Euskal Herriko kostaldeko karbono urdinaren hustulekuak: klima-aldaketaren arintzerako eta tokiko egokitzapenerako inplikazioak

1. Introducción

Karbono urdineko ekosistemak (KUE), hala nola padurak, itsas belardiak eta mangladiak, epe luzera karbonoa bahitzeko eta biltegiratzeko duten gaitasunagatik nabarmentzen dira, bai eta klima-egokitzapenerako eta biodibertsitatearen kontserbaziorako onurak ekartzeagatik ere [1]. KUEen degradazioak haien onurak arriskuan jartzeaz gain, CO_2 iturri garbia bihurtu ditzazke, eta horrek haiek kontserbatzeko eta lehengoratzeko beharra sendotzen du[2]. Euskal kostaldean, karbono urdinari lotutako ekosistema nagusiak padurak dira (*Phragmites australis*, *Juncus maritimus*, *Halimione portulacoides*, *Spartina maritima* eta beste espezie batzuk) eta *Nanozostera noltei* espezieko itsasarteko itsasbelardiak. Ekosistema hauen azalera historikoki murriztuta ikusi da presio antropikoaren eta kostaldeko urbanizazioaren ondorioz[3]. Nahiz eta penintsula mailako azken ikerketek erakusten duten karbono urdinaren erreserba esanguratsuak dituztela [4], ezagutza-hutsuneek jarraitzen dute haien egungo dinamikari, klima-aldaketarekiko ahultasunari eta neutraltasun klimatikoari egin diezaioketen ekarpenari buruz, eta horrek zaildu egiten du klima- eta kostalde-plangintzan integratzea. Doktorego-tesi bat garatzeko diseinatutako ikerketa-proiektu honek padurek eta itsasbelardiek karbono urdinaren hustuleku gisa duten zereginari buruzko ezagutza sortzen lagundu nahi du, egungo eta etorkizuneko erronka klimatikoen aurrean kudeaketarako, lehengoratzeko eta erabakiak hartzeko oinarri zientifikoa eskainiz.

Doktorego-tesiaren proiektuaren **helburu orokorra** da Euskal Kostaldeko karbono urdinezko ekosistemek klima-aldaketa arintzeko egiten duten ekarpena ulertzea, hurbilketa espazialak, biogeokimikoak eta prediktiboak integratuz, ekosistema hauen egungo dinamika, etorkizuneko bilakaera eta kudeaketa-estrategia desberdinen inplikazioak ebaluatu ahal izateko.

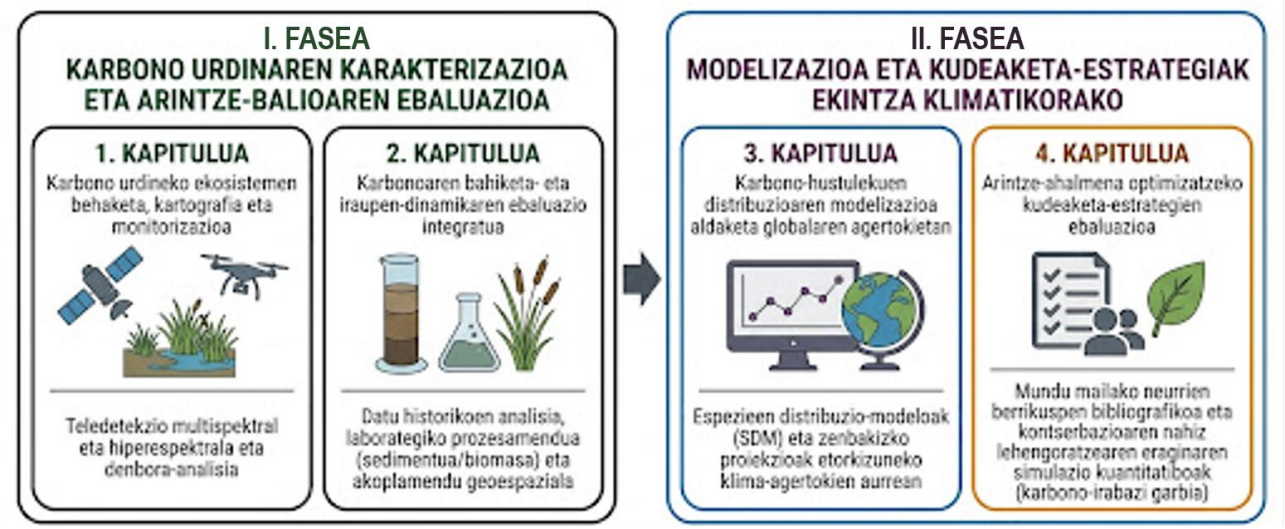
Helburu espezifikoak honako hauek dira: (1) Euskal kostaldeko KUEen egoera, azalera eta denbora-bilakaera kuantifikatzea; (2) Euskal estuarioetan karbono organikoa bahitzeko dinamika zehaztea, eskualde mailako arintze-balio historikoa kalkulatzeko; (3) KUEen etorkizuneko distribuzio potentziala modelizatzea klima-aldaketaren agertokien aurrean; eta; (4) Kudeaketa-

[1] Macreadie et al., Nat Rev Earth Environ 2, 826–839 (2021).
[2] Macreadie et al., Nat Ecol Evol 10, 751–764 (202).
[3] Chust et al., Clim Res 48:307-332 (2011).
[4] Piñeiro-Juncal et al., Mar. Pollut. Bull. 228:1196570 (2026).

estrategia desberdinek kostaldeko arintze-potentzialean duten eragina ebaluatzea, tokiko politika klimatikoetara transferitzeko.

2. Metodologia

Proiektua bi fase nagusitan antolatuko da, elkarri lotutako lau kapitulu zientifikotan egituratuta (1. Irudia).



1. Irudia. Doktorego-tesiaren proiektuaren egitura kontzeptuala eta metodologikoa.

I. FASEA. Karbono urdinaren karakterizazioa eta arintze-balioaren ebaluazioa. Fase honen helburua Euskal Kostaldeko karbono urdinaren hustulekuei buruzko oinarrizko lerro bat sortzea eta klima-aldaketaren arintzeari egindako ekarpen historikoa kuantifikatzea da.

1. Kapitulua. Karbono urdineko ekosistemen behaketa, kartografia eta monitorizazioa. KUEen identifikazioa, mugarritzea eta denborazko jarraipena egingo da teledetekzio-tekniken eta analisi geoespazialaren bidez. Zereginen artean daude: (T1.1) dagoen informazio espaziala biltzea eta harmonizatzea, (T1.2) kartografia berriak garatzea eskuzko tekniken eta teledetekzioaren bidez, eta (T1.3) ekosistemen dinamikaren denbora-analisia.

2. Kapitulua. Karbonoaren bahiketa- eta iraupen-dinamikaren ebaluazio integratua. Eskualdeko KUE nagusien karbonoa bahitzeko eta biltegiratzeko gaitasuna kuantifikatuko da: (T2.1) Euskadiko KUEetarako stock datuak, metatze-tasak, karbonoaren egonkortasuna eta elkartutako mikrobioma biltzea eta aztertzea, (T2.2) karbono-erreserbak karakterizatzeko emaitzak sortzea, eta (T2.3) informazio biogeokimikoa eta espaziala integratzea eskualde mailako arintze-balio historikoa kalkulatzeko.

II. FASEA. Modelizazioa eta kudeaketa-estrategiak ekintza klimatikorako. Fase hau karbono urdinaren hustulekuen etorkizuneko bilakaera aztertzean eta arintze klimatikoari egindako ekarpena maximizatzeko estrategiak ebaluatzean zentratzen da.

3. Kapitulua. Karbono-hustulekuen distribuzioaren modelizazioa aldaketa globalaren agertokietan. Espezieen distribuzio-modeloak (SDM, bere ingelesezko akronimoagatik: Species Distribution Models) garatuko dira KUEen etorkizuneko bilakaera proiektatzeko, itsas mailaren igoerako eta klima-berotzeko agertokietan, eremu ahulak eta kontserbatzeko nahiz lehengoratzeko lehentasunezko eremuak identifikatuz.

4. Kapitulua. Arintze-ahalmena optimizatzeko kudeaketa-estrategien ebaluazioa. Kontserbazio- eta lehengoratze-neurri desberdinen eragin potentziala ebaluatuko da, berrikuspen bibliografiko baten eta karbono-irabazi garbiaren simulazio kuantitatiboen bidez. Emaitzek irizpide zientifikoak eta gomendioak garatzeko balio izango dute, karbono urdina eskualdeko politika klimatikoetan eta kostaldeko plangintzan sartzeko.

3. Aurreikusitako ezarpen-xehetasunak

Proiektua AZTIn garatuko da —Zientzia, Teknologia eta Berrikuntzaren Euskal Sareko kidea den zentro teknologikoa, itsas ikerketan eta klima-aldaketan esperientzia handia duena—, Mireia Valle doktorearen eta Guillem Chust doktorearen zuzendaritzapean eta tesiaren kapitulu bakoitzean garatu beharreko gaietan aditua den diziplinarteko talde baten aholkularitzarekin. Doktoregaiak AZTItik itsasoa behatzeko azpiegituretara, analisi biogeokimiko eta molekularreko laborategietara, teledetekzio-plataformetara, informazio geografikoko sistemetara eta konputazio zientifikoko baliabideetara sarbidea izango du. Era berean, eskualdeko eta Europako proiektuetan sortutako datu-baseak erabiliko dira (Euskadiko karbono urdinaren hustulekuak; C-BLUES: Carbon sequestration in BLUe EcoSystems; Regions4Climate (R4C); eta MORSE (MOdels supporting practical Restoration of habitats in Europe's Seas).

4. Eskatutako baldintzak eta gomendatutako konpetentziak

Onartutako titulazioak: Ingurumen Zientziak, Biologia Zientziak, Itsas Zientziak, Fisika edo Zientzia Esperimentalen eta Naturalen adarreko antzeko beste batzuk. Adierazitako edozein alorretako Master titulua izatea baloratu da.

Itsas ekologian eta klima-aldaketan interesa edo esperientzia izatea; GIS ezagutzak; programazioa (R); eta ingeles zientifikoaren maila ona izatea