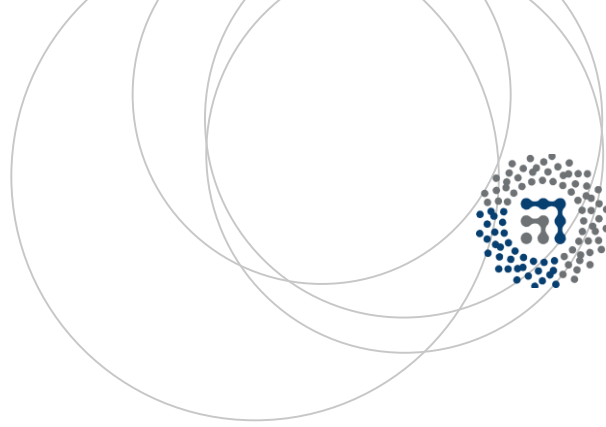




Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea



ZTF-FCT  
Zientzia eta Teknologia Fakultatea  
Facultad de Ciencia y Tecnología



Gradu Amaierako Lana  
Biologiako Gradua

## Aldagai klimatikoen eragina haginaren (*Taxus baccata* L.) hazkuntza-eraztunen zabaleran

Egilea:

Ioritz Goizueta Royo  
igoizueta001@ikasle.ehu.eus

Zuzendaria:

Nere Amaia Lascurain Ayastuy  
nereamaia.lascurain@ehu.eus

© 2016, Ioritz Goizueta Royo

Leioa, 2016ko ekainaren 28a

## AURKIBIDEA

<b>Laburpena</b> .....	1
<b>Abstract</b> .....	1,2
<b>Sarrera</b> .....	2-4
<b>Materialak eta metodoak</b> .....	4-9
<i>Ikerketa area</i> .....	4,5
<i>Laginketa metodoa eta laginen tratamendua</i> .....	5,6
<i>Kronologiaren lorpena</i> .....	6-8
<i>Datu klimatikoak</i> .....	8,9
<i>Analisi dendroklimatologikoa</i> .....	9
<b>Emaitzak</b> .....	9-11
<b>Eztabaida</b> .....	11-16
<b>Ondorioak</b> .....	16,17
<b>Esker onak</b> .....	17
<b>Bibliografia</b> .....	17-19
<b>I. Eranskina:</b> Laginketa eremuaren mapa .....	I
<b>II. Eranskina:</b> Lagindutako zuhaitzen datu orokorrak .....	II
<b>III. Eranskina:</b> Laginen hazkuntza-serieen adierazpen grafikoak .....	III

## **Laburpena**

Gizakiak orain dela milaka urtetatik hona ezagutu eta hamaika zereginetarako esplotatu badu ere, hagina (*Taxus baccata* L.) Iberiar Penintsulan ikuspegi dendrokronologikotik aztertu ez den landare espezie gimnospermoa da. Ikerlan honetan, Araba eta Errioxa lurraldeen arteko mugan kokatutako zuhaitz populazio menditar bat aztertu zen. Hau, bi azpipopulaziotan (ospela eta egutera) bereizten zen, lehenengoa ipar-orientazioduna eta Eskualde biogeografiko Eurosiberiarraren barnean kokatzen zena, eta bigarrena hego-orientazioduna eta Eskualde Mediterraneoaren zati zena. 18 ale aukeratu eta lagindu ziren, bakoitzaren enborretik egurrezko pare bat zilindro erauziz eta beranduago hazkunde-eraztunak datatuz. Kronologia-serieak eraiki ondoren, hazkunde erradiala eta tenperatura nahiz prezipitazioen eragin klimatikoa aztertu ziren hagin talde bakoitzean. Lortutako emaitzen artean, ospeleko banakoak eguterakoak baino zaharragoak zirela behatu zen, era berean, hauen urteroko eraztun-lodiera txikiagoa zelarik. Bestalde, zuhaitzen hazkuntza eta klimaren arteko erlazioa islatzen zuten aldagaientzako balio adierazgarriak lortu ziren. Analisi dendroklimatologikoan behatutako erantzunak populazio-mailakoak (ale guztietan modu berean) eta azpipopulazio-mailakoak (orientazioaren arabera) izan ziren: alde batetik, hazkuntza urteko apirileko tenperaturak eta udarako (ekaina-uztaila) prezipitazioek korrelazio positibo estua erakutsi zuten populazio guztian, ekaineko tenperaturak maila bereko erantzun negatiboa adierazi zuen bitartean. Bestetik, otsaileko tenperaturak, soilik egutera izan zuen korrelazio positiboa, ospelean erantzun berdina urte amaierako (azaroko eta abenduko) tenperaturak erakutsi zuen bitartean. Prezipitazio eta hazkuntza arteko azpipopulazio-mailako erantzuna soilik ospeleko taldean behatu zen, aurreko urteko azaroan korrelazio positiboa adieraziz eta eraztunen sorrera urteko apirilean, berriz, negatiboa. Esanak esan, hagina analisi dendrokronologikoetarako egokia zela konkluditu zen, aldaketa klimatikoaren ondorioen azterketarako espezie potentziala.

**Hitz gakoak:** *Taxus baccata*, dendrokronologia, dendroklimatologia, Iberiar Penintsula

## **Abstract**

Even if man has known the yew (*Taxus baccata* L.) for several millennia and has exploited it for different matters, it is a gymnosperm plant species from whom no dendrochronological analysis has been done yet in the Iberian Peninsula. In the present work, a tree population located between the limits of Alava and La Rioja lands was studied. This population was divided into two subpopulations (shade and suntrap), the first of them north-oriented and placed inside the Eurosiberian biogeographic Region, and the second one south-oriented and placed into the Mediterranean Region. 18 individuals were chosen and sampled, extracting a couple of wooden cylinders from each of them and later on dating their tree-rings. Then, chronological series were built and afterwards, radial growth and climatic effect of temperature and precipitations were measured for each of the yew groups. One of the results obtained was that shade individuals were

older than the other ones, and at the same time, an annual smaller tree-ring width was observed on the first subpopulation. The gotten values of the variables reflecting the relationship between growth and climate were meaningful. The responses observed for the dendroclimatological analysis were classified as population-level (expressed in the same way among all the yews) and subpopulation-level (depending on the orientation): on the one hand, April temperature and summer (June-July) precipitations of the current year showed a strong positive correlation all along the population, while June temperature indicated a same level but negative response. On the other hand, February temperature was positively correlated only with suntrap tree group, and the same positive response was shown by the shade group at the end of the current year (November-December). The subpopulation-level answer between growth and precipitation was only observed in the shade, having expressed a positive correlation in November of the previous year, and a negative relationship in April of the tree-ring growing year. All mentioned considered, it was concluded that the yew is appropriate for dendrochronological analyses and a potential species for examining the consequences of the climatic change.

**Key-words:** *Taxus baccata*, dendrochronology, dendroclimatology, Iberian Peninsula

---

## Sarrera

Hagina (*Taxus baccata* L.) Jurasikotik hona Europako lurraldeetan zehar sakabanatu den landare espezie gimnospermoa da (Spjut, 2010; Pérez-Díaz *et al.*, 2013). Izaera dioikoa duen zuhaitza izanik, ugal-egitura arrak (mikrostrobiloak) eta emeak (megastrobiloak) ale ezberdinetan bereizten dira, horrek sexuen arteko garapen- eta ugal-esfortzu diferentzial bat sortu eta espeziearen barreiapena zailtzen duelarik, desagertzen-arriskua handituz (Cedro & Iszkulo, 2011; Iszkulo *et al.*, 2011). Gainera, anemofilia bidezko polinizazioak ere, ugal-arrakasta baxua eragin eta populazioen berreskurapen-ahalmena murrizten du (Pérez-Díaz *et al.*, 2013).

Klima epel ozeanikodun ingurune naturaletan erakusten du hazkuntza optimoa taxazeo espezie honek, negu epel, prezipitazio ugari eta lurzoru

hezeko baldintza ospeletan, nahiz eta klima submediterraneo eta mediterraneo ingurune-baldintza lehorragoetan ere hazteko gaitasuna izan, iparralderantz orientatutako gune malkartsu eta arroksuetan, batez ere (Moir, 1999; Yadav & Singh, 2002; Thomas & Polwart, 2003; Serrá, 2009; Pérez-Díaz *et al.*, 2013). Modu horretan, haginaren banaketa-eremu geografikoa historian zehar aldakorra izan da, tokian tokiko faktore klimatiko zein biologikoen determinatuta altituden ezberdinetako baso-ekosistemetan agertuz: hala nola, itsas-mailatik 400 m inguruko altituden Irlandan eta Britania Handian, edota 1500 m-tik gorako eremu menditsuetan eskualde mediterraneo lurraldeetan zehar (Thomas & Polwart, 2003). Gaur egun, Iberiar Penintsulako Eskualde Eurosiberiar, Submediterraneo eta Mediterraneoan topa badaiteke ere, haginaren presentzia nahiko mugatua dago, eta kasu

gehienetan baso epel hostogalkorretako espezie laguntzaile moduan agertzen da, hagin-basoak oso bakanak izanik (Serrá, 2009). Ildo beretik, Pérez-Díaz eta lankideek (2013) egindako ikerketa paleobotaniko eta palinologikoak erakutsi du Penintsula iparraldeko Euskal Mendietan haginaren hedapen maximoa Holozeno ertainean (orain dela 6300 urte inguru) gertatu zela, baldintza klimatiko onuragarriek bultzatuta, eta garai honen amaieratik (orain dela 3000 urte ingurutik) hona espeziearen gainbehera gradual nabarmena eman dela. Hori horrela, hagina landare espezie erliktoa bilakatu da (Pérez-Díaz *et al.*, 2013) eta hostozabaleko baso epel hostoerorkorretan topa daiteke (nagusiki lurzoru karetsuko pagadietan), hazkuntza motel eta berreskurapen murrizteko populazio txikitzen, basobera itzaltsuaren osagai moduan (Cortés *et al.*, 2000; Serrá, 2009).

Zuhaitzaren berezitasuna, garrantzia eta banaketa-egoera ikusita, egun Euskal Autonomia Erkidegoan EAE-ko Naturaren Kontserbaziorako 16/1994 Legearen bitartez babestua dago (2011ko urtarrilaren 10ko aginduaren bitartez eguneratua), Fauna eta Flora Espezie Basati eta Itsastar Mehatxatuen EAE-ko Katalogoan “Interes bereziko” espezie moduan sailkatuta (Eusko Jaurlaritza; Arberas, 2014). Izan ere, landarearen banaketa-eremu naturalaren murrizpen orokorra hainbat faktoreren arteko elkarreraginaren ondorio da (Olano & Peralta de Andrés, 2009; Iszkulo *et al.*, 2011; Iszkulo *et al.*, 2014; Pérez-Díaz *et al.*, 2013), horietako bat presio antropikoa eta ustiaketa gogorra izanik (Pérez-Díaz *et al.*, 2013). Hagina antzinako garaietatik gizakiarekin estuki lotutako landare espeziea izan da eta erakusten

dituen biziraupen-denbora luzeak, eite miresgarriak edota toxizitate-ahalmen handiak balio mistiko eta kultural berezia eman dio historian zehar hainbat herrialde eta zibilizazio europarretan (Cortés *et al.*, 2000; Serrá, 2009; Arberas, 2014). Horrekin lotuta, garrantzia etnobotaniko eta farmazeutikoak ere azpimarratzekoak dira, XX. mendeko 60. hamarkadan *Taxus* generoko landareetan taxol konposatua aurkitu zenetik hainbat gaixotasunen aurreko sendabide moduan erabili izan baita (Cortés *et al.*, 2000; Serrá, 2009), horietan erakargarriena minbiziaren aurkakoa (Wani *et al.*, 1971; Iszkulo *et al.*, 2014). Hala ere, erabilerarik zabalduena egurrarena izan da, espeziearen biziraupenerako mehatxurik handiena, hain zuzen ere. Paleolitikoan dagoeneko gizakia hasita zegoen ehizerako tresnak haginaren zurarekin lantzen, horren adierazle izanik Erresuma Batuan eta Alemanian aurkitutako lantza-arrastoak (Pérez-Díaz *et al.*, 2013), eta harrez geroztik, hamaika tresna eta altzairu mota egin izan dira zuhaitz honen egurrez, haien artean aipagarrienak Erdi Aroko arkuak izanik (Arberas, 2014).

Ingurune-baldintzen gorabehera historikoek eta aldaketa klimatikoak ere badute zeresana *T. baccata*-ren hazkundean, populazioen egituraketa eta hedapen-eremua baldintzatuz (Moir, 1999). Dendrokronologia zurezko landare espezieen hazkuntza-dinamika aztertzeke erabiltzen den neurketa-teknika da eta honen bitartez, urtero garatzen eta metatzen diren hazkunde-eraztunak (enborreko kanbium baskularraren elementu xilematikoak) zenbatu eta hauen zabalera neurtzen dira, zuhaitzak garai faboragarri bakoitzean izandako hazkuntza determinatzeko (Cook &

Kairiukstis, 1990). Are gehiago, eraztun-kontaktetik iraganeko ingurunearen nolakotasunak estimatu eta berreraiki daitezke (Cook & Kairiukstis, 1990, Galvin *et al.*, 2014), bai eta historian zeharreko gertaera natural ezberdinak (luiziak, lurrikarak,...) nahiz disturbantzia antropogenikoak inferitu (Cook & Kairiukstis, 1990). Era berean, baldintza klimatikoek landareen hazkuntzan duten eragina aztertzeke tresna baliagarria dendroklimatologia da, garai bakoitzeko hazkuntza-eraztuna urte horretako faktoreekin erlazionatuz, hala nola, tenperatura eta prezipitazio balioekin (Cedro & Iszkulo, 2011; Galvin *et al.*, 2014). Dena den, nahiz eta azken hamarkadetan zenbait ikerketek haginaren potentzial dendrokronologikoa frogatu herrialde ezberdinetan (Moir, 1999; Yadav & Singh, 2002; Galvin *et al.*, 2014), oro har, oso lan gutxik aztertu dute taxazeo hau. Are gehiago, Iberiar Penintsulari dagokionez, oraindik ez da ikerketa dendrokronologikorik argitaratu zuhaitz espezie hau ardatz duenik.

Bestalde, mende honen hasieratik hainbat azterlan dendroklimatiko egin dira eta erakutsi izan dute zuhaitzen erantzun klimatikoa ez dela homogeneoa eta zenbait faktorek edota norbanakoak modulatu dezaketela ingurumen-baldintzen aurreko erantzun hori: hala nola, genotipoak (Jump *et al.*, 2006), adinak (Carrer & Urbinati, 2004), tamainak (Mérian & Lebourgeois, 2011), sexuak (Rozas *et al.*, 2009; Cedro & Iszkulo, 2011; Iszkulo, 2011) eta faktore abiotiko zein biotiko exogenoek (Martín-Benito *et al.*, 2012; Galvin *et al.*, 2014; Iszkulo, 2014). Haginaren inguruan, argi ikusi da indibiduen ezaugarriek eragin esanguratsua dutela taxazeo

honen sentikortasun klimatikoan: alde batetik, Cedro eta Iszkulok (2011) Polonian eginiko ikerketan, sexuen araberako hazkuntza erradial ezberdina erakutsi zuten, zuhaitz talde bakoitzak zituen eskakizun klimatiko ezberdinetan oinarrituz. Bestetik, aurreko urteko neguko tenperaturek nahiz hazkuntza urteko udarako prezipitazioek haginaren hazkuntzarekin korrelazio positiboa dutela ondorioztatu izan da (Moir, 1999; Cedro & Iszkulo, 2011; Iszkulo *et al.*, 2011; Galvin *et al.*, 2014), bai eta udarako tenperatura altuek negatiboki eragiten dutela ere (Moir, 1999; Yadav & Singh, 2002), batez ere ale emeetan (Cedro & Iszkulo, 2011; Iszkulo *et al.*, 2011).

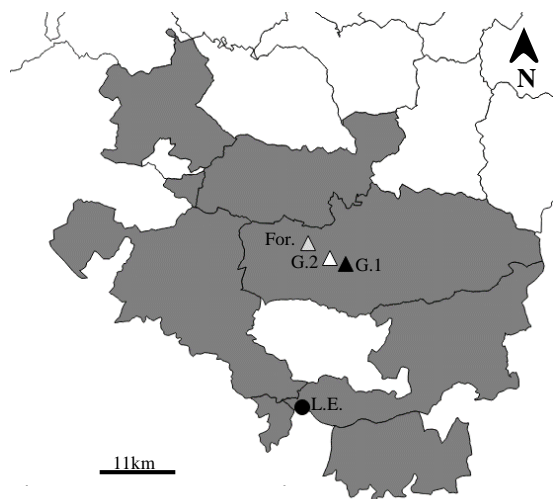
Horrela, ikerlan honen helburua, norbanakoen orientazioa kontuan hartuta, Eskualde Eurosiberiar eta Mediterraneoaren arteko mugan kokatutako hagin populazio baten azterketa dendrokronologikoa burutzea zen. Horretarako, mendiko hegal ezberdinetan hazitako azpipopulazioen hazkunde-eraztunak aztertu eta euren arteko sentikortasun klimatikoa konparatu ziren.

## **Materialak eta metodoak**

### ***Ikerketa area***

Azterlanerako hautatutako gunea Toloño-Kodes Mendilerroko Peña Bonbalatxi (30T 520537 4719063) izeneko mendi-gailur inguruan kokatzen zen, 1224 m-ko altitude maximoa hartzen zuena (Agirre *et al.*, 1997; Urrutia, 2016) (1. Irudia). Eremu honek, Iberiar Penintsula iparraldeko EAE-ko Arabako Mendialdeko eskualdea eta Errioxaren arteko muga besarkatzen zuen eta muga politikoa izateaz gain, banalerro

biogeografiko moduan ere jokatzen zuen. Mendilerrotik iparralderantz Eskualde Eurosiberiarra topa zitekeen, eramolde kantauriarrekoa eta hegoalderantz, berriz, Eskualde Mediterraneoan bereizten zen, mendiegal askoz ere mediterraneoagoekin (Agirre *et al.*, 1997). Horrela, klima iraganbidekoa zen, epel ozeanikoa eta mediterraneoaren artekoa, hain zuzen ere (Agirre *et al.*, 1997), urtean batez beste 11-12°C-ko tenperaturarekin eta 737-656 mm-ko prezipitazioekin (es.climate.data.org: Urizaharra eta Ábalos udalerrietako datuak, hurrenez hurren) (2. Irudia). Kareharrizko haitz hauetan landaredia

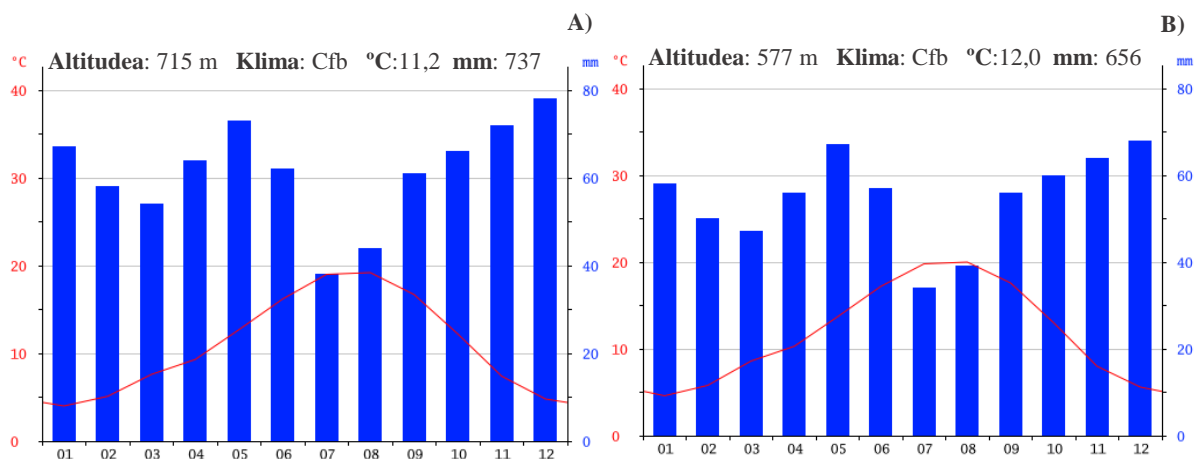


**1. Irudia:** Ikerketako puntu geografiko garrantzitsuak Arabako lurraldean zehar (eremu iluna). Laginketa eremua (L.E.) zirkulu beltzaz adierazita. Estazio meteorologikoak hirukiez adierazita. **For.:** Foronda-Txokiza; **G.1.:** Gasteiz 1.; **G.2.** Gasteiz 2.

ugaria eta anitza zen, lekuan lekuko topografiari oso lotua. Iparraldera orientatutako gune ospeletan, hezetan nabarmena zela-eta, pagadiak (*Fagus sylvatica*) ziren nagusi, eta hegoaldeko egutera, berriz, argitasun eta lehorte handiagorekin eraginez, ezpeletak (*Buxus sempervirens*) eta artadiak (*Quercus ilex* subsp. *rotundifolia*) beha zitezkeen (Agirre *et al.*, 1997).

### *Laginketa metodoa eta laginen tratamendua*

Ikertutako hagin populazioa orientazio geografikoaren arabera banandutako bi azpipopulaziotan zegoen egituratuta (ikus I. Eranskina). Guztien artetik, kokapen egokia eta irisgarria, enbor zuzena eta altuera adierazgarria zuten zuhaitzak hautatu eta aztertu ziren, hots, denera 18 ale (ikus II. Eranskina). Horietako lehen 13ak (RI01–RI13) iparraldera orientatutako pagadi ospelean kokatzen ziren, azken 5ak (RI14–RI18) hegal mediterraneoan edo mendiaren egutera zeuden bitartean. Garrantzitsua izan zen azpipopulazio araberako laginketa geruzatua gauzatzea, izan ere, gune geografiko bakoitzean baldintza ekologiko eta mikroklimatikoak nahiko ezberdinak ziren eta lan honen helburua zen, hain



**2. Irudia:** A) Urizaharra-Peñacerradako diagrama onbrotermikoa. B) Ábalos udalerriko diagrama onbrotermikoa. Bi irudietan, hileroko batez besteko tenperatura marra gorriaz, eta hileroko prezipitazio batura zutabe urdinez adierazita.

zuzen ere, faktore hauek urteroko hazkunderan zuten eragin diferentziala konparatzea.

Aleak aukeratu ondoren, laginak Pressler barrena erabilia lortu ziren (3. Irudia), ale bakoitzetik bi norabide ezberdinetako 5mm-ko diametrodun zurezko zilindroak erauziz. Gainera, lagindutako zuhaitzetan neurtutako parametroak honakoak izan ziren: zuhaitzaren altuera, lurrazaletik laginketa-punturainoko altuera eta enborraren diametroa laginketa-puntuan.

Enbor laginak plastikozko lastotxotan gorde eta lehortzen utzi ziren laborategian, agerian eta giro-tenperaturan. Beranduago, egurrezko egitura batzuetara kolaz itsatsi ziren hazkunde-eratzunak norabide transbertsanean kokatuz, eta egun batzuk pasata, pikor-tamaina ezberdineko lizpaperekin lixatu eta leundu ziren, laborategiko lupaz pareta zelularrak bereiz zitezkeen arte (Yadav & Singh, 2002; Riofrío, 2013) (4. Irudia).

### ***Kronologiaren lorpena***

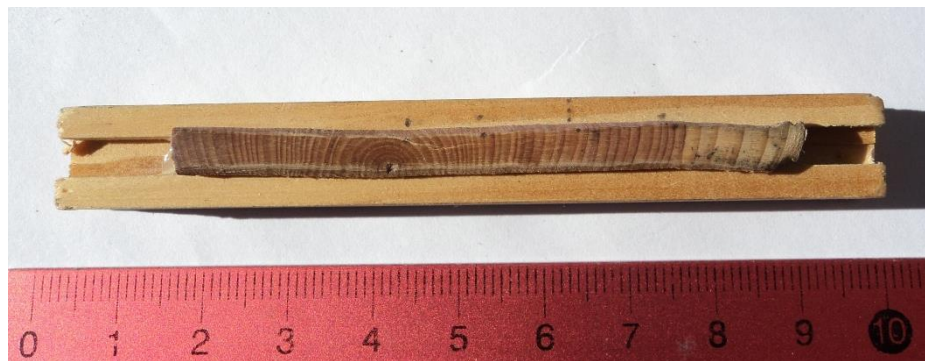
Hasteko, hazkuntza-eratzunen kontaketa (urte kopurua) eta laginaren datazioa gauzatu zen lupa binokularraren laguntzaz enborraren azaletik muinera denboran atzera eginez eta horren ostean, eratzun bakoitzaren zabalera neurtu zen zehaztasun handiko (0,001mm)



3. *Irudia*: Pressler barrena *Taxus baccata* ale baten enbor barnean. [www.tree-ring.co.uk-etik](http://www.tree-ring.co.uk-etik) lortuta.

desplazamenduzko VELMEX mikrometroa erabiliz (5. Irudia). Modu horretan, Measure J2X softwarearen laguntzaz lagin bakoitzetik urte-sekuentzia bat eraiki zen eta lortutako balioak urteroko hazkuntza gordinari zegozkien.

Bigarrenik, ale guztien hazkuntza-serieak kontuan hartuta, datazio gurutzatua edo interkorrelazioa testatu zen COFECHA V6.06P programa (Holmes, 1983) erabilia. Software honek serie-nagusi bat eraikitzen du neurtutako lagin guztien sekuentziekin eta ondoren, horietako bakoitzak (50 urteko segmentuka) eraikitakoarekin duen sinkronizazio-maila (edo adostasuna) adierazten da korrelazio koefizientea lortuz (Gutierrez, 2008; Riofrío, 2013). Modu horretan, ale bakoitzaren egokitasuna frogatzea



4. *Irudia*: RI04S laginaren argazkia. Eskuineko ertza enborraren azala zen eta ezkererantz joan ahala, enborraen muina beha zitekeen.





5. Irudia: Laginen datazio eta hazkunde-eraztunen lodieraren neurketarako erabilitako tresneria. Lupa binokularra eta VELMEX mikrometroa (0,001 mm-ko zehaztasuna).

lortzen zen. Aipatutako pausoa ondo burutzea ezinbestekoa zen ikerketako hurrengo analisiak modu egokian egin ahal izateko. Horregatik, programak gomendatutako datazio zuzenketak gauzatu eta korrelazio koefiziente baxuko ( $<0,3281$ ) urte-sekuentziak baztertu egin ziren, faktore klimatikoek eduki zezaketeen eragina areagotuz (Gutierrez, 2008; Riofrío, 2013). Dena den, ikerketa honetan, salbuespen gisa mugabaliotik behera zeuden sekuentzia zati batzuen korrelazio koefiziente ere erabili ziren, laginen serieak osotasunean aztertu ahal izateko. Hori horrela, guztira 33 egur-lagin erabili ziren ikerketako analisisetan.

Korrelazio adierazgarriko serieak lortuta, hurrengo zeregina lagin-talde bakoitzerako (egutera eta ospela) kronologia-nagusiak lortzea zen. Alde batetik, hazkuntza-eraztunen lodieradatu gordinak oinarri hartuta, batez besteko balioak kalkulatu eta hazkuntza erradialaren serie-nagusia lortu zen azpipopulazio bakoitzerako. Bestetik, ARSTAN programaren (Cook & Holmes, 1996) bitartez, balio erresidualen

kronologia-nagusiak estimatu ziren laginen estandarizazioaz baliatuz. Zuhaitzaren urteroko hazkundera faktore ezberdin ugarik (adinak, klimak edota disturbantzia gertaera ezberdinek) determinatzen dute (Cook & Kairiukstis, 1990), eta aldagai hauen artean elkarreraginik ez dagoela onartuta, posible da ikerketarako interesgarria denaren eragina areagotu eta bestea minimizatzea (Gutierrez, 2008) laginen estandarizazioa gauzatzeko. Kasu honetan, klimaren eragina azalertzeko, estandarizazio-prozesu bikoitza erabili zen; lehen urratsean, adinaren arabera hazkuntza-joeraren interferentzia ezabatzea lortzen zen, ale bakoitzaren hazkuntza-joerari hoberen doitzen zitzaion eredu matematikoa (esponentzial negatiboa, erregresio lineala...) aplikatuz. Bigarren urratsean, berriz, bestelako aldagai posible edo disturbantziek (lehiak, giza-eraginak, gertaera kontingenteek, etab.) hazkundera izan zezaketen eragina baztertzeko, leundutako *spline* funtzio bat aplikatu zitzaion hazkuntza-serieei. Tokian tokiko baldintzen arabera aipatutako disturbantziek maiztasun ezberdina erakusten zuten, erabili beharreko *spline* funtzioak ere periodikotasun horretara egokitu behar ziren, denbora-tarte ezberdinak hartzen zituzten funtzioekin saiakerak eginez. Ospeleko hagin azpipopulazioaren kasurako, hainbat urte-tarteko *spline*-rekin gauzatu ziren saiakerak (21, 28, 30, 31, 32 eta 33), eta ondorioztatu zen 32 urteko funtzioaren erabilera zela balio adierazgarri onenak erakusten zituenak. Eguterako zuhaitz taldearentzako, ordea, nahiz eta *spline* funtzio ezberdinekin saiatu (10, 15, 16, 20, 21, 22, 23, 28, 30, 31, 32 eta 33), ikusi zen funtziorik ez

erabiltzea (2. estandarizaziorik ez egitea) zela aukerarik onena eta esangarriena.

Azaldutako metodologia jarraituz, denboraren araberako sekuentzia-erresidualak, edota dendrokronologiaren arloan “hazkunde-indize” izena hartzen dutenak (Gutierrez, 2008) lortzen ziren, estandarizazio prozesuaren arabera espero beharko liratekeen hazkuntza-balioak eta laginean behatutakoak (lodiera datu gordinak) alderatzen zituztenak. Esperotako eta behatutako balioen arteko diferentzia klimaren eraginari atxikitzen zaio (Fritts, 1976; Gutierrez, 2008). Lagin guztien urteroko hazkuntza-indizea oinarri hartuta, batez bestekoak kalkulatu eta horrela, erresidualen kronologia-nagusi bakar bat (batez bestekoen sekuentzia) eraiki zen zuhaitz azpipopulazio bakoitzerako, hazkuntza orokorraren adierazle zena.

Bestalde, kronologia-nagusien fidagarritasuna eta balioa testatzeko hainbat aldagai hartu ziren kontuan: hazkuntza-datu gordinen sekuentziarako, 1. mailako autokorrelazioa (AC) eta kronologia-nagusiarekiko batez besteko korrelazio koefizientea ( $r$ ) erabili ziren. Autokorrelazioak hazkuntza-urte bakoitzean aurreko urteek duten eragina adierazten du, eta beraz, eraztun bakoitzaren independentzia-maila. Horregatik, AC balioak txikitu ahala urteen arteko menpekotasuna txikiagoa da. Kronologia-nagusiarekiko korrelazio balio altuek, ostera, lagin eta sekuentzia-nagusiaren arteko doikuntza ona erakusten dute. Hazkunde-indizeen sekuentziaren baliagarritasunerako, batez besteko sentikortasuna (Mean Sensitivity (MS)), hots, urte batetik besterako eraztun-zabaleraren aldakortasuna, zuhaitzen arteko batez besteko korrelazioa (rbt),

sekuentzia erresidual nagusiko 1. mailako autokorrelazioa (ACr), populazioko kronologiaren arteko adostasuna edo populazioak adierazitako seinalea (Expressed Population Signal (EPS)) eta 1. faktoreak azaldutako bariantzaren ehunekoa (%bar) aztertu ziren. MS balio altuek ingurune-baldintzen aurreko hazkuntza-aldakortasun handia, eta hortaz, zuhaitzen sentikortasun klimatiko altua erakusten dute.  $MS=0,2$  inguruko baliiodun kronologiak, sentikortasun esanguratsuko hazkuntza-serietzat hartzen dira (Riofrío, 2013). Era berean, rbt-a aleen arteko erlazioaren isla izanik, geroz eta balio altuagoek orduan eta hazkuntza-joera antzekoagoa erakusten dute euren artean. Halaber, ACr-a hazkunde-indizeen serieko eraztunen arteko menpekotasuna behatzeko baliagarria da. Azkenik, EPS-ak aztertutako seinalearen egokitasun estatistikoa adierazten duenez eta horrek azaldutako bariantzaren proportzioa ezaguna zenez, EPS altuek seinale klimatiko egokia dela adierazten dute, kronologia baliagarritzat hartzeko  $EPS>0,85$  izan behar delarik (Riofrío, 2013), eta faktore honek azaldutako bariantzaren proportzioa geroz eta handiagoa izan orduan eta seinale egokiagoa izanik.

### ***Datu klimatikoak***

Lan honetan analisi dendroklimatologikoa gauzatzeko erabili ziren aldagai klimatikoak 1984-ko urtarriletik 2014. urteko abendura arteko hilabeteroko batez besteko temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) eta prezipitazio-batura ( $\text{l/m}^2$ ) izan ziren. Hauek kalkulatzeko, datuak bi informazio-iturrik eskainitako hiru estazio meteorologiko ezberdinetatik eskuratu ziren (1. Irudia), izan ere, ez zegoen ikerketarako beharrezko denbora-tartea

osorik biltzen zuen estaziorik: Forondako-Txokiza estazio meteorologikoa (30 T 521641 4747739) (1984-2011 arteko datuak) (datosclima.es), laginketa gunetik 29 km-ra kokatzen zena, Gasteizko 1.estazio meteorologikoa (30 T 528098 4744184) (2014 urteko datuak) (datosclima.es), laginketa-eremutik 26 km-ra kokatua eta Gasteizko 2. estazio meteorologikoa (30 T 525408 4745144) (2012 eta 2013 urteko datuak) (Euskalmet), 26,5 km-ko distantziara aurki zitekeena.

Modu horretan, estazioek 1984-2014 bitartean jasotako eguneroko tenperatura eta prezipitazioak oinarri hartuta (2015-eko datuak osatugabeak zeuden), hileroko tenperatura batez bestekoak eta prezipitazio-baturak kalkulatu ziren banaka eta eskuratutako datuak analisi dendroklimatologikoan erabili ziren.

### ***Analisi dendroklimatologikoa***

Azkenik, zuhaitz laginetatik lortutako hazkuntza-indizeen sekuentzia nagusiak datu klimatikoekin erlazionatu ziren DENDROCLIM2002 programaren (Biondi & Waikul, 2004) laguntzaz. Honek, korrelazio-funtzioak eta erantzun-funtzioak eraikitzen ditu, Pearsonen korrelazio sinplean oinarritutako koefiziente unibarianteak edota osagai-nagusien erregresio-ereduan oinarritutako balio multibarianteak lortuz, hurrenez hurren (Riofrío, 2013). Eskuratutako balioen artean, soilik esangarriak zirenak hartu ziren kontuan ( $p < 0.05$ ).

Bi azpipopulazioen emaitzak konparagarriak izateko beharrezkoa izan zen analisisian denbora-tarte berdina erabiltzea. Ospeleko hagin-taldeak hazkunde-indizeen sekuentzian urte-tarte

esangarri luzeena (1984-2014) adierazi zuenez, hori erabili zen bi taldeen azterketa dendroklimatologikorako, nahiz eta eguterako zuhaitzen kasuan hazkunde-indize optimoa beste bat izan (1997-2014). Urte bakoitzaren analisirako, aurreko urteko irailetik hazkuntza-urteko abendura bitarteko denbora hartu zen kontuan (16 hilabeteko denbora-tarte), lan ugarik erakutsi baitute hazkuntza aurreko urteko faktore klimatikoen eragin esangarria eraztunen-hazkundean (Moir, 1999; Yadav & Singh, 2002; Rozas *et al.*, 2009; Cedro & Iszkulo, 2011; Iszkulo *et al.*, 2011; Riofrío, 2013; Galvin *et al.*, 2014).

### **Emaitzak**

Lehenik eta behin, lagindutako hagin ale guztiak ez ziren baliagarriak izan analisiak gauzatzeko, izan ere, hazkuntza-serieen interkorrelazioa edo sinkronizazioa egiterakoan, ospeleko RI05.2 eta RI08.2 laginek oso korrelazio txarrak adierazi zituzten kronologia nagusiarekin. Hori horrela, aipatutako bi sekuentziak baztertu eta ez ziren kontuan hartu ikerketan, guztira 18 zuhaitz eta 33 lagin erabiliz lana burutzeko. Hauen inguruko oinarrizko datuak II. Eranskinean daude eskuragarri.

### ***Datu orokorrak eta hazkuntza-kronologiaren deskribapena***

Aztertutako aleen artean, ospeleko haginek zuhaitz altuera eta enberraren diametroa laginketa-puntuan handiagoa erakutsi zuten batez beste eguterako azpipopulazioarekin alderatuz, altueraren kasuan, zehazki, lehenengo taldekoen balioa bigarren taldekoaren ia bikoitza izanik (1. Taula). Bestalde, lagin askotan enberraren muina hartu ez bazen ere, eta lortutako datazio guztiak

absolutuak izan ez baziren ere, ospeleko taldeko banakoek 157 urteko hazkunde-kronologia (1858-2015) osatzen zuten, eguterakoena 39 urtekoa (1976-2015) zelarik (1. Taula eta 6. Irudia). Kronologia horiek eraikitze, talde bakoitzeko lagin baliagarri guztien sekuentziak hartu ziren kontuan, urte bakoitzeko batez besteko hazkuntza erradialen balioak kalkulatu eta kronologia nagusi bakarra eraikiz kasu bakoitzean (ikus III. Eranskina). Oro har, aleek hazkuntza erradialaren kronologia nagusiarekin erakusten zuten korrelazioa nahiko ona zen (ospela:  $r=0,402$ ; egutera:  $r=0,499$ ), sekuentzia nagusiaren doikuntza egokia adieraziz.

Era berean, ezberdintasunak behatu ziren azpipopulazioen arteko eraztunen hazkuntza gordinean: serie nagusi osoak kontuan hartuta, iparraldera orientatutako hagin-taldeak

eguterakoak baino batez besteko hazkuntza erradial murriztagoa adierazi zuen (1,005 mm eta 1,6833 mm, hurrenez hurren). Gainera, bi taldeen artean amankomuna zen denbora tartea (1976-2015) soilik kontuan hartuta ere, ospeleko eraztun lodierak txikiagoa izaten jarraitzen zuen (1,3872 mm). Hala ere, 6. irudiko A) adierazpen grafikoan beha zitekeen bi azpipopulazioek erakusten zutela eraztunen lodiera emendio-joera denborak aurrera egin ahala, batez ere 1950. urtetik aurrera. Horrez gain, aurreko urteek eraztun sortu-berrien hazkuntzan zuten eragina nahiko altua zen (1.mailako autokorrelazio balioak: ospela:  $AC=0,651$ ; egutera:  $AC=0,558$ ), estandarizazio-prozesuz hazkunde-indizeen serieak lortzean nabarmenki murrizten zena (ospela:  $ACr=0,0314$ ; egutera  $ACr=-0,2366$ ).

**1. Taula:** Ikerketako *Taxus baccata* (L.) zuhaitzen datuak eta analisi estatistikoetan aztertutako aldagaien emaitzak. Laginak azpipopulazioka antolatuta (Ospela (RI01-RI13) eta Egutera (RI14-RI18)).

		OSPELA	EGUTERA
	<b>Lagin kop. (zuhaitz kop.)</b>	23 (13)	10 (5)
<b>Laginen datuak</b>	<b>B.b.ko altuera (m)</b>	6,05	3,46
	<b>B.b.ko diametroa (cm)</b>	18,10	12,65
	<b>Urte-tartea (erabilitakoa)</b>	1858-2015 (1984-2014)	1976-2015 (1984-2014)
<b>Kronologia gordina</b>	<b>B.b.ko hazkuntza erradiala (mm)</b>	1,0005	1,6833
	<b>AC</b>	0,651	0,558
	<b>r</b>	0,4020	0,4990
	<b>MS</b>	0,2836	0,2343
<b>Hazkunde-indizeen seriea</b>	<b>SD</b>	0,297	0,185
	<b>ACr</b>	0,0314	-0,2366
	<b>r<sub>bt</sub></b>	0,2660	0,5530
	<b>EPS</b>	0,8600	0,7780
	<b>%bar</b>	34,74%	70,35%

**B.b.ko altuera:** azpipopulazioko aleen batez besteko altuera totala. **B.b.ko diametroa:** laginak ateratako altueran, enborrek batez beste zuten diametroa. **Urte-tartea:** hazkunde-eraztun guztiak kontuan hartuta azpipopulazio bakoitzak erakutsitako denbora-tartea. Analisi dendroklimatologikorako egokiak ziren urte esanguratsuenak parentesi artean adierazita. **B.b.ko hazkuntza erradiala:** hagin talde bakoitzeko eraztun guztien hazkunde gordinaren batez bestekoa. **AC:** 1.mailako autokorrelazioa. **r:** aleen eta kronologia nagusiaren arteko korrelazio koefizientea. **MS:** batez besteko sentikortasuna. **SD:** desbiderapen estandarra. **ACr:** 1.mailako autokorrelazioa erresidualen sekuentzian. **r<sub>bt</sub>:** zuhaitzen arteko korrelazioa. **EPS:** populazioak adierazitako seinalea. **%bar:** 1.faktorek (klimak) azaldutako bariantza totalaren ehunekoa.

Gainontzeko estatistiko deskribatzaileak hazkunde-indizeen serieak eraikitzerakoan lortu ziren. Azpitaldeen batez besteko sentikortasun klimatikoaren balioak denbora-tarte ezberdinetan balio konstante eta esanguratsuetan ( $MS > 0,2$ ) mantentzen baziren ere (ospela:  $MS = 0,2836$ ; egutera:  $MS = 0,2343$ ), populazioak adierazitako seinalearen balioa (EPS) 0,85-etik beherakoa izan zen eguteraan, eta beraz, ez zen adierazgarria izan (1. Taula). Horrela, ospeleko EPS balioa 0,86-koa izan zen (serieko zuhaitz kopuru minimoa=17) eta eguterakoa, berriz, 0,788-koa (serieko zuhaitz kopuru minimoa=3). Halaber, seinale klimatikoak azaldutako bariantzaren proportzioak nahiko altuak izan ziren, honek bariantzaren %35 inguru azaltzen baitzuen ospeleko banako taldean, eta bikoitza eguterakoan (1. Taula). Azkenik, zuhaitzen arteko korrelazio koefizientea (r<sub>bt</sub>) ere aldatu egin zen eguterako aleetan optimoa ez zen urte-tartea hautatzerakoan, ospelean behatutakoaren bikoitza lortuz (ospela:  $r_{bt} = 0,266$ ; egutera:  $r_{bt} = 0,553$ ).

### ***Klima eta hazkuntzaren arteko erlazioa***

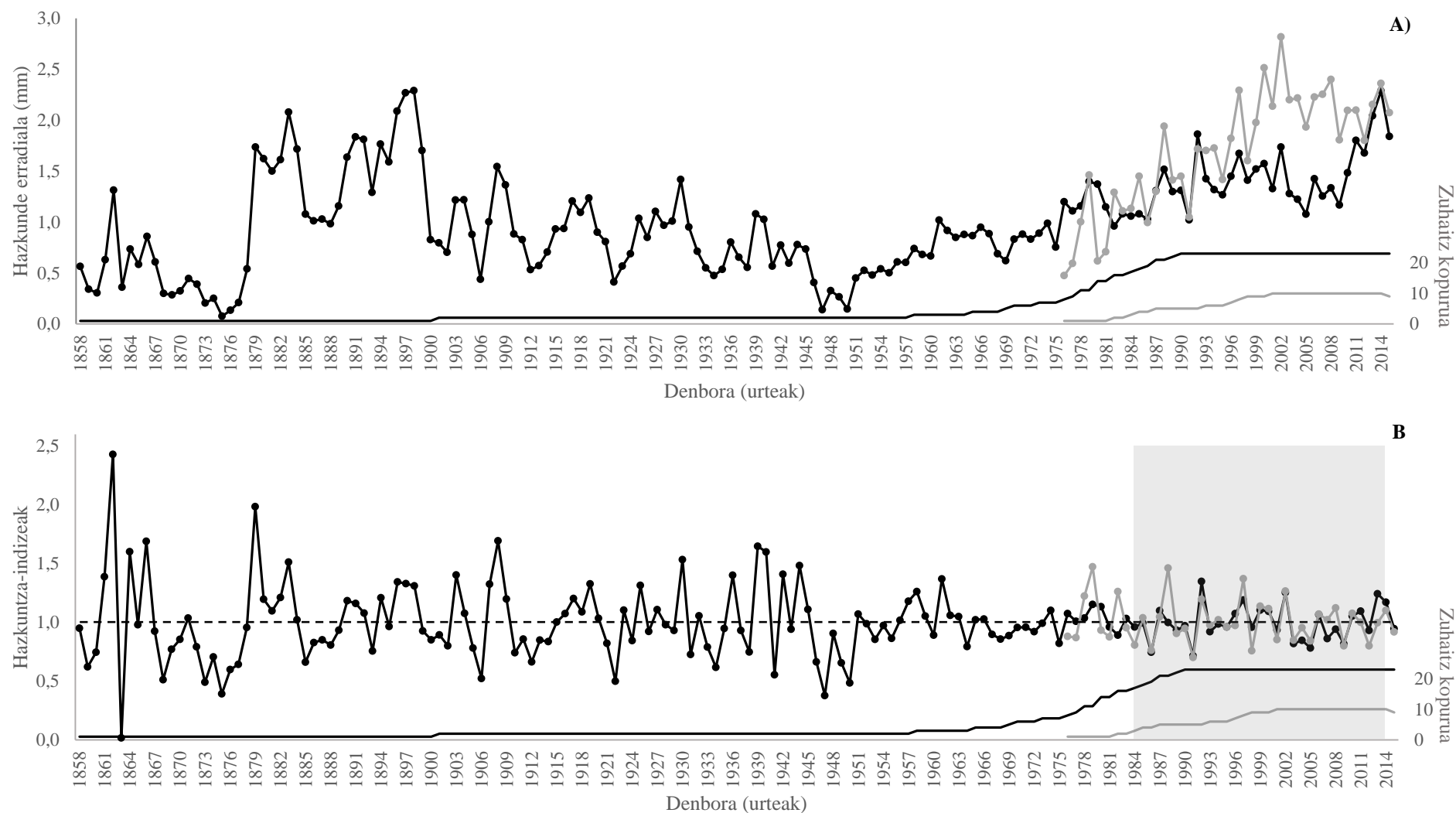
Garaiaren araberako antzeko erantzun klimatikoa erakutsi zuten bi taldeko aleek tenperatura eta prezipitazioen aurrean, nahiz eta estatistikoki adierazgarriak ( $p > 0,05$ ) ziren balioetan zenbait ezberdintasun adierazi (7. eta 8. Irudiak).

Alde horretatik, beraz, populazio-mailan eragin zuten aldagai klimatikoak eta zuhaitz talde bakoitzaren arabera erantzun ezberdina adierazi zutenak behatu ziren: batetik, hazkuntza-urteko udaberri erdialdeko (apirileko) tenperaturak edota udara hasiera (ekaina) eta erdialdeko (uztaileko)

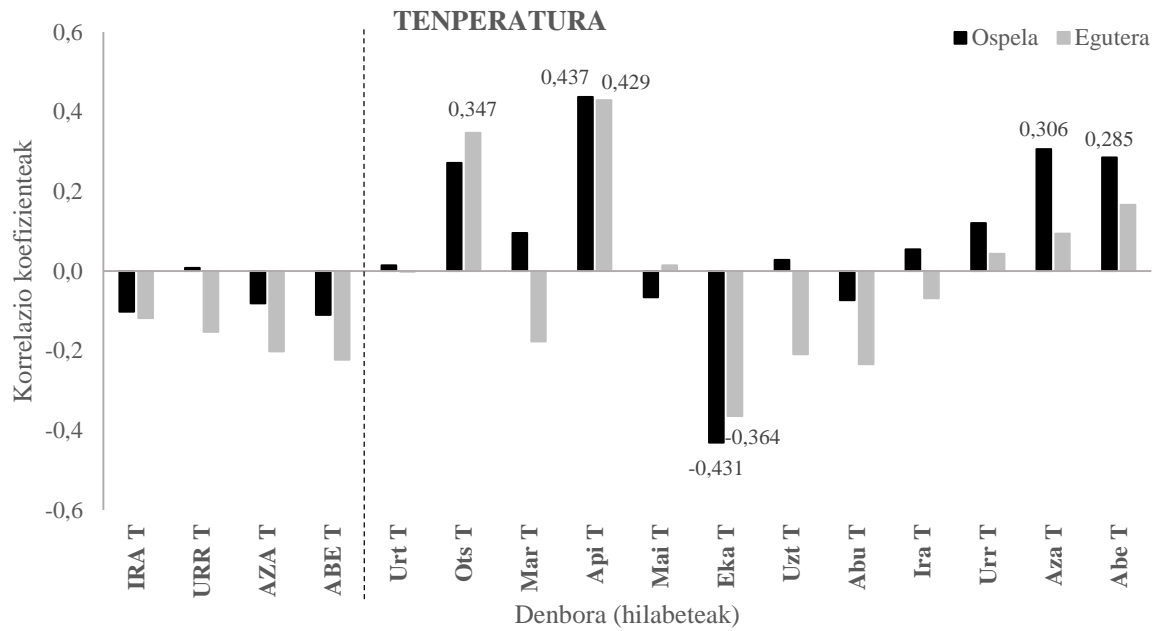
prezipitazioek korrelazio positibo estu eta esangarria erakutsi zuten hagin populazio osoan zehar (7. eta 8. Irudiak), eta ekaineko tenperaturak nahiz udazken hasierako (iraileko) prezipitazioek, berriz, negatiboa (7. eta 8. Irudiak). Bestetik, urte hasieran, negu amaierako (otsaileko) tenperatura eguterako azpipopulazioarekin soilik zegoen positiboki erlazionatuta eta urte bereko azken bi hilabeteetako, ordea, hegal atlantikorantz orientatutako aleekin (7. Irudia). Azkenik, prezipitazioek ere bestelako erantzun adierazgarriak erakusten zituzten ospeleko azpipopulazio-mailan, eraztunen sorrera-urte aurreko udazken erdialdean (azaroan) korrelazio positiboa eta hazkuntza-urteko udaberriean (apirilean) korrelazio negatiboa behatuz (8. Irudia).

### **Eztabaida**

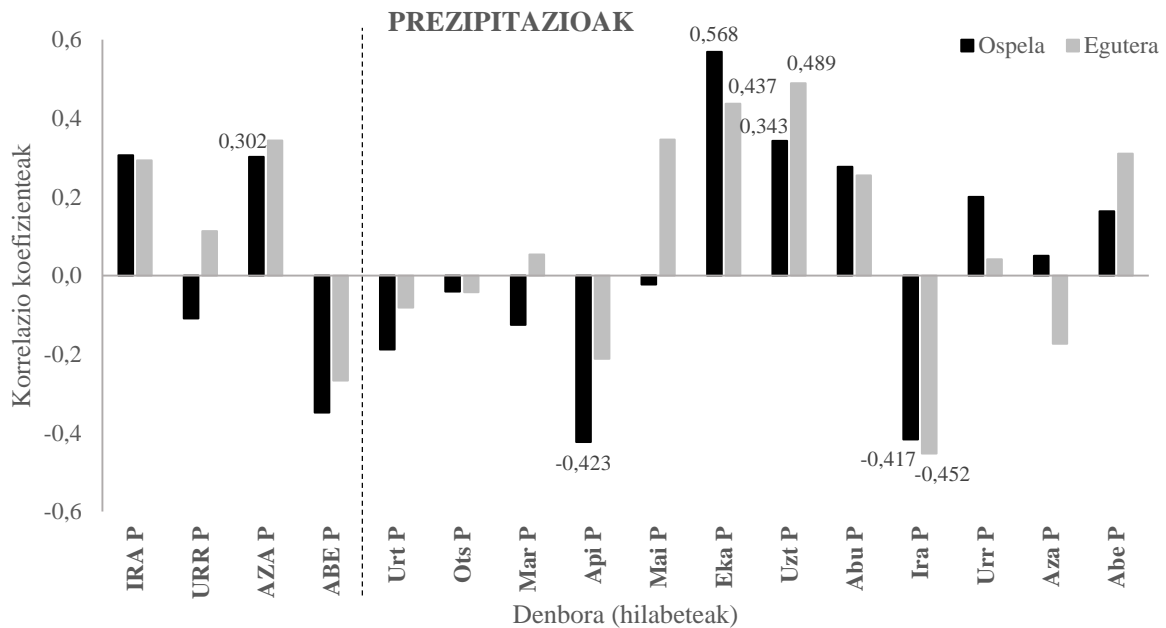
Araba eta Errioxa arteko mugako eremuan haginekin (*Taxus baccata*) egindako ikerketa dendrokronologiko honetan lortutako estatistiko deskriptiboen balioek adierazi zuten eraikitako kronologiak Europako beste herrialde eta zuhaitz espezieekin gauzatutako lanekin konparagarriak zirela. Hasteko, ikerlan honetan batez besteko sentikortasunean (MS) 0,2-tik gorako balioak lortu ziren kasu guztietan (1. Taula), landare espezie honekin egindako lanetako balioak (Yadav & Singh, 2002; Cedro & Iszkulo, 2011; Galvin *et al.*, 2014) parekatuz ala gaindituz, edota beste gimnospermo espezie mediterraneoen inguruan gauzatutako ikerketan behatutakoan (Rozas *et al.*, 2009; Riofrío, 2013) antzekoak eskuratuz, gutxi gora-behera. Hortaz, oro har, urte batetik bestera eraztun-hazkundearen aldakortasuna



**6. Irudia:** Hagin azpipopulazio bakoitzeko kronologia-nagusien adierazpen grafikoak. **A)** hazkuntza erradialen batez besteko balioen sekuentziak ospeleko taldean (beltzez) eta eguterako taldean (grisez). **B)** hazkuntza-indizeen edo erresidualen sekuentzia-nagusiak ospeleko azpipopulazioan (beltzez) eta eguterako azpipopulazioan (grisez). Laginetan behatutako hazkuntza eta estandarizazioz lortutakoak berdinak zireneko (indize erlatiboa = 1) joera marra eten horizontalaz adierazita. Eremu ilunaz adierazita analisi dendroklimatologikoa gauzatu zeneko denbora tartea (1884-2014). Grafiko guztietan, kasu bakoitzeko batez bestekoetan parte hartutako zuhaitz-ale kopurua eskuineko ordenatuen ardatzean adierazita (ospelean kop. max. = 23; eguteran kop. max. = 10).



**7. Irudia:** Tenperatura eta urteko eraztun-hazkuntzaren arteko erlazioa *Taxus baccata*-n. Beltzez ospeleko azpipopulazioaren korrelazio koefizienteen balioak eta grisez eguterako azpipopulazioarenak. Estatistikoki esangarriak ziren balioak ( $p < 0,05$ ) zutabean gainean idatzita. Hizki larriz idatzitako hilabeteak hazkuntzaren aurreko urteko hilabeteak ziren. Analisi dendroklimatiko honetarako, hazkunde-indizeen serieen 1984-2014 arteko denbora tartea hartu zen kontuan.



**8. Irudia:** Prezipitazioak eta urteko eraztun-hazkuntzaren arteko erlazioa *Taxus baccata*-n. Beltzez ospeleko azpipopulazioaren korrelazio koefizienteen balioak eta grisez eguterako azpipopulazioarenak. Estatistikoki esangarriak ziren balioak ( $p < 0,05$ ) zutabean gainean idatzita. Hizki larriz idatzitako hilabeteak hazkuntzaren aurreko urteko hilabeteak ziren. Analisi dendroklimatiko honetarako, hazkunde-indizeen serieen 1984-2014 arteko denbora tartea hartu zen kontuan.

nabarmena zen klimaren eraginez aztertutako (Yadav & Singh, 2002; Galvin *et al.*, 2014) populazioan. Era berean, hazkuntza-indizeen adierazitakoen paretsuak izan ziren (1. Taula), kronologietan aleek euren artean erakutsitako hegoaldera orientatutako azpipopulazioan korrelazio balioak (r<sub>bt</sub>), beste lan batzuetan bestearen balio bikoitza lortuz. Aipatutakoa,

beraz, bat zetorren Rozasek (2005) bere ikerlanean esandakoarekin, hots, orokorrean, zuhaitzen arteko batez besteko korrelazioak gora egiten duela estres klimatikoak gora egin ahala. Hirugarrenik, kronologia bat estatistikoki fidagarria izateko populazioak adierazitako seinalearen (EPS) balioa 0,85tik gora (Riofrío, 2013) kokatzen bada ere, 0,77-0,92 izaten da ohiko tartea kontinenteetan zeharreko baso epeletako zuhaitz espezie ezberdinetan (Rozas, 2005), eta hori horrela izanik, ikertutako haginaren populazioan behatutako emaitzak, esperotako balioen artean kokatu ziren (1. Taula). Esanak esan, lan honetan aztergai izan zen hagin populazioak faktore klimatikoen (tenperatura eta prezipitazioen) aurrean erakutsitako erantzunak eta sentikortasuna egokiak izan ziren, gauzatutako analisi dendroklimatikoaren denbora-tarte laburrekoa izan bazen ere.

Zuhaitz laginduen artean, ospeleko aleak zaharragoak ziren eguterakoekin alderatuz, hala erakusten baitzuten euren altuera eta enberraren diametroen neurriek, bai eta hazkunde-eraztun kopuru eta datazio-serieek ere (1. Taula). Dena den, iparraldera orientatutako hagineta hazkunde erradial murriztagoa behatu izana zenbait aletan behatutako adin luzearekin eta hauek datuetan izandako eraginarekin zerikusia zuen gertaera izan zitekeen, denbora pasa ahala eraztun-garapen motelagoa erakutsiz. Izan ere, Rozas eta lankideek (2009) *Juniperus thurifera* gimnospermoan ikusi zuten baldintza faboragarrietan zuhaitz gazteak helduak baino azkarrago hazteko gai zirela, horren atzean mugapen hidraulikoaren hipotesia eta ale zaharren aktibitate xilematiko berantiarren mekanismo fisiologikoak proposatzen

zituztelarik. Azken horri lotuta, Rossik eta bere taldekideek (2008) argi adierazi zuten gimnospermo espezie ezberdinetan kanbiumeko zelulen sorrera- eta diferentziazio-prozesuak atzerapen tenporala erakusten zutela indibiduo zaharretan, horrek hazkunde-saso laburragoa eta beraz, eraztun estuagoak (hazkunde erradial txikiagoa) sortzea eragin zezakeelarik.

Bestalde, nabarmena izan zen ikerketa eremuko azpipopulazio bakoitzean seinale klimatikoak azaldutako eraztun-hazkundearen inguruko bariantzaren proportzioaren arteko aldea, hegoaldera orientatutako banako taldeak, iparraldera orientatutako balioaren bikoitza adierazi baitzuen (1. Taula). Hori horrela, gerta zitekeen ospeleko zuhaitzetan faktore klimatikoez gain, lan honetan aztertu ez ziren aldagai gehiagok eragin nabarmena izatea eta denen arteko interakzioak haginaren hazkundera txikitzea, kontuan hartuta aipatutako banako taldea pagadi bateko espezie sekundario moduan agertzen zela, gerizpean eta gainontzeko espezieekin lehian, eta gizakiaren eragina baso honetan begi-bistakoa zela (zuhaitz mozketak, bakanketa...). Arrazoi horiek justifika zezaketen, beraz, spline funtzioa erabili behar izana soilik ospeleko azpipopulazioan, eguteren faktore sekundarioen eragina, eta batez ere gizakiaren esku-sartzea, minimoa izanik.

Aurrekoaz gain, aldaketa klimatikoaren zantzuak jada dendrokronologian ere azaleratu izan dira. Galvin eta lankideek (2014) aztertutako hagin populazioen eraztun zabaleraren emendioa, 1980. urtetik hona euren lurraldean behatutako tenperaturaren igoerarekin bat egiten zuela ikusi zuten, joera termiko horrek hazkunde garaia luza



zezakeela proposatuz. Ildo beretik, lan honetako datu klimatikoek nahiz Riofrío (2013) aurkeztutakoek, XX. mendeko erdialdetik gaurdaino tenperatura igoera garbia erakusten zuten, denbora tarte horretan Araba eta Errioxa arteko haginaren hazkunde erradialaren goranzko joerarekin bat egiten zuen gertaera, zehazki.

Arestian esan bezala, azterlan honetan hazkuntza-indizeek erakutsitako batez besteko sentikortasun balioak adierazgarriak izan ziren, zenbait espezie gimnospermoren inguruko analisi dendroklimatologikoetan Rozas eta lankideek (2009) nahiz Riofrío (2013) frogatu bezala, ale helduagoek klimarekiko erlazio estuagoa adieraziz. Horrekin bat eginez, nahiz eta bi zuhaitz taldetan antzeko erantzun joerak behatu, sasoi ezberdinetan zeharreko aldagai meteorologikoen gora-beherak eragin handiagoa izan zuten ospeleko hagineta (adinez helduagoak), behatu ziren azpipopulazio-mailako erantzun bereizgarri gehienak aipatutako zuhaitz taldean gertatu baitziren, eta prezipitazioa izan zen faktore klimatikorik erabakigarriena bi azpipopulazioetan, korrelazio koefizienterik altuenak eragin zituenak.

Hagineta populazio-mailako erantzuna sortzen zuten aldagai klimatikoak hizpide hartuta, alde batetik, hazkuntza urteko udaberri aldeko epeltasuna, antza, lagungarria zen ikerlan honetako haginaren garapenean, hau baitzen zuhaitz espezie honetan kimu begetatibo berriak azaleratu eta zur berria sortzen hasteko garai aproposa (Yadav & Singh, 2002), eta tenperatura altuagoek hazkunde-aldi goiztiarra, eta hortaz luzeagoa, eragiten baitzuten (Galvin *et al.*, 2014). Gainera, Rozas *et al.*-ek (2009) apirilko tenperatura altuek

eragindako hazkunde goiztiarra behatu zuten *Juniperus thurifera*-n. Horrela, udaberriko tenperaturei lotutako hemengo emaitzek, haginarekin gauzatutako beste lan batzuetan lortutakoarekin bat egiten zuten (Moir, 1999; Cedro & Iszkulo *et al.*, 2011; Iszkulo *et al.*, 2011). Bestetik, kasu honetan bezala, askotan adierazi izan da udara hasierako tenperatura altuek eragin negatibo argia dutela haginaren hazkunde-eraztunen lodieran (Moir, 1999; Yadav & Singh, 2002; Thomas & Polwart., 2003; Cedro & Iszkulo, 2011; Iszkulo *et al.*, 2011) nahiz bestelako espezie gimnospermotan (Rozas *et al.*, 2009; Riofrío, 2013), urtaro honek estres hidriko edo lehortegariarekin bat egiten baitu, landareen ebapotranspirazioa emendatuz, lurzoruko hezetasuna murriztuz eta ur-eskuragarritasuna txikituz. Hirugarrenik, gimnospermo espezie batzuetan hazkunde-garaiko ur-defizita eraztunen lodiera mugatzen duen faktore klimatiko nagusia da (Rozas *et al.*, 2009). Hori horrela, udarako prezipitazio eta hazkunde-eraztunen arteko korrelazio positibo eta estua dendrokronologian maiz behatu den gertaera izan da (Moir, 1999; Rozas *et al.*, 2009; Cedro & Iszkulo, 2011; Iszkulo *et al.*, 2011; Riofrío, 2013; Galvin *et al.*, 2014), zenbait ikerlanetan gimnospermoek sexuaren arabera eragin diferentziala ere erakutsi izan dutelarik (Rozas *et al.*, 2009; Cedro & Iszkulo, 2011; Iszkulo *et al.*, 2011). Hortaz, aztertutako bi hagin azpipopulazioetako erantzunek esandakoa indartzen zuten.

Edozein modutan, zuhaitz guztietan eragina izan zuten aldagai klimatikoak aztertzea bezain interesgarria izan zen azpipopulazioen arabera erantzun ezberdinak sortarazi zituztenak ikertzea,

hori baitzen lan honen helburu nagusia. Hala, ospeleko hagin taldeak sentikortasun klimatikorik handiena adierazi zuela jakinda, bertako aleek erakutsi zituzten erantzun bereizgarri gehien: hasteko, hazkunde-urteko udazken bukaeran tenperaturak ipar orientazioko azpitaldean izandako korrelazio positiboa nahiz otsaileko eragin onuragarria eguteraan, zuhaitzen adinarekin eta hazkuntza-aldiarekin egon zitezkeen erlazionatuta. Ale zaharrek hazteko sasoia berantiarra erakusten duten moduan (Rossi *et al.*, 2008), gerta zitezkeen urteko lehen hilabeteetako tenperaturek garrantzia gutxi izatea ospeleko haginrentzat, hauen kanibuma oraindik inaktibo legokelako negu amaieran, eguteraan une horretan aktibatzen hasiko litzatekzen bitartean. Horri lotuta, indibiduo zaharrek urte amaieran hazkunde-sasoia luzatzeko estrategia fisiologikoa garatu eta eraztunaren loditasuna emendatzen jarraitzea lor zezaketen beharbada, udaberria hasi aurreko atzerapena konpentsatuz. Prezipitazioei zegokienez, aurreko urteko udazkenean ospeleko hagineta erlazio esangarria baieztatuz, horren aldeko ebidentziak erakusten zituen lanik topa zitezkeen (Cedro & Iszkulo, 2011). Azkenik, hazkuntza urtean apirileko prezipitazioen eragin negatiboaren azalpena, lurzoru-mailan egon zitezkeen. Izan ere, Eusko Jaurlaritzak (2011) argitaratutako liburuan aipatzen da, Bertizen *Quercus robur* eta *Q. pyrenaica* espezieekin egindako ikerketa dendrokronologikoan urte hasierako prezipitazio ugariak lurzoru gehiegizko ur-metaketak eragin eta zuhaitzen udaberriko hazkuntza mugatzen zutela. Horren harira, gerta zitezkeen taxazeo espezie honetan ondorio berdinak topatzea Eskualde

Eurosiberiarreko mugan kokatutako azpipopulazioan.

## Ondorioak

*Taxus baccata* L. espezie gimnospermoak, beste zuhaitz espezie batzuen antzera, iraganeko klima aztertu eta honek landare organismoetan izandako eragina determinatzeko egoki bilakatzen duten hainbat ezaugarri biltzen ditu; 1000 urtetik gora bizitzera hel daitezkeen norbanakoak (Thomas & Polwart, 2003), eskualde eta altitude ezberdinetan agertzeko aukera (Serrá, 2009), edota faktore klimatikoen aurreko sentikortasun altua (Galvin *et al.*, 2014). Azken hamarkadetan taxazeo honekin egindako ikerlan ezberdinek (Moir, 1999; Yadav & Singh, 2002; Galvin *et al.*, 2014) argi utzi dute zuhaitzaren balio dendrokronologiko potentziala, lan honetan lortutako emaitzek ere hori sostengatuz. Are gehiago, zuhaitz espezie batek beste batzuen kronologiekin erakutsitako korrelazio interespezifiko esangarriak adieraztea, tokian tokiko ingurumen-baldintzen aldaketak aztertzeo guztiz ezaugarri gakoa bihurtu da dendrokronologiaren arloan (Galvin *et al.*, 2014), eta haginak hori lortzen duela ondorioztatu da hainbat lanetan (Moir, 1999; Yadav & Singh, 2002; Galvin *et al.*, 2014).

Amaitzeko, ikerketa honetan, oro har, hazkuntza erradial eta erantzun klimatiko joera paretsuak behatu ziren hainbat kasutan zuhaitz azpipopulazio ezberdinetan, hauetariko bakoitza orientazio eta eskualde biogeografiko ezberdin batean kokatuta egonda ere. Ziurrenik, Eskualde Eurosiberiarra eta Mediterraneoaren arteko mugan bi klimen arteko elkarreragina egongo zen.

Alabaina, zuhaitz taldearen arabera eragin ezberdina zuten aldagai klimatikoak ere topatu ziren, eremuko baldintza ekologikoen ondoriozkoak izan zitezkeenak. Honenbestez, egoera klimatiko berezi hauen eta espezie zehatz honen inguruko ezagutza dendroklimatiko zabaltze aldera, gisa honetako azterlan gehiago burutzea komenigarria litzateke, hagina paleoklimaren adierazle den neurri berean, berotze globalak etorkizunean utziko dituen ondorio klimatiko berri izateko giltzarri izan baitaiteke.

### Esker onak

Lehenik, nire eskerrak adierazi nahiko nizkieke Nere Amaia Lascuraini (EHU-ko ZTF-ko Landare-Biologia eta Ekologia Saileko irakasleari) eta Miren Atristain ikaskideari, haiekin lan egiteko interesa adierazi nien lehen unetik, proiektu honen parte izatea baimentzeagatik eta hainbeste naturzaleren lilura piztu duen zuhaitz magiko honen ezagule bihurtzeko aukera emateagatik.

Era berean, ikerlan hau aurrera atera ahal izateko jasotako laguntza eta prestutasuna eskertu nahiko nuke: Araba eta Errioxako lurraldeei, bertako hagin aleak aztertze emandako baimenagatik. EHU-ko ZTF-ko Landare-Biologia eta Ekologia Saileko laborategiari, ikerketako fase ezberdinetan bertan lan egiteko aukera emateagatik. Nere Amaia Lascuraini, nire lanaren zuzendaria izanik, jarritako interesagatik, proiektuaren inguruan egindako jarraipen eta berrikuspen ugariengatik bai eta emandako laguntza amaigabeagatik ere. Miren Atristaini, ikaskidea izanda eta mila egiteko edukita ere, edozein zalantzaren aurrean laguntzeko prest

zegoela adierazteagatik. Iñaki Irizarri, azterlaneko laginketan eskainitako ezinbesteko laguntzagatik.

Azkenik, nire familia eta lagunei, une zailenetan ere kemena emateko hitzak izateagatik, izandako pazientziagatik eta lan guzti hau egitea errazago bilakatzeagatik.

### Bibliografia

- Agirre I., Andueza B., Barruso P., Beneito J., Edeso J. M., Fernández J. A., Ibañez M., Gómez Piñeiro J., Meaza G., Núñez K., Portugal J. A., Sáez J. A. & Seguro C., (1997). *Lur entziklopedia tematikoa. Euskal Herriko Geografia: Araba*. LUR argitaletxea s.a. 436 pp.
- Arberas E., (2014). *Las raíces del tejo en Ayala*. Asociación Salvagoro 172 pp.
- Biondi F. & Waikul K., (2004). DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies. *Computers & Geosciences* 30: 303–311
- Carrer M. & Urbinati C., (2004). Age-dependent tree-ring growth responses to climate in *Larix decidua* and *Pinus cembra*. *Ecology* 85(3): 730-740
- Cedro A. & Iszkulo G., 2011. Do females differ from males of european yew (*Taxus baccata* L.) in dendrochronological analysis?. *Tree-ring Research* 67(1): 3-11
- Cook E. R. & Kairiukstis L. A., (1990). *Methods of dendrochronology. Applications in the environmental sciences. Chapter 3: Data analysis*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht
- Cook, E. R. & Holmes, R. L., (1996). *Users Manual for Program ARSTAN*. Laboratory of Tree-Ring Research. University of Arizona, Tucson, USA

- Cortés S., Vasco F., & Blanco E., (2000). *El libro del tejo* (*Taxus baccata* L.) *Un proyecto para su conservación*. ARBA. Madrid 336 pp.
- Euskal Meteorologia Agentzia (Euskalmet). <http://www.euskalmet.euskadi.eus/s07-5853x/eu/meteorologia/climatologia.apl?gen=S&e=8&campo=C040-Gasteiz#> (2016/06/18)
- Eusko Jaurlaritz, Ingurumen eta Lurralde Politika Saila. <http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r49-u95a/eu/u95aWar/especiesJSP/U95aEConsultaEspecie.do?u95aMigasPan=E,0,2;E,1,2,1,001,1;&pk=8040> (2016/06/06)
- Eusko Jaurlaritz, Ingurumen, Lurraldeen Plangintza, Nekazaritza eta Arrantza Saila, (2011). *Cambio climático: impacto y adaptación en la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Servicio central de Publicaciones del Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz 112 pp.
- Fritts H. C., (1976). *Tree Rings and Climate*. p. 567. Academic Press, New York
- Galvin S., Potito A. & Hickey K., (2014). Evaluating the dendroclimatological potential of *Taxus baccata* (yew) in southwest Ireland. *Dendrochronologia* 32: 144-152
- Gutierrez E., (2008). La dendrocronología: métodos y aplicaciones. in *Arqueología náutica mediterránea*. X. Nieto i M. A. Cau (eds.) pp: 303-315
- Holmes R. L., (1983). Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. *Tree-Ring Bulletin* 43: 68-78
- Iszkulo G., Jasińska A. K. & Sobierajska K., (2011). Dendroecological differences between *Taxus baccata* males and females in comparison with monoecious *Abies alba*. *Dendrobiology* 65:55-61
- Iszkulo G., Nowak-Dyjeta K. & Sękwicz M., (2014). Influence of initial light intensity and deer browsing on *Taxus baccata* saplings: a six year field study. *Dendrobiology* 71:93-99
- Jump A. S., Hunt J. M., Martínez Izquierdo J. A. & Peñuelas J., (2006). Natural selection and climate change: temperature linked spatial and temporal trends in gene frequency in *Fagus sylvatica*. *Molecular Ecology* 15(11): 3469-3480
- Martín-Benito D., Vincent K., del Río M., Muys B. & Cañellas I., (2011). Growth responses of West-Mediterranean *Pinus nigra* to climate change are modulated by competition and productivity: Past trends and future perspectives. *Forest Ecology and Management*. In press. doi:10.1016/j.foreco.2011.05.038
- Mérian P. & Lebourgeois F., (2011). Consequences of decreasing the number of cored trees per plot on chronology statistics and climate-growth relationships: a multispecies analysis in the temperate climate. *Canadian Journal of Forest Research* 41(12): 2413-2422
- Moir, A.K., (1999). The dendrochronological potential of modern yew (*Taxus baccata*) with special reference to yew from Hampton Court Palace, UK. *New Phytologist* 144: 479-488
- Olano J.M. & Peralta de Andrés J., (2009). 9120 Hayedos acidófilos atlánticos con sotobosque de *Ilex* y a veces de *Taxus* (*Quercion roboretraeae* o *Ilici-Fagenion*). En: V.V. A.A., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 71 pp.
- Pérez-Díaz S., López-Sáez J. A., Ruiz-Alonso M., Zapata L. & Abel-Schaad D., (2013). Holocene history of *Taxus baccata* in the Basque Mountains (Northern Iberian Peninsula). *Lazaroa* 34:00-00

- Riofrío J. G., (2013). Proyecto de Fin de Master: Análisis de los patrones de crecimiento radial de masas de *Pinus pinaster* Ait. en la respuesta a la variabilidad climática. *Master en Investigación de Ingeniería para la Conservación y Uso sostenible de Sistemas Forestales*. Universidad de Valladolid
- Rossi S, Deslauriers A, Anfodillo T & Carrer M. (2008). Age-dependent xylogenesis in timberline conifers. *New Phytologist* 177: 199–208
- Rozas V., (2005). Dendrochronology of pedunculate oak (*Quercus robur* L.) in an old-growth pollared woodland in northern Spain: tree-ring growth responses to climate. *Annals of Forest Science* 62: 209-218
- Rozas V., De Soto L. & Olano J. M., (2009). Sex-specific, age-dependent sensitivity of tree-ring growth to climate in the dioecious tree *Juniperus thurifera*. *New Phytologist* 182:687-697
- Serrá L., (2009). 9580\* Bosques mediterráneos de *Taxus baccata* (\*). En: V.V. A.A., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 64 pp.
- Spjut R., (2010). Overview of the genus *Taxus* (Taxaceae): The species, their classification, and female reproductive morphology. *The World Botanical Associates, Inc.* Available at: <http://www.worldbotanical.com/TAXNA.HTM>
- Thomas P. A. & Polwart A., (2003). Biological flora of British isles. *Taxus baccata* L.. *Journal of Ecology* 91: 489-524
- Tree-Ring Services, (2006). Yew tree ages estimates. <http://www.tree-ring.co.uk/Research/Yew%20Trees.htm> (2016/06/17)
- Urrutia J., (2016). <http://www.mendikat.net/com/mount/4281> (2016/05/24)
- Wani M.C., Taylor H.L., Wall M.E., Coggon P. & McPhail A.T., (1971). Plant antitumour agents VI. The isolation and structure of taxol, a novel antileukemic and antitumour agent from *Taxus brevifolia*. *Journal of the American Chemical Society* 93: 2325–2327
- Yadav R. R. & Singh J., (2002). Tree-ring analysis of *Taxus baccata* from the western Himalaya, India, and its dendroclimatic potential. *Tree-ring research* 58 (1/2): 23-29
- <http://datosclima.es> (2016/06/15)
- <http://es.climate-data.org/location/445551/> (2016/06/07)
- <http://es.climate-data.org/location/321386/> (2016/06/07)

## I. Eranskina: Laginketa eremuko mapa



**I. Irudia:** Ikerlano laginketa eremuaren kokapena mapan. Poligono bakoitza hagin azpipopulazio baten adierazle: handia ospeleko azpipopulazioa, txikia eguterako azpipopulazioa. Eremu barneko puntuak lagindutako zuhaitzei zegozkien (ospelean: RI01-RI13; eguteran RI14-RI18). Bi azpipopulazioen arteko marra Araba (iparraldean) eta Errioxa (hegoaldean) arteko muga politikoa.

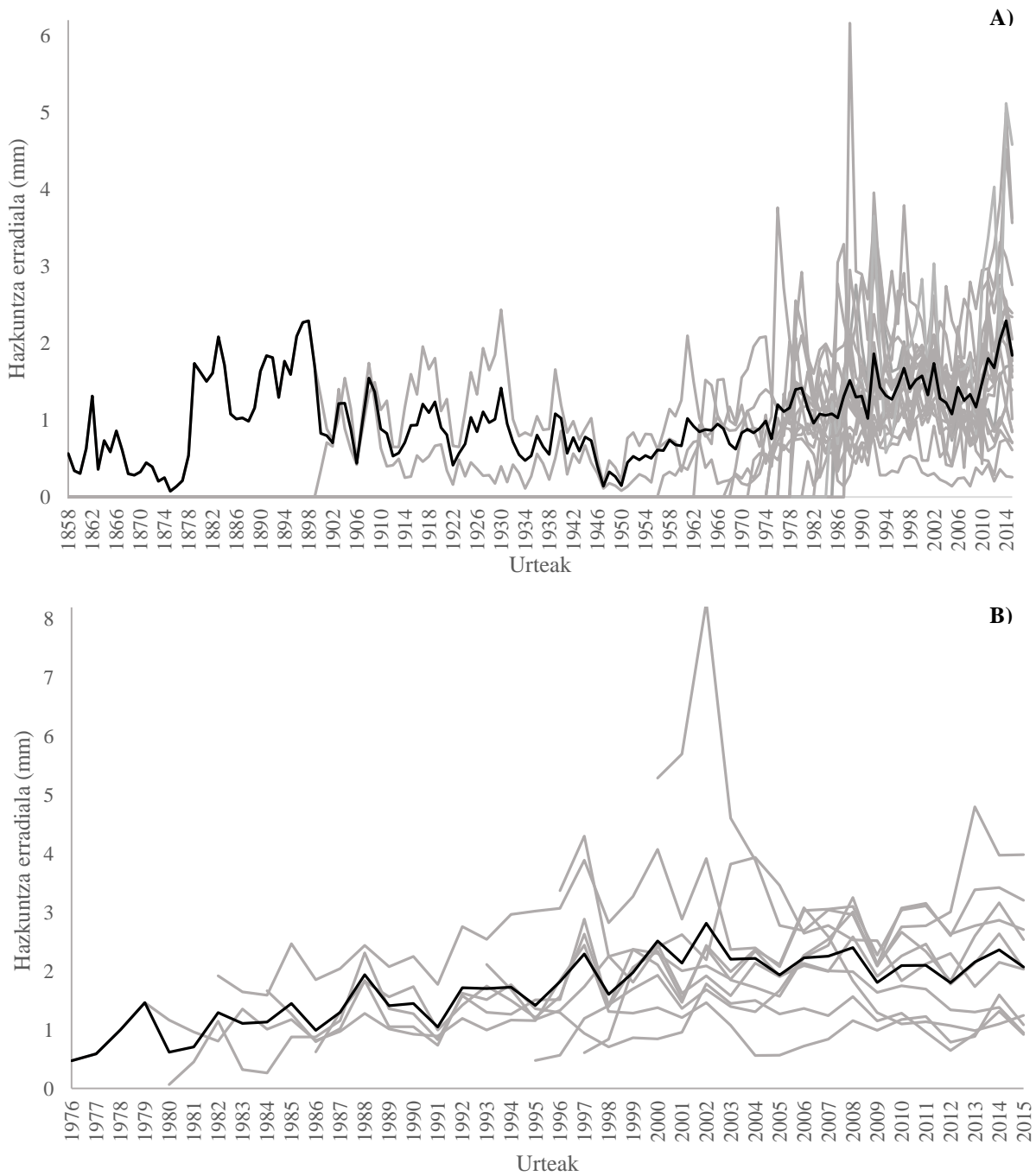
## II. Eranskina: Lagindutako zuhaitzen datu orokorrak

1. *Taula*: Lagindutako *Taxus baccata* zuhaitzen eta bertatik lortutako laginen datuak. Laginaren izeneko azken hizkiek erazutako norabidea adierazten zuten.

Lagina	Data	Neurtutako adina	Altuera (m)	Diametroa (cm)	Laginketa altuera (cm)	Sexua
RI01N	2016/01/21	1982-2015	5	12,5	90	♂
RI01W	2016/01/21	1979-2015	5	12,5	107	♂
RI02N	2016/01/21	1986-2015	6,25	9	96	♀
RI02SW	2016/01/21	1986-2015	6,25	9	97	♀
RI03NW	2016/01/21	1963-2015	4,7	17	34	♀
RI03S-SW	2016/01/21	1957-2015	4,7	17	33	♀
RI04N	2016/02/21	1972-2015	5,5	9	85	♂
RI04S	2016/02/21	1975-2015	5,5	9	111	♂
RI05SE	2016/01/31	1900-2015	10,5	37,7	54	♂
RI05.2*	2016/01/31	1906-2015	10,5	36	54	♂
RI06E	2016/01/21	1977-2015	6,2	13	107	♂
RI06S	2016/01/21	1988-2015	6,2	13	125	♂
RI07SE	2016/01/21	1983-2015	5,5	17,9	108	♂
RI08E	2016/01/21	1857-2015	11	60	97	♂
RI08.2*	2016/01/21	1739-2015	11	45	51	♂
RI09E1	2016/02/21	1981-2015	5	16,2	73	♀
RI09E2	2016/02/21	1988-2015	5	16,2	81	♀
RI09NW	2016/02/21	1985-2015	5	16,2	50	♀
RI10N	2016/02/21	1969-2015	5	11,1	75	♂
RI10E	2016/02/21	1968-2015	5	11,1	60	♂
RI11E	2016/02/21	1979-2015	4,5	11,8	40	♂
RI11W	2016/02/21	1977-2015	4,5	11,8	45	♂
RI12NW	2016/02/21	1975-2015	5	9,4	44	♀
RI12SE	2016/02/21	1979-2015	5	9,4	63	♀
RI13	2015/11/06	1981-2015	4	10,5	58,5	♂
RI14N	2016/04/20	1975-2015	3,1	9,8	60	♂
RI14E	2016/04/20	1984-2015	3,1	9,8	90	♂
RI15NW	2016/04/20	2000-2015	4,1	14,8	83	♂
RI15SW	2016/04/20	1982-2015	4,1	21,7	40	♂
RI16NW	2016/04/20	1997-2015	3,1	8,4	62	♀
RI16W	2016/04/20	1995-2015	3,1	8,2	40	♀
RI17NW	2016/04/20	1996-2015	3,5	13,5	41	♂
RI17E	2016/04/20	1992-2015	3,5	11,4	70	♂
RI18NE	2016/04/20	1986-2015	3,5	14,3	42,5	♀
RI18W	2016/04/20	1980-2015	3,5	14,6	57	♀

\*Kronologia nagusiarekin erakutsitako korrelazio balio txikiengatik ikerketan erabili ez ziren laginak.

### III. Eranskina: Laginen hazkuntza-serieen adierazpen grafikoak



**I. Irudia:** Ikerketan erabilitako azpipopulazioetako hagin ale guztien hazkunde-erradialen sekuentzien adierazpen grafikoa. **A)** Ospeleko zuhaitzen serieak (23 lagin, 13 zuhaitz). **B)** Eguterako zuhaitzen serieak (10 lagin, 5 zuhaitz). Bi irudietan, hazkuntza-serie indibidualak marra grisaz adierazita eta urteroko hazkunde-balioen batez bestekoetatik lortutako serie-nagusia marra beltzez adierazita.



