



7º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

**Gestión del monte: servicios
ambientales y bioeconomía**

26 - 30 junio 2017 | **Plasencia**
Cáceres, Extremadura

7CFE01-515

Edita: Sociedad Española de Ciencias Forestales
Plasencia. Cáceres, Extremadura. 26-30 junio 2017
ISBN 978-84-941695-2-6

© Sociedad Española de Ciencias Forestales

Correlación de variables topográficas sintéticas y series climáticas en el País Vasco

CANTERO AMIANO, A.¹, SÁENZ GARCÍA, D.¹, ORTUBAY FUENTES, A.¹ y DORRONSORO LAZCANOITURBURU, A.²

¹ Fundación HAZI Fundazioa. Granja Modelo s/n. 01192 Arkaute (Álava). acantero@hazi.eus

² Postgrado Especialista en Análisis de Geoinformación de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.

Resumen

El paisaje forestal de una región no sólo depende de la acción humana y de la topografía. El clima suele ser un factor determinante -o incluso limitante- en el desarrollo de ciertas formaciones vegetales.

No hay duda de que las variables topográficas o fisiográficas tienen una importante influencia en el microclima, al menos en un territorio montañoso como el País Vasco, que con apenas 7.250 km², presenta áreas bajo climas atlánticos y mediterráneos, con zonas del territorio con precipitaciones superiores a los 2.000 mm y otras inferiores a los 400 mm. Se ha retomado un estudio de correlación de las variables climáticas con las topográficas, que se realizó hace 25 años, partiendo de las últimas series climáticas del presente siglo y buscando actualizar los datos de valores medios climáticos de nuestra Comunidad para intentar conseguir variables topográficas y dasométricas sintéticas, como las que se han testado en proyectos europeos relacionados con riesgos forestales, concretamente en su apartado climático.

Palabras clave

Planificaciones comarcales, resiliencia, paisaje forestal

1. Introducción

En los últimos años se han realizado diversos trabajos para determinar las condiciones óptimas de crecimiento de distintas especies forestales en el País Vasco. Algunas de las razones que propician la realización de este tipo de trabajos son de orden físico, como los problemas fitosanitarios del pino radiata en algunas zonas, y otras de orden socio-económico, como la aplicación del PDR-Programa de Desarrollo Rural 2015-2020 de Euskadi, que establece la zonificación del territorio en función de su productividad forestal con el objeto de calcular compensaciones económicas por cambio de especie. La extensión del eucalipto en nuevas plantaciones en el interior del País Vasco también es un fenómeno reciente que aconseja el estudio previo de las condiciones físicas de los montes donde se pretende plantar con el fin de evitar problemas futuros.

A la vez, existe una serie de proyectos desarrollados por HAZI en los que se calculan parámetros fisiográficos, climáticos y dasométricos en el territorio vasco. La disponibilidad de un enorme volumen de información del medio físico, como los datos climáticos procedentes de estaciones automatizadas o los vuelos LiDAR, facilita la obtención de resultados aplicables a todo el territorio.

El País Vasco es un territorio montañoso y principalmente forestal, en el que en pequeñas distancias cambian las condiciones físicas y microclimáticas, lo que obliga a contar con datos fiables referentes a esas condiciones para minimizar fracasos en las plantaciones forestales.

2. Objetivos

Se emplean los datos disponibles, de tipo fisiográfico, climático y dasométrico, para zonificar el territorio vasco en cuanto a variables relacionadas con los riesgos forestales o la productividad forestal.

Para ello, se retoma un estudio de correlación de las variables climáticas con las topográficas, que se realizó hace más de 20 años (ORTUBAY, 1995), partiendo de las últimas series climáticas del presente siglo y actualizando los resultados.

3. Metodología

Teniendo en cuenta la magnitud de la superficie arbórea afectada (en torno a 400.000 ha) y su variabilidad, con áreas bajo climas atlánticos, mediterráneos y de montaña, la primera tarea es recopilar los trabajos previos en los que ha participado HAZI en los últimos años y que aportan los datos necesarios.

En cuanto a cálculo de variables dasométricas, los trabajos disponibles son:

- Mapa forestal del último Inventario Forestal del País Vasco (IFN4) de 2011, que proporciona información referente al uso de suelo, a las especies forestales presentes y al tipo de propiedad de las distintas teselas o zonas de vegetación homogénea. Este Inventario Forestal del País Vasco también aporta los datos de miles de parcelas de campo, repartidas de forma homogénea por todo el País Vasco, en las que se mide parámetros del arbolado, sotobosque y suelo. La información de los distintos Inventarios Forestales del País Vasco está disponible en: www.nasdap.net/inventarioforestal

- Datos del vuelo Lidar de 2012, que al igual que el anterior vuelo 2008, cubre el total de las masas forestales del País Vasco y proporciona datos de altura y densidad de la vegetación, en función de los rebotes de un haz láser que ha escaneado todo el territorio vasco. Esos datos están disponibles para su descarga en: www.geo.euskadi.eus/

- El proyecto SUDOE FORRISK 2012-2014, dentro del cual se estableció una metodología para un primer cálculo extensivo de diversos parámetros forestales de las masas arboladas del País Vasco relacionados con los riesgos de derribo por tormentas o de incendio forestal. Dicha metodología se basaba en los datos de las parcelas de campo del citado Inventario Forestal del País Vasco de 2011 y del vuelo Lidar de 2012. La metodología y toda la información generada en ese proyecto por HAZI se puede obtener en una web propia para su descarga libre y gratuita: www.hazi.es/es/81-proyectos/4123-proyectos3

- Para estimar la productividad forestal, se cuenta con los resultados del proyecto “Evaluación de características relativas a la calidad de las masas forestales de la CAPV” (julio-diciembre 2015). Se trata de un proyecto incluido en el PEMA (Plan Estratégico de la industria de la madera en Euskadi 2015) y su dirección web es: www.hazi.es/es/proyectoshazi/basogintza/6401-evaluacion-de-caracteristicas-relativas-a-la-calidad-de-las-masas-forestales-de-la-capv2.html

Como resultado de esta serie de trabajos relacionados, se cuenta en el País Vasco con parámetros físicos y dasométricos calculados en cada cuadrícula forestal de 1 hectárea y basados en el vuelo LIDAR más reciente. Los parámetros, calculados por cuadrículas, más interesantes para el presente trabajo se refieren a plantaciones forestales coetáneas, principalmente de coníferas o eucaliptos. En estas masas plantadas se dispone del dato de edad, de su altura dominante y de su clase de calidad, calculada mediante la combinación de datos edad/altura dominante. Para determinar esa clase de calidad, que es la base para estimar la productividad forestal, se han empleado las tablas de producción disponibles en las principales especies forestales procedentes de plantación en el País Vasco:

- Las tablas de Madrigal y Toval para el pino radiata (1975). En estas tablas se emplean tres clases de calidad: 1 (buena), 2 (media) y 3 (baja)
- Las tablas inglesas (HAMILTON & CHRISTIE, 1971) para las coníferas de turno medio: ciprés de Lawson, pino silvestre, pino laricio, píceas, abeto Douglas y alerce. En estos casos la clase de calidad empleada (YC o Yield Class) es una cifra que indica el crecimiento medio en m³/ha-año a los 50-60 años

- Las tablas gallegas (DIÉGUEZ-ARANDA *et al.*, 2009) para pino marítimo en la costa gallega y para eucalipto globulus y nitens. En estos casos la clase de calidad empleada es una cifra que indica la altura dominante alcanzada a una edad concreta: 10 años en los eucaliptos y 20 años en el pino marítimo

Para la definición de la altura dominante, concepto cuya utilidad se ciñe sólo a masas regulares o coetáneas, se emplea habitualmente una variante del criterio de Assmann, que se basa en calcular la media de las alturas de los cien árboles más gruesos por hectárea, los cuales se asimilan a los cien árboles más altos por hectárea. Empleando tanto los datos del vuelo LiDAR 2008 como el de 2012, en ambos casos se ha calculado la altura dominante del arbolado presente en cada cuadrícula de 1 hectárea mediante el método de árbol, que permite asignar un valor de altura dominante a los 100 ápices más altos por hectárea empleando el procedimiento seguido en el programa FUSION.

En los rodales cuyo año de plantación es desconocido, se recurre al empleo de la proporción (diferencia altura dominante 2012-2008)/altura dominante 2012 con el fin de asignar a esas cuadrículas de arbolado una clase de calidad y, a continuación, empleando su altura dominante 2012, su edad aparente. Hay que reseñar que no se ha podido emplear este método en las cuadrículas en las que la diferencia entre la altura dominante 2012 y la de 2008 es negativa (por cortas o derribo de los pies dominantes) ni en los casos en que la diferencia entre ambas alturas dominantes sobrepasa ciertos intervalos lógicos de aumento anual, bien por haber existido cortas a hecho o bien por errores en el cálculo de la altura dominante. Hay que tener en cuenta que muchas plantaciones jóvenes (1-10 años) aún no aparecen reflejadas en las estimaciones por presentar en 2012 un arbolado no inventariable.

En cuanto al cálculo de variables fisiográficas y climáticas en las mismas cuadrículas, se sigue el procedimiento de interpolación utilizado por ORTUBAY (1995) en su modelización de la distribución de los parámetros climáticos. Se trataba de un análisis de superficies de tendencias, en el que los pasos seguidos en la realización de dicho modelo eran los siguientes:

- a. Selección de las variables que condicionan el mesoclima en el ámbito del País Vasco, variables de las que se pueda disponer en cualquier punto del territorio.
- b. Cálculo de dichas variables para el punto en el que estén situadas las estaciones meteorológicas.
- c. Realización de análisis de correlación y regresión lineal de los datos climáticos registrados en dichas estaciones y las variables escogidas.
- d. A partir de las ecuaciones de regresión así obtenidas, cálculo de los datos climáticos en cualquier punto del territorio.

Se trataba de buscar las variables más significativas posibles, es decir, aquellas características físico-geográficas que definían mejor el comportamiento y la distribución de la lluvia y la temperatura en el territorio. Se ha partido de los datos diarios de precipitación y temperatura correspondiente a 80 estaciones de la red de Euskalmet entre los años 2000 y 2015.

En este tipo de modelos, las variables que se prueban son un reflejo de la morfología del terreno que rodea a cada estación, esto es, una descripción de la ubicación topográfica de la misma. Para su cálculo se utiliza un programa informático cuya aplicación habitual es el cálculo de la intervisibilidad en los estudios de paisaje (SÁENZ y ORTUBAY, 1999). La base fundamental de dicho programa es un modelo digital del terreno (MDT). Los primeros trabajos emplearon los datos de altitud de una malla, de 1km*1km, que cubría la totalidad del territorio vasco. En el presente trabajo se parte de una malla de 25m*25m. Su finalidad es, en primer lugar, ubicar en dicha malla las estaciones meteorológicas, mediante la introducción de un fichero con las coordenadas UTM de dichas estaciones. A continuación, tomando como centro la estación, se lanzan rayos en ocho direcciones distintas, que coinciden, en grados sexagesimales, con las diferentes orientaciones respecto al norte geográfico. El rayo, lanzado en cada una de estas direcciones, a partir de la

estación, es cortado a intervalos regulares y en cada uno de esos puntos se anota la altitud. La longitud máxima del rayo es de 50 km, por lo que se registran un total de 50 datos de altitud en cada dirección.

Las diez variables, calculadas a partir de los datos de altitud obtenidos para cada estación meteorológica, reflejan la fisiografía de los terrenos que rodean a cada estación. Cada una de esas variables se calcula para las ocho direcciones anteriormente indicadas, por lo que en cada estación meteorológica, además de los datos anuales y mensuales de precipitación y temperatura en ella registrados, se dispone de 80 variables sintéticas.

A continuación se elaboran ecuaciones de regresión lineal múltiple con los datos climáticos de las estaciones meteorológicas y las variables calculadas. Para ello se van eligiendo paso a paso las variables más significativas y se van añadiendo una a una para formar la ecuación. Gracias a esas ecuaciones se pueden obtener datos de precipitación y temperatura en cualquier punto de la zona de estudio, siempre que, en dicho punto, hayan sido calculadas previamente las variables que se emplean en dichas ecuaciones.

El programa diseñado a tal fin ha sido ejecutado dos veces. La primera de ellas en los puntos de la malla considerada y la segunda en las propias estaciones meteorológicas. El resultado del proceso ha sido el cálculo de datos climáticos de precipitación y temperatura medias, tanto anuales como mensuales para cada uno de los miles de puntos de la malla, ubicados en una malla de 500m*500m. De la aplicación de este modelo se obtiene una distribución espacial de los principales parámetros climáticos:

- Precipitación total (mensual y anual)
- Temperaturas medias (mensual y anual)
- Temperaturas medias de las mínimas (mensual y anual)
- Temperaturas medias de las máximas (mensual y anual)
- Temperaturas mínimas absolutas (mensual y anual)
- Temperaturas máximas absolutas (mensual y anual)

4. Resultados

La principal novedad del presente trabajo ha sido la unión de todas estas bases de datos. A cada punto central de la cuadrícula de 100m*100m que contiene los datos de tipo forestal y fisiográfico se le asignan los datos climáticos que corresponden, por interpolación, en función de la distancia y de los valores parámetros climáticos correspondientes de los puntos más cercanos de la malla climatológica. Por un lado, se genera una base de datos formada por unos 600.000 registros, con varias decenas de campos o parámetros asociados, que cubre toda la superficie arbórea del País Vasco. Pero, por otro lado, el volumen de información tan extenso dificulta el manejo de la base de datos y complica los cálculos necesarios para obtener conclusiones.

Para simplificar los cálculos, se va a hacer una selección de las especies arbóreas y de los parámetros climáticos analizados. Dentro de las especies arbóreas, sólo se van a tratar las de plantación forestal y de mayor productividad, como son las coníferas y el eucalipto. En cuanto a los parámetros climáticos, se van a analizar únicamente la precipitación total anual y la temperatura media anual de las mínimas. Se ha podido comprobar que existe en los datos empleados una relación casi lineal entre la precipitación total anual y las estacionales, por lo que bastaría con emplear la anual para reflejar el gradiente latitudinal y altitudinal existente en el País Vasco en cuanto a humedad (Figura 3). También se opta por emplear la temperatura media anual de las mínimas para reflejar el citado gradiente en latitud y altitud, ya que se trata de una variable climática que expresa la dureza del clima en las zonas con mayores limitaciones por el frío y que distingue la suave zona costera de Bizkaia y Gipuzkoa frente a comarcas interiores más continentales, como la Rioja Alavesa

(Figura 4). Los valores de temperatura media anual, por el contrario, resultan ser muy semejantes en todas esas zonas, por lo que no sirve para reflejar sus diferencias.

En primer lugar, se ha empleado la base de datos para analizar la posibilidad de sustitución del pino radiata en diversas localizaciones del País Vasco. Conociendo las exigencias climáticas de una especie forestal, es posible estimar su adecuación a una zona concreta y, consecuentemente, prever su posible nivel de crecimiento en condiciones normales, es decir, en ausencia de perturbaciones graves. En la Tabla 1 se indican los valores medios de diversos parámetros físicos, dasométricos y climáticos en función de la especie principal de cada cuadrícula de 1 hectárea.

En segundo lugar, se han empleado las mismas variables para acotar la clase de calidad esperada de las distintas especies forestales analizadas. Es decir, no sólo se clasifica el territorio según la viabilidad esperada de distintas especies, sino que se cuantifica la productividad esperada de las distintas plantaciones forestales. Para ello, se han construido ecuaciones de regresión lineal en las que, partiendo de los datos climáticos medios de cada especie y clase de calidad en las cuadrículas con datos (Tabla 2), se asigna una clase de calidad esperada a la totalidad del territorio. Las ecuaciones conseguidas, para pino radiata, eucaliptos y el conjunto de coníferas de turno medio (ciprés de Lawson, pino silvestre, pino laricio, píceas, abeto Douglas y alerce) son:

Pino radiata: Calidad = $-71,8699 - 0,026566 \cdot P + 16,641628 \cdot T_m$
 Eucalipto globulus: Calidad = $-363,92805 + 0,226736 \cdot P + 10,63084 \cdot T_m$
 Eucalipto nitens: Calidad = $-198,608 - 0,02965 \cdot P + 27,54609 \cdot T_m$
 Coníferas de turno medio: Calidad = $10,01189 + 0,01997 \cdot P - 3,92386 \cdot T_m$
 siendo: P la precipitación total anual (en mm) y T_m la temperatura media anual de las mínimas (en °C)

En la Figura 5 aparece la distribución actual de las plantaciones de pino radiata respecto a la precipitación total y temperaturas mínimas de las cuadrículas en las que domina esta especie. El pino radiata se emplea principalmente en terrenos de cota inferior a 600 metros de la vertiente cantábrica.

Por último, en las Figuras 6 y 7 se presentan los resultados gráficos de las ecuaciones de regresión lineal obtenidas para cada especie y clase de calidad. Se considera un terreno favorable para los eucaliptos cuando su clase de calidad prevista iguala o supera la clase 10 o, en el caso de las coníferas de turno medio, la clase YC 10. Se trata de niveles mínimos de crecimiento que podrían convertir a esos arbolados en competitivos frente al pino radiata.

5. Discusión

La base de datos conseguida reúne un enorme volumen de información del medio físico y forestal, dividiendo el territorio vasco mediante una cuadrícula de 100m*100m. Aplicaciones prácticas de esos datos pueden ser la clasificación de la aptitud del territorio para la reforestación con distintas especies forestales o el estudio de la productividad forestal. Se han obtenido unos resultados que podrían servir para guiar la realización de planificaciones comarcales, desde el punto de vista de la producción de madera, de la resiliencia forestal o de la minimización de riesgos forestales, o para calcular compensaciones económicas por cambio de especie.

Hay que tener en cuenta que el modelo empleado para conocer la aptitud para el empleo de una especie forestal se basa únicamente en datos climáticos. Haría falta incluir otro tipo de parámetros, como la litología o el tipo de suelo, para mejorar el modelo.

La prevista realización de un nuevo mapa forestal y de un nuevo vuelo LiDAR en 2017 va a permitir actualizar los cálculos del modelo, al igual que cuando se vayan consiguiendo más años

completos en las estaciones meteorológicas de Euskalmet. Los resultados y mapas incluidos en el presente trabajo muestran sólo una pequeña parte de la potencialidad de la información recopilada.

Hay que tener en cuenta que se han elaborado modelos teóricos basados en datos históricos o en medias climatológicas 2000-2015, por lo que cambios futuros en las condiciones climáticas o nuevos escenarios relativos a perturbaciones (daños causados por agentes bióticos o abióticos) podrían cambiar las condiciones en las que crecerían los arbolados y variar los resultados previstos. Es decir, el estudio de condiciones históricas podría no servir para prever escenarios futuros. Los largos plazos en los que se desarrollan los arbolados obligan a ser prudentes en la obtención de conclusiones.

6. Conclusiones

Se ha actualizado, empleando datos más recientes y completos, un antiguo estudio de correlación de las variables climáticas con las topográficas del territorio vasco y se ha unido a una base de datos de variables forestales. Este tipo de estudios puede ser replicado en otros territorios que cuenten con un cierto volumen de datos climáticos, fisiográficos o dasométricos.

El enorme volumen de información conseguido permite clasificar la aptitud del territorio respecto al empleo de distintas especies forestales. Los resultados pueden aplicarse para analizar posibles cambios de especie forestal en una zona o la viabilidad de acometer plantaciones forestales mixtas, ya que las especies mezcladas requieren condiciones ecológicas semejantes para poder prosperar.

Se prevé seguir trabajando y ampliar los resultados en diversos proyectos europeos en los que participa HAZI, como el proyecto Poctefa Canopée, relativo a adaptación de las masas forestales pirenaicas al cambio climático, el proyecto SUDOE Plurifor, relativo a la implantación de planes de contingencia ante diversos riesgos forestales en la zona atlántica, o el proyecto LIFE Healthy Forest, relativo a la creación de un sistema de detección temprana de declive forestal.

7. Agradecimientos

A José Antonio Aranda, responsable de Euskalmet, Agencia Vasca de Meteorología.

8. Bibliografía

- DIÉGUEZ-ARANDA, U. (coord.); 2009. Herramientas selvícolas para la gestión forestal sostenible en Galicia. Xunta de Galicia. 259 p. Santiago de Compostela.
- HAMILTON, G.J.; CHRISTIE, J.M.; 1971. Forest management tables (metric). Forestry Commission Booklet, No 34. 201 p. London.
- MADRIGAL, A.; ÁLVAREZ, J.G.; RODRÍGUEZ SOALLEIRO, R.; ROJO, A.; 1999. Tablas de producción para los montes españoles. Fundación Conde del Valle de Salazar. 253 p. Madrid.
- ORTUBAY, A.; 1995. Relación clima-vegetación en la Comunidad Autónoma del País Vasco. Tesis doctorales nº27. Gobierno Vasco. 505 p. Vitoria-Gasteiz.
- ORTUBAY, A.; 1998. Repercusión de la hipótesis de cambio climático en la vegetación del País Vasco. Páginas 261-276. En: El Campo de las Ciencias y las Artes. Servicio de Estudios del BBVA. 470 p. Bilbao.
- SÁENZ, D; ORTUBAY, A.; 1999. Análisis de modelos digitales del terreno: modelización de topoclimas y de zonas con riesgos erosivos. En: Homenaje a Don Ángel Ramos Fernández (1926-1998). Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 1.654 p. Madrid.

Tabla 1. Valores medios de diversos parámetros estimados en el conjunto de cuadrículas analizadas, clasificados según la especie principal.

Especie	Superficie (ha)	Cota media (m)	Prec. media anual (mm)	Temp. media anual de mínimas (°C)	Crec. medio anual en altura dominante entre 2008 y 2012 (m)
Ciprés de Lawson	3.375	591	1.354	7,61	0,35
Pino silvestre	18.727	744	884	5,85	0,18
Pino laricio	13.922	636	1.322	7,42	0,49
Pino pináster	7.197	320	1.261	9,38	0,56
Pino radiata	133.946	348	1.332	8,67	0,79
Abeto Douglas	6.425	546	1.401	7,82	0,68
Alerce	8.008	606	1.463	7,54	0,38
Eucalipto globulus	10.527	198	1.202	10,01	1,25
Eucalipto nitens	3.661	300	1.238	8,91	1,25
Roble americano	3.438	321	1.412	8,90	0,85
Roble	16.978	373	1.361	8,24	0,47
Rebollo	12.566	716	1.171	6,32	0,24
Quejigo	26.541	665	1.013	6,36	0,18
Encina	27.672	626	1.037	6,92	0,17
Arboles de ribera	4.185	351	1.191	7,87	0,72
Haya	55.390	786	1.228	6,39	0,33

Tabla 2. Valores medios de diversos parámetros estimados en el conjunto de cuadrículas analizadas, clasificados según la especie principal y la clase de calidad máxima y mínima.

Especie	Clase de calidad	Cota media (m)	Prec. media anual (mm)	Temp. media anual de mínimas (°C)	Crec. medio anual en altura dominante entre 2008 y 2012 (m)
Pino radiata	Clase 1	285	1.339	9,11	1,39
Pino radiata	Clase 3	363	1.332	8,56	0,54
Eucalipto globulus	7	237	1.184	9,66	0,45

Especie	Clase de calidad	Cota media (m)	Prec. media anual (mm)	Temp. media anual de mínimas (°C)	Crec. medio anual en altura dominante entre 2008 y 2012 (m)
Eucalipto globulus	25	170	1.237	10,16	2,24
Eucalipto nitens	8	319	1.216	8,83	0,68
Eucalipto nitens	20	240	1.313	9,36	3,14
Coníferas t.medio	YC4	721	927	6,08	0,12
Coníferas t.medio	YC24	550	1.354	7,89	0,85

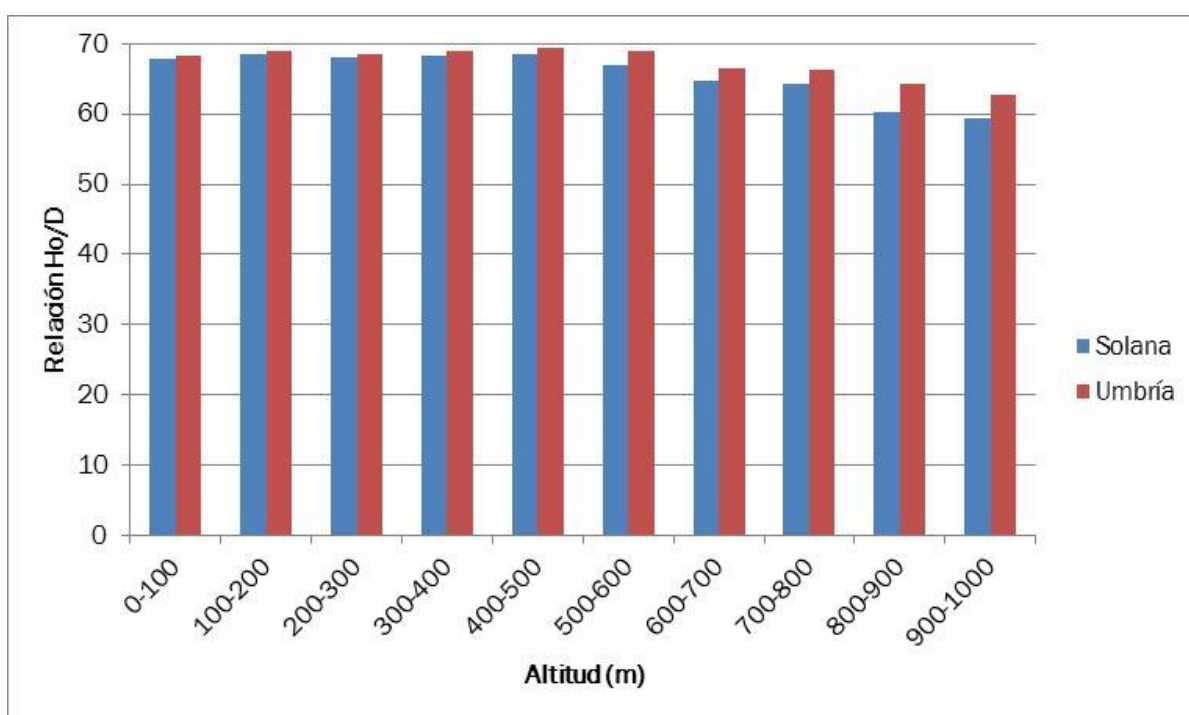


Figura 1. Ejemplo de aplicación de las variables dasométricas al cálculo del riesgo de derribos por tormentas: relación de esbeltez H_o/D media (altura dominante 2012 dividida entre diámetro medio) en masas de coníferas.

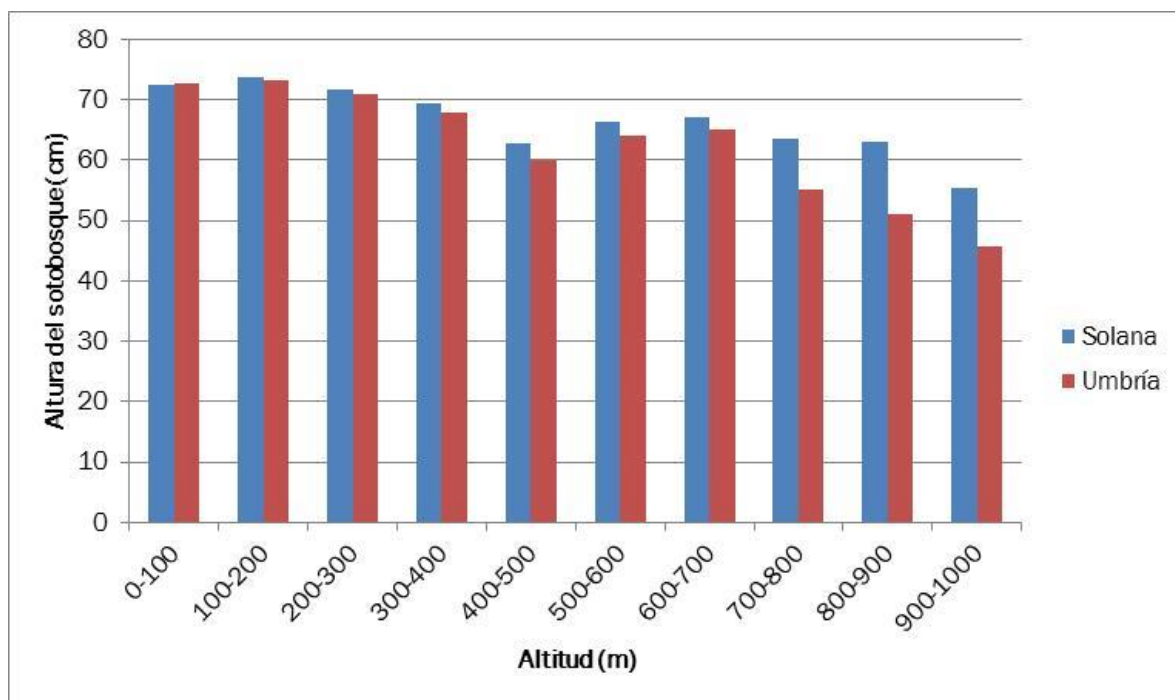


Figura 2. Ejemplo de aplicación de las variables dasométricas al cálculo del riesgo de incendio forestal: altura media estimada del sotobosque (cm) en masas de frondosas.

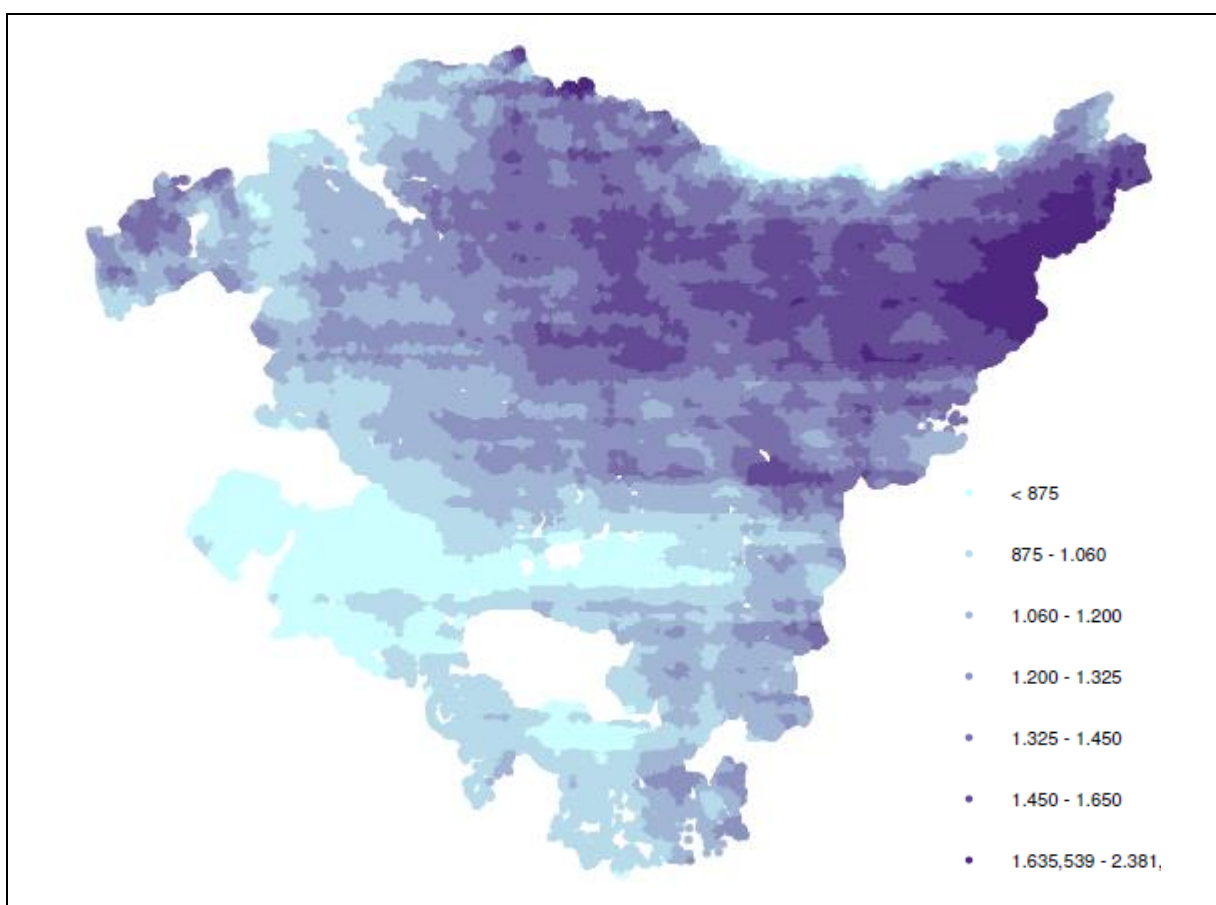


Figura 3. Modelo de distribución de la precipitación anual (mm) en el territorio forestal vasco.

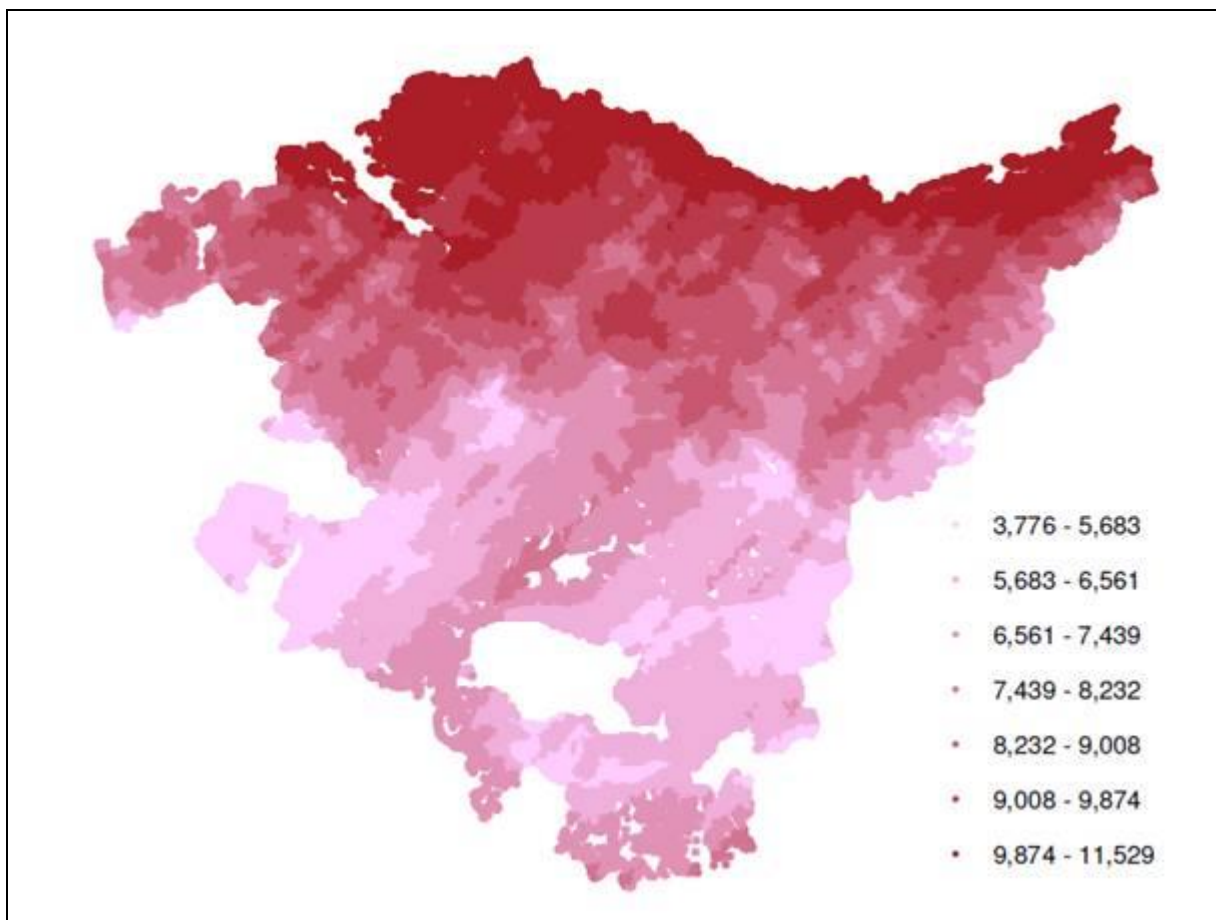


Figura 4. Modelo de distribución de la temperatura media anual de las mínimas (°C) en el territorio forestal vasco.

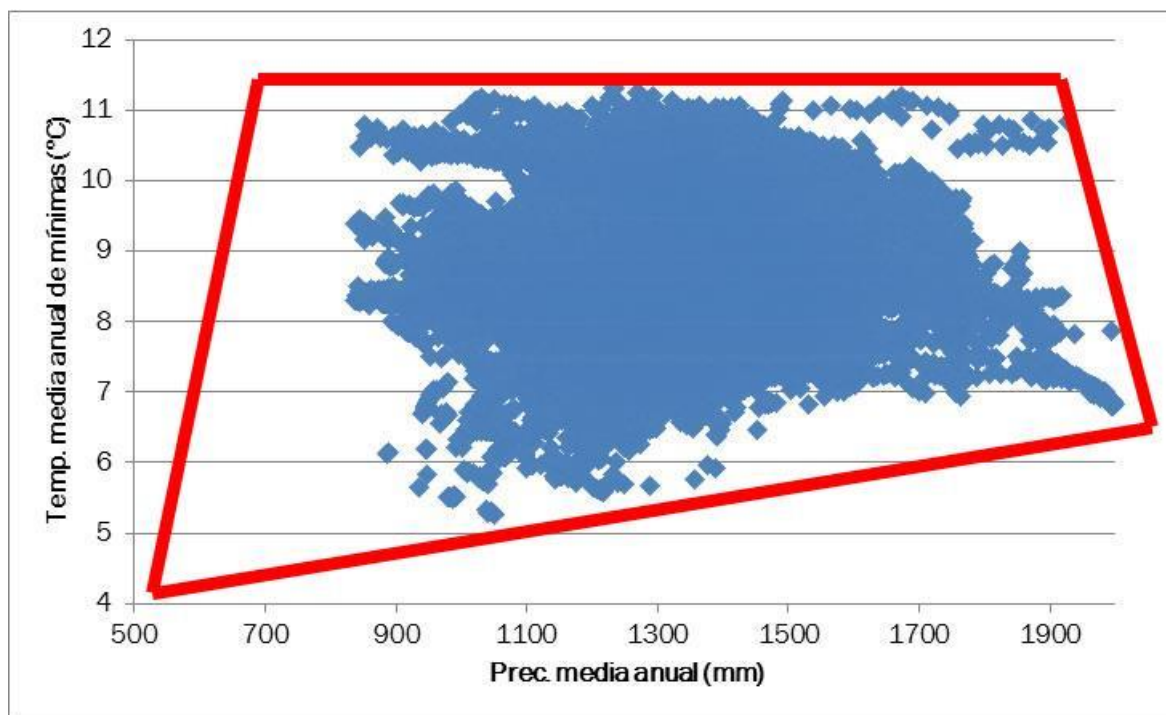


Figura 5: Distribución de la precipitación total y de la temperatura media anual de las mínimas en las cuadrículas en las que domina el pino radiata (puntos azules) respecto al conjunto global de masas forestales (línea roja).

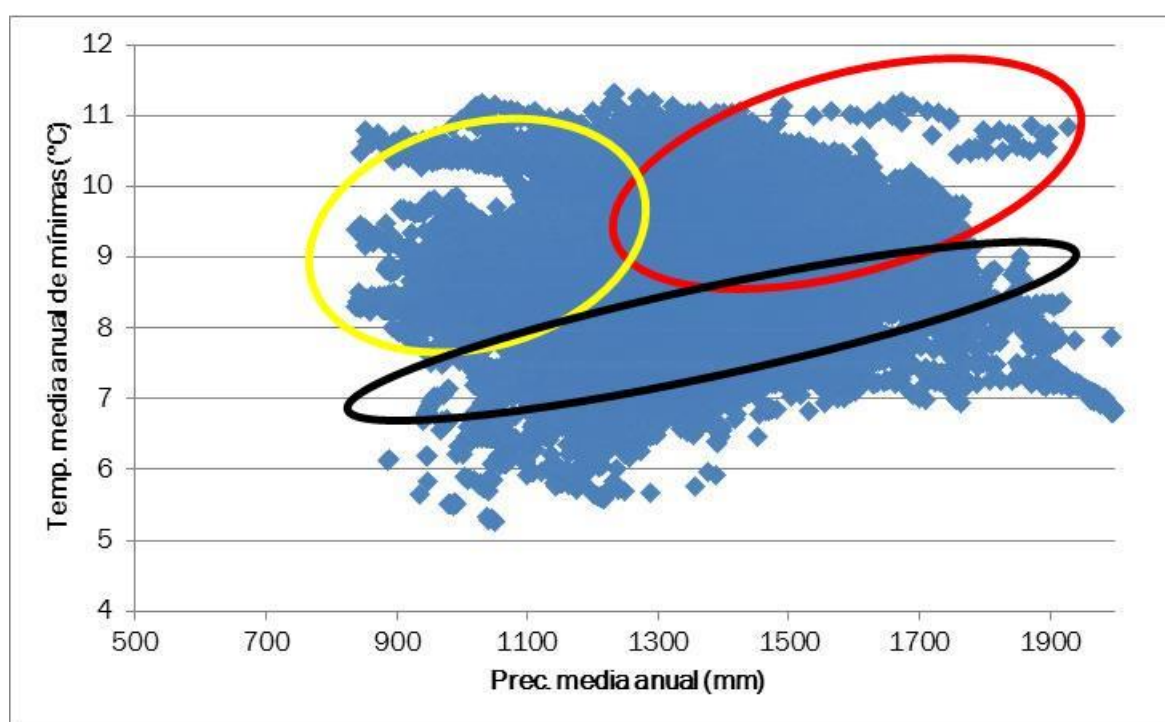


Figura 6: Aplicando las ecuaciones de regresión lineal obtenidas, se enmarcan en color rojo las localizaciones de pino radiata donde el eucalipto globulus presentaría sus mejores calidades, en color amarillo en el caso del eucalipto nitens y en color negro en el caso de las coníferas de turno medio.

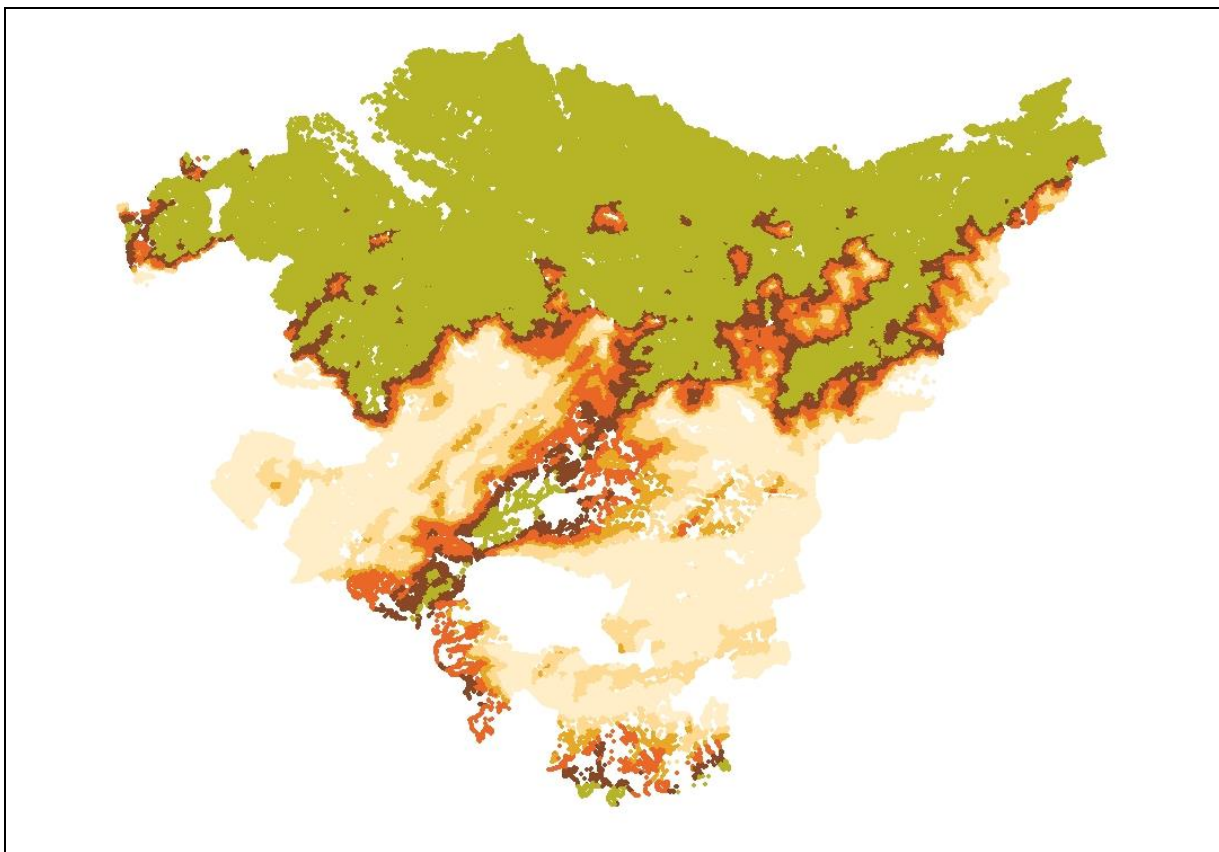


Figura 7: Aplicación de las ecuaciones de regresión lineal obtenidas para distintas clases de calidad de las coníferas de turno medio: en color más oscuro se reflejan las zonas con mejores calidades (YC24/YC20) y en el más claro las peores calidades (YC8/YC4). En blanco aparecen las zonas con mayores limitaciones climáticas para el establecimiento de plantaciones productivas. En verde, por el contrario, se reflejan los terrenos más favorables para la plantación de pino radiata o de eucalipto.