

eman ta zabal zazu



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea

GRADU AMAIERAKO LANA

Geografia eta Lurralde Antolakuntzako Gradua

2020/2021

ALDAKETA KLIMATIKOAK KUATERNARIOAN ETA BIOGEOGRAFIA HISTORIKOA: ERREFUGIO KANTABRIKOAK

Geografia, Historiaurrea eta Arkeologia Saila

Egilea: Aitor Fernandez Palacio

Tutorea: Josu Aranbarri Erkiaga

LABURPENA

Azken Ziklo Glaziarrean eta Holozeno hasieran zehar emandako aldaketa klimatikoek Ipar Hemisferioko flora, fauna zein giza populazioaren okupazioan bariazio ugari eragin zituzten. GRAL honetan, landare komunitate ezberdinek aldaketa hauen aurrean izandako erantzuna aztertu da. Horretarako, Iberiar Penintsulako iparraldean Goi Pleistozenoan eta Behe Holozenoan erradiokarbono bitartez datatu diren aztarnategien sekuentzia antrakologikoak bildu dira datu-base batean, hauekin analisi kronologiko eta estatistiko ezberdinak burutuz. Ikertutako datuek Azken Maximo Glaziarrean landare komunitate ezberdinek eskualde hau okupatu zutela adierazten dute, haien artean pinudiak, baso misto atlantikoak, artadi kantauriarra eta sastrakadi xero-heliofiloak esanguratsuenak izanik. Baldintza klimatiko gogorrenak eman ziren garaian, Azken Maximo Glaziarra bezala ezagutua, pinudiak eta sastrakadi xerofilo irekiak hedatuko dira, nahiz eta *Betula* edo *Quercus robur* bezalako taxoiak lokalki aurkitu kostaldeko eremuetan, hainbat elementu termo-Mediterraneorekin batera, hala nola *Quercus ilex* edota *Arbutus unedo*. Tardiglaziarrean zehar, eta Holozenoan bereziki, flora atlantikoak hedatu egingo da eskala erregional batean prezipitazioen eta tenperaturaren gorakadari erantzunez.

ABSTRACT

Changes in climatic conditions during the Last Glacial Cycle and the onset of the Holocene caused plenty of alterations in the Northern Hemisphere flora, fauna and patterns of human occupations. In this work, charcoal-based plant communities' response to climate variability has been explored. For this purpose, anthracological sequences coming from Northern Iberian deposits dated back to Late Pleistocene and Early Holocene have been collected in a database and a series of chronological and statistical analysis have been made. The reviewed data shows that a variety of plant communities coexisted across the Last Glacial Period, comprising pinewoods, atlantic mixed forest, cantabrian holm-oak and xero-heliophilous shrubs. During the most harsh climate phase, namely the Last Glacial Maximum, pinewoods and open xero-heliophilous communities are spread in the region, although taxa such as *Betula* or

Quercus robur were locally present in the coastal environments, together with thermo-Mediterranean elements such as *Quercus ilex* or *Arbutus unedo*. During the Lateglacial, and specially during the Holocene, Atlantic flora is spread regionally as a response to increased rainfall and temperatures.

AURKIBIDEA

1. SARRERA	4
2. LANAREN HELBURUAK	8
3. ESPARRU GEOGRAFIKOA	9
4. METODOLOGIA	13
4.1. Ikerketa bibliografikoa eta datu basearen eratzea	13
4.2. Analisi kronologikoa	18
4.3. Analisi estatistikoa	18
5. EMAITZAK	19
5.1. Analisi kronologikoa	19
5.2. Analisi estatistikoa	21
6. EZTABAIDA	26
6.1. Glaziazio aurreko mosaiko paisaiak Kantauri Isurialdean (pre- 29 k.a.)	26
6.2. Azken Maximo Glaziarra: landaretza xero-heliofiloaren garapena eta errefugio kantabrikoak (29 – 18 k.a.)	27
6.3. Tardiglaziarreko landaretza atlantikoaren berreskurapena (18 – 11,7 k.a.)	28
6.4. Holozenoko baso misto atlantikoaren dominioa (11,7 – 7,5 k.a.)	29
7. ONDORIOAK	30
ERANSKINAK	32
BIBLIOGRAFIA	37

1. SARRERA

Kuaternarioa, eskala geologikoko azken sistema edo periodoa da. Duela 2,58 milioi urte hasi zen, Pliozenoa amaitzerakoan, eta gaur egun arte irauten du, nahiz eta honen iraupenaren inguruan eztabaida asko egon den (Cearreta, 2016). 2009 urtean, *International Union of Geological Sciences* (IUGS) erakundeak Kuaternarioaren oinarria duela 2,58 milioi urtetan ezartzea erabaki zuen, *International Commission on Stratigraphy* (ICS) organizazioak hala onartu ostean (Silva eta al., 2017).

Kronologia hori aukeratzeko arrazoien artean mundu mailan duela 2,8 eta 2,4 milioi urte artean gertaturiko aldaketak daude, abiapuntu bezala Panamako Istmoaren itxiera eta honen ondoren emandako ajuste biofisikoak hartzen direlarik, hala nola, Ipar Hemisferioaren glaziazio progresiboa, Europa zentraleko fauna eta flora azpitropikalaren migrazio eta desagertzea, eta *Homo* generoaren agerpena, besteak beste (Bardají & Zazo, 2009; Silva et al., 2017). Guzti honek, Neogenoan zehar, eta batik bat, Goi Miozenoan eta Behe Pliozenoan emandako ezaugarri klimatiko epelekin apurtzen du (Alcalde Olivares et al., 2004), eskala geologikoan periodo berri bat definituz.

Kuaternarioan zehar gertatutako ingurumen aldaketa honen atzean ere jatorri astronomikoa dago. Izan ere, lurraren parametro orbitaletan ematen diren aldaketa ziklikoen ondorioz, intsolazio baloreen bariazioak modulatzeko dituzte, nabarmenak izanik ezberdintasunak bi hemisferioen artean (Uriarte Cantolla, 2003). Aldaketa horiek Milankovitchen Zikloek eragiten dituzte eta hiru izango dira parametro nagusienak: lurraren orbitaren eszentritatea (ziklo 1 100.000 urtero), inklinazio mugimenduak (ziklo 1 41.000 urtero) eta Lurraren errotazio ardatzaren pezesio ajustea (ziklo 1 23.000 urtero). Parametro hauen konbinazioak, planetaren gainazalera heldutako erradiazio aldaketak modulatzeko gain, intzidentzia mailan eta urtarotasunean izango du zuzeneko eragina (Silva et al., 2017).

Kuaternarioaren periodizazioari dagokionez, bi epokatan banatzen da (1. Irudia): Pleistozenoa (2,58 M.a. – 11,7 k.a.) eta Holozenoa (11,7 k.a. – gaur egun) (Silva et al., 2009). Aldi berean, bi epoka hauek pisu ezberdinetan banatzen dira. Behe Pleistozenoa (2,58 – 0,774 M.a.) bi estaietan banatuta dago: Gelasiarra (2,58 – 1,80 M.a.) eta Calabriarra (1,80 – 0,774 M.a.), eta beste bi pisuak Erdi Pleistozenoa (774 – 129 k.a.) eta



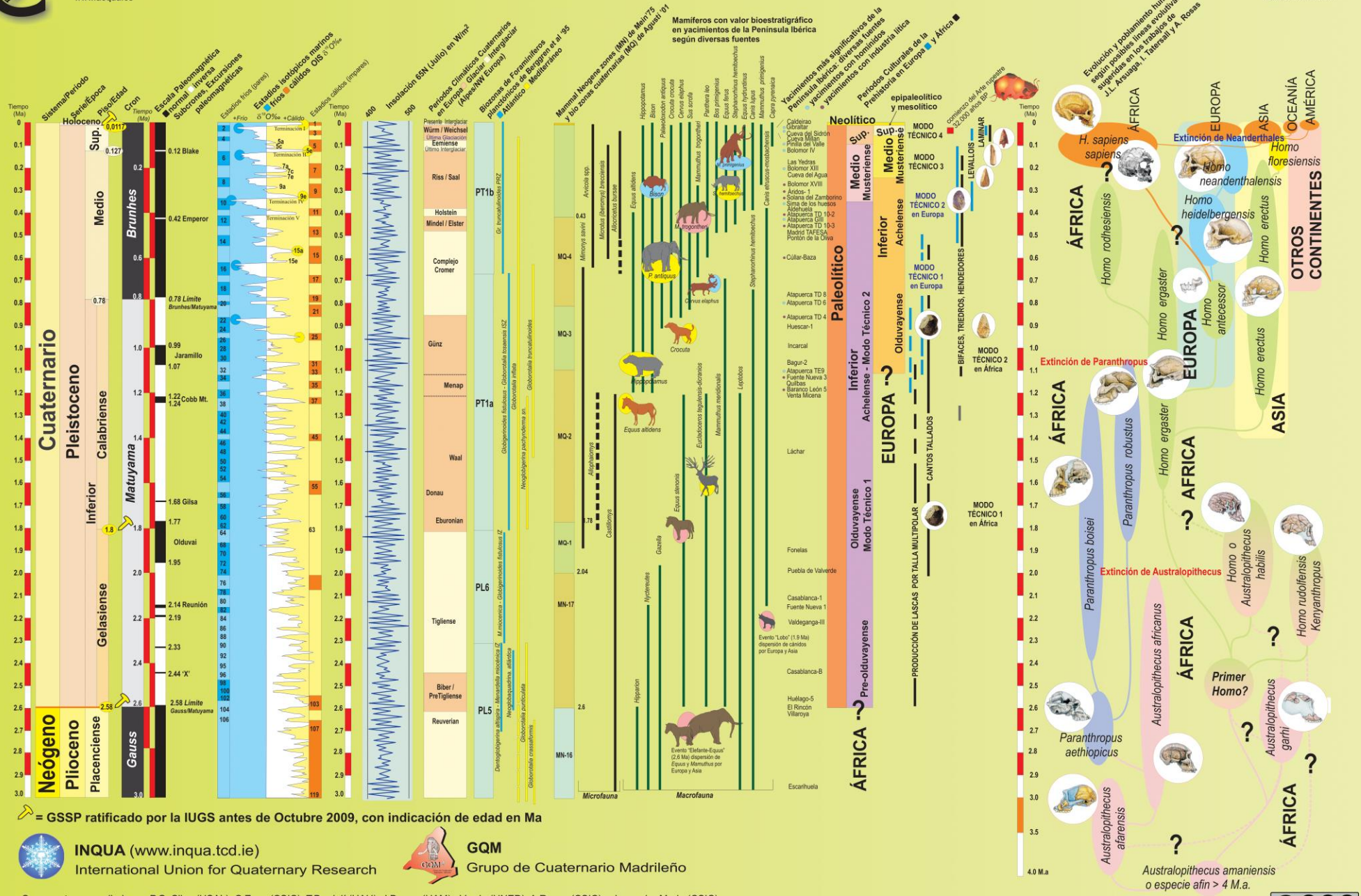
AEQUA

Asociación Española para el Estudio del Cuaternario
www.aequa.es

Tabla Cronoestratigráfica del Cuaternario de la Península Ibérica, v.2



Ciencias de la Tierra para la Sociedad
Es una contribución de AEQUA al
Año Internacional de la Tierra 2008
Segunda Edición, Octubre 2009



🔑 = GSSP ratificado por la IUGS antes de Octubre 2009, con indicación de edad en Ma

INQUA (www.inqua.tcd.ie)
International Union for Quaternary Research

GQM
Grupo de Cuaternario Madrileño

Compuesta y compilada por P.G. Silva (USAL), C.Zazo (CSIC), T.Bardaji (UAH), J.Baena (UAM), J.Lario (UNED), A.Rosas (CSIC) y J. van der Made (CSIC)

Citar como: Silva, P.G.; Zazo, C.; Bardaji, T.; Baena, J.; Lario, J.; Rosas, A., van der Made, J. (2009). Tabla cronoestratigráfica del Cuaternario de la Península Ibérica, v.2. AEQUA, www.aequa.es



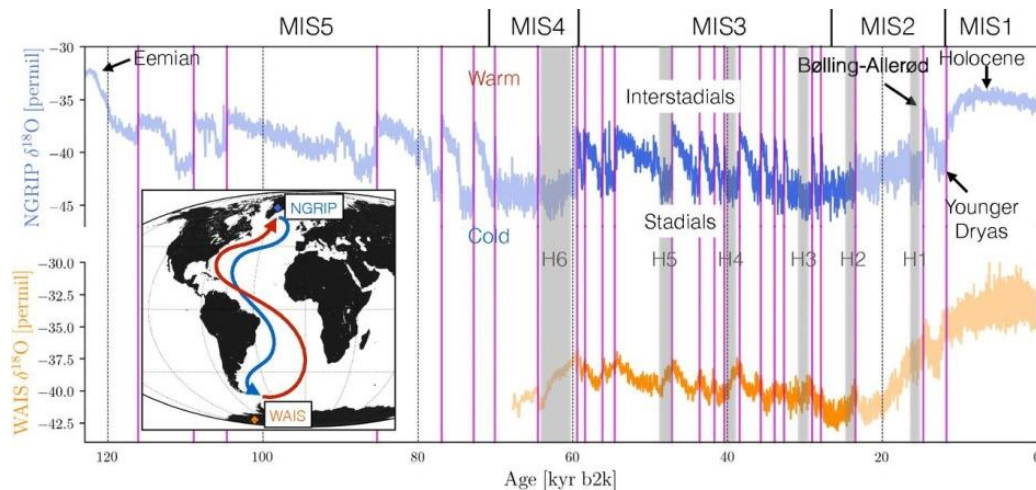
Goi Pleistozenoa (129 – 11,7 k.a.) dira, hurrenez hurren. Periodo guzti hauetan zehar emandako ziklo glaziar eta interglaziarrak, Itsas Estadio Isotopikoen (Estadios Isotópicos Marinos edo MIS, ingelesezko siglak) bidez adierazten dira, foraminifero bentonikoek erakusten duten oxigenoaren balore isotopikoetan ($\delta^{18}\text{O}$) isla izango dutelarik (Silva et al., 2017). Hortaz, paleotermometro gisa erabili daiteke informazio hau, kurba globalen bitartez adierazten delarik (Lisiecki & Raymo, 2005). Zenbaki bakoitia duten MIS edo interestadialak, periodo epel interglaziarrak adierazteko erabiltzen dira (balore isotopiko altuagoak). Zenbaki bikoitia dutenak, aldiz, tenperatura baxuagoko aldi glaziarrak (balore isotopiko baxuagoak) errepresentatzen dituzte estratigrafia globalean (Silva et al., 2017).

Goi Pleistozenoa azken aurreko glaziazioaren ostean hasten da, hau da, Azken Interglaziarrarekin batera, MIS 5aren oinarria ezarriz (2. Irudia). IUGS erakundeak oraindik ez du ofizialki GSSP (*Global Stratotype Section and Point*) bat onartu, nahiz eta ICS erakundeak duela 127,2 – 129 k.a. inguruan kokatzea proposatu duen. Periodo hau, Eemiense interglaziarra bezala izendatua, azken beroaldi ezagunena izango da Ipar Hemisferioan zehar, aldaketa nabariak suposatuko dituelarik sistema naturalen dinamikan (Moreno et al., 2017). Garai honetan tenperaturen igoera eta prezipitazioen gorakada emango da (Uriarte Cantolla, 2003), Groenlandia eta Artikoaren ia guztizko urtea (Van de Berg et al., 2011), transgresio fase ezberdinekin erlazionatutako aldaketa geomorfologikoak kostaldean (González-Amuchastegui, 2000) eta megafauna beroaren nagusigoa Europa mailan (Van Kolfschoten, 2000) eragingo dutelarik, beste ondorio batzuen artean. Honez gain, Behe Paleolitotik Erdi Paleolitorako trantsizioa emango da Azken Interglaziarraren amaieran (Silva et al., 2017).

Azken Interglaziarra amaitzerakoan (75 k.a.) Würm glaziazioa hasiko da eta honek hiru estadio isotopiko barneratzen ditu. Periodo kronologiko hau izango da, Holozenoaren hasierarekin batera, GRAL honen jomuga. Garai honek estratigrafia konplexua erakusten du, hurrengo paragrafoetan adieraziko den bezala (2. Irudia).

MIS 5 eta MIS 4 aldien arteko trantsizioan (75 – 60 k.a.), glaziarren hazkunde progresibo bat emango da Ipar Hemisferioan, parametro astronomikoek udan intsolazioa baxua izatea ekarriko baitute, izotzaren akumulazio progresiboa emango delarik (Doughty et al., 2021). Ondoren, MIS 3 aldia duela 60 – 28 k.a. bitartean luzatzen da. Klima globala lehorra da orokorrean, baina aldaketa ugari gertatzen dira.

Bariazio horien artean, MIS 4 eta MIS 3 artean emandako berotze/hozte oszilazio azkarrak daude, Dangaard-Oeschger deituriko zikloekin kointziditzen dutelarik (Boers et al., 2018). MIS 2 estadia edota Azken Maximo Glaziarra duela 28 k.a. hasiko da eta 11,7 k.a.-raino iraungo du, izotz masen hazkundera eta itsas mailaren erregresio globala emango delarik. Aldi garrantzitsua da mundu mailako kliman, eragin nabaria izango duelarik ekosistemen dinamikan (Moreno et al., 2017).



2. Irudia. Azken Ziklo Glaziarren stratigrafia globala. Iturria: Boers et al., 2018.

18 – 11.7 ka tartea Tardiglaziarra bezala ezagutzen da. Momentu honetan, temperatura eta prezipitazio gorakadaren ondoren, ekosistemak progresiboki errekuperatzen hasiko dira, baita itsas maila ere. Honez gain, Kantauri Isurialdean aski ezaguna den Madeleine kultura garatuko da (Silva et al., 2017). Tardiglaziarren amaiera duela 12,8 – 11,7 k.a. inguruan emandako aldaketa klimatikoarekin batera kokatzen da, Holozenoari hasiera emango dion *Younger Dryas* gertaera hotzarekin, hain zuzen ere (Dansgaard et al., 1989).

Holozenoak MIS 1a definitzen du. Kuaternarioaren epoka berriena da eta aldaketa nabarmen bat suposatuko du bai klimatikoki, ekologikoki eta baita giza populamenduari dagokionez (Silva et al., 2017; Bardají, 2018). Nahiz eta epoka estable bezala kontsideratua izan den, erresoluzio handiko erregistro paleoambientalek hainbat aldaketa klimatiko azkar detektatu dituzte (Mayewski et al., 2004). Horien artean 8 eta 4 k.a. artean emandako alderanzketa klimatikoak izango dira esanguratsuak, inplikazio nabariak izango dituztelarik esfera sozio-ambientalean (Mercuri et al., 2011). Honebestez, Holozenoa hiru pisutan banatzen da: Groenlandiensea (11,7 – 8,2 k.a.), Norgripiensea (8,2 – 4,2 k.a.) eta Megalayensea (4,2 k.a. – gaur egun) (Bardají, 2018).

Giza populazioari dagokionez, *Homo sapiens* espeziearen lehen agerpena duela 40 k.a. emango da Europan (Hoffecker, 2009). Garai honetatik aurrera Kantauriar Isurialdean aztarnategi arkeologiko ugari aurkitu dira, periodo krono-kultural ezberdinekin erlazionatu direlarik, hala nola, Aurignac kultura (39 – 27 k.a.), Gravetierra (27 – 20 k.a.), Solutrearra (21 – 16 k.a.) eta Madeleine kultura (17,5 – 11,5 k.a.) (Silva et al., 2017). Aipatzekoa da ere, *Homo neanderthalensis* populazioaren eta kultura Musteriarraren desagertzea ere gure zonaldean 41 – 39 k.a. inguruan emango delarik.

Mesolitikoa (12 – 7,5 k.a.) *Younger Dryas* fase hotza bukatu bezain pronto garatzen da, eta gizarte ehiztari-biltzaileen ezarkuntza dakar, testuinguru paleoanbiental berri batean (Silva et al., 2017).

Giza populamendu dentsu eta denboran jarrai honen arrazoia, Errefugio Pleistozenoren Teoriaren arabera azaldu daiteke hein batean. Kuarternarioan zehar emandako aldi lehor eta hezeen oszilazioak landaretza tropikalaren fragmentazioa eragin zuen, populazio isolatueta bereizketa genetikoa eta espeziazioa eraginez eta, ondorioz, gaur egun habitat hauetan ikusi daitekeen dibertsitate handia azalduz (Connor, 1986). Gainera, hipotesi honen arabera, Pleistozenoan emandako estadialen momentu gorenean, gaur egun Europan zehar hedatzen diren espezie epelak, hegoaldeko penintsuletako –Iberia, Italia eta Balkanak– klimatikoki egokiak ziren eremu txikietan biziraun zuten (Médail & Diadema, 2009). Glaziarren maximoetan fauna eta flora epelak existitu zezakeen lokalizazio berezi eta bakar hauek izendatzeko “errefugio glazial” (*glacial refugia*) terminoa erabili izan da (Bennet & Proyan, 2008). Ez da harriztekoa, beraz, giza populazioak fauna eta flora honen “oasi glaziarrak” aprobetxatu izana (Jones et al., 2020).

2. LANAREN HELBURUAK

GRAL honen helburua Goi Pleistozenotik Behe Holozenoraino emandako bariazio klimatiko ezberdinek Iberiar Penintsulako eremu Eurosiberiarreko landaretzaren dinamika aztertzea izango da. Hori lortzeko asmoz, analisi bibliografiko sakon bat burutu da, literatura nazional zein internazionalen argitaratutako datu paleobotaniko ezberdinak kontsultatuz. Eskuratutako datuen analisi kronologiko eta estatistikoak

landaretzaren bilakaeraren berri emango digu, bereziki interesgarria den errefugioen portaera ezagutzeko asmoz.

Aipatzekoa da ere, nahiz eta GRALaren testuinguruak datu antrakologiko eta arkeologikoak izan oinarri, Kuaternarioko biogeografia historikoan ohikoa den metodologia jarraitu dela. Ikusiko den bezala, helburua landaretzaren dinamika ulertzea izango da eta ez gizakiaren portaera aztertzea.

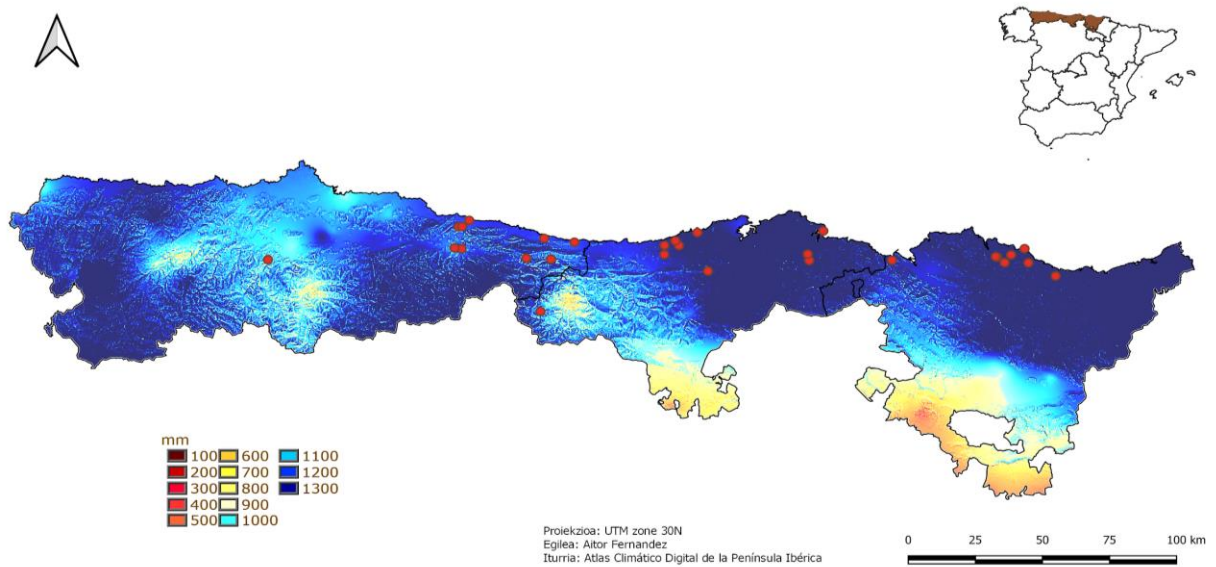
3. ESPARRU GEOGRAFIKOA

Aztergai dugun eremua Iberiar penintsulako iparraldea izango da, Kantauriar eskualdea, eta horretarako Asturias, Kantabria eta Euskal Autonomia Erkidegoko aztarnategiaetako datu paleobotaniko zein geokronologikoak erabili dira. Eremu hau hautatzearen arrazoia datuen eskuragarritasuna eta hauen logika espaziala izan da.

Ikuspuntu geologiko batetik, Kantauriar eskualdea Piriniar Mendikatearen unitate geologikoaren mendebaldean dago kokatuta, Kantauriar Mendilerroan hain zuzen. Eremu honen barnean bi zonalde ezberdin desberdin daitezke: erdialde-mendebaldekoa eta ekialdekoa. Ekialdekoak, Arro Euskal-Kantabrikoa (*Cuenca Vasco-Cantábrica*), Nafarroako mendebaldea, Euskal Autonomia Erkidegoa, Burgos eta Palentziako iparraldea eta Kantabriako ekialdea hartzen ditu bere barnean. Arroka Mesozoikoak dira bertan aurkitzen direnak, Kretazikoko segida sedimentarioak batik bat, zeintzuek erdialdeko mendigunean baino potentzia handiagoa hartzen duten. Bestalde, Erdialdeko Kantauriar Mendilerroaren barnean, Asturiaseko mendigunea (*Macizo Asturiano*) bezala ere ezagutua, Kantabriako mendebaldea, Palentzia eta Leon probintzietako iparraldea eta Asturias osoa aurkitzen dira. Kasu honetan, material gehienak Paleozoikokoak eta Prekanbrikokoak dira, orogenia alpetarra eremu honetan ekialdean baino bortitzagoa izan baitzen. Honek, Mesozoikoko materialak mendikatearen iparraldeko eta hegoaldeko azalera batzuetan soilik mantentzea ekarri du (Vera et al., 2004).

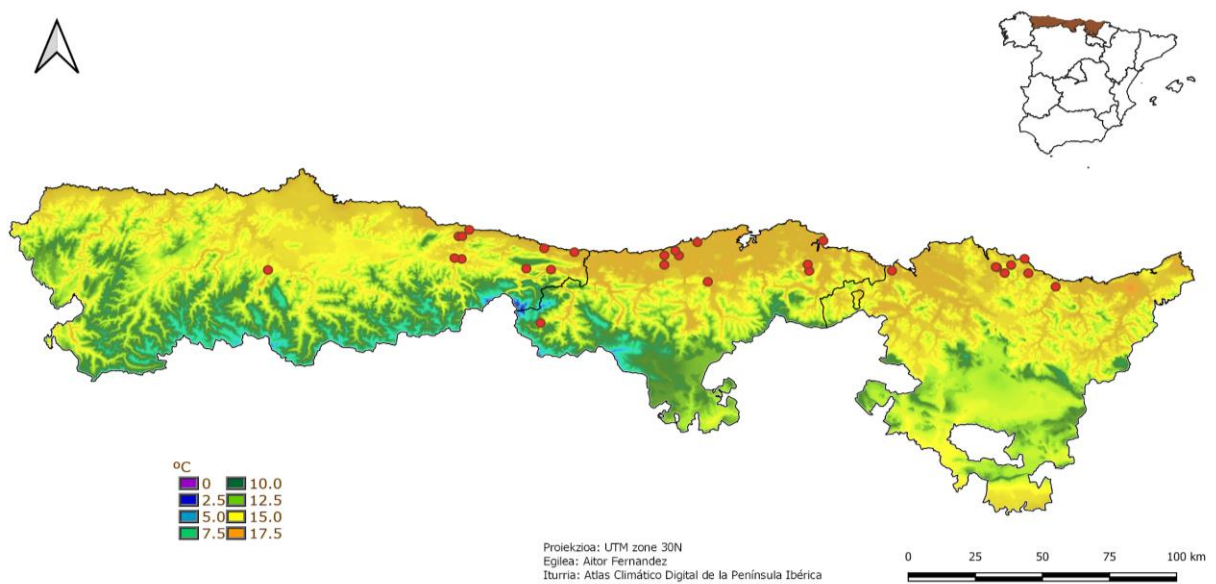
Eremu honetan klima ozeaniko epel-hezea da nagusi, kostaldeko eremuan batik bat. Prezipitazioak ugariak dira, 1200-1500 mm, eta nahiko erregularki banatzen dira urte osoan zehar. Tenperaturak nahiko leunak dira, urteko bataz besteko tenperatura 14°C

inguruan kokatzen delarik, 4. Irudian ikus daitekeen moduan. Gainera, gora-behera termikoak urriak dira (Ninyerola et al., 2000). Barnealdeko eremu batzuetan klima mediterranean kontinentalizatua aurkitu daiteke, non prezipitazioak urriagoak diren eta bitarte termikoak, aldiz, handiagoak.



4. Irudia. Urteko batz besteko prezipitazioen banaketa Iberiar Penintsularen iparraldean.

5.



4. Irudia. Urteko batz besteko tenperaturen banaketa Iberiar Penintsularen iparraldean.

Landaretzari dagokionez, esparru geografiko honetan bi zonalde bereiztu daitezke biogeografikoki: Eurosiberiarra eta Mediterranearra. Hainbat estai bioklimatiko definitu daitezke ezaugarri klimatiko, altitude, orientazio eta lurzoruen propietate fisiko-kimikoen arabera.

Kostaldea, estai termokolino eta kolinoarekin bat eginez, artadi kantauriarraren (*Quercus ilex* subs. *ilex*) eremua da, bertako lurzoru pobre, labartsu eta kareharritsuek (5.3 Irudia) estres hidriko nabaria eragiten dutelarik (Rodríguez Meaza, 1991). Floristikoki, oso eremu aberatsa da, hainbat espezie termo-Mediterraneo aurki daitezkeelarik, hala nola, *Arbutus unedo*, *Laurus nobilis*, *Phillyrea latifolia*, *Pistacia lentiscus* edota *Rhamnus alaternus*. Presio altuko eremuetan, txilardi-otadi atlantikoa (*Ulex europaeus*, *Erica vagans*) garatzen da (5.1 Irudia).

Estai kolinoan (700 metrotik behra) baso misto hostoerorkorra da nagusi (5.4 Irudia), eta bertan espezie garrantzitsuena haritz kanduduna (*Quercus robur*) da. Honekin batera beste mesofito batzuk agertzen dira, hala nola, hurrak (*Corylus avellana*), urkiak (*Betula pendula*), haltzak (*Alnus glutinosa*) edota lizarrak (*Fraxinus excelsior*). Lurzoru azidoetan ametz arrunta (*Quercus pyrenaica*) eta gaztainondoa (*Castanea sativa*) ere agertu daitezke, besteak beste.

Garaiera altuagoko eremuetan (700-1600 m), hots, estai montanoan, pagoaren baso monoespezifikokoak (*Fagus sylvatica*) nagusitzen dira (5.2 Irudia), gorostiekin (*Ilex aquifolium*) batera. Altitude hauetan *Betula pubescens*, *Quercus pyrenaica* edo *Q. humilis* ere aurki daitezke, lurzoru afinitatearen arabera.

1600 metro baino gehiagoko garaieran dauden eremuetan satrakadiak eta belarkarak dira nagusi, adibidez, *Calluna vulgaris* edo *Genista tinctoria*, batik bat.



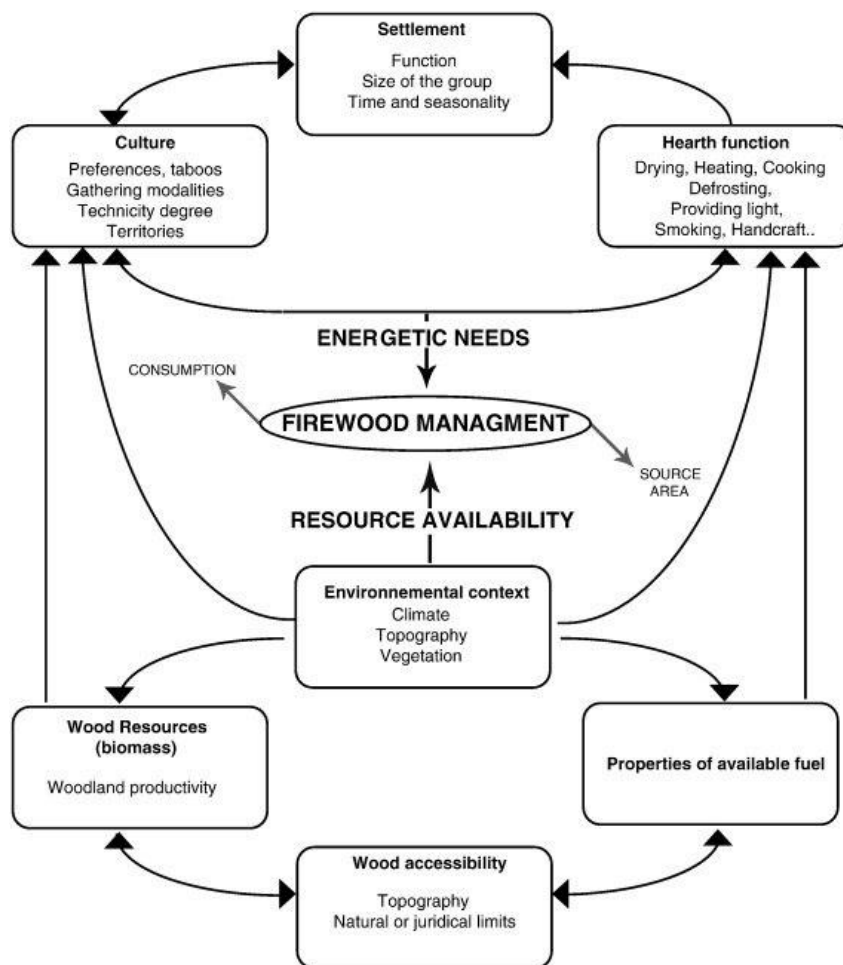
5. Irudia. Estai bioklimatiko ezberdinak definitzen dituzten komunitateak aztergai dugun eremuan. 5.1 Irudia, kostaldeko sastrakadi heliofiloa; 5.2 Irudia, Pagadi monoespezifikoak; 5.3 Irudia, Artadi kantauriarra; eta 5.4 Irudia, Baso misto atlantikoa. Azken irudiak Urkiolako Parke Naturalean hartu diren arren, Iberiar Penintsulako eskualde Eurosiberiarraren modeloa jarraitzen dute.

6. METODOLOGIA

4.1. Ikerketa bibliografikoa eta datu basearen eratzea

GRAL honen helburu nagusia Goi Pleistozenoko azken ziklo glaziarrean Kantauri eremuaren errefugio rola aztertzea da, publikatu diren sekuentzia paleobotanikoak kontuan izanik. Hori dela eta, oinarri bibliografikoa duen lana izan arren, analisi estatistiko ezberdinak burutu dira.

Biogeografia historikoan, landaretzaren dinamika aztertzeko teknikarik aproposena antrakologia da. Disziplina hau guztiz erre ez diren egurretatik sortutako ikatzak aztertzeaz arduratzen da (Uzquiano, 1997), egurrikatz hauek sortu dituen suak bi iturri izan ditzakeelarik: kausa naturalen ondorio izan daitezke, baina baita historiaurrean zehar gizakiak helburu ezberdinekin eragindako suak ere barneratzen ditu. Bigarren kasu honetan, erregistro antrakologikoak aztarnategi arkeologikoetan aurkitzen dira. Egurraren aukeraketa giza taldeen eskutik hainbat faktorek mugatzen dute, nagusiki baliabideen ugaritasunak eta eskuragarritasunak (Théry-Parisot et al., 2010). Analisi antrakologikoei esker landaretzaren, klimaren eta baita gizakiak ingurunearekin izandako erlazioaren historia ezagutu ahal izan da. Espezie bakoitzaren identifikazioaren bidez eta honen egungo ekologia zein de kontuan hartuz, habitat horiek ezaugarritzen zituzten paisaiak berreraiki daitezke. Horrela, aldaketa klimatikoek (eta baita gizakiak Neolitikotik aurrera eragindako presioak) historian zehar paisaia nola moldatu duen ezagutu daiteke (Uzquiano, 1997). Honez gain, eta palinologian ez bezala, ikatzak iturri lokala dute eta beraz, tokiko landaretzaren berri ematen dute, hauen banaketa espazialak ikertzeko aproposak izanik (adibidez, Ruiz-Alonso et al., 2019; Aranbarri et al., 2020). Gainera, ikatz hauek erradiokarbono bitartez datatu daitezke, kronologia absolutuak emanez (Théry-Parisot et al., 2010).

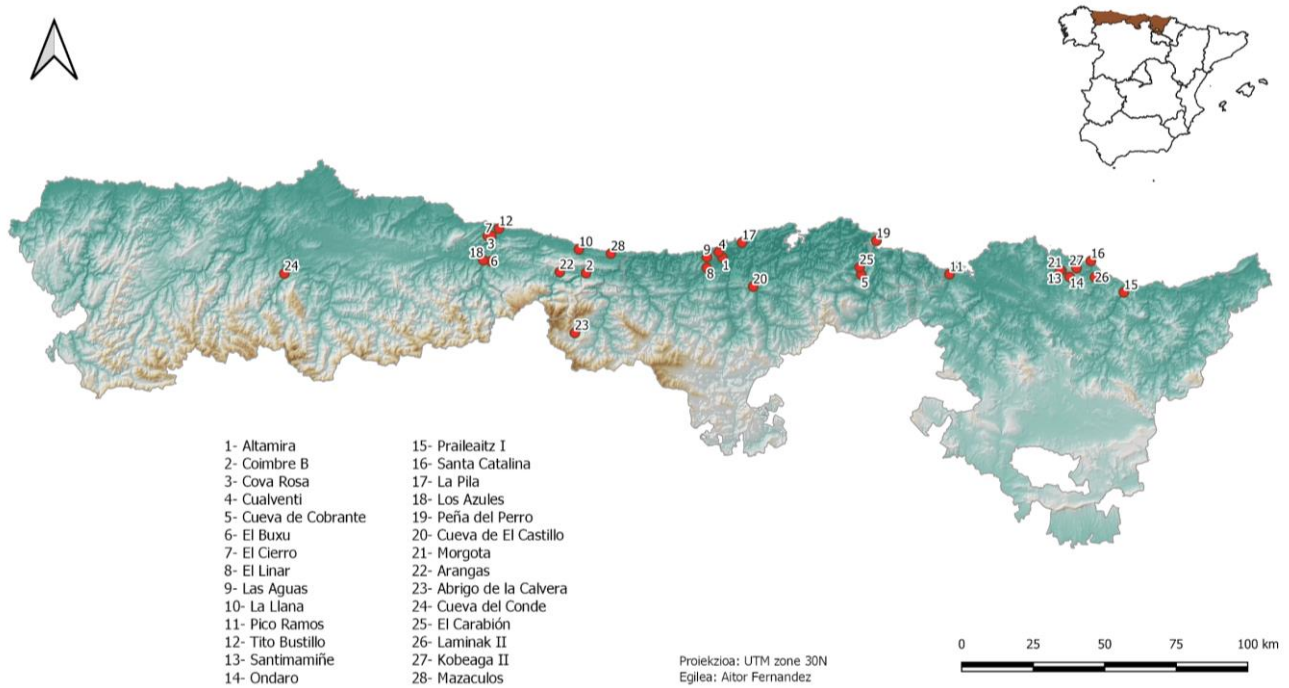


6. Irudia. Análisi antrakologikoaren eskema orokorra. Iturria: Théry-Parisot et al., 2010.

Behin antrakologia zertan datzan aztertuta, Iberiar Penintsula iparraldeko aztarnategietan aurkitutako egur-ikatz sekuentzien bibliografia berrikusi da, Goi Pleistozenoko eta Behe Holozenoko erregistroak lortzeko asmoz. Hau burutzeko eskuragarri dauden datu base digital ezberdinak oinarriztat hartu dira, erabilgarrienak hurrengoak izanik: Google Scholar, Dialnet, Scopus eta Web of Knowledge. Honez gain, UPV/EHUko Lydia Zapata Paleobotanikako laborategian eskuragarri dauden doktorego tesi ezberdinak kontsultatu dira, baita Paleodiversitas entziklopedia ere (Carrión et al., 2012). Lehen pausua beraz, datu base paleobotaniko bat sortzea izango da, hainbat autorek jarraitutako metodologia oinarriztat harturik (adibidez, Carrión et al., 2010; Aranbarri et al., 2020). Goiko muga Mesolitikoan jarri da, Neolitikotik aurrera gizakiaren aktibitateak paisaian oso eragin handia baitu. Datu base horretan honako informazioa bildu da: aztarnategiaren izena, maila, datazio absolutua (14C, batik bat) edo erlatiboa, laborategiko erreferentzia, aldi kulturala, maila bakoitzean

aurkitutako taxoi (familia, genero edo espeziea) bakoitzaren ikatz kopurua, argitalpen urtea eta honen izaera (artikulu, liburu edo doktorego tesia). 1. Taulan ikus daitezkeen moduan, aztarnategi batzuetan periodo krono-kultural ezberdinetako erregistroak bildu dira. Aztarnategi bakoitzaren kokapen geografikoa 7. Irudian adierazten da. Datu basea hurrengo estekan kontsultatu daiteke:

https://drive.google.com/file/d/1FxoRfpCP9_YOuzJZ8hRKRBv59eUfTKP/view?usp=sharing



7. Irudia. Aztarnategi bakoitzaren kokapen geografikoa.

Aztarnategia	Altitudea (m)	UTM X	UTM Y	Periodo kulturala	Erreferentzia
Abrigo de la Calvera	400	358683,2	4778683,5	Aziliarra	Carrión, 2005
Altamira	70	410899,9	4803972,3	Solutrearra Madeleine	Uzquiano, 1992a
Arangas	360	354026	4798822,8	Madeleine Aziliarra	Álvarez-Fernández et al., 2020b
Coimbre B	145	363206,9	4798473,8	Madeleine	Uzquiano, 2019
Cova Rosa	150	328788,5	4811481,5	Solutrearra Madeleine	Uzquiano, 2019
Cualventi	75	409574,7	4805841,2	Madeleine	Uzquiano, 2014
Cueva de Cobrante	80	459466,8	4797953,3	Aurignac Solutrearra Aziliarra	Uzquiano, 2009
Cueva de El Castillo	195	421680,6	4793729,6	Aurignac	Uzquiano & Cabrera, 1999
Cueva del Conde	180	257979,8	4797105,2	Musteriarra Aurignac	Uzquiano et al, 2008
El Buxu	300	329893,4	4802655,7	Solutrearra	Uzquiano, 1992a
El Carabión	25	458878,1	4800527,4	Aziliarra	Uzquiano, 2014
El Cierro	80	330072,2	4811541,6	Madeleine Aziliarra	Uzquiano, 2019 Álvarez-Fernández et al., 2020a
El Linar	80	405448,1	4800343,7	Solutrearra Madeleine	Uzquiano, 2014
Kobeaga II	220	534704,9	4800211,6	Mesolitikoa	Zapata, 1998
La Llana	20	361002,5	4807407,2	Madeleine Aziliarra	Uzquiano, 1992c
La Pila	25	417080,1	4808753,3	Madeleine Aziliarra	Uzquiano, 1992b
Laminak II	120	541131,6	4797036,3	Madeleine Aziliarra	Uzquiano, 1994
Las Aguas	100	405499,8	4804045,6	Madeleine	Uzquiano, 2014
Los Azules	80	327570,9	4802560,2	Madeleine Aziliarra	Uzquiano, 1992b
Mazaculos	60	371965,3	4805307,8	Mesolitikoa	Uzquiano, 1992c
Morgota	75	529170,6	4799426,4	Madeleine	Medina-Alcaide, 2015
Ondaro	110	532320,1	4797123,3	Gravetiarra	Ruiz-Alonso, 2018
Peña del Perro	25	465497,1	4810229	Aziliarra	Uzquiano, 1992c
Pico Ramos	206	490330	4798056	Mesolitikoa	Zapata, 2002
Praileaitz I	65	551320,8	4791781,9	Solutrearra Madeleine Epipaleolitikoa	Ruiz-Alonso & Zapata, 2017
Santa Catalina	35	539693,9	4802822,6	Madeleine Aziliarra	Ruiz-Alonso et al., 2014
Santimamiñe	150	529448,8	4799366,1	Madeleine Aziliarra	Euba et al., 2011
Tito Bustillo	50	332743,6	4814037	Madeleine	Uzquiano, 2014

1. Taula. Analisia egiteko erabili diren aztarnategiak, kokapena (UTM 30N), kultura eta datuen iturria.

Eskuratutako familia, genero eta espezieei buruzko informazioa landare komunitate ezberdinetan multzokatu da, egungo ezaugarri ekologikoen arabera. 2, 3 eta 4 taulek honen berri ematen dute.

Baso misto atlantikoa		
<i>Acer</i> sp.	<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Quercus robur</i>
<i>Acer campestre</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Quercus robur/petraea</i>
<i>Alnus</i> sp.	<i>Fraxinus</i> sp.	Rosaceae
<i>Alnus glutinosa</i>	<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Salix</i> sp.
<i>Betula/Alnus</i>	<i>Hedera helix</i>	<i>Sambucus</i> sp.
<i>Betula</i> sp.	<i>Juglans</i> sp.	<i>Sambucus nigra</i>
<i>Betula alba</i>	<i>Populus</i> sp.	<i>Sorbus</i> sp.
<i>Betula pendula/alba</i>	<i>Populus/Salix</i>	<i>Sorbus aria</i>
<i>Betula pendula</i>	<i>Prunus avium</i>	<i>Sorbus aria/domestica</i>
<i>Betula pendula/pubescens</i>	<i>Prunus mahaleb</i>	<i>Sorbus aria/torminalis</i>
<i>Betula pubescens</i>	<i>Quercus</i> subg. <i>Quercus</i>	<i>Sorbus aucuparia</i>
<i>Castanea sativa</i>	<i>Quercus</i> hostoerorkorra	<i>Sorbus domestica</i>
<i>Cornus</i> sp.	<i>Quercus</i> sp./ <i>Castanea sativa</i>	<i>Sorbus/Crataegus</i>
<i>Corylus avellana</i>	<i>Quercus petraea</i>	<i>Ulmus</i> sp.
<i>Crataegus</i> sp.	<i>Quercus pyrenaica</i>	<i>Ulmus minor</i>

2. Taula. Baso misto atlantikoaren komunitatean sartutako espezie, genero eta familiak.

Artadi kantauriarra	
<i>Arbutus unedo</i>	<i>Quercus</i> sp.
<i>Buxus</i> sp.	<i>Quercus</i> hostoiraunkorra
<i>Clematis</i> sp.	<i>Quercus ilex</i>
<i>Clematis vitalba</i>	<i>Quercus ilex/coccifera</i>
Cistaceae	<i>Quercus ilex/suber</i>
<i>Ilex aquifolium</i>	<i>Quercus suber</i>
<i>Laurus nobilis</i>	<i>Rhamnus alaternus</i>
<i>Phillyrea</i> sp.	<i>Rhamnus/Phillyrea</i>
<i>Pistacia terebinthus</i>	

3. Taula. Artadi kantauriarraren komunitatean sartutako espezie, genero eta familiak.

Sastrakadi xero-heliofiloa	Pinudiak	Beste koniferak
Cupresaceae	<i>Juniperus</i> sp.	<i>Pinus</i> sp.
<i>Cytisus</i> sp.	Leguminosae - Fabaceae	<i>Pinus sylvestris</i>
<i>Erica</i> sp.	<i>Prunus</i> sp.	<i>Pinus sylvestris/nigra</i>
<i>Erica arborea</i>	<i>Prunus spinosa</i>	<i>Larix decidua</i>
<i>Erica tetralix</i>	<i>Prunus spinosa/amygdalus</i>	<i>Picea</i> sp.
Ericaceae	<i>Ulex</i> sp.	<i>Picea excelsa</i>
<i>Hippophae rhamnoides</i>		<i>Taxus baccata</i>

4. Taula. Sastrakadi xero-heliofilo, pinudi eta beste koniferen taldeetan sartutako espezie, genero eta familiak.

Informazio paleobotanikoa aldi krono-kultural ezberdinetatik datorrenez, landare komunitate bakoitzaren bilakaera aztertu da. Kontuan izango diren aldiak hurrengoak izango dira: Musteriarra (125 – 38 k.a.), Aurignac kultura (39 – 27 k.a.), Gravetiarra (27 – 20 k.a.), Solutrearra (21 – 16 k.a.), Madeleine kultura (17,5 – 11,5 k.a.), Aziliarra (12 – 10 k.a.) eta Epipaleolitiko-Mesolitikoa (12 – 7,5 k.a.).

4.2. Analisi kronologikoa

Analisi kronologikoa egiteko, ikerketa bibliografikotik eskuraturiko aztarnategi ezberdinen erradiokarbono bitartez lortutako datazioak estandarizatu dira. Estandarizazio edo kalibrazio hau egiteko arrazoia atmosferako CO₂ mailarekin erlazionatzen da, ez baita konstantea izan denboran zehar (Clark, 1975). Horretarako OxCal software digitala v. 4.4. erabili da (Ramsey 2013). Programa honekin laborategi ezberdinek emandako erradiokarbono datak kalibratu dira eta datazio kalibratu horietako bakoitzaren batz bestekoa hartu da kontuan. Erabilitako datu basea eranskinetako taulan ikusi daitezke. Honez gain, erradiokarbono bidezko datazio kalibratuen rango probableak ikusteko *Multiple plot* motako grafikoak lortu dira (8. Irudia). Grafiko hauei NGRIP proiektuan lortutako $\delta^{18}\text{O}$ mailaren erregistroa gehitu zaie. Helburua, ikatzak eskuratu diren aztarnategi ezberdinetako kronologia kalibratuak lortzea izango da Goi Pleistozeno eta Behe Holozenoaren bilakaera klimatikoarekin erlazionatzeko asmoz, eta honen influentzia landaretzan aztertzeke helburuz.

4.3. Analisi estatistikoa

Landare komunitateen banaketa eta bilakaera tenporala definitzeko, aldi kultural bakoitzeko erregistroak gehitu dira. Komunitate ezberdinek aldi bakoitzean suposatzen duten ehunekoa kalkulatzeko izango da helburua. Lortutako emaitzekin histograma konposatu bat osatu da. Bestalde, PAST (*Paleontological Statistics*) softwarearen bidez (Hammer et al., 2001) ere datu horiek esploratu dira. Software honen bidez Cluster analisia eta Osagai Nagusien Analisia edo PCA (*Principal Components Analysis*) burutu dira, aztarnategi guztietako familia, genero eta espezie guztiekin lehenengo kasuan, eta taxoi garrantzitsuenekin bigarrean.

Cluster analisia aldagai anitzeko analisia (*Análisis multivariante*) burutzeko teknika estatistikoen multzoa da, banakako multzo bat talde aglomeratuetan elkartzeko balio duena, taldeak haien artean ahalik eta ezberdinenak edo antzekoenak izanik.

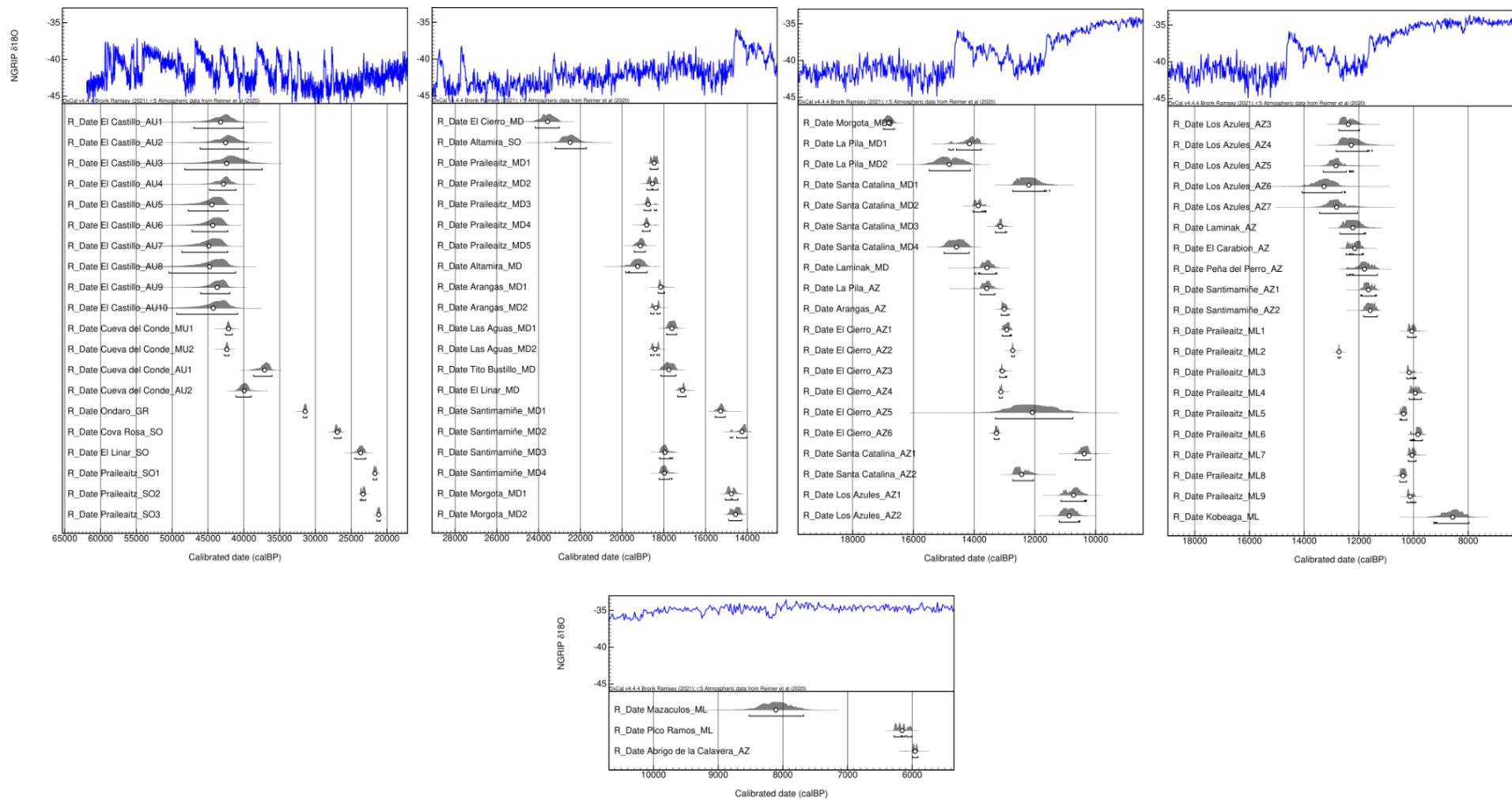
Horretarako, banakako ezaugarriak hartzen dira kontuan, eta ezaugarri antzekoenak dituzten elementuekin agrupazioak sortzen dira distantzia euklidianoen bidez kalkulatzeko delarik laginen hurbilpena (Jain et al., 1999). Lan honetan hautatutako algoritmo aglomeratiboa UPGMA da eta irteera grafikoa dendrograma gisa irudikatu da. Datuak ulergarriak izateko asmoz, periodo kultural ezberdinak kolore sekuentzia dibergente baten bitartez irudikatu dira (5. Taula).

PCA edo Osagai Nagusien Analisia, Cluster analisiaren antzera, aldagai anitzeko analisisian ohikoa den metodo estatistikoa bat da. Metodo honek hainbat aldagaik emandako informazioa osagai gutxi batzuetan biltzeko balio du (Allué et al., 2017). Helburua datuen banaketa azaltzen dituzten gradienteak esploratzean datza.

7. EMAITZAK

5.1. Analisi kronologikoa

OxCal aplikazioaren bidez lortutako *Multiple plot* grafikoak 8. Irudian ikusi daitezke. Hauetan aztarnategi eta kultura bakoitzaren data kalibratuen rangoa adierazten da, garaiko $\delta^{18}\text{O}$ mailarekin batera. Bertan argi ikusi daiteke aldi Musteriarreko (MU) eta Aurignac kulturako (AU) aztarnategiak (El Castillo, Cueva del Conde), 30 k.a. urte baino zaharrakoak direnak, aldi hotzaren barnean egon arren, tenperatura leunagoko garai batean kokatzen direla, hots, MIS 3ko zikloen barnean. Solutrearrekoak (SO) eta Behe Madeleine kulturakoak (MD), aldiz, garai hotz batean kokatzen dira $\delta^{18}\text{O}$ mailak -40 eta -45 artean oszilatzen duelarik 15 k.a. heldu arte. Analisi honek, Azken Maximo Glaziarrean, aztergai dugun eremuan populamendu nabaria zegoela aurreratzen du, ikatzen kontzentrazioak garai horretako landaretzari buruzko informazio paregabea utzi duelarik. Hortik aurrera, Goi Madeleine kulturaren garaian, tenperaturen gorakada ikusten da, *Younger Dryas* gertaera hotza eman arte (12,5 k.a.), asentamenduen barreiatzea emango delarik eskualdean. Holozenoaren hasierarekin batera (11,7 k.a.) $\delta^{18}\text{O}$ mailak gora egiten du -35 ingurura helduz, eta hor mantentzen da modu nahiko establean. Garai horretan kokatzen dira kultura Aziliarrareko (AZ) eta Mesolitikoko (ML) aztarnategiak. Lan honetan beraz, marko kronologiko luze eta jarrai bat eskuratu da, data hutsune gutxi agertzen direlarik eskuraturiko datu basean.

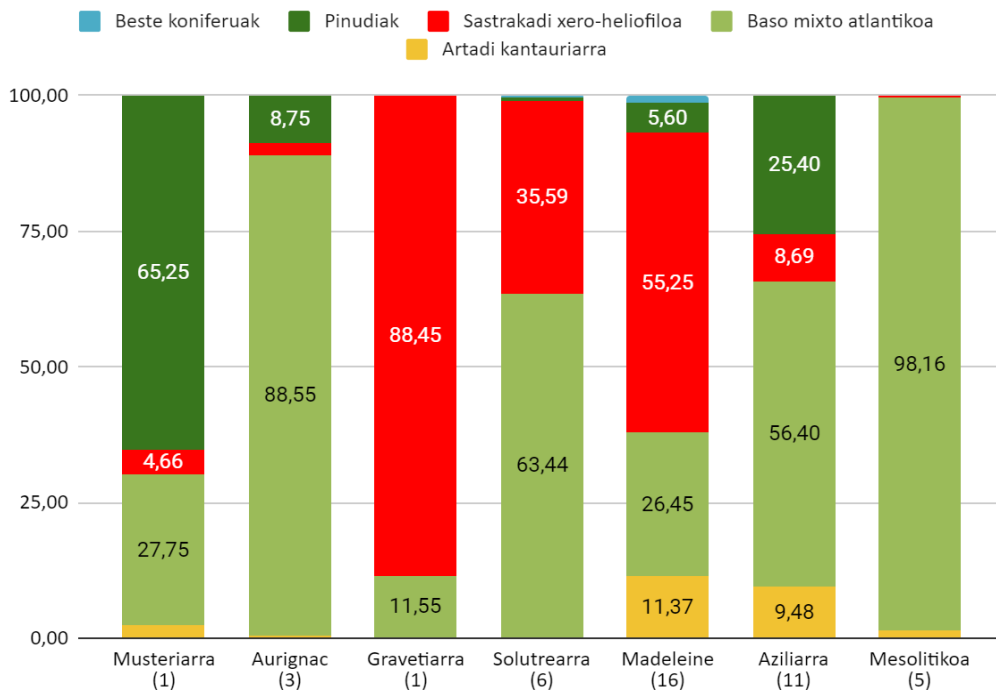


8. Irudia. OxCal softwarearen bidez lortutako grafikoak. Erradiokarbono datazio gordinak eranskinen kontsultatu daitezke

5.2. Análisi estatistikoa

GRAL hau burutzeko, 32 aztarnategi sartu dira datu basean, eta horietatik 28k erakutsi dituzte balore numerikoak. Aztarnategi horietako sekuentzia antrakologikoetatik 21.816 ikatz eskuratu dira. 9. Irudiak, datu paleobotaniko horren dinamika erakusten digu modu sintetiko batean, 45 – 7,5 k.a. denbora tarterako.

Musteriar garaiko sekuentzia paleobotanikoak oso urriak dira zonalde geografiko honetan eta posible da eskuraturiko landare paisaiak sesgo nabaria izatea (n=472 ikatz). Orohar, Cueva del Conde aztarnategiak, pinudiak direla nagusi adierazten du, aurkitutako ikatzen %65 inguru suposatzen dutelarik. Hala ere, baso misto atlantikoaren presentzia nabaria da, batik bat *Sorbus aria*, *Betula* sp. eta *Salix* sp.-k osatzen dutelarik asoziazio antrakologikoa. Sastrakadi xero-heliofiloa eta artadi kantauriarra ere lokalki daude, nahiz eta hauen frekuentziak ikatzetan oso baxuak izan. Horien artean garrantzia hartzen dute *Arbutus unedo*, *Cytisus* sp. edo orohar Fabaceae familiak.



9. Irudia. Komunitate bakoitzaren portzentaia aldi kultural bakoitzean. Parentesi artean agertzen den zenbakia aldi kultural bakoitzean erabilitako aztarnategi kopurua da.

Hurrengo fasean, Aurignac kulturaren garaian (39 – 27 k.a., n=1886 ikatz), aldiz, pinudien ehunekoak behera egiten duela nabarmenki, eta baso misto atlantikoak gora, garai horretan ikertutako ikatz guztien %88,5 suposatzen dutelarik. Hau bereziki nabaria da Cueva de Cobrante, El Castillo eta Cueva del Conde aztarnategietan. Aldi berean, sastrakadiak eta artadiak aurreko garaian baino ehuneko are baxuagoa erakusten dute.

Gravetiarrean (duela 27 – 20 k.a.) sastrakadi xero-heliofiloa gailentzen da nabarmenki, %88tik gorakoa izanik honen portzentaia. Hauetatik *Juniperus* sp. da frekuentzia handiena erakusten duena. Sekuentzia bakarra izan arren, bildutako ikatz kopuruak (n=753) oso ongi errepresentatzen dute aldi hau. Honez gain baso misto atlantikoaren jaitsiera handia da, %11,5era heldu arte. Talde honen barnean *Quercus* subg. *Quercus* izango da hobekien errepresentatuta egongo den taxoia, *Corylus avellana* eta Rosaceae familiarekin batera.

Solutrean kultura (n=930 ikatz) duela 22 – 16 k.a. garatuko da Iberiar Penintsulan. Aldi honetan, baso misto atlantikoko espezieen proportzioaren gorakada emango da, batik bat, *Quercus* subg. *Quercus*, *Alnus glutinosa* eta *Salix* sp. Hau bereziki ezaguna da Praileaitz I-eko erregistroan, baita Altamira eta Cueva de Cobrante aztarnategietan. Honez gain, sastrakadiak behera egingo du, nahiz eta honek ehuneko garrantzitsu bat izaten jarraitzen duen (%63,4 eta %35,6, hurrenez hurren). Gehienak Fabaceae familiarekin erlazonaturik egongo dira. Aldi honetan artadi kantauriarrak, pinudiek eta gainerako koniferek portzentai oso txikia suposatzen dute, nahiz eta erregistro gehienetan *Juniperus* generoa errepikatko den.

Madeleine kultura (n=4337 ikatz) duela 17 – 15 k.a. urte garatuko da, ikuspuntu klimatiko batetik fase hotz/lehor eta fresko/heze bariazioak ezaugarrituko duelarik. 9. Irudia begiratu, garai honetan baso misto atlantikoaren beherakada ikusi daiteke, %36,4arte jaitsiz, batik bat *Quercus* subg. *Quercus* eta Rosaceae familia izango dira beherakada horren adierazleak. Era berean, sastrakadi xero-heliofiloak (%55,24), eta baita artadi kantauriarra osatzen duten espezieek (*Arbutus unedo*, *Rhamnus alaternus*, *Quercus ilex*) (%11,4), gorakada garrantzitsu bat jasango dute.

Aziliarra (n=4548 ikatz) duela 12 k.a. urte hasiko da eta bere gain hartuko du Pleistozenotik Holozenorako trantsizioa. Fase aldaketa hau nabaria da eginiko azterketa antrakologikoan, pinudien proportzioa handitu egingo baita (%25,4) eta sastrakadi

xerofiloena murriztu, azken hau erdia baino gehiago izatetik %10 baino gutxiago izateraino, alegia.

Azkenik, GRAL honetan kontuan izandako azken periodoan, Epipaleolitiko-Mesolitikoa (n=8890 ikatz) garatzean baso misto atlantikoak garrantzi oso handia lortuko du, espezieen %98,16a suposatuz. Hauetatik taxoirik garrantzitsuena *Quercus robur* (eta beste *Quercus* hostoerorkorrak) izango da, *Corylus avellana*, *Fagus sylvatica*, *Quercus pyrenaica* eta *Sorbus aria*-k ere presentzia handia izango dutelarik paisaian.

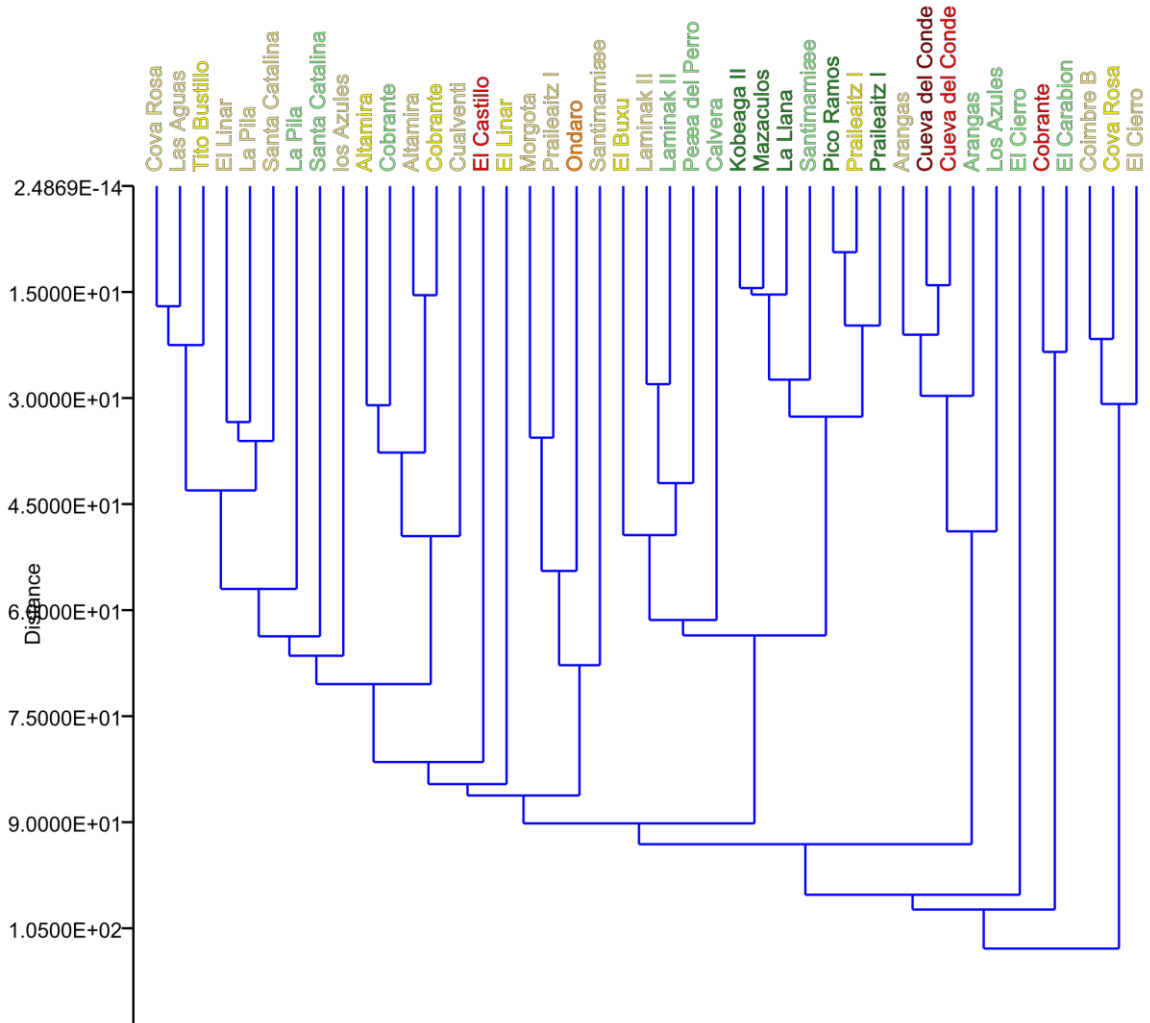
	Musteriarra
	Aurignac kultura
	Gravetiarra
	Solutrearra
	Madeleine kultura
	Aziliarra
	Epipaleolitikoa - Mesolitikoa

5. Taula. Aldi kultural bakoitzari esleitutako kolorea PAST softwarearean lortutako grafikoetan.

Metodologiako atalean azaldu den bezala, *Paleontological Statistics* (PAST) softwarearen bidez lortutako datuekin osagai anitzeko analisia egin da eta horretarako erabili diren teknikak *Cluster* eta *Principal Components Analysis* izan dira. Lortutako emaitzak 10. eta 11. Irudietan ikusi daitezke, hurrenez hurren.

Cluster analisiaren grafikoan ikusi daiteke garai bereko erregistroak dituzten aztarnategiek espektro antrakologikoan homogeneousitasun bat erakusten dutela, hots, landare paisaia berdintsua erakusten dute. Hau bereziki ondo ikusten da kultura Aziliarreko eta Mesolitikoko aztarnategien kasuan, dendrogramak oso ongi bereizten duelarik aurreko periodoetarako eskuraturiko landaretza (Laminak II-tik Praileaitz I-era, 10. Irudia). Bestalde, Madeleine kulturako eta Solutrearreko aztarnategiek ere jarraitasun hori erakusten dute, Cova Rosa sekuentziatik Santa Catalinaraino, eta baita Santimamiñeraiño ere (10. Irudia). Aurignac kulturako aztarnategiak (Cueva del Conde, Cueva de Cobrante) kultura Aziliarrekoetatik eta Mesolitikokoetatik gertu agertzen dira, maila kultural horietan antzeko taxoiak agertzen baitira, jarraikortasun kronologiko bat erakutsi ez arren. Honenbestez, nahiz eta maila kultural ezberdinak denboran banatuta

egon, landaredi komunitate antzekoak erakusten dituzte, orohar fase interglaziar edota glaziarrek ongi definituko direlarik.



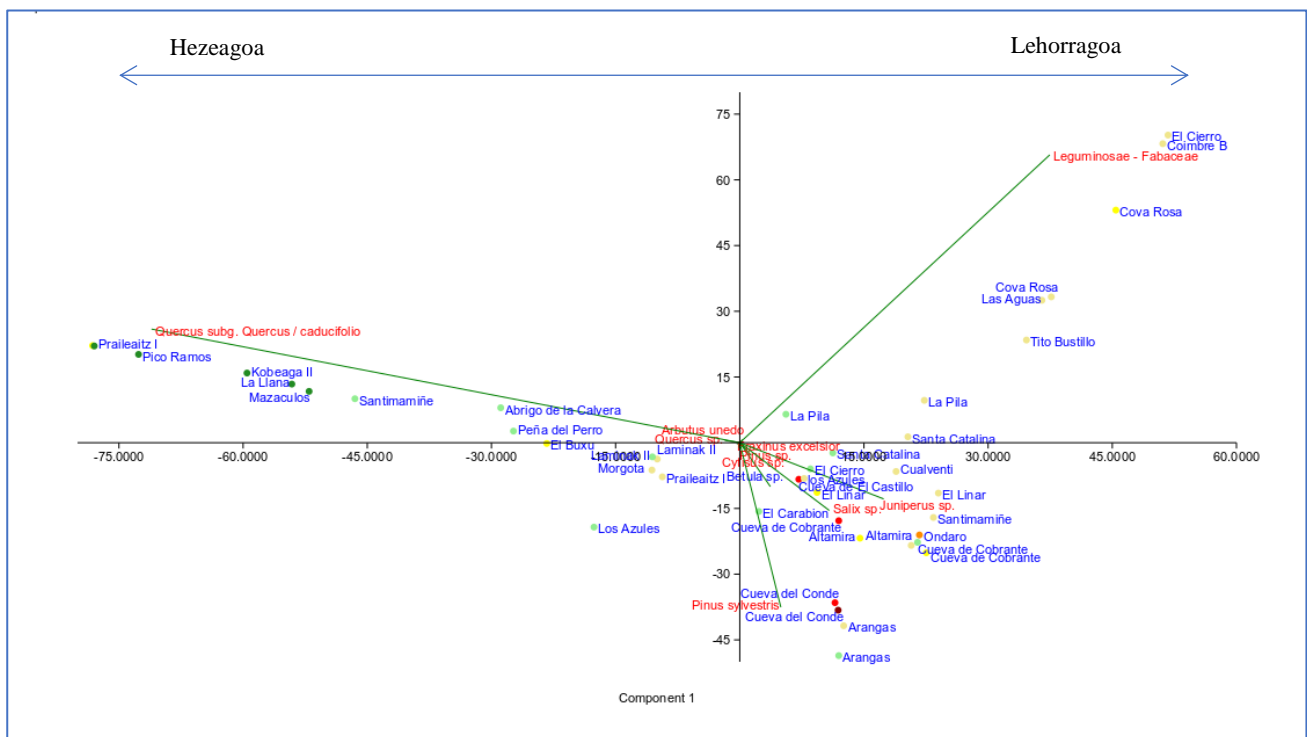
10. Irudia. PAST softwarearearen bidez datu-basearekin egindako cluster analisisia.

Osagai Nagusien Analisiaren (PCA) kasuan, lehen hiru osagaiak, bariantza osoaren %60,85 azaltzen dute, hurrengoa izanik portzentajeen banaketa: PC1, %28,83; PC2, %16,83; PC3, %15,19 eta PC4, %8,98.

13. Irudian ikusi daitekeen moduan, PC1 osagaiak, Aziliar/Mesolitiko (Praileaitz I, Pico Ramos, Kobeaga II, La Llana edota Mazaculos) eta Madeleine/Solutraldi garaiko aztarnategiak (El Cierro, Coimbre B, Cova Rosa, Las Aguas edo Tito Bustillo) ongi

bereizten ditu *Quercus* subg. *Quercus* eta *Juniperus* sp., eta Fabaceae izanik banaketa azaltzen duten faktore nagusienak. Patroi hau, hezetasun gradientearekin erlazionatu daiteke, baldintzatzailea izanik *Quercus* subg. *Quercus*-ren kasuan. Gainerako taxoi mesofilo esanguratsuenek dinamika berdintsua jarraitzen dute, hala nola, *Quercus* sp. edota *Corylus avellana*. Espezie Mediterranearek, artadi kantauriarra definitzen dutenak (*Arbutus unedo*), ez dute tendentzia argirik erakusten eta beraz, ez dute, kasu honetan, informazio klimatiko esanguratsurik erakutsiko. Beste era batera esanda, independenteki zein periodo klimatiko/kulturaletan egon, paisaian agertzen dira tendentzia progresibo/erregresibo argirik erakutsi gabe.

PC2 osagaiak bariantza gutxiago bereganatzen duen arren, ezberdintasun argi batzuk agerian geratzen dira eta hau kontinentalitate edota altitudearekin erlazionatu daiteke. Aurignac eta kultura Gravetiarra *Pinus sylvestris*, *Juniperus* sp. eta *Salix* sp. taxoiek ezaugarritzen dute. Oro har, klima kontinentalera moldaturiko espezie/generoak dira, azkar erantzuten dutenak aldaketa klimatiko ezberdinen aurrean. Fabaceae-ren kasua, ordea, ez litzateke erraza izango azaltzea.



11. Irudia. Datu-baseko taxoi nagusiekin egindako PCA analisia. Espezieak gorritz adierazten dira.

8. EZTABAIDA

Analisi estatistikoak egin ostean, landare komunitate ezberdinak erakutsitako bilakaera, ezaugarri termo-plubiometriko ezberdinekin erlazionatu daitezke. Lau izango dira ikertutako datu antrakologikoen arabera definituko diren periodo klimatiko nagusiak 45 – 7,5 k.a. tarterako.

8.1. Glaziazio aurreko mosaiko paisaiak Kantauri Isurialdean (pre- 29 k.a.)

Eskuratutako sekuentzia paleobotanikoen, datu erregionalekin batera, landare komunitateen bariazio azkarra erakusten dute MIS 4an zehar, *Pinus sylvestris* eta *Betula* izanik presentzia handiena erakusten duten taxoiak (Uzquiano, 2009). Elementu hauen gailentzea paisaian, ezaugarri klimatiko hotz eta hezeekin erlazionatzen da. Izan ere momentu honetan, glaziarren hazkundera emango da Picos de Europa edota Piriniotan (Jiménez-Sánchez et al., 2013; Doughty et al., 2021).

MIS 3 aldian, ordea, flora hostoerokorraren garapen faseak antzematen dira datu paleobotanikoetan, hiru ziklo izanik esanguratsuenak: *Quercus* hostoerokorraren nagusitasun fasea, 42 k.a. aurretik; *Betula* garapena, 42 eta 35 k.a. artean; eta *Quercus* hostoerokorraren dominioa, 33 k.a. arte. Landare komunitate oszilazio azkar hauek, eskala txikiagoko fluktuazioekin batera, Dansgaard-Oeschger zikloekin lotutako bariazio termo-plubiometrikoen aldaketekin lotuta daude. Gainera, garai honetan, *Pinus sylvestris* taxoiak aurreko aldian (MIS 4) zuen nagusitasuna galduko du (%60tik <%10era), espezie ezberdinen alde, hala nola, *Corylus avellana*, beste batzuen artean (González-Sampériz et al., 2010).

Honenbestez, fase heze eta leunagoa izango da ikuspuntu klimatiko batetik, baso hostoerokorren zabaltzea emango delarik aztertutako eremuan, koniferen aurrean hazkunde azkarragoko espeziez osaturiko komunitateak baitira, fisiologikoki hobeto moldatuak hezetasun maila altuetara. Honez gain, mendi inguruko haranak baldintza periglaziarren menpe egongo dira, erregimen nibalez ezaugarritutako ibaiekin, udan ur kantitate handia eramaten zutelarik. Hezetasun handi horrek MIS 3 aldian zehar *Betula* generoak eta beste elementu ripario batzuek erakusten zuten ugaritasuna ere azalduko luke (*Fraxinus*, *Alnus*, *Salix*, Rosaceae), area handiago edo txikiagoetan zabaltzen zelarik, batez ere lurzoru oso hezeetan (Uzquiano, 2009).

Berrikusitako aztarnategietan eskuraturiko datu faunistikoez antzeko informazio paleoambiental honen berri eman digute modu independente batean. Orokorrean, antzeko mosaiko paisaia ezaugarritzen dute, eremu harritsueta espeziaz (*Capra* eta *Rupicapra*) izanik aztarnategietan gehienbat aurkituko direnak, orein arrunta (*Cervus elephus*) bezalako baso taxoiekin batera (Uzquiano et al., 2012). Hala ere, erregio honetan ohikoak izan ez arren, hotzera moldatutako ugaztun handiak ere aurkitu dira, hala nola *Coleodonta antiquitatis* edo *Mammuthus primigenius*, fosilen kronologia MIS 3 aldiaren kokatzen delarik, baldintza oso hotzetatik epelerako aldaketa azkarrak ematen ziren garaian (Álvarez-Lao, 2014). Honenbestez, 75 – 29 k.a. periodoaren ezaugarri nagusia ekosistemen dinamika azkarra izango da aztertutako eremuan, mosaiko itxurako paisaia ezberdinak aurkeztuz.

6.2. Azken Maximo Glaziarra: landaretza xero-heliofiloen garapena eta errefugio kantabrikoak (29 – 18 k.a.)

Azken Maximo Glaziarraren garaian, MIS 2 aldiaren muturreko baldintza klimatiko hotzak emango dira. Garai honetan paisaiak irekiko dira, Fabaceae (*Cytisus*, *Ulex*), *Juniperus* edo *Hippophae rhamnoides* bezalako taxoiak, sastrakadi xero-heliofiloen komunitatearen parte direnak, gailentzen direlarik (Uzquiano, 2019). Ipar-ipuruak garrantzi handia hartzen du, klima hotz eta lehorrei oso ondo egokituta dagoen espezia baita, eta garaiko baldintza paleoambientalen aurrean ongi egokituta egongo delarik. Baina honekin batera, proportzio askoz txikiagoan bada ere, *Quercus* hostoerorkorrek, hurrak (*Corylus avellana*) eta Rosaceae familiako espezien ikatzak agertzen dira, batik bat kostaldeko aztarnategietan (Ruiz-Alonso, 2018).

Ereku honetako erliebeak, eta batez ere itsasoarekiko gertutasunak, taxoi mesotermofilo ezberdinen existentzia eta mantentzea bermatu zuen. Nahiz eta hauen presentzia eskasa eta etena izan, esposizio ona zuten haranetako gunetan kokatzen ziren, errefugio mikroklimatiko ezberdinetan. Ereku hauek era difusuan daude banatuta kantabriar eskualdean zehar, eta gizakiek erabilitako habitatekin loturik daude (Uzquiano et al., 2008). Bereziki interesgarria izango da artadi kantauriarraren dinamika testuinguru honetan. Komunitate ekologiko honek, hainbat elementu termofiloz osatua, hotzaldi hau gainditu zuen, kostaldeko eremu karstikoan zehar finkatuz. Bestalde, garai honetan emandako bariazio klimatiko ugariak ez dute landaretzan bakarrik eragiten,

giza okupazioen naturan ere influentzia handia izango baitu, kokapen batzuen abandonoa eraginez eta babestuago dauden batzuen okupazioa ekarriz (Uzquiano, 2014).

Faunari buruzko lanek antzeko paisaia difusoei buruzko informazioa ematen digute. MIS 2 aldiari hotzera egokitutako ugaztun handien frekuentzia areagotu egiten da (*Mammuthus primigenius*, *Coleodonta antiquitatis*), espezie hauen Iberiar penintsulako azken presentziak Azken Maximo Glaziarrean erregistratu direlarik, elur-oreina (*Rangifer tarandus*) izan ezik, espezie honek *Younger Dryas* gertakaria ere gainditu baitzuen (Álvarez-Lao & García, 2011). Baso mistoetako espezieak puntualki agertuko dira, batik bat kostaldetik gertuko eremuetan, datu antrakologikoekin bat eginez. Orohar, paisaiak homogenizatu egiten dira 29 – 18 k.a. aldiari, sastrakadi xero-heliofiloak izanik estres termo-plubiometrikoari aurre egiteko gai izango den komunitate bakarra.

6.3. Tardiglaziarreko landaretza atlantikoaren berreskurapena (18 – 11,7 k.a.)

Tardiglaziarrean zehar hainbat oszilazio klimatiko eman ziren, hala nola, duela 14,5 – 12,8 k.a. tartean emandako baldintzen hobekuntza, *Younger Dryas* gertaera hotza eman arte (Ruiz-Alonso et al., 2014).

Garai honen hasieran baldintza klimatikoak oraindik oso hotzak izaten jarraituko dute, agertzen diren taxoiek paisaia ireki bat adierazten dutelarik (*Juniperus*, Fabaceae), Azken Maximo Glaziarrearen herentzia gisa. Koniferak izango dira gailenduko diren lehen basoak eremuan, puntualki baso mistoko elementu eta baita artadiaren parte diren taxoiekin (Ruiz-Alonso et al., 2014).

Baldintza klimatikoaren hobekuntza gertatuko den periodo laburretan, landarediaren dibertsifikazioa emango da. *Betula* generoaren kasuan, presentziak etena izaten jarraituko duen arren, taxoi hau aurkitu daitekeen tokiak ugariagoak bihurtzen dira, hobekuntza klimatikoari lotuta. Urkiak, bere ekologia dela eta, azkar hedatzeko gaitasuna erakusten du, glaziar osteko taxoi esanguratsuena izanik Europa mailan (Paus, 1995). Prezipitazioen gorakadak eta bereziki, tenperatura minimoen igoera progresiboak, elementu meso-termofiloen garapen progresiboa ekarriko du, batik bat *Quercus* hostoerorkorrek baina baita *Corylus avellana* eta *Castanea sativa* (Uzquiano, 2014). Garapen espazial azkar honen zergatia errefugioen hurbiltasunarekin erlazionatu

behar da berriro ere. Glaziazio ostean landare mesofiloa garatzeko teoriak bi izango lirateke. Alde batetik, teoria tradizionalak azaltzen duten bezala (Brewer et al., 2002), migrazioa penintsuletako hegoaldeko kostetatik emango litzateke, eremu hauek izotzetatik libre baitzeuden. Bigarren hipotesiaren arabera, landare populazioak era fragmentatu batean Kantauri eremutik hurbil kokatuko lirateke, nahiz eta klimatikoki ez izan lekurik eta egonkorrena. Lehenengo hipotesia nahiz eta posible izan eta hein handi batean hegoaldeko landaretzaren bilakaera azaltzen duen (Petit et al., 2002), landare populazioek denbora tarte luzeagoa hartuko lukete penintsula osoa zeharkatzeko, kontuan izanik gainera barnealdeko ezaugarri klimatikoak oso kontinentalak izan zirela. Hortaz, landaretzaren migrazioa emateko errefugioak, kostaldetik gertu kokatu beharko ziren (González-Sampériz et al., 2010). Honen adibide izango da ere artadi kantauriarraren dinamika aztertutako periodoan zehar, ez baitu garapen erregional bat erakutsiko, komunitatearen logika paisaiaren ezaugarri mikrotopografiko eta edafiko partikularrekin erlazionatuko delarik (Uzquiano et al., 2016).

Biodibertsitatearen handitze horrek giza okupazioentzako baldintzen hobekuntza adierazten du, baina hauek posizio babestu berdinetan mantenduko dira orokorrean. Hala ere, baldintza klimatiko egokiek giza okupazioak kostaldera hurbildu zituzten (Uzquiano, 2014).

Ostera, *Younger Dryas* gertaerarekin emandako baldintzen okertzeak baso atlantikoaren murrizketa ekarri zuen Iberiar Penintsulako iparraldean (Álvarez-Fernández et al., 2020a) eta pinudiaren hedatzea izango da ezaugarri bioestratigrafiko esanguratsuena, datu antrakologikoen eta polinikoen adierazten duten moduan (González-Sampériz et al., 2010). Pixkanaka, *Quercus* hostoerorkorrak *Pinus* ordezkatzeko du Holozenorako trantsizioarekin batera (Uzquiano, 2014).

6.4. Holozenoko baso misto atlantikoaren dominioa (11,7 – 7,5 k.a.)

Younger Dryas ostean baldintza klimatikoaren hobekuntza emango da Europa mailan, batik bat, prezipitazioen gorakada nabaria eta anplitude termikoaren jaitsiera (Morellón et al., 2018). Honi esker, zurezko landarediak herbazeoek menderatutako paisaia kolonizatuko du progresiboki (Iriarte-Chiapusso et al., 2016). Holozeno hasieran, kostaldean ez dago ia giza okupazioaren aztarnarik, aurreko aldiaren emandako gertaera hotzak kostaldeko eremuak abandonatzea ekarri baitzuen. Hala ere, baldintza

klimatikoak hobetu ahala, itsasoko asentamenduen gorakada nabaria izango da (Uzquiano, 2014).

Faunari dagokionez, kultura Aziliarreko aztarnategietan aurkitutako presentziek adierazten dute piriniotar basahuntza (*Capra pyrenaica*) eta orein arrunta (*Cervus elephus*) zirela ehizatzen ziren espezie nagusiak, lehenengoak mendiguneetako eremuetan eta bigarrenak baso hostoerorkorraren baitan (Álvarez-Fernández et al., 2020b).

Landaretzaren kasuan, baso misto atlantikoa gailenduko da klimaren hobekuntzari esker, eta komunitate honetako taxoi esanguratsuenak *Quercus* hostoerorkorra, *Corylus avellana*, *Salix* sp. edo *Betula* sp. izango dira. Landaretzaren dinamikak Tardiglaziarrean hasitako tendentzia ebolutiboa jarraitzen du, hots, migrazio erregionalak emateko gaitasun azkarra (Iriarte-Chiapusso et al., 2016).

Baso misto atlantikoa nagusi izan arren, kostaldeko eremu karstikoetan artadia (*Quercus ilex* subs. *ilex*) ere agertuko da (Iriarte-Chiapusso et al., 2006), Santa Catalinako maila Aziliarrean ongi ikusi daitekeen moduan (Ruiz-Alonso et al., 2014). Komunitate honek ordea, dinamika erresilientea erakusten du, ez duelarik erregionaki hedatzeko gaitasuna erakutsiko, baldintzatzaile edafiko-topografikoez gain, baso atlantikoko espezieak nitxo ekologiko berriak kolonitzatzeko abantaila konpetitibo handiagoa baitute baldintzatzaile termo-plubiometrikorik egon ezean. Bestalde, kostaldeko zonalde batzuetan espezie sastrakatsu batzuk ere mantenduko dira, La Pila aztarnategiak erakusten duen moduan, nahiz eta *Betula-Populus-Salix* taxoiak, *Quercus* subg. *Quercus*-ekin batera, nagusi izango diren.

9. ONDORIOAK

Goi Pleistozenoan eta Behe Holozenoan zehar emandako baldintza klimatikoen bariazio ugariak eragin handia izan zuten garai ezberdinetako paisaia moldatzerako orduan, landaredian ez ezik, fauna eta giza okupazioen banaketan ere.

Azken Ziklo Glaziarraren barnean aldi lehor eta hezeen fluktuazio ugari eman dira, landare komunitateek portaera ezberdinak erakutsiz. Aztertutako bibliografiak eta datu-

basearekin egindako analisi kronologiko eta estatistikoek klima-landaretzaren erlazioa argia dela islatzen dute.

Glaziazio aurretik paisaia koniferez osotua egongo da, landaretza herbazeoekin batera. Tenperaturen jaitsierarekin hotzera moldatutako taxoiak ugarituko dira eta sastrakadi xero-heliofiloak paisaia kolonizatuko du, *Juniperus* eta Fabaceae indartuz, batik bat. Hala ere, eremu babestu batzuetan gaur egungo baso misto atlantikoa osatuko duten elementu batzuk mantenduko dira. Kantauriar eskualdeko erliebe eta mikrotopografiak rol berezia jokatu zuen, landaretzak ez ezik, gizakiak ere errefugio hauek aprobetxatu baitzituen.

Azken Maximo Glaziarra gainditzera (18 k.a.) landaretza atlantikoa berreskuratzen hasiko da. Tardiglaziarraren amaieran, *Younger Dryas* gertaera hotzak pinuen hedapena ekarriko du, baina hau gainditzera (11,7 k.a.) baso misto atlantikoaren gailentze garaia helduko da, haritz hostoerorkorra espezie dominantea izanik, Holozenoan emango diren baldintza klimatikoen hobekuntzari esker.

Lan honek beraz, gaur egungo landaretzaren dinamika ulertzen laguntzen digu, analisi historikoak dinamika naturala eta gizakiaren influentzia ulertzeko beharrezkoak direla agerian utziz. Honi esker, ikusi da ekosistema batzuk ongi erantzuten dutela aldaketa klimatikoen aurrean eta beste batzuk, aldiz, erresilienteagoak direla.

Honez gain, artadi kantauriarraren garrantzia aipatu behar da, fragmentatuta dagoen komunitatea izanda ere, honek duen balio ekologiko, historikoa handia baita, eremu harritsuak kolonizatze duen gaitasunagatik, eta baita habitat horretara moldatutako fauna eta flora barneratzeagatik. Gainera, komunitate honek babesteko premia erakusten du, hainbat urtez errefugiatu den elementu honek dinamika erregresiboa erakusten baitu gizakiaren erruz.

ERANSKINAK

Aztarnategia	Kultura	Laborategiko kodea	Kronologia, datazio erradiokarbonikoak (14C)	Kronologia (urte kalibratuak, cal BP)	Erreferentzia
Cueva de El Castillo	Aurignac	AA-2406*	38500 ± 1800	43240	Uzquiano & Cabrera, 1999
		AA-2407*	37700 ± 1800	42544	
		OxA-2472°	37100 ± 2200	42398	
		OxA-2474°	38500 ± 1300	42832	
		OxA-2475°	40700 ± 1600	44472	
		OxA-2476°	40700 ± 1500	44346	
		OxA-2476°	41100 ± 1700	44883	
		AA-2405*	40000 ± 2100	44766	
		OxA-2478°	39800 ± 1400	43716	
		Gif-A891467	39500 ± 2000	44268	
Cueva del Conde	Musteriarra	Beta-230416	37710 ± 470	42132	Uzquiano et al., 2008
		Beta-210572	38250 ± 390	42269	
Cueva del Conde	Aurignac	Beta-217216	32530 ± 440	37094	Uzquiano et al., 2008
		Beta-224303	34730 ± 500	39939	
Cueva de Cobrante	Aurignac			33000	Uzquiano, 2009
				30000	
Ondaro	Gravetiarr		27500 ± 120	31439	Ruiz-Alonso, 2018

Cova Rosa	Solutrearra		22687 ± 243	26933	Uzquiano, 2019	
El Linar	Solutrearra	GrA-21436	19680 ± 320	23681	Uzquiano, 2014	
Praileaitz I	Solutrearra		17850 ± 70	21679	Ruiz-Alonso & Zapata, 2017	
			19330 ± 130	23338		
			17530 ± 70	21168		
El Cierro	Madeleine		19605 ± 258	23569	Uzquiano, 2019	
Altamira	Solutrearra	GifA-90045	18540 ± 320	22490	Uzquiano, 1992a	
Praileaitz I	Madeleine		Beta-162880	15190 ± 50	18464	Ruiz-Alonso & Zapata, 2017
			Beta-162880	15300 ± 100	18545	
			GrA-20464	15460 ± 100	18749	
			GrA-24685	15530 ± 100	18824	
			GrA-24688	15810 ± 110	19094	
Altamira	Madeleine	I-12012	15919 ± 230	19254	Uzquiano, 1992a	
Cualventi	Madeleine	GrA-21431	15950 ± 70	19262	Uzquiano, 2014	
Cueva de Cobrante	Solutrearra			18500	Uzquiano, 2009	
Arangas	Madeleine		OxA-29199	14840 ± 65	18151	Álvarez-Fernández et al., 2020a
			OxA-36709	15000 ± 70	18383	
Coimbre B	Madeleine			17160-15690 19970-18720	Uzquiano, 2019	
Las Aguas	Madeleine	GrA-21526	14440 ± 70	17616	Uzquiano, 2014	

		GrA-21524	15030 ± 60	18417	
Tito Bustillo	Madeleine	OxA-6260	14550 ± 110	17763	Uzquiano, 2014
El Linar	Madeleine	GrA-21435	14040 ± 60	17109	Uzquiano, 2014
Santimamiñe	Madeleine	Beta-240902	12790 ± 70	15274	Euba, 2011
		Beta-240903	12250 ± 70	14257	
		Beta-240905	14650 ± 80	17952	
		Beta-240904	14670 ± 80	17980	
Morgota	Madeleine		12510±40	14765	Medina-Alcaide, 2015
			12420±40	14564	
			13840±40	16810	
La Pila	Madeleine	Gif-8147	12160 ± 130	14154	Uzquiano, 1992b
		Gif-90033	12580 ± 190	14821	
Santa Catalina	Madeleine	Ua-43257	10392 ± 179	12202	Ruiz-Alonso et al., 2014
		Ua-43259	11961 ± 61	13867	
		Ua-24654	11225 ± 80	13138	
		Ua-13877	12425 ± 90	14582	
Cova Rosa	Madeleine			Datazio erlatiboa	Uzquiano, 2019
Laminak II	Madeleine		11700 ± 140	13578	Uzquiano, 1994
La Pila	Aziliarra	Gif-8148	11710 ± 120	13585	Uzquiano, 1992b
Arangas	Aziliarra	OxA-36708	11100 ± 50	13010	Álvarez-Fernández et al., 2020b

El Cierro	Aziliarra	OxA-35634	11000 ± 50	12929	Álvarez-Fernández et al., 2020a
		OxA-34810	10755 ± 50	12730	
		OxA-31704	11155 ± 45	13076	
		OxA-27856	11190 ± 38	13120	
		GaK-2548	10400 ± 500	12085	
		OxA-27857	11403 ± 37	12286	
Santa Catalina	Aziliarra	Ua-2360	9180 ± 110	10378	Ruiz-Alonso et al., 2014
		Ua-2358	10530 ± 110	12438	
Los Azules	Aziliarra		9430 ± 120	10725	Uzquiano, 1992b
			9540 ± 120	10874	
			10510 ± 130	12386	
			10480 ± 210	12281	
			10880 ± 210	12835	
			11320 ± 360	13270	
Laminak II	Aziliarra		10380 ± 140	12220	Uzquiano, 1994
El Carabion	Aziliarra	Poz-30594	10310 ± 60	12149	Uzquiano, 2014
Peña del Perro	Aziliarra		10160 ± 110	11795	Uzquiano, 1992c
Santimamiñe	Aziliarra	Beta-240900	10100 ± 60	11648	Euba, 2011
		Beta-240901	10060 ± 60	11581	

Praileaitz I	Epipaleolitikoa	GrA-28028	8940 ± 50	10059	Ruiz-Alonso & Zapata, 2017
		GrA-28029	10740 ± 50	12722	
		GrA-28031	9010 ± 50	10156	
		GrA-28030	8840 ± 45	9935	
		GrA-38267	9200 ± 40	10361	
		GrA-38340	8800 ± 35	9836	
		GrA-38794	8925 ± 40	10051	
		GrA-38265	9225 ± 40	10385	
		GrA-44404	8985 ± 45	10125	
Cueva de Cobrante	Aziliarra			Datazio erlatiboa	Uzquiano, 2009
Kobeaga II	Mesolitikoa		7690 ± 270	8578	Zapata, 1998
Mazaculos	Mesolitikoa		7280 ± 220	8108	Uzquiano, 1992c
Pico Ramos	Mesolitikoa		5370 ± 40	6157	Zapata, 2002
Abrigo de la Calvera	Aziliarra	GrN 18728	5195 ± 25	5957	Carrión, 2005
La Llana	Mesolitikoa			Datazio erlatiboa	Uzquiano, 1992c

Aztarnategi eta maila bakoitzaren datazio erradiokarbonikoa eta kalibratua

BIBLIOGRAFIA

- Alcalde Olivares, C., García Antón, M., Gómez Manzanque, F., & Morla Juaristi, C. (2004). Palaeoenvironmental interpretation of the Neogene locality Caranceja (Reocín, Cantabria, N Spain) from comparative studies of wood, charcoal, and pollen. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 132, 133–157.
- Allué, E., Picornell-Gelabert, L., Daura, J., & Sanz, M. (2017). Reconstruction of the palaeoenvironment and anthropogenic activity from the Upper Pleistocene/Holocene anthracological records of the NE Iberian Peninsula (Barcelona, Spain). *Quaternary International*, 457, 172-189.
- Álvarez-Fernández, E., Bécares, J., Pardo, J. F. J., Agirre-Uribesalgo, A., Álvarez-Alonso, D., Aparicio, M. T., Barrera-Mellado, I., Carral, P., Carriol, R., Cubas, M., Cueto, M., Douka, K., Elorza, M., Fernández-Gómez, M. J., Gabriel, S., García-Ibaibarriaga, N., Iriarte-Chiapusso, M. J., Llave, C., Maestro, A., ... & Arias, P. (2020a). Palaeoenvironmental and chronological context of human occupations at El Cierro cave (Northern Spain) during the transition from the late Upper Pleistocene to the early Holocene. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 29, 102138.
- Álvarez-Fernández, E., Cubas, M., Aparicio, M. T., Cueto, M., Elorza, M., Fernández, P., Gabriel, S., Gracia-Ibaibarriaga, N., Portero, R., Suárez-Bilbao, A., Tapia, J., Teira, L. C., Uzquiano, P., & Arias, P. (2020b). New data for the late Upper Palaeolithic in the Cantabrian region: Arangas Cave (Cabrales, Asturias, Spain). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 29, 102092.
- Álvarez-Lao, D. J. (2014). The Jou Puerta cave (Asturias, NW Spain): a MIS 3 large mammal assemblage with mixture of cold and temperate elements. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 393, 1-19.
- Álvarez-Lao, D. J., & García, N. (2011). Geographical distribution of Pleistocene cold-adapted large mammal faunas in the Iberian Peninsula. *Quaternary International*, 233(2), 159-170.

- Aranbarri, J., Alcolea, M., Badal, E., Vila, S., Allué, E., Iriarte-Chiapusso, M. J., Sebastián, M., Magri, D., & González-Sampériz, P. (2020). Holocene history of Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) woodlands in the Ebro Basin (NE Spain): Climate-biased or human-induced?. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 279, 104240
- Bardají, T. (2018). Subdivisión formal del Holoceno. *Cuaternario y Geomorfología*, 7-8.
- Bardají, T., & Zazo, C. (2009). El Cuaternario: un "nuevo" periodo en la escala Geocronológica global. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17(1), 37-43.
- Bennett, K. D., & Provan, J. (2008). What do we mean by 'refugia'?. *Quaternary Science Reviews*, 27(27-28), 2449-2455.
- Boers, N., Ghil, M., & Rousseau, D. D. (2018). Ocean circulation, ice shelf, and sea ice interactions explain Dansgaard–Oeschger cycles. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(47), E11005-E11014.
- Brewer, S., Cheddadi, R., De Beaulieu, J. L., & Reille, M. (2002). The spread of deciduous *Quercus* throughout Europe since the last glacial period. *Forest ecology and management*, 156(1-3), 27-48.
- Carrión, J.S., Fernández, S., González-Sampériz, P., López-Merino, L., Peña, L., Burjachs, F., López-Sáez, J.A., García-Antón, M., Carrión Marco, Y., Uzquiano, P., Postigo, J.M., Barrón, E., Allué, E., Badal, E., Dupré, M., Fierro, E., Munuera, M., Rubiales, J.M., García Amorena, I.,... Miras, Y. (2012). Paleoflora y Paleovegetación de la Península Ibérica e Islas Baleares: *Plioceno-Cuaternario*. Ministerio de Economía y Competitividad, Madrid
- Carrión Marco, Y. (2005). El impacto de la economía productora en el paisaje vegetal del conjunto de Peña Oviedo (Camaleño, Cantabria). *Actas del III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica*, 35-44.
- Carrión, Y., Ntinou, M., & Badal, E. (2010). *Olea europaea* L. in the north Mediterranean Basin during the Pleniglacial and the Early–Middle Holocene. *Quaternary Science Reviews*, 29(7-8), 952-968

- Cearreta, A. (2016). El Antropoceno y los pasos necesarios para su posible formalización tras el 35º Congreso Geológico Internacional (2016). *Cuaternario y Geomorfología*, 30(3-4), 5-8.
- Clark, R. M. (1975). A calibration curve for radiocarbon dates. *Antiquity*, 49(193), 251.
- Connor, E. F. (1986). The role of Pleistocene forest refugia in the evolution and biogeography of tropical biotas. *Trends in Ecology & Evolution*, 1(6), 165-168.
- Dansgaard, W., White, J. W. C., & Johnsen, S. J. (1989). The abrupt termination of the Younger Dryas climate event. *Nature*, 339(6225), 532-534.
- Doughty, A. M., Kaplan, M. R., Peltier, C., & Barker, S. (2021). A maximum in global glacier extent during MIS 4. *Quaternary Science Reviews*, 261, 106948.
- Euba Rementería, I. (2011). Explotación de los recursos leñosos y reconstrucción de la vegetación desde el Tardiglacial hasta el Holoceno en la cueva de Santimamiñe (Kortezubi, Bizkaia). *Kobie*, 267-280.
- González-Amuchástegui, M. J. (2000). Evolución morfoclimática del País Vasco durante el Cuaternario: estado de la cuestión. *Cuaternario y Geomorfología*, 14(3-4), 79-99.
- González-Sampériz, P., Leroy, S. A., Carrión, J. S., Fernández, S., García-Antón, M., Gil-García, M. J., Uzquiano, P., Valero-Garcés, B., & Figueiral, I. (2010). Steppes, savannahs, forests and phytodiversity reservoirs during the Pleistocene in the Iberian Peninsula. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162(3), 427-457.
- Hoffecker, J. F. (2009). The spread of modern humans in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(38), 16040-16045.
- Hammer, Ø., Harper, D. A., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9.

- Iriarte-Chiapusso, M. J., Muñoz Sobrino, C., Gómez-Orellana, L., & Ramil-Rego, P. (2006). Dinámica del paisaje en la Reserva de la Biosfera del Urdaibai durante el Holoceno. *III Congreso Español de Biogeografía*, 113-118.
- Iriarte-Chiapusso, M. J., Muñoz Sobrino, C., Gómez-Orellana, L., Hernández-Beloqui, B., García-Moreiras, I., Fernández Rodríguez, C., Heiri, O., Lotter, A. F., & Ramil-Rego, P. (2016). Reviewing the Lateglacial–Holocene transition in NW Iberia: a palaeoecological approach based on the comparison between dissimilar regions. *Quaternary International*, 403, 211-236.
- Jain, A. K., Murty, M. N., & Flynn, P. J. (1999). Data clustering: a review. *ACM computing surveys (CSUR)*, 31(3), 264-323.
- Jiménez-Sánchez, M., Rodríguez-Rodríguez, L., García-Ruiz, J. M., Domínguez-Cuesta, M. J., Farias, P., Valero-Garcés, B., Moreno, A., Rico, M., & Valcárcel, M. (2013). A review of glacial geomorphology and chronology in northern Spain: timing and regional variability during the last glacial cycle. *Geomorphology*, 196, 50-64.
- Jones, J. R., Marín-Arroyo, A. B., Straus, L. G., & Richards, M. P. (2020). Adaptability, resilience and environmental buffering in European Refugia during the Late Pleistocene: Insights from La Riera cave (Asturias, cantabria, Spain). *Scientific Reports*, 10(1), 1-17.
- Lisiecki, L. E., & Raymo, M. E. (2005). A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography*, 20(1).
- Mayewski, P. A., Rohling, E. E., Stager, J. C., Karlén, W., Maasch, K. A., Meeker, L. D., Meyerson, E. A., Gasse, F., van Kreveld, S., Holmgren, K., Lee-Thorp, J., Rosqvist, G., Rack, F., Staubwasser, M., Schneider, R. R., & Steig, E. J. (2004). Holocene climate variability. *Quaternary Research*, 62(3), 243-255.
- Médail, F., & Diadema, K. (2009). Glacial refugia influence plant diversity patterns in the Mediterranean Basin. *Journal of Biogeography*, 36(7), 1333-1345.

- Medina-Alcaide, M. Á. (2015). Los restos vegetales carbonizados del contexto arqueológico interno de Morgota Koba (Kortezubi, Bizkaia). *Kobie* (5), 105-120.
- Mercuri, A. M., Sadori, L., & Uzquiano Ollero, P. (2011). Mediterranean and north-African cultural adaptations to mid-Holocene environmental and climatic changes. *The Holocene*, 21(1), 189-206.
- Morellón, M., Aranbarri, J., Moreno, A., González-Sampériz, P., & Valero-Garcés, B. L. (2018). Early Holocene humidity patterns in the Iberian Peninsula reconstructed from lake, pollen and speleothem records. *Quaternary Science Reviews*, 181, 1-18.
- Moreno, A., Colmenero, E., Morellón, M., Valero-Garcés, E., & Mata, P. (2017). Descifrando el clima de los últimos 2,58 ma. ¿Cómo, dónde y por qué? Registros continentales y marinos. *Enseñanza de la Ciencias de la Tierra*, 25.1, 14-27.
- Ninyerola, M., Pons, X., & Roure, J. M. (2000). A methodological approach of climatological modelling of air temperature and precipitation through GIS techniques. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 20(14), 1823-1841.
- Paus, A. (1995). The Late Weichselian and early Holocene history of tree birch in south Norway and the Bølling *Betula* time-lag in northwest Europe. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 85(3-4), 243-262.
- Petit, R. J., Brewer, S., Bordács, S., Burg, K., Cheddadi, R., Coart, E., Cottrell, J., Csaikl, U. M., van Dam, B., Deans, J. D., Espinel, S., Fineschi, S., Finkeldey, R., Glaz, I., Goicoechea, P. G., Svejgaard Jensen, J., König, A. O., Lowe, A. J., Flemming Madsen, S., ... & Kremer, A. (2002). Identification of refugia and post-glacial colonisation routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen evidence. *Forest ecology and management*, 156(1-3), 49-74.
- Ramsey, C. B., & Lee, S. (2013). Recent and planned developments of the program OxCal. *Radiocarbon*, 55(2-3), 720-730.

- Rodríguez Meaza, G. (1991). La impronta mediterránea en la vegetación del País Vasco: carrascales y encinares. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (13), 45-74.
- Ruiz-Alonso, M. (2018). Maderas carbonizadas de la cueva de Ondaro (Nabarniz, Bizkaia). *Kobie*, (35), 57-66.
- Ruiz-Alonso, M., Uzquiano Ollero, P., & Zapata Peña, L. (2014). Macrorrestos vegetales de Santa Catalina (Lekeitio, Bizkaia): Carbones y bellotas del Tardiglacial. *Kobie*, 75-92.
- Ruiz-Alonso, M., & Zapata Peña, L. (2017). Estudio de los macrorrestos vegetales de Praileaitz I (Deba, Gipuzkoa). *Munibe*, (1), 201-219.
- Ruiz-Alonso, M., Pérez-Díaz, S., & López-Sáez, J. A. (2019). From glacial refugia to the current landscape configuration: permanence, expansion and forest management of *Fagus sylvatica* L. in the Western Pyrenean Region (Northern Iberian Peninsula). *Vegetation History and Archaeobotany*, 28(5), 481-496.
- Silva, P.G.; Zazo, C.; Bardají, T.; Baena, J.; Lario, J., Rosas, A., & van der Made, J. (2009). Tabla cronoestratigráfica del Cuaternario de la Península Ibérica, v.2. AEQUA.
- Silva, P. G., Bardají, T., Roquero, E., Baena-Preysler, J., Cearreta, A., Rodríguez-Pascua, M. A., Rosas, A., Zazo, C., & Goy, J. L. (2017). El periodo cuaternario: La historia geológica de la Prehistoria. *Cuaternario y Geomorfología*, 31(3-4), 113-154.
- Théry-Parisot, I., Chabal, L., & Chravzev, J. (2010). Anthracology and taphonomy, from wood gathering to charcoal analysis. A review of the taphonomic processes modifying charcoal assemblages, in archaeological contexts. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 291(1-2), 142-153.
- Uriarte Cantolla, A. (2003). *Historia del clima de la tierra*. Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia, 306 pp.

- Uzquiano, P. (1992a). L'Homme et le bois au Paléolithique en région cantabrique, Espagne. Exemples d'Altamira et d'El Buxu. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 139(2-4), 361-372.
- Uzquiano, P. (1992b). The late glacial/postglacial transition in the Cantabrian Cordillera (Asturias and Cantabria, Spain) based on charcoal analysis. *Palaios*, 7(5), 540-547.
- Uzquiano, P. (1992c). *Recherches anthracologiques dans le secteur pyrénéo-cantabrique (Pays Basque, Cantabria et Asturias): environnements et relations homme-milieu au pléistocène supérieur et début de l'holocène*. Université Montpellier.
- Uzquiano, P. (1994). Estudio antracológico de Laminak II (Berriatua, Bizkaia).
- Uzquiano, P. (1997). Antracología y métodos: implicaciones en la Economía prehistórica, Etnoarqueología y Paleoecología. *Trabajos de Prehistoria*, 54(1), 145-154.
- Uzquiano, P. (2009). Análisis antracológico de la cueva de Cobrante. Paisaje vegetal, movilidad y gestión de los recursos leñosos en un medio cambiante. *Sautuola*, 63-73.
- Uzquiano, P. (2014). Wood resource exploitation by Cantabrian Late Upper Palaeolithic groups (N Spain) regarding MIS 2 vegetation dynamics. *Quaternary International*, 337, 154-162.
- Uzquiano, P. (2019). Vegetal landscape and firewood supply strategies in N Spain at the Greenland Stadial 2. *Quaternary International*, 506, 6-13.
- Uzquiano, P., & Cabrera Valdés, V. (1999). Paleoecología y gestión del combustible en la ocupación del Auriñaciense arcaico de la cueva de El Castillo (Puente Viesgo, Cantabria). *Espacio Tiempo y Forma. Serie I, Prehistoria y Arqueología*, (12), 129-147.
- Uzquiano Ollero, P., Arbizu Senosiain, M., Arsuaga, J. L., Andan, G., Aramburu Artano, A., & Iriarte, E. (2008). Datos paleoflorísticos en la Cuenca Media del

- Nalón entre 40-32 Ka. BP: Antracoanálisis de la Cueva Conde (Santo Andriano, Asturias). *Cuaternario y Geomorfología*, 22(3-4), 121-133.
- Uzquiano, P., Yravedra, J., Zapata, B. R., Garcia, M. J. G., Sesé, C., & Baena, J. (2012). Human behaviour and adaptations to MIS 3 environmental trends (> 53–30 ka BP) at Esquilleu cave (Cantabria, northern Spain). *Quaternary International*, 252, 82-89.
- Uzquiano, P., Ruiz-Zapata, M., Gil-Garcia, M., Fernández, S., & Carrión, J. S. (2016). Late Quaternary developments of Mediterranean oaks in the Atlantic domain of the Iberian Peninsula: The case of the Cantabrian region (N Spain). *Quaternary Science Reviews*, 153, 63-77.
- Van de Berg, W. J., Van Den Broeke, M., Ettema, J., Van Meijgaard, E., & Kaspar, F. (2011). Significant contribution of insolation to Eemian melting of the Greenland ice sheet. *Nature Geoscience*, 4(10), 679-683.
- Van Kolfschoten, T. (2000). The Eemian mammal fauna of central Europe. *Netherlands Journal of Geosciences*, 79(2-3), 269-281
- Vera, J. A., Ancochea, A., Barnolas Cortinas, A., Bea Carredo, F., & Calvo Sorando, J. P. (2004). *Geología de España*. Instituto Geológico y Minero de España.
- Zapata Peña, L. (1998). Análisis de los macrorrestos vegetales de Kobeaga II: la explotación del bosque. *Illunzar*, (4), 177-183.
- Zapata Peña, L. (2002). *Origen de la agricultura en el País Vasco y transformaciones en el paisaje: análisis de restos vegetales arqueológicos*. Bizkaiko Foru Aldundia.