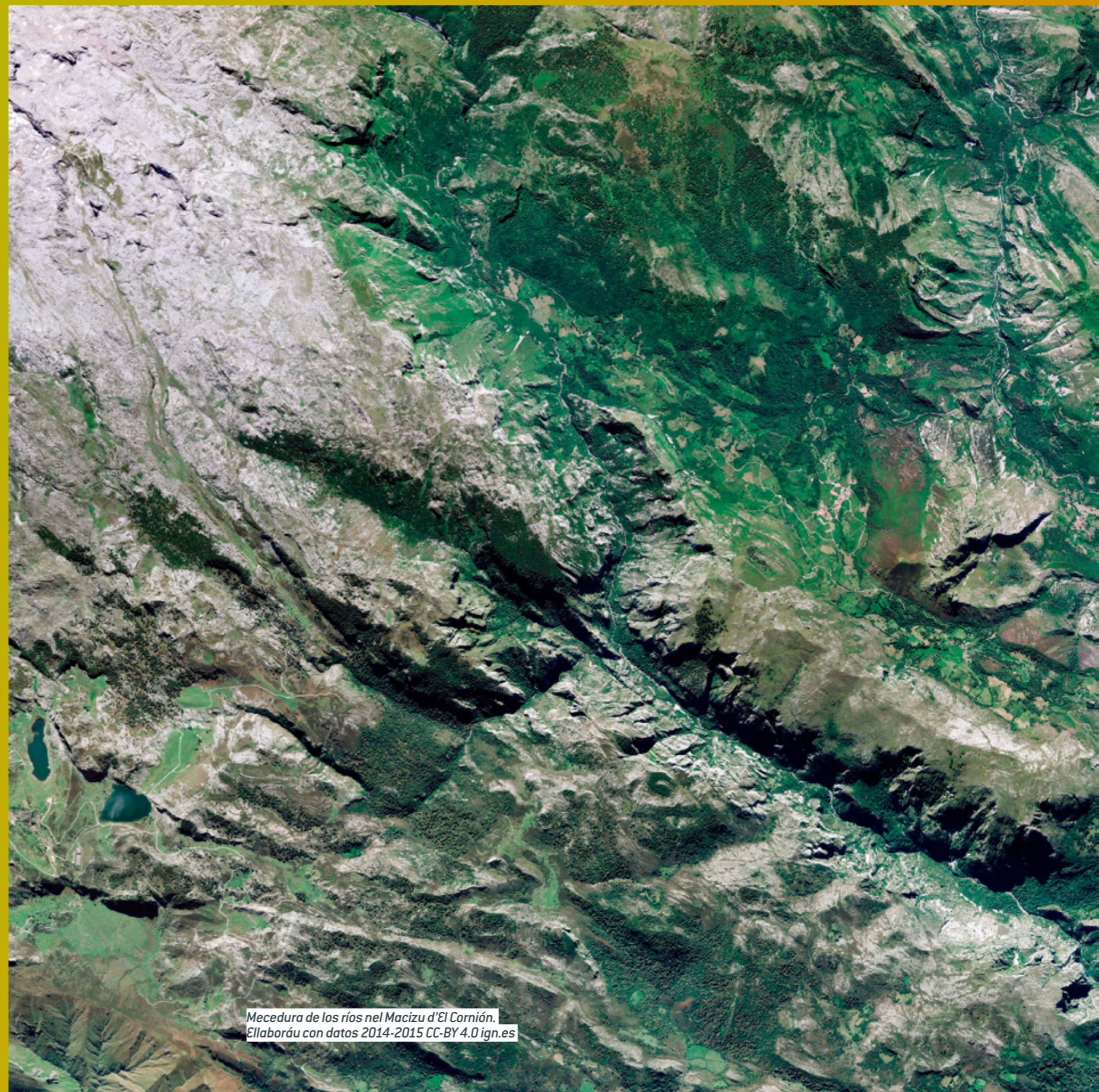


# Impactos del cambio climático en sistemas forestales d'Asturias



Por **Ángel M. Felicísimo**

Cadernalgu d'Inxeniería Cartográfica, Xeodesia y Fotogrametría  
Centro Universitario de Mérida  
Universidad de Extremadura

Mecedura de los ríos nel Macizu d'El Cornión.  
Elaboráu con datos 2014-2015 CC-BY 4.0 ign.es



**H**ai más d'una década, ente los años 2008 y 2010, fixéronse dos proyeutos por encargu del Ministeriu de Mediu Ambiente y Mediu Rural y Marín que tenien un oxetivu xeneral común: evaluar los impautos posibles y facer estimaciones de la situación futura de taxones de la flora y fauna españoles énte diversos escenarios de cambéu climáticu global (Felicísimo, 2011). A partir d'estos antecedentes, n'años posteriores lleváronse alantre trabayos asemeyaos aplicando les mesmes téuniques a les viesques de países como Méxicu, L'Arxentina, L'Ecuador y Colombia (Felicísimo & Cuartero, 2015) pa, a la fin, facer un proyeutu global de les viesques de los Andes meridionales sudamericanos (Alberdi & Felicísimo, 2016).

Los trabayos mentaos inténgrense dientro d'un tópicu que suel llamase modelu de distribución potencial, aunque ye conveniente destacar que, nes últimes décadas, recibió nomes estremaos: modelos de nichu, modelos d'idoneidá o modelos predictivos del hábitat. Anguaño, suel falase de «modelos de distribución d'especies» que se reflexen cartográficamente nun mapa d'idoneidá d'hábitat o d'hábitat potencial, aunque vamos ver qu'equí falamos namás del nichu climáticu.

**Convién destacar que'l modelu de distribución potencial, nes últimes décadas recibió nomes estremaos: modelos de nichu, modelos d'idoneidá o modelos predictivos del hábitat. Anguaño, suel falase de «modelos de distribución d'especies» que se reflexen cartográficamente nun mapa d'idoneidá d'hábitat o d'hábitat potencial**

Pa la construcción d'estos modelos desarrolláronse métodos complementarios y, sobre too, discutiéronse les llendes d'estos modelos a la hora de la so interpretación. Estes llendes inclúin que, na construcción de los modelos, namás se consideren variables abiótiques, normalmente climátiques, mientras que les interacciones y la dinámica ecosistémica nun consiguieron integrase d'un mou afayadizu. Una revisión de los métodos más habituales y de la so potencialidá y llendes pue vese en Muñoz y Felicísimo (2004) o en Mateo *et al.* (2011).

Los mayores llogros del modeláu predictivu produxéronse na construcción de modelos pa predicir les respuestes d'especies, especialmente vexetales, énte cambeos nes variables climátiques. Estos modelos puen construyise siempre qu'esista una disponibilidá de datos con abunda presencia en tamaño de muestra y n'exautitú espacial.

### OXETIVOS

L'oxetivu d'esti trabayu ye presentar, baxo un escenariu de cambéu climáticu global, los efeutos derivaos d'él que se daríen nes zones consideraes como idónees pal crecimentu de cuatro especies forestales na comunidá autónoma d'Asturies. Usando les téuniques de modeláu predictivu, podrá ellaborase cartografía de les zones climáticamente idónees nel pasáu recién y comparales coles afayadices nun futuru próximu. Podrán evaluase asina les zones estimaes de perda d'idoneidá, ganancia (zones de posible espansión) o estabilidá tanto na presencia como na ausencia.

La zona de trabayu ye la denomada en delles sectorizaciones como Norte II, qu'inclúi Asturies, Cantabria y les zones que llenden septentrionalmente de Castiella y Lleón. Esta zona (ver

figures na seición *Resultaos*) inclúi una superficie de 23.737 km<sup>2</sup> que va procesase con una resolución espacial de 1 km<sup>2</sup> y EPSG 32630.

Los resultaos refiérense a una combinación concreta de modelu, escenariu y horizonte temporal: CGCM2, A2 y 2041-2070. Podría presentase una variedá más amplia de combinaciones, pero l'oxetivu d'esti trabayu ye amosar un exemplu con efeutos d'entidá media previstos pa ofrecer una panorámica moderada de les posibles situaciones futures, ensin facer tampoco una extrapolación correspondiente al final del sieglu, onde la incertidume ye mayor.

El plantegamientu d'esti trabayu pue resumise en cuatro etapes:

- Determinación de la distribución espacial de les especies analizaes na actualidá a partir de bases de datos esistentes.
- Construcción de modelos de distribución potencial (MDP) pa cada especie en función del clima recién (determinación de «nichos climáticos»).
- Proyeición a futuru de los modelos mentaos d'alcuertu con una combinación d'escenariu, modelu climáticu y horizontes temporales.
- Cartografía de los modelos y comparanza de les distribuciones potenciales, tanto actuales como futures.

### ESPECIES ANALIZAES Y LA SO PRESENCIA ANGUAÑO

Les especies que se presenten nesti trabayu son les siguientes: *Betula celtiberica* (abeduriu), *Fagus sylvatica* (faya), *Quercus pyrenaica* (rebolu) y *Quercus robur* (carbayu). Fai falta reseñar que les denominaciones taxonómiques emplegaes nel Mapa Forestal d'España (MFE) non siempre coinciden coles almitíes nel proyeutu Flora

Iberica o por otros autores, como ye'l casu del abeduriu. Nesti trabayu, nun entramos nesos aspectos taxonómicos y los taxones recuéyense tal y como apaecen nel MFE.

Pa determinar la so presencia, analizáronse los campos d'especies del Mapa Forestal d'España (MFE50) del entós Ministeriu de Mediu Ambiente y Mediu Rural y Marín, anguaño Ministeriu pa la Transición Ecolóxica y el Retu Demográficu. La presencia tradúxose a cuadrícules de 1x1 km compatible y axustada a la resolución de los mapas de variables climátiques.

### CARTOGRAFÍA CLIMÁTICA

La información climática básica apúrrela l'AEMET (Axencia Estatal de Meteoroloxía) como datos xebrados n'estaciones meteorolóxicas.

El periodu de referencia emplegáu polos modelos rexonales de cambéu climáticu foi 1961-1990; consecuentemente, los datos de clima recién pa ellaborar los modelos de distribución potencial actual que s'amuesen equí son los que faen referencia a esi mesmu periodu. Magar qu'equí tratamos la zona d'Asturies, los mapas iniciales fixéronse pa la España peninsular na so totalidá. Desarrolláronse un total de 2.173 estaciones pluviométriques y 973 termométriques. Les variables incluyíes foron la temperatura media de les máximes (TX), la media de les mínimes (TM) y la precipitación total (PR), toes elles a nivel mensual. Trátase, polo tanto, de 36 variables a incluyir nos modelos, 12 mensuales pa cada variante climática.

L'AEMET ufrió estes mesmes variables, tamién a nivel d'estación meteorolóxica, pa diversos modelos y escenarios de cambéu climáticu, a partir de les proyeiciones estadístiques rexonalizaes de Brunet *et al.* (2009).

Nesti trabayu amuéense resultaos corespondientes a les proyeiciones del modelu CGCM2 (Coupled Global Climate Model del Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis), escenariu A2 (Intergovernmental Panel on Climate Change, Grupu III 2000) y horizonte temporal 2041-2070.

Dende estos datos climáticos básicos, ellaboremos los mapas en variables y meses col *kriging*<sup>1</sup> nel casu de la precipitación y el *cokriging* nel de les temperatures, usando la elevación como covariable. Estos mapas usáronse como variables descriptives na elaboración de los modelos predictivos d'idoneidá pa cada especie.

### MODELOS DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL

Los modelos de distribución potencial integren dellos métodos pa realizar una estimación de cómo d'afayadizu o non ye un territoriu pa una especie, formación o, en xeneral, taxón, en función de variables potencialmente influyentes. Estes téuniques conócense dende va tiempu, asina como la so potencialidá y llendes (Guisan & Zimmermann, 2000; Guisan & Thuiller, 2005; Elith & Leathwick, 2009) polo que nun vamos desarrollar equí los fundamentos estadísticos nos que se basen.

Nesti trabayu, los modelos de distribución potencial construyéronse con MAXENT, acrónimu d'entropía máxima, un algoritmu d'usu xeneral que s'adaptó pa la construcción de modelos de distribución potencial (Phillips *et al.*, 2006). Los resultaos qu'ufierta MAXENT inclúin los mapas que vamos amosar equí: modelos cartográficos d'idoneidá pa cada especie nel

1. Del francés *krigeage*; *kriging* ye un métodu d'inferencia espacial, que permite estimar los valores d'una variable en llugares non analizaos al traviés de muestres utilizando la información apurrida por otra muestra.

territoriu. El procedimientu pue resumise de la siguiente manera: MAXENT parte d'una amuesa xeorreferenciada de datos que prueben la presencia de la especie na zona de trabayu. Con estos datos analiza los valores de les variables climátiques en cada llugar y constrúi'l «nichu climáticu» multivariable de la presencia, estableciendo les rellaciones ente ella, l'ausencia de la especie y los valores de les variables.

### Pa la distribución potencial, MAXENT parte d'una amuesa xeorreferenciada de datos que prueben la presencia de la especie na zona, analiza los valores de les variables climátiques en cada llugar y constrúi'l «nichu climáticu» multivariable de la presencia, estableciendo les rellaciones ente ella, l'ausencia de la especie y los valores de les variables

Dende esti análisis, MAXENT da a cada puntu del territoriu un valor d'idoneidá, que pue interpretase como un valor de la probabilidad de que la especie prospere en cada sitiu. Los valores altos correspuenden con un clima compatible col nichu climáticu calculáu primero y basáu en presencias reales. Los valores baxos asínense a llugares onde'l clima ye claramente diferente al idoneu y onde delles variables actúen como factores llende.

Los mapas d'idoneidá actual englobarán la presencia introducida como datos anteriormente, pero tamién van señalar zones potenciales onde la especie nun ta presente na actualidá aunque les condiciones climátiques seyan favorables. El motivu principal d'esos ausencias suel ser l'aición humana.

Pa construir los mapas d'idoneidá futuros, MAXENT aplica'l nichu climáticu a los mapas que son el resultáu de les proyeiciones del cambéu climáticu. Como los valores de delles variables van cambiar, les árees potenciales futures nun van coincidir coles actuales. Al traviés de la comparanza de mapas d'idoneidá actuales y futuros, va poder facese una estaya de zones de perda o ganancia potenciales y, amás, diseñar polítiques forestales o agrícolas d'acordies a los modelos.

### RESULTAOS

#### Clima recién frente a clima futuru

La evolución del clima según modelos y escenarios nun coincide en cantidaes, pero toles combinaciones, ensin esceiciones, señalen les mesmes tendencias. Aunque namás van amosase modelos de distribución potencial pa la combinación CGCM2/A2, nesta seición al rodiu del clima vamos ampliar les combinaciones pa dar una idea global de la variabilidá de les predicciones. Equí incluyimos el modelu

|    | CGCM2   |      |     |      |     |      |     | ECHAM4 |      |      |      |      |      |
|----|---------|------|-----|------|-----|------|-----|--------|------|------|------|------|------|
|    | 1961-90 | H1   | Δ   | H2   | Δ   | H3   | Δ   | H1     | Δ    | H2   | Δ    | H3   | Δ    |
| A2 | 1260    | 1218 | -41 | 1228 | -32 | 1170 | -89 | 1105   | -155 | 1057 | -203 | 958  | -302 |
| B2 | 1260    | 1226 | -33 | 1218 | -41 | 1259 | -1  | 1148   | -112 | 1098 | -166 | 1045 | -214 |

Tabla 1. Proyeiciones pa la precipitación total añal [ $l \cdot m^{-2} \cdot añu^{-1}$ ] correspondientes a los escenarios A2 y B2, modelos CGCM2 y ECHAM4 y diferentes horizontes temporales (H1: 2010-2040, H2: 2041-2060, H3: 2061-2100). La tendencia xeneral ye a la reducción de precipitaciones, más importante nel modelu ECHAM4.

|    | CGCM2   |      |     |      |     |      |     | ECHAM4 |     |      |     |      |     |
|----|---------|------|-----|------|-----|------|-----|--------|-----|------|-----|------|-----|
|    | 1961-90 | H1   | Δ   | H2   | Δ   | H3   | Δ   | H1     | Δ   | H2   | Δ   | H3   | Δ   |
| A2 | 16.3    | 17.4 | 1.0 | 18.4 | 2.1 | 19.7 | 3.4 | 18.2   | 1.9 | 19.6 | 3.3 | 21.4 | 5.0 |
| B2 | 16.3    | 17.4 | 1.0 | 17.9 | 1.6 | 18.5 | 2.1 | 18.2   | 1.9 | 19.3 | 2.9 | 20.2 | 2.9 |

Tabla 2. Proyeiciones pa les temperatures medies de les máximes añales [ $^{\circ}C$ ] correspondientes a los escenarios A2 y B2, modelos CGCM2 y ECHAM4 y diferentes horizontes temporales (H1: 2010-2040, H2: 2041-2060, H3: 2061-2100). La tendencia xeneral ye al incrementu de les temperatures respetu al periodu de referencia según avanza'l sieglu.

|    | CGCM2   |     |     |     |     |     |     | ECHAM4 |     |     |     |     |     |
|----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|
|    | 1961-90 | H1  | Δ   | H2  | Δ   | H3  | Δ   | H1     | Δ   | H2  | Δ   | H3  | Δ   |
| A2 | 5.6     | 6.6 | 1.0 | 7.4 | 1.8 | 8.5 | 2.8 | 7.0    | 1.4 | 8.2 | 2.6 | 9.7 | 4.0 |
| B2 | 5.6     | 6.5 | 0.9 | 7.0 | 1.4 | 7.5 | 1.9 | 7.1    | 1.4 | 8.0 | 2.4 | 8.8 | 3.2 |

Tabla 3. Proyeiciones pa les temperatures mínimes añales [ $^{\circ}C$ ] correspondientes a los escenarios A2 y B2, modelos CGCM2 y ECHAM4 y diferentes horizontes temporales (H1: 2010-2040, H2: 2041-2060, H3: 2061-2100). La tendencia xeneral ye al incrementu de les temperatures respetu al periodu de referencia según avanza'l sieglu.



ECHAM4 (Atmospheric General Circulation Model, del Max-Planck Institut für Meteorologie) y l'escenariu B2, más conservador que l'A2, yá que supón un mayor control de les emisiones de gases d'efeutu ivernaderu. Los datos siguientes provienen del análisis de los mapas de clima recién y proyeiciones pa la zona Norte II definida enantes.

Los resultaos amuesen una tendencia a temperatures más altes, tanto mínimes como máximes. Esta variación, xunida a una baxada más o menos moderada de precipitaciones (según los modelos), supondría una seca xeneral mayor a nivel añal. Esti ye'l contestu nel que se constrúin los modelos d'idoneidá pa les especies consideraes que s'amuesen darréu.

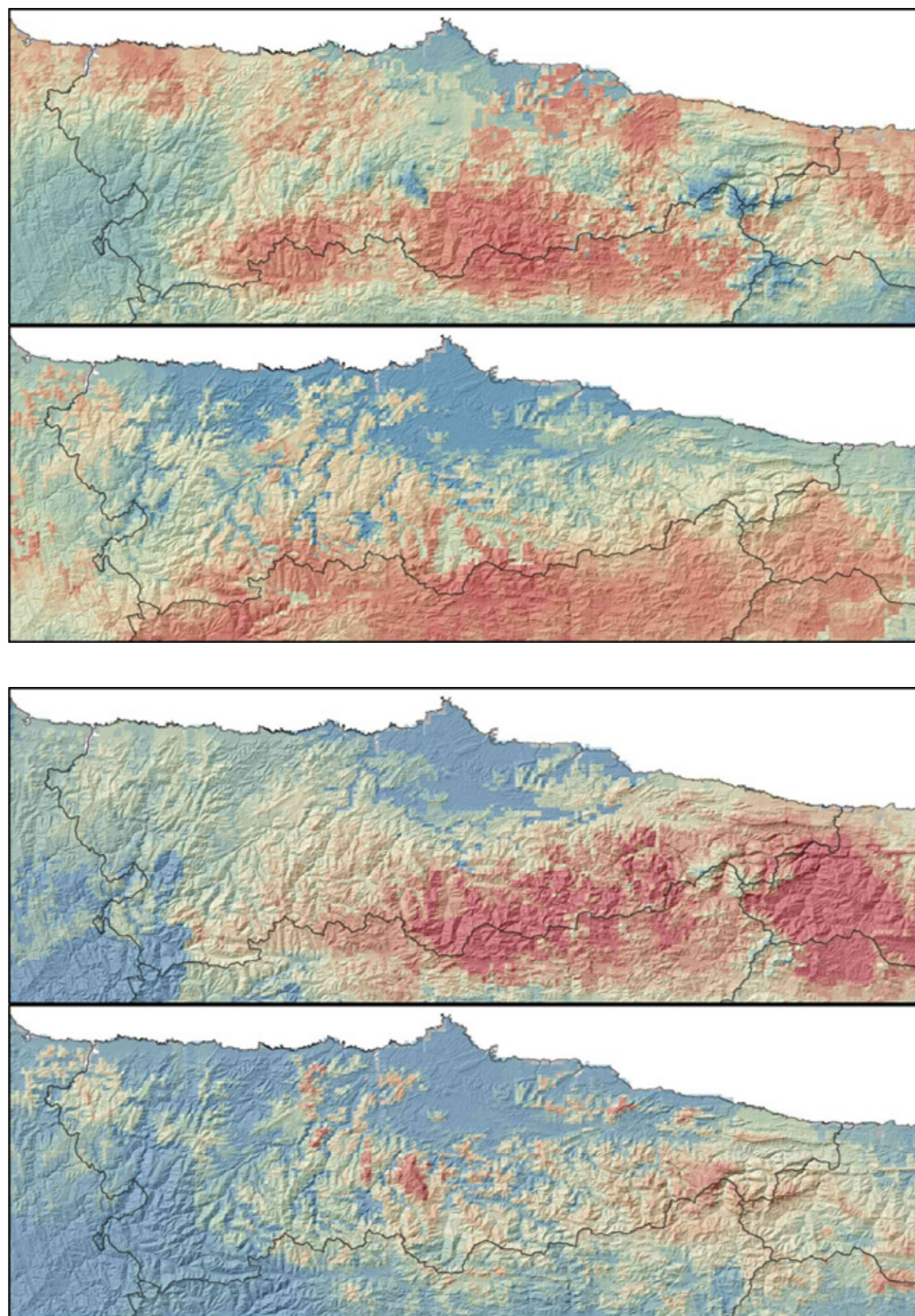
### MODELOS DE DISTRIBUCIÓN POTENCIAL ACTUALES Y FUTUROS

Nes figures siguientes amuénsense los modelos de distribución potencial actuales y los previstos correspondientes al modelu CGCM2, escenariu A2 y horizonte 2041-2070.

Pa comprender les figures ye conveniente comentar los siguientes aspectos.

Los valores numéricos consideraos idóneos que formen el modelu puen variar ente 0 (incompatible) y 1.000 (idoneu). La probabilidad de presencia de la especie nel territoriu medra con esi valor d'idoneidá magar que nun ye una garantía d'ello, por mor de que la intervención humana eliminó la vexetación forestal de munchos llugares.

N'otros trabayos, la escala d'idoneidá divídese namás en dos clases: adecuáu y non adecuáu, buscando un valor de corte determináu que depende de la especie. Esti procedimientu úsase pa facilitar el cálculu de dellos estadísticos, pero nun lu aplicamos nesti trabayu porque'l nuesu



oxetivu ye namás dar una panorámica de los cambeos d'idoneidá y pa ello nun ye recomendable la simplificación anterior que, amás, ta sometida a fuertes incertidumes en cuantes a la eleición del valor mínimu llende.

Nos mapas úsase una escala de color ente azul y coloráu, onde'l coloráu señala les zones con más idoneidá dende'l puntu de vista climáticu y l'azul, les zones incompatibles pa la especie.

Nel casu del abeduriu, obsérvase un desplazamientu d'idoneidá pa la zona septentrional de Castilla y Lleón, reduciéndose na vertiente norte asturiana, con dalguna «migración» hacia'l sur nos montes medios centru-occidentales. Nel casu de la faya, obsérvase un decayimientu xeneralizáu de la idoneidá, mucho más marcáu que nel restu de les especies. Namás se mantienen como de potencialidá alta les zones de monte más elevaes y, tovía asina, en valores más reducidos que nel pasáu recién.

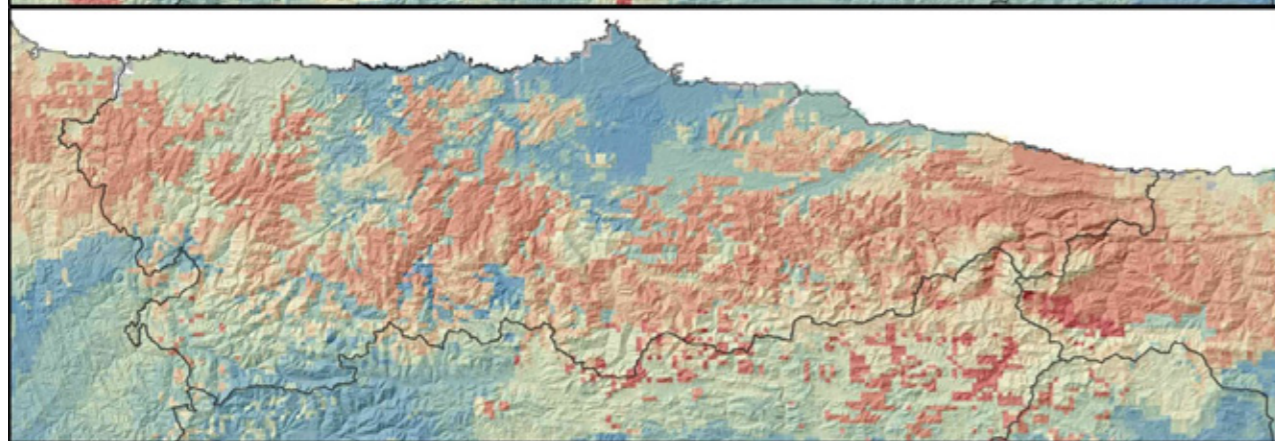
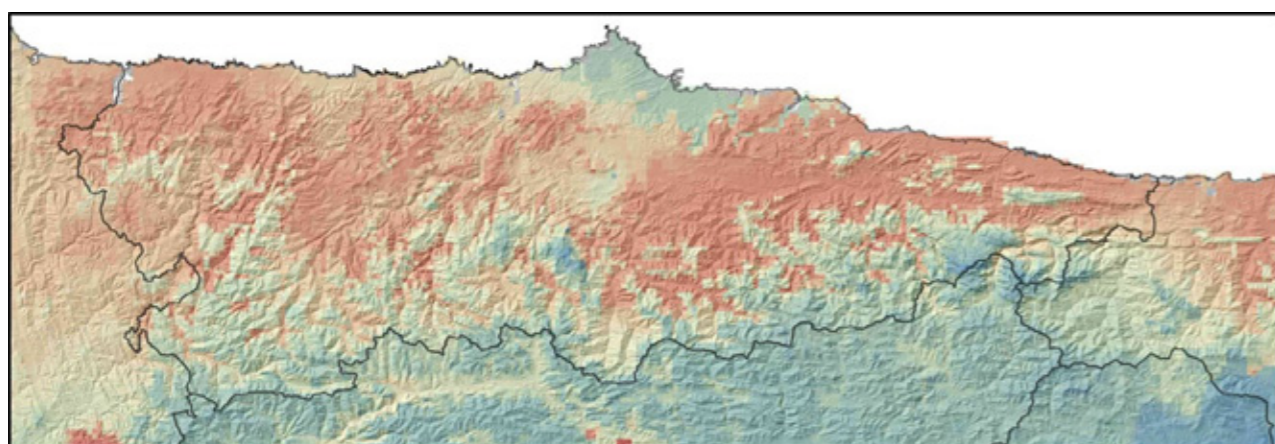
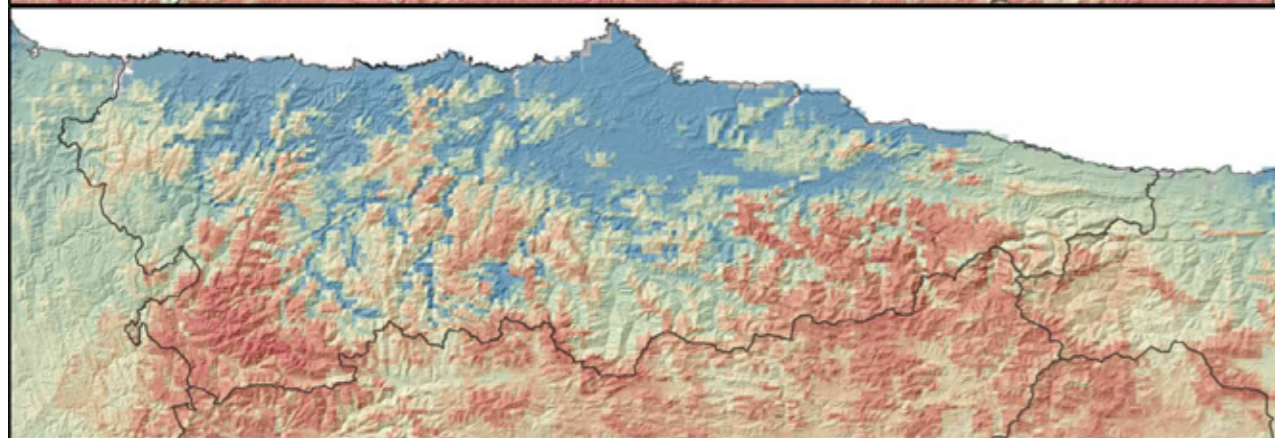
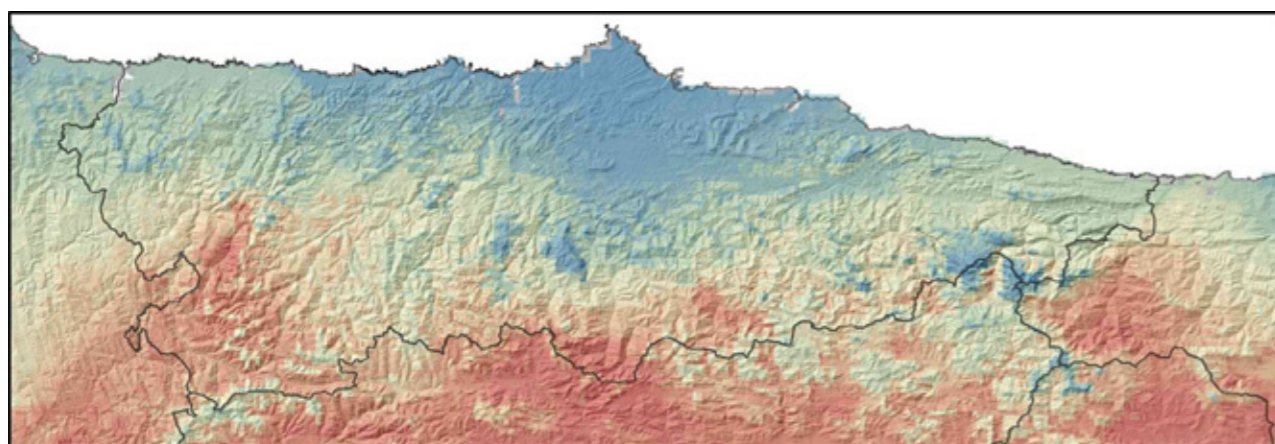
#### IZQUIERDA ARRIBA

Figura 1. Mapes d'idoneidá pa l'abeduriu (*Betula celtiberica*). El primer mapa amuesa la idoneidá de referencia, el segundu la proyeición pa CGCM2/A2/2041-2070; en dambos casos los tonos azulaos representen valores d'idoneidá menor y los cálidos, valores mayores.

#### IZQUIERDA ABAXO

Figura 2. Mapes d'idoneidá pa la faya (*Fagus sylvatica*). El primer mapa amuesa la idoneidá de referencia, el segundu la proyeición pa CGCM2/A2/2041-2070; en dambos casos los tonos azulaos representen valores d'idoneidá menor y los cálidos, valores mayores.



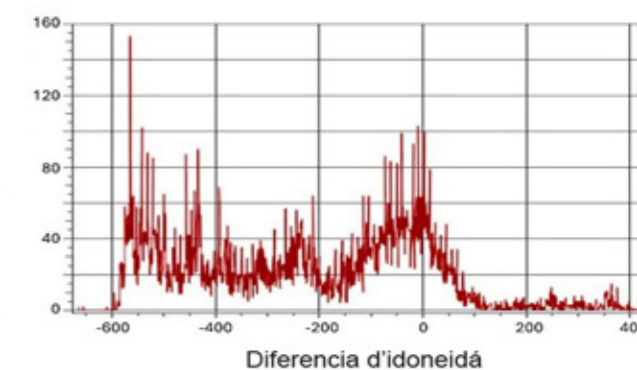
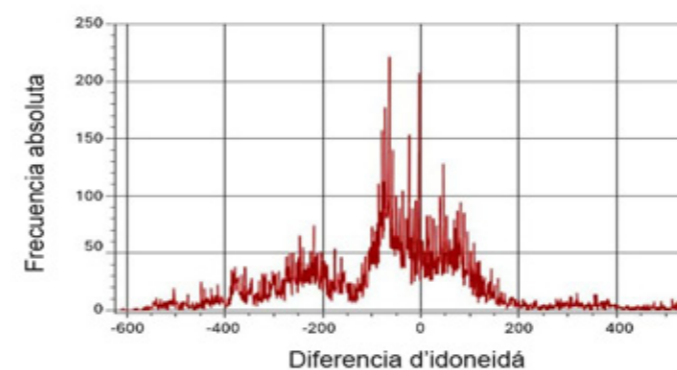
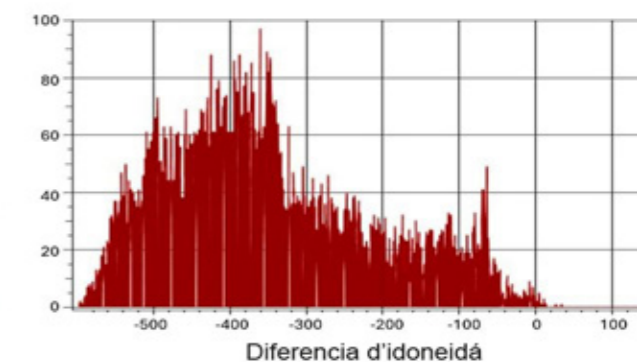
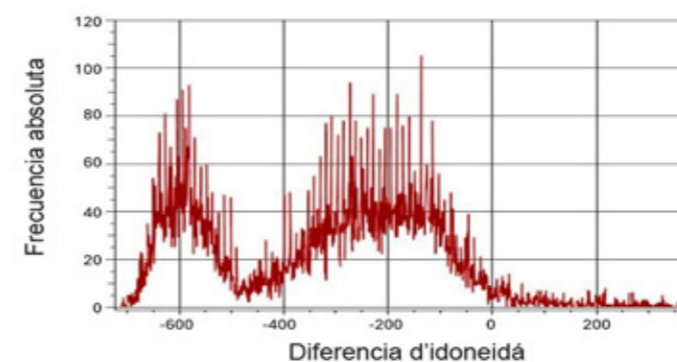


**IZQUIERDA ARRIBA**

**Figura 3.** Mapes d'idoneidá pal rebollu (*Quercus pyrenaica*). El primer mapa amuesa la idoneidá de referencia, el segundu la proyeición pa CGCM2/A2/2041-2070; en dambos casos los tonos azulaoos representen valores d'idoneidá menor y los cálidos, valores mayores.

**IZQUIERDA ABAXO**

**Figura 4.** Mapes d'idoneidá pal carbayu (*Quercus robur*). El primer mapa amuesa la idoneidá de referencia, el segundu la proyeición pa CGCM2/A2/2041-2070; en dambos casos los tonos azulaoos representen valores d'idoneidá menor y los cálidos, valores mayores.



**ARRIBA**

**Figura 5.** Distribuciones de frecuencias pa los cambeos d'idoneidá ente l'escenariu CGCM2/A2/1041-9170 y el periodu de referencia 1961-1990. Arriba izquierda: abedurii; arriba derecha: faya; abaxo izquierda: rebollu; abaxo derecha: carbayu. La escala d'idoneidá definióse ente 0 [incompatible] y 1.000 [idoneu] polo que les diferencies d'idoneidá tienen d'interpretase en función d'esos valores.

Nel casu del rebollu, obsérvase una reducción moderada de la idoneidá, aunque con perdes significatives nos montes del terciu central d'Asturies.

Nel casu del carbayu, el patrón territorial ye complexu, pero, en términos xenerales, obsérvase un movimientu pal sur ganando altura nos montes medios y con perdes significatives nes zones baxes y nos montes marinos.

La **Figura 5** amuesa les distribuciones de frecuencias pa les diferencies de idoneidá.

Les frecuencias absolutas son de los píxeles nos mapas ráster que s'usaron, onde cada

elementu representa un kilómetru cuadráu. La escala del eje d'ascises ye la diferencia ente'l valor d'idoneidá futuru y el de referencia. Los valores negativos impliquen una perda d'idoneidá y los valores positivos, una ganancia. Puen observase les mayores frecuencias de valores negativos, siendo'l casu de la faya el de perdes más fondes y siendo muncho más equilibráu'l casu del rebollu.



## DISCUSIÓN

Los modelos d'idoneidá o distribución potencial constrúinse y proyétense al futuru asumiendo premises que tienen de quedar clares pa comprender tanto la potencialidá como les llendes de los resultaos. Los aspectos más importantes sobre les interpretaciones que puen facese al rodiu de mapas ya estadístiques son les siguientes:

1. La primer cuestión ye que non siempre ye posible xenerar un modelu que s'axuste a los datos d'entrada. Cuando s'intenta desplicar la presencia d'una especie namás al traviés de variables climátiques tán dexándose pasar otre que puen tener una aportación importante na distribución espacial.
2. Los modelos de distribución potencial nun son causales, son correllacionales. Esto significa que, anque les variables climátiques seyan a desplicar la distribución d'una especie, nun tien de suponese ensin más que seyan la causa direuta d'esa distribución, si-nón indicadores o descriptores.
3. Si usamos modelos actuales pa realizar proyeiciones futures asúmese que les dependencies ente clima y presencia de la especie, si existieren, nel futuru sedrén apaecies.
4. Interpretar los resultaos de los modelos como una medida de probabilidad de presencia tien de facese con procuru, yá que, en

realidá, el modelu señala namás les semejances climátiques coles zones de presencia actual polo que ye más adecuao falar d'idoneidá que de probabilidad.

5. En cuantes a los cambeos futuros, desconocemos la respuesta real de la vexetación énte situaciones climátiques cambiantes. Los modelos describen los cambeos d'idoneidá nel futuru basándose na distribución de presencias actuales, pero nun puen prever qu'esista una capacidá adautativa qu'anguaño nun ye evidente, sobre too énte combinaciones de variables climátiques non esistentes na actualidá.

Teniendo en cuenta estes prevenciones, ye conveniente señalar que los trabayos realizaos hasta'l momentu son coherentes nos sos resultaos, incluyendo los citaos de los Andes meridionales o diversos países americanos. Estos resultaos deben tomase como una señal d'alarma más y puen usase pal diseñu de polítiques territoriales que busquen prevenir y amenorgar los efeutos del cambéu climáticu.

## Referencies bibliográfiques

Alberdi, V. & Felicísimo, Á. M. (2016). Evaluación del impacto del cambio climático en los bosques de Los Andes del Norte y Centro. *Geofocus* 17, pp. 44-65.

<https://geofocus.org/index.php/geofocus/article/view/432>

Brunet, M. et al. (2009). *Generación de escenarios regionalizados de cambio climático para España*. Madrid: AEMET.

Elith, J. & Leathwick, J. R. (2009). Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40(1), pp. 677-697.

<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159>

Felicísimo, Á. M. (2011) (Ed.). *FORCLIM - Bosques y cambio global. Vol. 3: España, México*. Madrid: Bubok.

<https://www.bubok.es/libros/210102/forclim---bosques-y-cambio-global-vol-3-espana-mexico>

Felicísimo, Á. M. & Cuartero, A. (2015). FORCLIM: Impacto del cambio climático en los bosques iberoamericanos. *Mapping* 24(170), pp. 4-22.

<https://ojs.revistamapping.com/MAPPING/issue/view/179>

Guisan, A. & Thuiller, W. (2005). Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8(9), pp. 993-1009.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1461-0248.2005.00792.x>

Guisan, A. & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135 (2,3), pp. 147-186.

[https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(00\)00354-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(00)00354-9)

Intergovernmental Panel on Climate Change, Grupo III. (2000). *Informe especial del IPCC. Escenarios de emisiones*. Ginebra: OMM, PNUMA.

<https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-sp.pdf>

Mateo, R. G., Felicísimo, Á. M. & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista chilena de historia natural* 84(2), pp. 217-240.

[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-078X2011000200008](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2011000200008)

Muñoz, J. & Felicísimo, Á. M. (2004). Comparison of statistical methods commonly used in predictive modelling. *Journal of Vegetation Science* 15(2), pp. 285-292.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1654-1103.2004.tb02263.x>

Phillips, S. J., Anderson, R. P. y Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190(3-4), pp. 231-259.

<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>