINUS PINASTER SSP. ATLANTICA* A PARTIR DE INFORMACIÓN LIDAR.

1. Introducción

El objetivo de este informe es detallar la metodología empleada para la generación de modelos predictivos de la madera de calidad de *Pinus pinaster ssp. atlantica* a partir de información lidar, así como los resultados obtenidos.

El procedimiento ha implicado, además, la definición de una serie de variables indicadoras de la calidad de la madera que pudieran ser modelizadas y territorializadas a partir de la información lidar. Dicho procedimiento puede esquematizarse en el siguiente diagrama de flujo, que se desarrollará en el apartado 2.



2. Material y métodos

2.1 Datos

Los datos empleados provienen de los cálculos de rendimientos en aserradero obtenidos en el presente proyecto, fruto del meticuloso trabajo de trazabilidad, desde el monte hasta el aserradero, de todos los árboles apeados, las trozas seleccionadas y los productos de madera aserrada definitivamente obtenidos y clasificados.

Inicialmente se contó con datos de 470 trozas (de 4 m), correspondientes a 200 árboles repartidos por 20 parcelas, en las cuales además se obtuvo información dendrométrica completa de todos los árboles. A estas 20 parcelas hay que añadir otras 12 en las que estaba disponible la información dendrométrica pero aún no la de calidad de la madera.

Tras la elaboración y depuración de los datos disponibles, para los ajustes se contó finalmente con información relativa a la calidad de la madera agregada a nivel de árbol correspondiente a 176 pies. En la Tabla 1 se muestran los estadísticos básicos de las variables daso y dendrométricas de la base de datos disponibles (incluye índices de competencia independientes de la distancia). Las definiciones y unidades de todas estas variables se detallan en la Tabla 2.

Tabla 1. Resumen estadístico de las variables daso y dendrométricas de las parcelas y árboles empleados en el ajuste.

| Variable | Media | SD | Mínimo | Máximo |
|--|-------|-------|--------|--------|
| <i>Dasométricas</i> | | | | |
| N | 609.5 | 301.1 | 176.0 | 1520.0 |
| G | 44.0 | 11.3 | 17.9 | 66.1 |
| DG | 32.4 | 7.2 | 19.4 | 47.0 |
| HO | 23.1 | 4.5 | 15.9 | 34.9 |
| IH | 20.1 | 7.6 | 11.9 | 44.6 |
| SDI | 817.3 | 212.0 | 315.6 | 1263.3 |
| VCC | 389.0 | 164.3 | 115.6 | 787.1 |
| W | 238.1 | 79.3 | 88.8 | 404.1 |
| <i>Dendrométricas y de competencia</i> | | | | |
| dn | 39.6 | 7.1 | 23.0 | 57.2 |
| ht | 20.7 | 4.3 | 11.5 | 33.5 |
| vcc | 1.1 | 0.5 | 0.3 | 3.0 |
| bal | 16.3 | 10.5 | 0.0 | 47.6 |
| balmod_gih | 1.9 | 1.2 | 0.0 | 5.3 |
| balmod_g | 0.4 | 0.2 | 0.0 | 0.9 |
| bar | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 1.1 |
| rddg | 1.3 | 0.3 | 0.7 | 2.4 |
| rbad | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 1.1 |

Tabla 2. Definición y unidades de las variables daso y dendrométricas de las parcelas y árboles empleados en el ajuste.

| Variable | Definición | Unidades |
|---------------------|---|--------------------|
| <i>Dasométricas</i> | | |
| N | Densidad de pies | árboles/ha |
| G | Área basimétrica | m ² /ha |
| Dg | Diámetro medio cuadrático | cm |
| Ho | Altura dominante | m |
| IH | Índice de Hart-Becking (marco real) | % |
| SDI | Índice de Reineke ($\beta=-1.605$) | pies/ha |
| VCC | Volumen con corteza (sólo Pinus pinaster) | m ³ /ha |
| W | Biomasa anhidra total ¹ | T/ha |

¹ Ruiz-Peinado, R., Del Rio, M., Montero, G., 2011. New models for estimating the carbon sink capacity of Spanish softwood species. For. Syst. doi:10.5424/fs/2011201-11643

Dendrométricas y de competencia

| | | |
|------------|---|--------------------|
| dn | Diámetro normal con corteza | cm |
| ht | Altura total | m |
| vcc | Volumen con corteza | m ³ |
| bal | Área basimétrica de los árboles más gruesos que el árbol objetivo | m ² /ha |
| balmod_gih | bal/(G·IH) | - |
| balmod_g | bal/G | - |
| bar | Ratio de la sección normal del árbol (m ²) y G | % |
| rddg | dn/DG | - |
| rbad | barrddg | - |

2.2 Definición de variables indicadoras de la calidad de la madera.

Las variables evaluadoras de la madera de calidad se apoyan tanto en la estimación del volumen de madera potencial para cada una de las clases de calidad (tanto estructural, ME-1 y ME-2, como estética (G0-G4) como en el valor económico potencial de dicha madera.:

- Volumen de calidad (*vol.cal*): volumen (m³) que ha tenido destino a madera de alguna de las clases de calidad, calculado a partir de los datos de aserrado por troza y árbol.
- Volumen de las clases de calidad estructural ME-1 y ME-2 (*v.ce.1* y *v.ce.2*): volumen (m³) que ha tenido destino a madera de cada una de esas dos clases de calidad.
- Valor económico de madera estructural (*cestr.val*) aserrada: valor en € de la madera que ha ido a alguna de las clases de calidad estructural. La valoración se ha hecho según recomendaciones de Cesefor, tomando como base el valor de 200€/m³ y asignando una ponderación de 1.15 y 1.65 para las dos clases de calidad.
- Valor económico de madera de carpintería (*ccarp.val*) aserrada: valor en € de la madera que ha ido a alguna de las clases de calidad estética. La valoración se ha hecho según recomendaciones de Cesefor, tomando como base el valor de 200€/m³ y asignando una ponderación de 1, 1.15, 1.375, 1.975 y 3.25 para las cinco clases de calidad.

Las variables así definidas se utilizan tanto a nivel de árbol como de parcela, y de aquí en adelante se entiende que si dichas variables se escriben en minúscula se refieren a nivel de árbol, mientras que si es en mayúscula se refiere a nivel de parcela. En la Tabla 3 pueden consultarse las estadísticas básicas de las cinco variables empleadas, tanto a nivel de árbol como de parcela (en este caso, expresado en unidades por hectárea).

Es importante puntualizar que en el caso de las dos variables evaluadoras del valor económico de la madera de calidad (tanto a nivel de árbol, en €, como de parcela, en €/ha), se trata del valor potencial que podría pagarse por la madera ya aserrada. En ningún caso debe entenderse como el valor de la madera en pie.

Tabla 3. Resumen estadístico de las variables evaluadoras de la calidad de la madera, tanto a nivel de árbol (minúscula) como parcela (mayúscula).

| Variable | Media | SD | Mínimo | Máximo |
|----------------|-------|-------|--------|--------|
| <i>Parcela</i> | | | | |
| VOL.CAL | 95.4 | 48.8 | 29.7 | 221.3 |
| V.CE.1 | 37.9 | 22.0 | 8.6 | 98.0 |
| V.CE.2 | 43.9 | 22.2 | 8.7 | 98.5 |
| CESTR.VAL | 20351 | 11505 | 6135 | 47466 |
| CCARP.VAL | 27097 | 15158 | 6949 | 65601 |
| <i>Árbol</i> | | | | |
| v.cal | 0.286 | 0.207 | 0.004 | 1.252 |
| v.ce.1 | 0.114 | 0.120 | 0.000 | 0.787 |
| v.ce.2 | 0.129 | 0.115 | 0.000 | 0.645 |
| cestr.val | 67.31 | 53.97 | 0.00 | 363.99 |
| ccarp.val | 91.28 | 70.49 | 1.31 | 479.97 |

2.3 Ajuste y evaluación de los modelos

La primera etapa del procedimiento consistió en el ajuste de ecuaciones para predecir las cinco variables evaluadoras de la calidad a nivel de árbol.

En el caso de *cestr.val* y *ccarp.val* se probaron tanto modelos lineales como potenciales y exponenciales, linealizados previamente para poder emplear ajuste lineal por mínimos cuadrados ordinarios:

$$cxxx.val = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \cdot x_i \quad \text{modelo lineal}$$

$$cxxx.val = a_0 \cdot \prod_{i=1}^n x_i^{a_i} \quad \text{modelo potencial}$$

$$cxxx.val = e^{a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \cdot x_i} \quad \text{modelo exponencial}$$

donde *cxxx.val* representa la variable a predecir (valor estructural o para carpintería), x_i son las variables daso o dendrométricas y a_i los parámetros a estimar. El sesgo sistemático de la predicción, inherente al proceso de deshacer la linealización se corrigió según la metodología de Sprugel (1983)².

Por su parte, las variables que evalúan el volumen de madera de calidad se han ajustado por métodos no lineales utilizando la siguiente expresión:

$$v.xxx = \frac{vcc}{1 + \exp(\sum_{i=1}^k a_i \cdot x_i)}$$

² Sprugel DG, 1983. Correcting for Bias in Log-Transformed Allometric Equations. *Ecology*, 64(1), 209-210. doi:10.2307/1937343

donde $v.xxx$ es la variable a predecir (volumen de calidad total o de las clases estructurales ME-1 y ME-2), vcc es el volumen en pie con corteza, x_i son las variables daso o dendrométricas y a_i son los parámetros a estimar. Con esta formulación se asegura que el volumen de calidad ha de ser siempre una fracción del volumen total de cada árbol. Además, el ajuste de $v.ce.1$ y $v.ce.2$ se realizó de manera simultánea con el ajuste de la variable $v.ce=v.ce.1+v.ce.2$, para asegurar la compatibilidad en las predicciones.

La búsqueda de las variables independientes óptimas se realizó mediante procedimientos *stepwise* (hacia adelante y hacia atrás), contemplando también la posibilidad de incluir las variables independientes en forma cuadrática, logarítmica y bajo raíz cuadrada. En el caso de las variables de volumen, el proceso *stepwise* se ejecutó con la forma linealizada de la ecuación, empleándose a continuación los parámetros estimados como iniciadores del ajustes no lineal definitivo.

Una vez obtenidos los modelos anteriores, se aplican sobre los árboles (sólo pino marítimo) no apeados y cuya calidad de la madera, por lo tanto, es desconocida. De esta manera podemos tener una predicción de las cinco variables evaluadoras de la calidad para toda los pinos marítimos medidos y, por lo tanto, agregarlas a nivel de parcela.

Las formulaciones y métodos de ajuste empleados a nivel de parcela han sido los mismos que los descritos a nivel de árbol, con la salvedad, lógicamente, de que las variables independientes son únicamente las relativas a los atributos dasométricos.

La evaluación de los modelos obtenidos se realizó a través del análisis del coeficiente de determinación ajustado (R^2_{adj}), que refleja la parte de la varianza total explicada por el modelo; el error medio cuadrático (RMSE) que analiza la precisión de las estimaciones y el sesgo y su significancia, que evalúa la desviación sistemática de las predicciones. Dichos estadísticos se calculan del siguiente modo:

$$R^2_{adj} = 1 - \frac{(n-1) \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{(n-p) \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$$

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p} \right)}$$

$$sesgo = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - \hat{y}_i}{n}$$

Donde: y_i , \hat{y}_i and \bar{y} son los valores observados, predichos y medios de la variable dependiente respectivamente; n , el número total de observaciones y p , el número de parámetros del modelo.

Por último, para evaluar la presencia de elevada colinealidad múltiple entre las variables independientes y por tanto riesgo de generar modelos sobre ajustados, se empleó el factor de inflación de la varianza (VIF) de todas las variables independientes, el cual se calcula del siguiente modo:

$$VIF = \frac{1}{1 - R_i^2}$$

Dónde: R_i^2 , es el coeficiente de correlación múltiple obtenido cuando la variable independiente i es enfrentada en regresión lineal a las restantes variables independientes del modelo. Se rechazaron modelos con algún $VIF > 4$.

2.4 Generación de la cartografía de la madera de calidad del pino marítimo

Una vez obtenidas las ecuaciones que relacionan las diferentes variables evaluadoras de la madera de calidad a nivel de parcela con una o más variables dasométricas, resulta inmediato alcanzar el objetivo último del proceso: generar una cartografía predictiva de la madera de calidad de pino marítimo.

Así, en el entregable FV1 presentado en la primera anualidad se proporcionaron modelos territoriales de las variables dasométricas, basados en las métricas lidar, que han sido utilizadas ahora como variables independientes en las ecuaciones ajustas. Basta, pues, con aplicar dichas ecuaciones a la cartografía entregada en el FV1 para obtener el resultado requerido.

3. Resultados

3.1 Modelos de árbol

Los resultados obtenidos así como el análisis de la bondad del ajuste a nivel de árbol se presentan en la Tabla 4.

Todos los modelos presentan parámetros significativos ($p < 0.05$) y son insesgados. El porcentaje de varianza explicada varía desde valores bajos (*v.ce.1*) a moderadamente altos (*v.cal*). Los errores medios cuadráticos son adecuados para permitir una predicción suficientemente precisa, y no se observan problemas de sobre ajuste ($VIF < 4$).

La variable explicativa más frecuente (cuatro de cinco modelos) es el diámetro normal, bien en forma lineal o cuadrática, lo cual parece razonable dado que está evaluando de una u otra manera el volumen de cada árbol. La altura sólo aparece en un modelo (*ccarp.val*), mientras que también en sólo otro encontramos una variable evaluadora de la competencia (*bar*).

La interpretación de las ecuaciones es perfectamente coherente con lo esperado teóricamente: los signos de los estimadores de los parámetros permiten deducir que a mayor tamaño del árbol (tanto en diámetro como en altura), mejor será la calidad de la madera; análogamente, cuanto menor sea la competencia sufrida, mejor será la calidad.

Tabla 4. Resultado y bondad del ajuste de los modelos obtenidos para las variables evaluadoras de la madera de calidad a nivel de árbol.

| Variable depend. | Variables independ. | Parám. | p-valor | R ² adj | RMSE | Sesgo | p-valor sesgo | VIF |
|------------------------------|---------------------|----------|---------|--------------------|--------|----------|---------------|-------|
| v.cal | Intercept | 2.5075 | <0.0001 | 0.745 | 0.104 | -0.00025 | 0.97 | |
| | dn | -0.0337 | <0.0001 | | | | | |
| v.ce.1 | Intercept | 3.784142 | 0.0001 | 0.381 | 0.0947 | 0.0017 | 0.81 | |
| | dn | -0.03691 | 0.0001 | | | | | |
| v.ce.2 | Intercept | 3.053251 | 0.0002 | 0.506 | 0.0811 | -0.0022 | 0.72 | |
| | dn | -0.02421 | 0.0009 | | | | | |
| cestr.val (lineal) | Intercept | -36.510 | <0.0001 | 0.639 | 32.24 | -0.00078 | 0.99 | |
| | vcc | 76.609 | <0.0001 | | | | | 1.223 |
| | bar | 52.727 | <0.0001 | | | | | 1.223 |
| ccarp.val (lineal) | Intercept | -141.18 | <0.0001 | 0.647 | 41.874 | 0.611 | 0.85 | |
| | dn ² | 0.082 | <0.0001 | | | | | 1.093 |
| | ht | 4.789 | <0.0001 | | | | | 1.093 |

La interpretación de las ecuaciones es perfectamente coherente con lo esperado teóricamente: los signos de los estimadores de los parámetros permiten deducir que a mayor tamaño del árbol (tanto en diámetro como en altura), mejor será la calidad de la madera; análogamente, cuanto menor sea la competencia sufrida, mejor será la calidad.

Por último, el hecho de las ecuaciones obtenidas para *cestr.val* y *ccarp.val* permitan valores negativos es también coherente con las asunciones teóricas: es fácilmente demostrable mediante la ecuación de perfil empleada para cubicar (Diéguez-Aranda et al. 2009) que ambas variables alcanzan el valor nulo para valores de *dn* y *ht* que impiden obtener una sola troza de 4 m de largo y más de 20 cm en punta delgada.

Así pues, la formulación de las cinco ecuaciones obtenidas es:

$$v. cal = \frac{vcc}{1 + e^{(2.5075 - 0.0337 \cdot dn)}}$$

$$v. ce. 1 = \frac{vcc}{1 + e^{(3.784142 - 0.03691 \cdot dn)}}$$

$$v. ce. 2 = \frac{vcc}{1 + e^{(3.053251 - 0.02421 \cdot dn)}}$$

$$cestr. val = -36.510 + 76.609 \cdot vcc + 52.727 \cdot bar$$

$$ccarp. val = -141.179 + 0.082 \cdot dn^2 + 4.789 \cdot ht$$

3.2 Modelos de parcela

Los resultados obtenidos así como el análisis de la bondad del ajuste a nivel de árbol se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultado y bondad del ajuste de los modelos obtenidos para las variables evaluadoras de la madera de calidad a nivel de parcela (valores por hectárea).

| Variable depend | Variables independ | Parám. | p-valor | R ² adj | RMSE | Sesgo | p-valor sesgo | VIF |
|--------------------------|--------------------|-----------|---------|--------------------|---------|---------|---------------|-------|
| V.CAL | Intercept | 2.4136 | <0.0001 | 0.915 | 14.23 | 0.25 | 0.92 | |
| | Dg | -0.0361 | <0.0001 | | | | | |
| V.CE.1 | Intercept | 3.593296 | <0.0001 | 0.832 | 9.048 | 0.375 | 0.81 | |
| | Dg | -0.03815 | <0.0001 | | | | | |
| V.CE.2 | Intercept | 3.052438 | <0.0001 | 0.925 | 6.072 | 0.013 | 0.99 | |
| | Dg | -0.02756 | <0.0001 | | | | | |
| CESTR.VAL (lineal) | Intercept | -38757.40 | <0.0001 | 0.802 | 4954.66 | -0.013 | 0.99 | |
| | Ho | 1749.623 | <0.0001 | | | | | 1.262 |
| | Dg | 575.312 | <0.0001 | | | | | 1.262 |
| CCARP.VAL (potencial) | Intercept | 8.636 | 0.038 | 0.682 | 6290.16 | -212.56 | 0.84 | |
| | Ho | 1.516 | 0.012 | | | | | 3.328 |
| | VCC | 0.541 | 0.043 | | | | | 3.328 |

Al igual que en los ajustes por árbol, todos los modelos presentan parámetros significativos ($p < 0.05$) y son inesgados. El porcentaje de varianza explicada es elevado o muy elevado salvo en el caso de *CCARP.VAL*, donde es moderado. Los errores medios cuadráticos son adecuados para permitir una predicción suficientemente precisa, y no se observan problemas de sobre ajuste ($VIF < 4$).

La variable explicativa más frecuente (cuatro de cinco modelos) es el diámetro medio cuadrático, mientras que la altura dominante sólo aparece en dos de ellos. En el caso de *CCARP.VAL* el mejor modelo obtenido presenta formulación potencial, en lugar de lineal como es para *CESTR.VAL*.

También en estos ajustes la interpretación de las ecuaciones es consistente con su sentido biológico: mayores tamaños de la masa (expresados a través de su Dg, Ho o VCC) permiten obtener mayores volúmenes de madera de calidad.

La ecuación obtenida para *CCARP.VAL* es de tipo potencial, por lo que no permite valores negativos. Por su parte, la ecuación lineal para *CESTR.VAL* si puede devolver valores negativos, pero estos se alcanzan en el entorno de $Dg=20$ y $Ho=15.5$, es decir, parece razonable que en una masa con esas variables de masa el número de trozas de 4 m y 20 cm en punta delgada deba ser muy reducido o incluso inexistente.

Así pues, la formulación de las cinco ecuaciones obtenidas es:

$$V.CAL = \frac{VCC}{1 + e^{(2.4136 - 0.0361 \cdot Dg)}}$$

$$V.CE.1 = \frac{VCC}{1 + e^{(3.593296 - 0.03815 \cdot Dg)}}$$

$$V.CE.2 = \frac{VCC}{1 + e^{(3.052438 - 0.02756 \cdot Dg)}}$$

$$CESTR.VAL = -38757 + 1749.6 \cdot Ho + 575.3 \cdot Dg$$

$$CCARP.VAL = 8.636 \cdot Ho^{1.516} \cdot VCC^{0.541}$$

Junto con el presente informe se entregan sendos archivos con la salida bruta de cada ajuste efectuado (AJUSTES_FV7.1.ZIP), así como el archivo de datos (BD_CALIDAD.XLSX)

3.3 Caracterización de las masas desde la perspectiva de la madera de calidad

Tal y como se ha adelantado más arriba, una vez aplicadas las ecuaciones obtenidas a la cartografía obtenida en la primera anualidad (y entregada en el FV1), se obtiene la caracterización de las masas desde la perspectiva de la madera de calidad, en forma de archivos SIG.

Junto con el presente informe se entregan los siguientes archivos (por su peso no se suben a la plataforma del ministerio sino que pueden descargarse de la web del proyecto

<https://www.sigcamaderadecalidad.info/resultados>):

- Capa vectorial con todas las variables dasométricas y evaluadoras de la calidad de la madera (formato shape; src: ETRS89 UTM29; tamaño de celda vectorial: 25 m)
- Capas raster de cada una de las variables dasométricas dasométricas y evaluadoras de la calidad de la madera (formato geotiff; src: ETRS89 UTM29; resolución: 25 m).

Como muestra de los resultados que pueden consultarse en dichos archivos, se muestran a continuación ejemplos de visualización de cada variable evaluadora de la calidad de la madera.

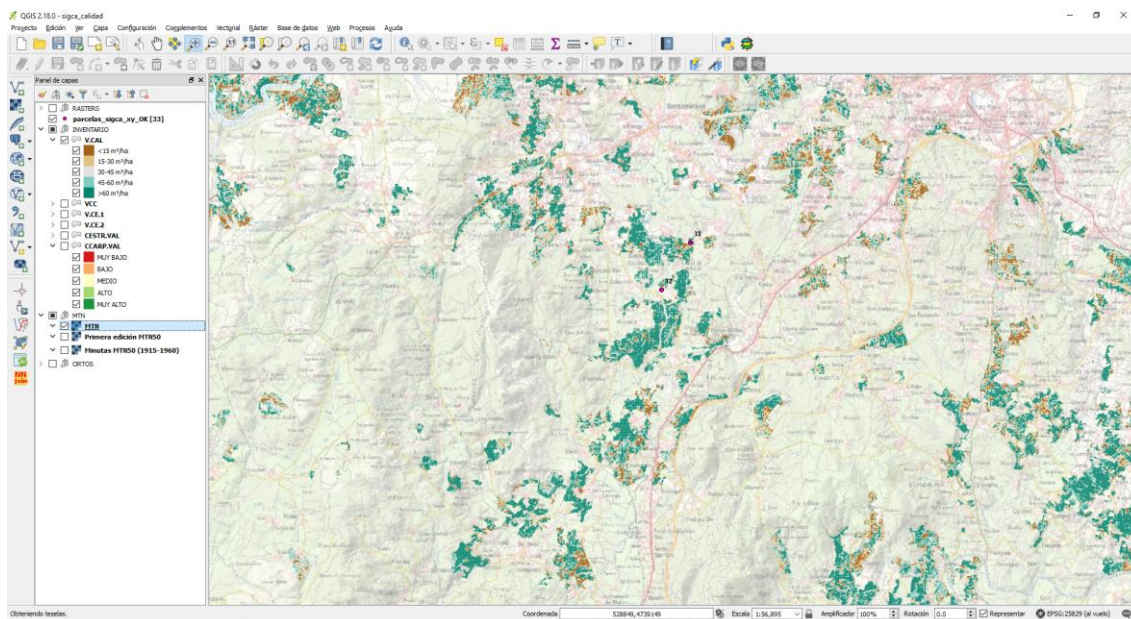


Imagen de la variable *V.CAL* para la zona de Santiago de Compostela, mostrando los resultados con una rampa de color de 15 en 15 m³/ha.

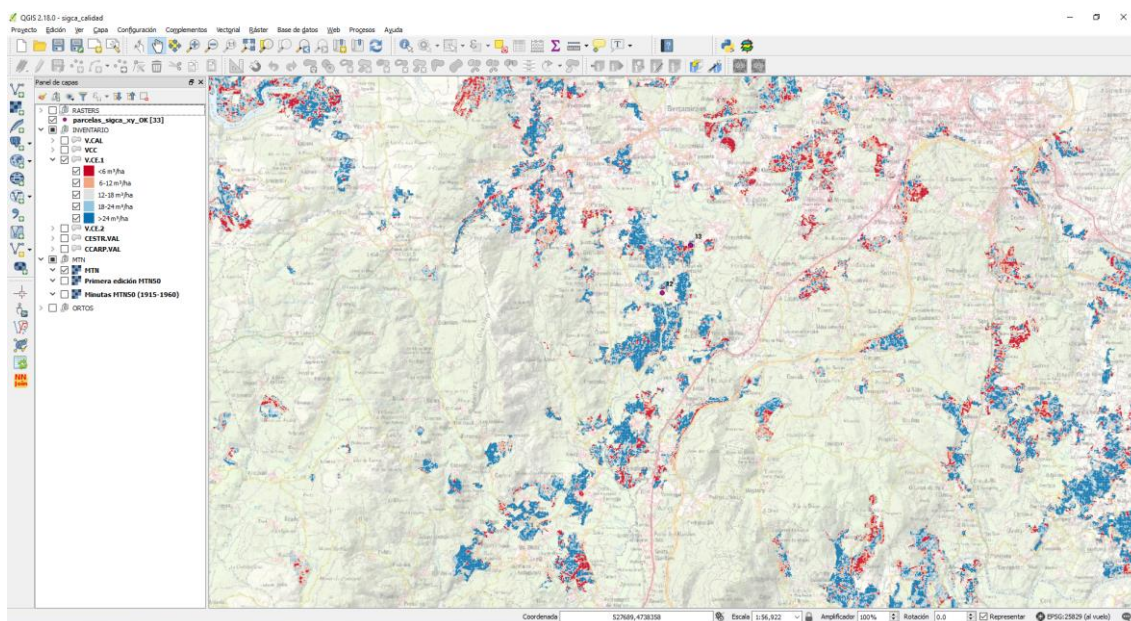


Imagen de la variable *V.CE.1* para la zona de Santiago de Compostela, mostrando los resultados con una rampa de color de 6 en 6 m³/ha.

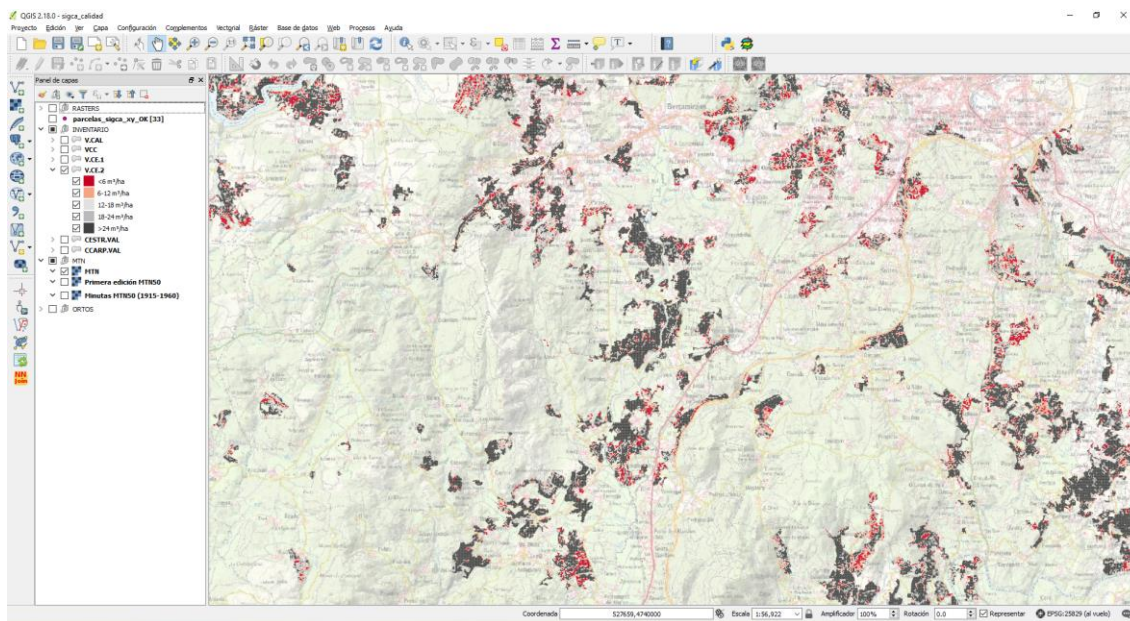


Imagen de la variable *V.CE.2* para la zona de Santiago de Compostela, mostrando los resultados con una rampa de color de 6 en 6 m³/ha.

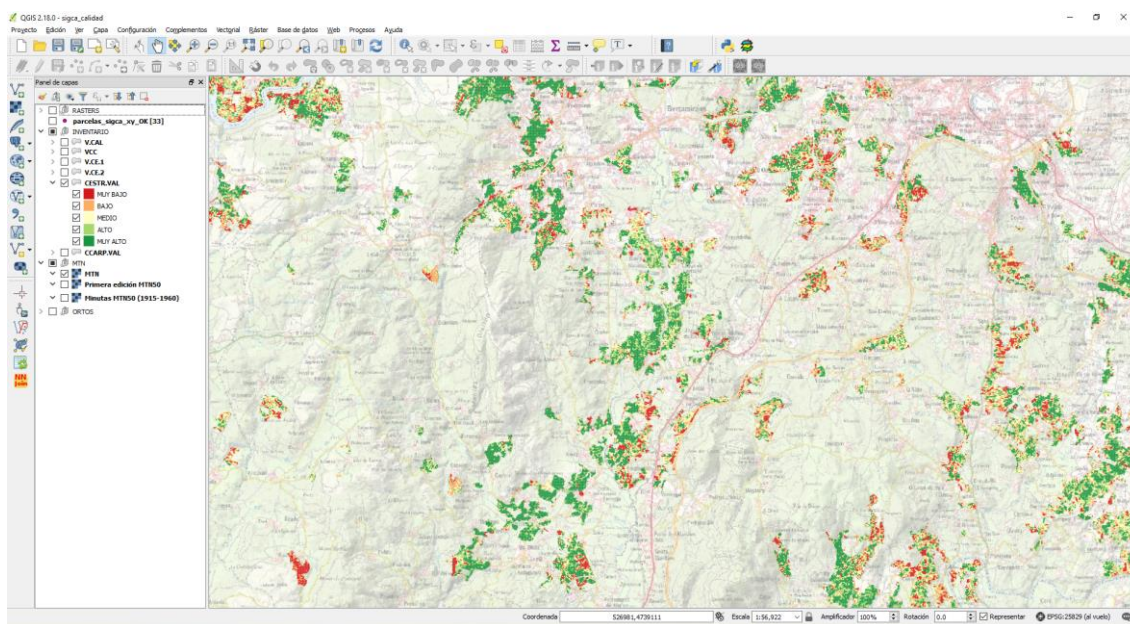


Imagen de la variable *CESTR.VAL* para la zona de Santiago de Compostela, mostrando cinco clases de valor (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo).

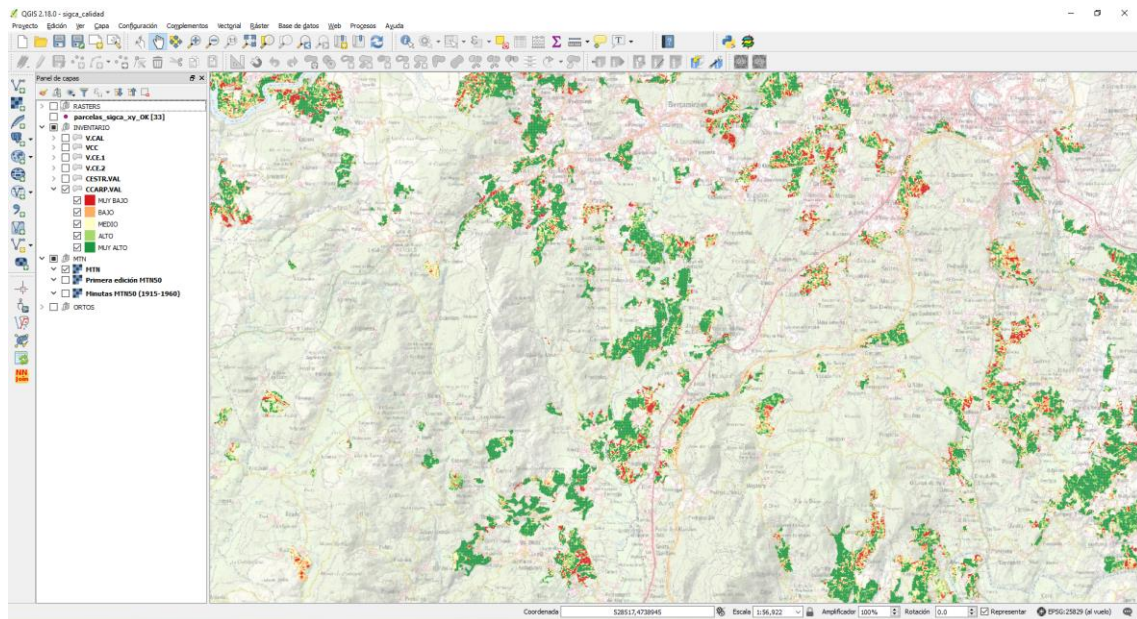


Imagen de la variable *CCARP.VAL* para la zona de Santiago de Compostela, mostrando cinco clases de valor (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo).

3.4 Incorporación de resultados en software de gestión.

Se ha desarrollado una herramienta en colaboración con Madera+ que permite la aplicación a gran escala de los modelos desarrollados, tanto por FORA como por otros socios del proyecto, a partir de la base de datos creada con los parámetros de calidad de madera de todas y cada una de las tablas obtenidas de las trozas de los árboles representativos de las parcelas de campo y de los datos de campo, fisiográficos, climáticos y estadísticos LiDAR registrados en dichas parcelas. Los algoritmos permiten predicciones a nivel local aplicando ciertos datos de inventario y/o datos sónicos o de densidad básica como datos de entrada y a nivel territorial aplicando índices obtenidos con datos remotos.

Esta herramienta permitirá al usuario obtener una predicción de las propiedades tecnológicas de la madera de pino marítimo existente en una masa concreta (módulo de elasticidad, clase resistente) así como una estimación del volumen de madera apta para uso estructural y apta para uso de carpintería o incluso diferenciado por tipo de producto (si el usuario los define previamente) con posibilidad de definir la calidad de madera estética a obtener para carpintería en el caso de incorporar datos relativos a nudosidad y rectitud sobre los árboles de la masa.

Se ofrecen tres niveles de precisión en la predicción de la calidad en función de las variables de entrada:

- 1) Incluyendo sólo coordenadas: la herramienta realizará la lectura directa sobre las capas GIS generadas aplicando los algoritmos de predicción de variables de calidad de madera y otras variables de masa desarrollados en el proyecto a partir de datos remotos (LiDAR, fisiográficos y

Grupo Operativo Sistemas de gestión forestal en bosques productores de madera de calidad (SiGCa)

climáticos). El usuario obtendrá la estimación del módulo de elasticidad de la madera de la masa y de la clase resistente media. Además obtendrá las estimaciones de las variables de masa para esa parcela así como del volumen de madera de distintas calidades y una valoración potencial en base al producto final a obtener de la misma, junto con una descripción de variables fisiográficas y climáticas.

2) Includiendo datos de inventario: la herramienta aplicará los algoritmos optimizados y validados en este proyecto para predecir el Módulo de elasticidad de la madera de la masa y de la clase resistente media a partir de variables de masa, fisiográficas y climáticas. Además obtendrá las estimaciones de las variables de masa para esa parcela así como del volumen de madera de distintas calidades y una valoración potencial en base al producto final a obtener de la misma en base a las variables de entrada por parte del usuario, junto con una descripción de variables fisiográficas y climáticas.

3) Includiendo datos de inventario y mediciones de velocidad sónica y/o densidad básica: la herramienta aplicará los algoritmos optimizados y validados en este proyecto para predecir el módulo de elasticidad de la madera de la masa y de la clase resistente media a partir de variables sónicas y o de densidad de madera, variables de masa, fisiográficas y climáticas. Además obtendrá las estimaciones de las variables de masa para esa parcela así como del volumen de madera de distintas calidades y una valoración potencial en base al producto final a obtener de la misma en base a las variables de entrada por parte del usuario, junto con una descripción de variables fisiográficas y climáticas.

La precisión en la predicción irá aumentando en base a la mayor información introducida por el usuario.