



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

BIOLOGIAKO GRADUA

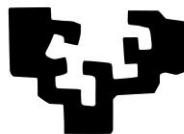
GRADU AMAIERAKO LANA

**Adaburuaren eta orbelaren euri
interzepzioa haritzean (*Quercus robur*) eta
intsinis pinuan (*Pinus radiata*)**

Oihan Pla Azanza

Leioa, 2014ko uztaila

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

AURKIBIDEA

LABURPENA.....	1
ABSTRACT.....	2
1. SARRERA.....	3
2. MATERIALA ETA METODOAK	
2.1 Ikerketa area.....	5
2.2. Orbelaren jasotzea.....	6
2.3. Landako esperimentuaren prestaketa.....	6
2.4. LAI neurtzea.....	6
2.5. Adaburuaren interzepzioa kalkulatzeko.....	7
2.6. Orbelaren interzepzio metatze ahalmen minimoa (C_{min}) kalkulatzeko.....	7
2.7. Orbelaren ur-erretentzio maximoa (S) neurtzea.....	7
2.8. Analisi estatistikoak.....	8
3. EMAITZAK	
3.1. Espeziearen eragina adaburuaren interzepzioan.....	9
3.2. LAI-aren eragina adaburuaren interzepzioan.....	10
3.3. Orbelaren interzepzio ahalmen minimoa (C_{min}) adaburu ezberdinen pean.....	11
3.4. Orbelaren ur-erretentzio maximoa (S).....	12
3.5. Basoen interzepzioaren estima.....	13
4. EZTABAIDA	
4.1. Espeziearen eragina adaburuaren interzepzioan.....	14
4.2. LAI-aren eragina adaburuaren interzepzioan.....	15
4.3. Orbelaren interzepzio ahalmen minimoa (C_{min}) adaburu ezberdinen pean.....	15
4.4. Orbelaren ur-erretentzio ahalmen maximoa (S).....	16
5. ONDORIOAK.....	17
6. BIBLIOGRAFIA.....	18

LABURPENA

Zuhaitz adaburuaren interzepezioak oihanpera prezipitazio osoaren frakzio bat soilik pasatzea eragiten du, gainerakoa lurrunketaz galtzen baita. Oihanpera pasatzen den ur horren parte bat ere lurzoruko orbelak interzeptatzen du. Espezie arteko konparaketa bat egiteko asmoz, adaburuaren eta orbelaren euri interzepezioa neurtu zen haritzean (*Quercus robur*) eta pinuan (*Pinus radiata*), sei euriteetako datuak aintzat hartuz (hiru neguan eta beste hiru udaberrian, haritzak hostoak zituenean). Horrez gain, laborategian bi orbel moten ur-erretentzio ahalmen maximoa (S) neurtu zen. Adaburuaren interzepezioa % 37koa izan zen haritzean eta % 24koa pinuan. Haritzean interzepezioa handiagoa izan zen udaberrian neguan baino, pinuan berdina izan zen bitartean. Azken honetan Hosto Azalera Indizearen (*Leaf Area Index*, LAI) balio altuago batek interzepezio altuagoa eragin zuen, haritzean erlazio hori behatu ez zelarik neurturiko LAI balioak homogeneoegiak zirelako seguruenik. Orbelaren interzepezioak prezipitazio osoaren % 2,1 eta % 1,5 suposatu zuen haritzean eta pinuan hurrenez hurren. Orbelaren gain eroritako ur kantitatea (*throughfall*) handitzean, interzepezioa handitu zen, maximo batera heldu arte ($2,5 \text{ mm kg}^{-1} \text{ m}^2$ -koa haritzean eta $1,8 \text{ mm kg}^{-1} \text{ m}^2$ -koa pinuan). Adaburu motak, berriz, ez zuen eragin esangarririk izan, haritz azpian, pinu azpian eta klaroetan orbelak antzeko interzepezioa aurkeztu zuelarik. Ur-erretentzio ahalmen maximoa haritzean handiagoa izan zen, 4,7 eta 5,6 $\text{mm kg}^{-1} \text{ m}^2$ artekoa pinuaren 2,8 eta 3,1 $\text{mm kg}^{-1} \text{ m}^2$ arteko balioen aurrean. Pinuaren balio horiek antzekoak izan ziren orbel geruzaren sakonera edozein zela ere, baina haritzean, orbel sakonera handiagoarekin balio baxuagoak lortu ziren. Bi espezieen artean behaturiko ezberdintasunek iradokitzen dute harizti naturalak pinu landaketez ordezkatzek ziklo hidrolotikoa aldaraz dezakeela.

ABSTRACT

Due to canopy interception, only a fraction of total rainfall reaches forest floor, since the rest is evaporated back to the atmosphere. Another part of that throughfall is intercepted by litter. In order to compare canopy and litter interception between species, data from six rain events (three in winter and three more in spring) was collected under oak (*Quercus robur*) and pine (*Pinus radiata*). In addition, maximum water storage capacity (S) of both litter types was measured in the laboratory. Canopy interception amounted % 37 (oak) and % 24 (pine) of gross precipitation. In oak, interception was lower in the leafless season, while in pine it did not change during the sampled period. A higher Leaf Area Index (LAI) caused a larger amount of rainfall intercepted by pine, but in oak this relationship could not be confirmed, probably because LAI values were too homogeneous. Litter intercepted % 2,1 and % 1,5 of total rainfall in oak and pine, respectively. Increasing throughfall resulted in a higher amount of water intercepted by litter, until a maximum was reached (2,5 mm kg⁻¹ m² in oak and 1,8 mm kg⁻¹ m² in pine). Canopy type did not influence the results, as a similar volume of water was intercepted under oak, under pine and in the clearings. Maximum water storage capacity was higher in oak (between 4,7 and 5,6 mm kg⁻¹ m²) than in pine (between 2,8 and 3,1 mm kg⁻¹ m²). Those values were similar in pine regardless of layer thickness, while in oak a thicker layer had lower water storage capacity. Differences seen between both species suggest that hydrological cycle could be modified when a natural forest is replaced by a pine plantation.

1. SARRERA

Basoek garrantzi handia dute prezipitazioaren birbanaketan. Zuhaitz adaburuak euri ura interzeptatu eta lurruntzearen ondorioz, prezipitazio osoaren frakzio bat soilik pasatzen da oihanpera (Roberts 2001). Lurzorura pasatzen den ur horrek bide ezberdinak jarraitzen ditu: zati txiki bat hostoak eta adarrak ukitu gabe erortzen da lurrera, eta beste parte txiki bat enborretik behera isurtzen da (*stemflow*). Euri uraren gehiengoa, ordea, adaburuarekin kontaktuan sartu ondoren drainatzen da basoaren azpialdera (*throughfall*). Beraz, adaburuaren interzepzioa prezipitazio osoaren eta oihanpera pasatakoaren (*throughfall* eta *stemflow* balioen batura) arteko diferentzia da, eta atmosferara itzultzen da hostotzak, adarrek eta enborrak atxikitako euri ura lurruntzearen eraginez. Prozesu honek ziklo hidrológicoan duen garrantziagatik, ikerketa ugari egin dira baso ezberdinetako interzepzioa, *throughfall* eta *stemflow* kuantifikatzeko asmoz (Tobón-Marín *et al.* 2000; Staelens *et al.* 2008; Ghimire *et al.* 2013).

Faktore ugari baldintzatzen du adaburuak interzeptatzen duen ur kantitatea: batetik, baldintza meteorologikoen eragin handia dute, eta klima ezberdinetan interzepzio ezberdina behatu izan da hezetasun baldintzek, euri intentsitateak eta haize abiadurak eraginda (Toba & Ohta 2005). Oro har, euri intentsitate txikietan interzepzioak balio altuagoak hartzen ditu (Huber & Oyarzún 1984). Izan ere, adaburuak, prezipitazioaren frakzio handi bat intercepta dezake urez saturatu gabe dagoenean, baina prezipitazio handi baten ondorioz saturaziora heltzean, euriaren gehiengoa lurrera drainatuko da eurite bitartean lurrunketa eman ezean (Klaassen *et al.* 1998). Haizeak ere eragina dauka, baina autore ezberdinek kontrako joera behatu izan dute: batzuek haize abiadura handitzean interzepzio baxuagoa neurtu dute (Huber & Oyarzún 1984), beste batzuek kontrako behatu duten bitartean (Staelens *et al.* 2008). Izan ere, haizearen abiaduraz gain, aire masaren tenperatura eta hezetasuna hartu behar dira kontuan. Lau m/s baino abiadura handiagoko haizeak zuhaitzak astintzen ditu, *throughfall* areagotuz eta interzepzio txikiagoa eraginez, baina haize horrek tenperatura altua eta hezetasun baxua izanez gero, abiadura handitzeak interzepzio handiagoa dakar, lurrunketa faboratzearen ondorioz (Sraj *et al.* 2008).

Beste faktore multzo bat adaburuaren egiturari dagokio: baso gazteetan zaharretan baino interzepzio baxuagoa behatu da (Pypker *et al.* 2005), horren arrazoia azken horien hostotza trinkoagoa izan daitekeelarik (Sun *et al.* 2013). Hosto Azalera Indizeak (*Leaf Area Index*, LAI) neurtzen du hosto estaldura, lur azalera unitateko zuhaitzean dagoen hosto azalera

adieraziz, eta ikerketa ezberdinek ondorioztatu dute LAI handitzean interzezio altuagoa ematen dela (Gómez *et al.* 2001; Hall 2003; Llorens & Domingo 2007). Hori dela eta, espezie hostogalkorretan urtaroaren arabera ezberdintasunak ikusi dira, interzezio txikiagoa ikusiz historik gabeko garaian (Morán *et al.* 2008; Staelens *et al.* 2008). Koniferoen interzezioa, aitzitik, konstanteagoa da urtean zehar, eta gainera, beren hostoek adhesioz ur kantitate handia euts dezakete (Gerrits 2010). Horregatik, ikerketa askotan koniferoek hostozabalek baino interzezio handiagoa dutela ikusi da klima beraren pean (Rutter *et al.* 1975; Aussenac & Boulangeat 1980; Amezaga *et al.* 1997). Hala ere, beste zenbait ikerketak iradokitzen du joera hau ez dela orokorra, hostozabal batzuetan koniferoetan baino interzezio handiagoa edo antzekoa behatu izan baita (Cape *et al.* 1991; Komatsu *et al.* 2008; Serrano-Muela 2012).

Adaburuak paper garrantzitsua baldin badu ere, interzezioa ez da soilik bertara mugatzen: baso azpira pasatzen den *throughfall* eta *stemflow* bertako elementuek (orbela, adarrak eta oihanpeko landareak) interzeptatzen dute. Hala ere, ikerketa askotan faktore hau ez da kontuan hartzen, arbuigarriztat hartuz. Dena dela, hainbat ikerketak erakutsi du orbelaren interzezioa garrantzi handiko prozesua dela, interzezio osoaren % 19ra hel daitekeelarik koniferoen baso heldu batean (Sun *et al.* 2013), eta pagadi batean *throughfall*-aren % 34 ere interzeptatzera helduz (Gerrits *et al.* 2006). Orbelaren interzezioa *in situ* neurtzeko zailtasunak aurkezten dituenek, ikerketa asko laborategian egin dira, naturako euri-intentsitateak simulatuz (Putuhena & Cordery 1996; Sato *et al.* 2004; Li *et al.* 2013). Horietan hiru parametro neurtu izan dira: interzezio metatze ahalmen maximoa (C_{max}), interzezio metatze ahalmen minimoa (C_{min}) eta ur-erretentzio ahalmen maximoa (S). C_{max} orbelak erretenitutako ur kantitatea da, euritea bukatzen deneko momentuan bertan. Denbora bat pasata (30 minutu inguru), ura grabitatearen eraginez drainatzen da, eta orbelean gelditzen den ura (C_{min}) soilik lurrunketaz galduko da. S , berriz, orbela urez guztiz saturatua dagoenean erretenitutako ur kantitatea da. Balio hau laborategian lortzen da orbela uretan guztiz murgilduta utziz denbora luzez. Gehienetan, C_{min} balioan jartzen da arreta gehien, hori baita lurrunketaz galduko den ura, baina C_{max} eta C_{min} balioen arteko tartea ere garrantzitsua da, orbel geruzari esker lurzoruan infiltratzen den ura adierazten baitu (Li *et al.* 2013).

Orbelaren interzezioan ere faktore ezberdinek eragiten dute: C balioen kasuan, orbel geruzaren sakonerak eragina dauka: gero eta sakonagoa, orduan eta ur gehiago interzeptatzen da (Putuhena & Cordery 1996). Eroritako ur kantitatea ere garrantzitsua da; prezipitazioa gero eta handiagoa, orduan eta handiagoa da interzezioa, balio maximo konstante batera heldu arte. Zenbait ikerketatan, maximo hori kontuan hartu izan da emaitza ezberdinak

konparatzeko orduan (Putuhena & Cordery 1996). Euri intentsitateak ere eragina duela dirudi, baina desadostasunak daude horren inguruan. Putuhena & Cordery-k (1996) ez zuten ezberdintasunik aurkitu intentsitate ezberdinetan lorturiko C_{\max} balioetan, beste ikerketa batzuetan ez bezala (Sato *et al.* 2004; Guevara-Escobar *et al.* 2007; Li *et al.* 2013). Ikerketa horietako batzuek C_{\min} handiagoak behatu zituzten intentsitate handitan (Sato *et al.* 2004), beste batzuek diferentziarik behatu ez zuten bitartean (Guevara-Escobar *et al.* 2007; Li *et al.* 2013). Orbel motak, ordea, eragin nabarmena duela ikusi da bere efektua aztertua izan den ikerketa bakanetan, hostozabalen orbelak koniferoen azikulek baino balio altuagoak hartzen baititu (Sato *et al.* 2004; Li *et al.* 2013).

Lan honek zuhaitz adaburuaren eta orbel geruzaren interzepzioari buruz informazio gehiago eskaintzea du helburutzat, Euskal Herriko ipar-isurialdean basoak eratzen dituen haritza (*Quercus robur* L.) eta hori ordezkatzuz landatu ohi den intsinis pinua (*Pinus radiata* D. Don) konparatuz. Helburu zehatzak ondorengoak dira: 1) adaburuaren interzepzioa neurtu eta konparatzea bi espezieetan, eta urtaroaren arabera aldaketarik ematen den zehaztea; 2) LAI-ak interzepzio horretan eraginik ote duen neurtzea; 3) orbelaren interzepzio metatze ahalmen minimoa (C_{\min}) *in situ* kuantifikatzea eta konparatzea, eta adaburuak berau aldarazten duen ikustea; eta 4) laborategian bi espezieen ur erretentzio ahalmen maximoa (S) neurtzea eta konparatzea.

2. MATERIALA ETA METODOAK

2.1. Ikerketa area

Lagindutako hariztia eta pinudia Euskal Herriko Unibertsitatearen (UPV/EHU) Leioako kanpusean kokatzen dira, Bizkaian (43°19'N, 2°19'W). Bertako klima epel ozeanikoa da, negu gozo eta uda epel hezeekin. Urteko batez besteko tenperatura 14,3 °C-koa da, hilabete hotzeneko batez besteko tenperatura 9 °C-koa izanik (urtarrilean), eta hilabete beroeneko 20,3 °C-koa (abuztuan). Urteko batez besteko prezipitazioa 1200 mm-koa da, urtean zehar uniformeki banatuta agertuz (Instituto Nacional de Meteorología 2004). Bizkaiko lurraldearen gehiengoan landaredi potentziala *Quercus robur* espezieak osaturiko hariztia da. Hala ere, sarritan gizakiak sarrarazitako *Pinus radiata* eta *Eucalyptus globulus* espezieen landaketa zabalak aurki daitezke baso natural horien lekua betetzen (Loidi *et al.* 2006).

2.2. Orbela jasotzea

Haritzaren eta pinuaren orbela gerora landa esperimentera burutzeko erabiliko ziren partzeletatik hartu zen 2013ko urrian. Orbel geruzaren azaleko hostoak soilik hartu ziren, osorik eta deskonposatu gabe zeudela ziurtatzeko. Hauek laborategian gorde ziren airepean lehortzen utziz, otsailean landako esperimentera erabili ziren arte.

2.3. Landako esperimenteraren prestaketa

Adaburuaren eta orbelaren interzeptioa *in situ* neurtzeko asmoz, adaburuaz estalitako bost puntu eta estali gabeko puntu bat (klaroa) aukeratu ziren baso bakoitzean 2014ko otsailean. Bi basoen arteko distantzia 50 m baino txikiagoa zen. Puntuetako bakoitzean 2 L-ko hiru botila jarri ziren elkarren ondoan, 7 cm-ko erradiodun inbutu batez 154 cm²-ko bandeja bat lotuta zeramatenak. Botiletako baten bandejari oinarria kendu zitzaion eta orbelik gabe mantendu zen; beste bietan, bandeja zulatu eta espezie ezberdinen orbela jarri zen, batean pinuarena eta bestean haritzarena. Jarritako orbelaren pisua 6,6 g-koa izan zen, bandejako orbel dentsitatea 0,42 kg m⁻²-tan geldituz, hori izan baitzen orbela jasotzerakoan basoan aurkitutako kantitatea gutxi gorabehera.

Otsaila eta maiatza artean, eurite bat gertatu ondoren orbela plastikozko poltsetan bildu zen, laborategira eramateko eurite jakin horretan interzeptatutako ura neurtzeko. Hori egitearekin batera, botila bakoitzean metatutako ura neurtu zen. Guztira sei aldiz errepikatu zen prozedura hau, hiru neurketa eginez neguan (otsailetik martxora), haritza historik gabe zegoenean, eta beste hiru udaberrian (apiriletik maiatzera), behin hostoak aterata.

2.4. LAI neurtzea

LAI-aren neurketak behin egin ziren, maiatzean, haritzak hostoak zituen garaian soilik. Adaburu azpiko puntu guztietan LAI neurtu zen *LAI-2200C Plant Canopy Analyzer* (LI-COR) tresna erabilita. Honek, oinarrian, adaburu azpiko eta kanpoko PAR (erradiazio fotosintetikoki aktiboa) balioak neurtzen ditu, bien arteko diferentzian oinarrituz, puntu horren gainean dagoen hosto azalera (m² m⁻²) kalkulatzeko (Welles & Cohen 1996). Puntu bakoitzean LAI bera asumitu zen hiru botiletarako; adaburutik kanpo PAR-aren neurketa bat eta adaburu

azpiko puntu bakoitzean hamar neurketa egin ziren, horien batezbestekotik makinak LAI kalkulatu zuelarik.

2.5. Adaburuaren interzeptzioa kalkulatzea

Eurite bakoitzean botatako euria bi klaroetako orbelik gabeko botiletan neurtutako uraren batezbestekotik lortu zen. Balio horren eta adaburu azpiko puntu bakoitzean (orbelik gabeko botilan) neurturiko balioen arteko diferentzia kalkulatu, puntu horretan adaburuak izandako interzeptzioa lortu zen. Aipatu beharra dago interzeptzioaren balioa zehatzagoa izateko, *stemflow*-aren balioa kendu beharko zitzaiola, baina ikerketa honetan balio hori ez zen neurtu horrek duen zailtasunagatik. Dena den, *stemflow* balioa nahiko txikia izan ohi da, eta balio horri dagokiola ez da diferentzia handiegirik espero espezieen artean, lorturiko emaitzak konparagarriak izanik (Tobón-Marín *et al.* 2000; Ghimire *et al.* 2012).

2.6. Orbelaren interzeptzio metatze ahalmen minimoa (C_{min}) kalkulatzea

Orbelaren interzeptzio metatze ahalmen minimoa (C_{min}) laborategian kalkulatu zen, landako esperimendutik ekarritako orbel hezea balantza elektronikokan pisatuz eta 60 °C-tan labean lehortuz bi egunez, pisu egonkor batera heldu zen arte. Denbora horren buruan, orbela berriz pisatu zen, eta interzeptaturiko ur kantitatea (ml) kalkulatu zen bi balioen diferentziatik.

2.7. Orbelaren ur-erretentzio maximoa (S) neurtzea

S-ren balioa kalkulatzeko, laborategian 10, 20 eta 30 g-ko launa erreplika pisatu ziren orbel espezie bakoitzerako, era honetan orbel geruzaren sakoneraren efektua testatu ahal izateko. Hauek 24 orduz urez betetako 925 cm²-ko bandejetan mantendu ziren, hosto guztiak uretan guztiz murgilduta gelditzen zirela ziurtatuz. Honen ostean, orbela 30 minutuz xukatzen utzi zen uretatik kanpo, eta drainatzea guztiz gelditu zenean balantza elektronikokan pisatu zen. Ondoren, orbela lehortu zen labean 60 °C-tan bi egunez mantenduz (pisu egonkor batera heldu zen arte). Lehortu ondorengo eta aurreko pisuaren diferentziatik, ur-erretentzio ahalmen maximoa lortu zen.

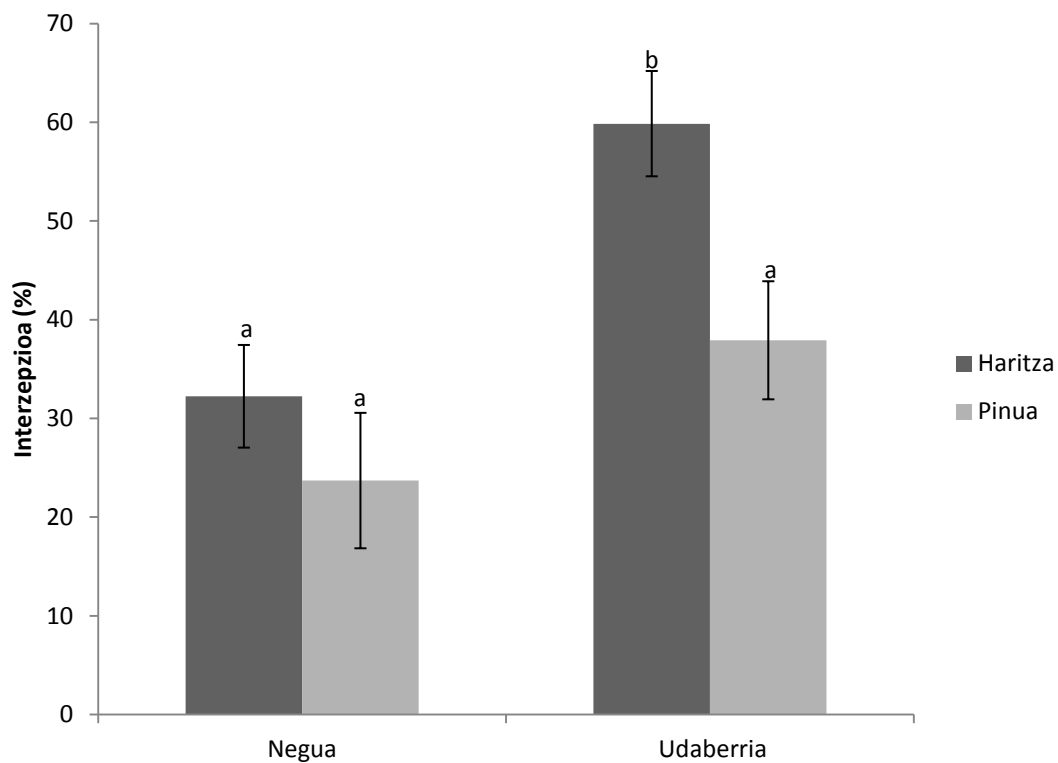
2.8. *Analisi estatistikoak*

Datuen normaltasuna Kolmogorov-Smirnov probaren bidez baieztatu zen. Adaburuaren eta orbelaren interzezioan faktore ezberdinek zuten eragina testatzeko, ANCOVA erabili zen, laginketa bakoitzean eroritako euri kantitatea eta *throughfall* kobariabile bezala sartuz hurrenez hurren. Bestetik, bariantza analisisa (ANOVA) erabili zen bi espezieen orbelaren ur-erretentzio maximoa konparatzeko. Bukatzeko, erregresio lineala kalkulatu zen LAI-ren eragina aztertzeko adaburuaren interzezioan, bai eta orbelaren masak ur-erretentzio maximoan eraginik zuen ikusteko ere. Analisisiak egiteko SPSS 19 softwarea erabili zen, eta $p < 0,05$ zenean diferentzia esangarria zela kontsideratu zen.

3. EMAITZAK

3.1. Espeziearen eragina adaburuaren interzezioan

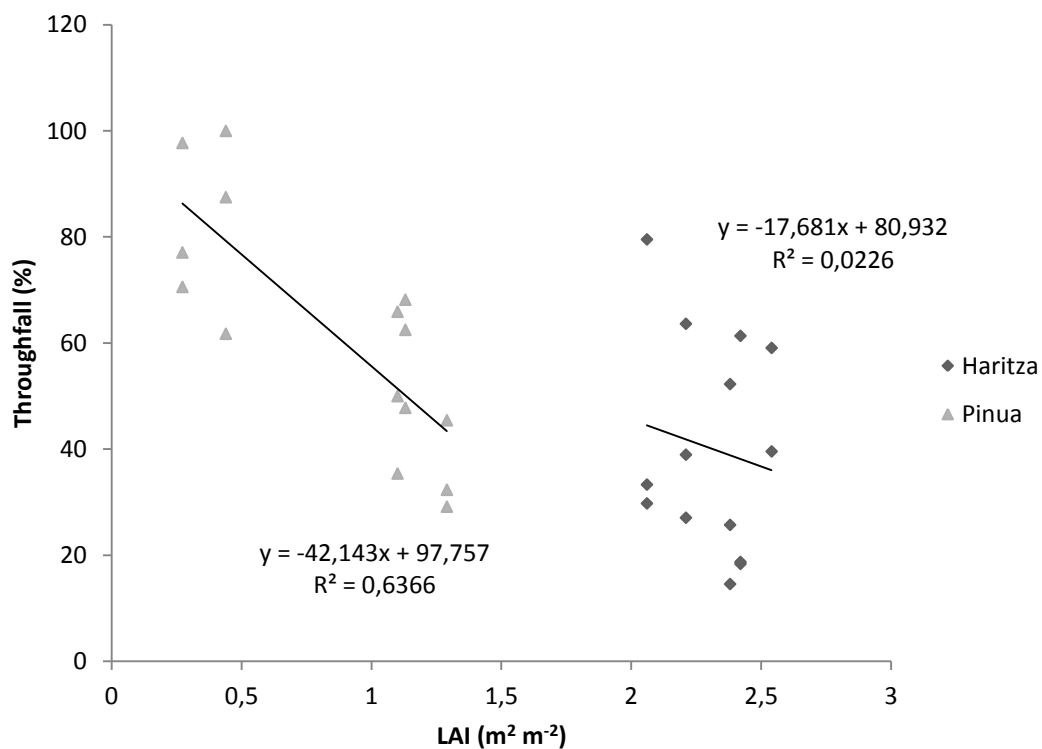
Zuhaitz adaburuaren interzezioari dagokiola, prezipitazio bolumenak ez zuen eragin esangarririk izan (ANCOVA, $F_{1,57} = 0,494$, $p > 0,05$). Espezie artean diferentziak aurkitu ziren, udaberrian haritzak interzezio handiagoa (eurite bakoitzeko prezipitazioaren % $59,9 \pm 5,33$ batez beste) izan baitzuen pinuak baino (% $37,9 \pm 5,78$) (1. irudia). Neguan, berriz, ez zen diferentzia esangarririk behatu espezieen artean, nahiz eta haritzak pinuak baino interzezio zertxobait handiagoa izan zuen (% $32,23 \pm 4,81$ eta % $23,70 \pm 6,61$ hurrenez hurren). Pinuan urtaro arteko diferentziak ez ziren esangarriak izan, haritzean, ordea, bai (ANCOVA, $F_{1,28} = 12,182$, $p < 0,05$).



1. irudia: eurite bakoitzeko, zuhaitz adaburuak batez beste interzeptatutako prezipitazio totalaren ehunekoa (%) eta errore estandarra, haritzean eta pinuan garai ezberdinetan. Hizki ezberdinek desberdintasun adierazgarria adierazten dute ($p < 0,05$).

3.2. LAI-aren eragina adaburuaren interzepzioan

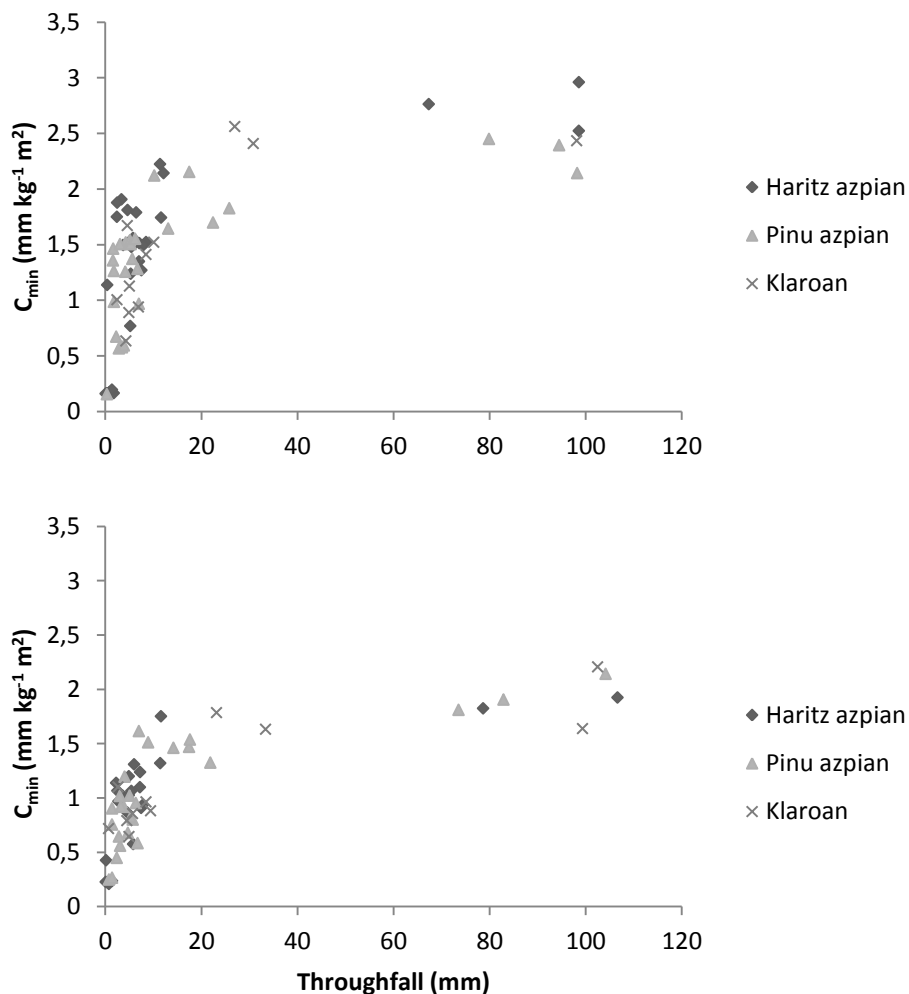
LAI-ari dagokiola, haritzean neurturiko balioak pinuan neurturikoak baino altuagoak izan ziren (ANOVA, $F_{1,55} = 286,699$, $p < 0,05$). Haritzean, balioak 2 eta 2,5 $m^2 m^{-2}$ artean kokatu ziren; pinuan, berriz, balio heterogeneoagoak neurtu ziren, 0,27 eta 1,29 $m^2 m^{-2}$ artekoak. LAI-aren efektua *throughfall*-ean adierazgarria izan zen pinuan ($p < 0,05$), LAI handitu zen heinean *throughfall* txikitu baitzen (prezipitazio osoaren % 85 ingurutik % 45era LAI 0,27tik 1,29 $m^2 m^{-2}$ -ra igotzean), haritzean erlazio esangarririk aurkitu ez zen bitartean (2. irudia).



2. irudia: LAI-ak duen eragina haritzaren eta pinuaren udaberriko *throughfall*-ean, prezipitazio osoaren ehuneko (%) gisa adierazia.

3.3. Orbelaren interzepzio ahalmen minimoa (C_{min}) adaburu ezberdinen pean

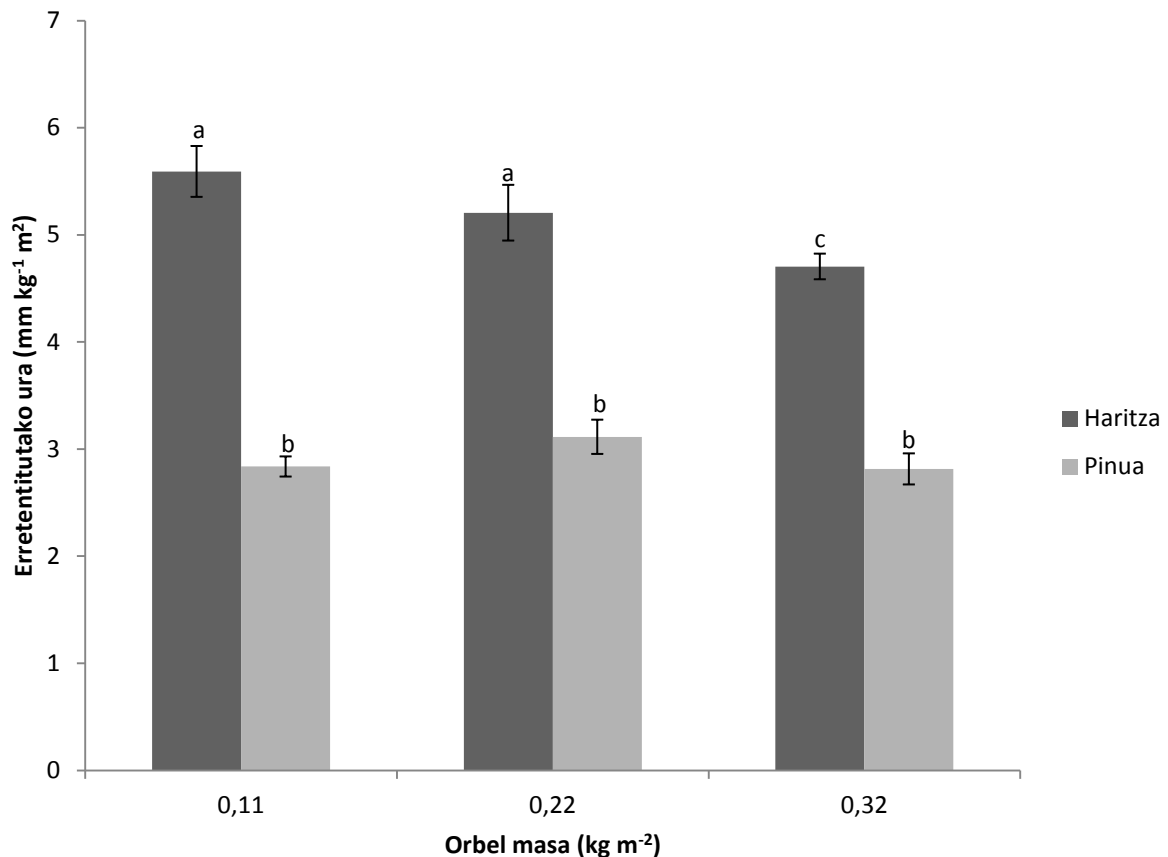
Orbelaren interzepzioan bi faktorek izan zuten eragina, bien arteko interakziorik eman gabe hala ere: batetik, *throughfall* handitzean interzepzioa handitu egin zen (3. irudia), eta bestetik, orbel espezieak ere emaitzak baldintzatu zituen, interzepzio handiagoa izan zuelarik haritzak pinuak baino (ANCOVA, $F_{1,122} = 5,981$, $p < 0,05$). Esan beharra dago *throughfall* batetik gora, interzeptaturiko ur kantitatea nahiko konstante mantendu zela, bi espezieetan gutxi gorabehera 30 mm-ko *throughfall*-arekin lortuz balio maximo hori ($2,5 \text{ mm kg}^{-1} \text{ m}^2$ ingurukoa haritzean eta $1,8 \text{ mm kg}^{-1} \text{ m}^2$ ingurukoa pinuan). Aitzitik, orbela adaburuaren pean egoteak edo ez egoteak, eta adaburu hori haritzarena edo pinuarena izateak, ez zuen eraginik izan orbelaren interzepzioan (ANCOVA, $F_{2,122} = 0,911$, $p > 0,05$), eta ondorioz, irudikaturiko kurbetan bateko zein besteko balioak batera agertzen dira, ezberdintasunik erakutsi gabe.



3. irudia: haritz orbelak (goian) eta pinu orbelak (behean) duten interzepzio metatze ahalmen minimoa (C_{min}) adaburu ezberdinen pean, *throughfall* handitzen den heinean.

3.4. Orbelaren ur-erretentzio maximoa (S)

Orbelaren ur-erretentzio maximoa (S) handiagoa izan zen haritz orbelean ($4,70 \pm 0,06$ eta $5,59 \pm 0,12 \text{ mm kg}^{-1} \text{ m}^2$ artean) pinuan baino ($2,81 \pm 0,07$ eta $3,11 \pm 0,08 \text{ mm kg}^{-1} \text{ m}^2$ artean), diferentzia estatistikoki esangarria izanik (ANCOVA, $F_{1,23} = 278,833$, $p < 0,05$) (4. irudia). Pinuaren orbelean, geruzaren sakonerak ez zuen eraginik izan, neurturiko hiru masa ezberdinetan S balioak masa unitateko antzekoak izan baitziren. Haritzean, ordea, masa handitzean, orbelak masa unitateko erretenitutako ura jaitsi zen ($p < 0,05$).



4. irudia: haritz eta pinu orbelaren batez besteko ur-erretentzio maximoa (S) eta errore estandarra, orbel masa ezberdinetan. Hizki ezberdinek desberdintasun adierazgarria adierazten dute ($p < 0,05$).

3.5. Basoen interzezioaren estima

Neurturiko sei euriteetan izandako interzezio absolutuaren datuak ikusita, haritzaren interzezioa handiagoa izan zen, adaburuak 62 mm eta orbela 3,5 mm interzeptatu baitzituen, pinuaren 40 mm-ko eta 2,5 mm-ko balioen aurrean (1. taula). Laginketak iraun zuen denboran, 167 mm-ko prezipitazioa neurtu zen, eta beraz, aipaturiko balioek prezipitazio osoaren % 37,1 (adaburua) eta % 2,1 (orbela) suposatuz haritzean, eta % 24 eta % 1,5 pinuan. Urtaroen artean ezberdintasunak ikusi ziren, neguan buruturiko laginketetan euri gehiago bota baitzuen udaberrikoetan baino, eta ondorioz, nahiz eta adaburuak antzeko interzezio absolutua izan bi garaietan (30-32 mm artekoa haritzean eta 19-21 mm artekoa pinuan), portzentajeak altuagoak izan ziren udaberrian (% 68 haritzean eta % 44,7 pinuan, neguko % 25eko eta % 15,8ko interzezioen aurrean, hurrenez hurren). Orbela ere prezipitazio osoaren ehuneko handiagoa interzeptatu zuen udaberrian, haritzean % 4,25 eta pinuan % 3,19.

1. taula: neurturiko sei euriteetan eroritako prezipitazio guztiaren interzezio absolutua (mm) eta ehuneko (%), parentesi artean), haritz zein pinuaren adaburu eta orbelerako. Bere espezieko adaburuaren azpian zegoen orbelen datuak adierazi dira.

	Neguan	Udaberrian	Guztira
Prezipitazio osoa (mm)	120	47	167
<i>Haritza</i>			
Adaburua	30 (25)	32 (68)	62 (37,1)
Orbela	1,5 (1,25)	2 (4,25)	3,5 (2,1)
<i>Pinua</i>			
Adaburua	19 (15,8)	21 (44,7)	40 (24)
Orbela	1 (0,83)	1,5 (3,19)	2,5 (1,5)

4. EZTABAIDA

4.1. Espeziearen eragina adaburuaren interzezioan

Espero zen bezala, haritz adaburuaren interzezioa urtaroaren arabera aldatu zen, historik gabeko garaian interzezio txikiagoa aurkeztuz hostoak zitueneko garaian baino, aurretiko ikerketatan gertatu izan den bezala (Morán *et al.* 2008; Serrano-Muela *et al.* 2012). Neguan, eurite bakoitzean batez beste interzeptatu zen euri kantitatea antzekoa izan zen bi espezieetan, baina udaberrian haritzaren interzezioa igo egin zen, guztira prezipitazioaren proportzio handiagoa interzeptatuz (% 37,1) pinuak (% 24) baino. Bizkaian egindako antzeko ikerketa batean, ordea, pinuan interzezio handiagoa behatu zen (% 33) haritzean (% 16) baino (Amezaga *et al.* 1997). Hala ere, ikerketa horretan, pinudietan zuhaitz dentsitatea eta hosto estaldura handiagoak ziren; gure kasuan, berriz, haritzaren adaburuak zuen estaldurarik handiena (LAI altuagoa). Beraz, diferentzia horrek emaitzen arteko desberdintasuna azal lezake. Dena dela, publikazio ugarian, espezie hostogalkorretan % 20-25 inguruko interzezioa neurtu izan da (Price & Carlyle-Moses 2003; Staelens *et al.* 2008; Sraj *et al.* 2008), gehienez ere % 36ko interzezioa neurtuz *Carpinus betulus* espeziean (Rutter *et al.* 1975). Ikerketa horretan bertan, ordea, *Quercus robur* espeziean % 18ko interzezioa neurtu zen, eta hortaz, gure ikerketan lorturiko % 37 inguruko balioak altuegia dirudi, eta are gehiago udaberriko hiru euriteetan behaturiko % 68ko interzezioak. Hala ere, kontuan hartu behar da basoaren adinak, egiturak, zuhaitz dentsitateak eta bestelako faktoreek eragina dutela interzezioan (Sraj *et al.* 2008; Sun *et al.* 2013). Baldintza meteorologikoek ere zeresan handia dute. Adibidez, udaberrian guk neurturiko euriteetan eroritako prezipitazioa nahiko txikia izan zen, eta beraz, nahiz eta interzezio absolutua negukoaren antzekoa izan, portzentajea asko igo zen. Ikerketa denbora tarte zabalagoan egin izan balitz, ordea, intentsitate handiagoko euriteak ere gertatuko ziren ziurrenik, zeinetan interzezio txikiagoa izan ohi den adaburu saturaziora heltzen delako (Carlyle-Moses & Gash 2011). Honela, aipaturiko ikerketetan behaturiko balioen antzekoak lor litezke, horietako gehienek urtebeteko tarte hartu baitzuten kontuan. Bestetik, nahiz eta *stemflow* balioa askotan % 1 ingurukoa izan ohi den (Tobón-Marin *et al.* 2000; Ghimire *et al.* 2012), hori ez neurtzean kalkulaturiko interzezioa erreala baino handiagoa izan zela kontuan hartu behar da.

Prezipitazioaren eraginak nabarmena dirudien arren udaberriko eta neguko emaitzak alderatzerakoan, eurite bakoitzeko datuak bereizita hartuz ez zen eragin hori ikusi, hau da,

prezipitazio handieneko euriteek ez zuten interzeptzio txikiagoa eragin, beste ikerketa batzuetan behatutakoaren kontrara (Huber & Oyarzún 1984; Carlyle-Moses & Gash 2011). Unean uneko baldintza meteorologiko ezberdinen ondorioz, izan daiteke eurite erlatiboki txiki baten ondorioz adaburua saturatzea, eta eurite handiago batean tenperatura altua eta hezetasun baxua egotearen ondorioz, ostera, saturaziora ez heltzea (Carlyle-Moses & Gash 2011). Honek prezipitazioak interzeptzioan duen eragina sumatzea zailduko luke.

4.2. LAI-aren eragina adaburuaren interzeptzioan

Landare espezie desberdinetarako plazaratu izan den LAI eta interzeptzioaren arteko erlazioa soilik pinuaren kasuan behatu zen (Gómez *et al.* 2001; Kang *et al.* 2003; Llorens & Domingo 2007), LAI handiagoak *throughfall* txikiagoa eragin zuelarik. Haritzean, berriz, LAI nahiko antzekoak neurtu ziren, horien eta *throughfall*-aren arteko erlazioerik erakutsi gabe. Erlazio hori ikusteko, seguruenik, LAI txikiagoko puntuak ere bilatu beharko lirateke.

Horrez gain, aipatzekoa da pinuan 1,1 eta 1,3 m² m⁻² arteko LAI-arekin, haritzean 2 eta 2,5 m² m⁻² arteko LAI-arekin emandako *throughfall* antzekoa neurtu zela. Hau da, haritzean hosto azalera handiagoa behar izan zen euri kantitate bera interzeptatzeko, Gerrits-ek (2010) plazaratu bezala, koniferoen hostoek adhesioz ur kantitate handiagoa eusteko gai baitira hostozabalak baino. Beraz, zentzua du konifero basoek interzeptzio handiagoa edukitzea hostozabalen LAI berdina edo handiagoa dutenean, zenbait ikerketatan behatu den bezala (Rutter *et al.* 1975; Aussenac & Boulangeat 1980; Amezaga *et al.* 1997).

4.3. Orbelaren interzeptzio ahalmen minimoa (C_{min}) adaburu ezberdinen pean

Adaburuak prezipitazioaren parte bat interzeptatzearen ondorioz, adaburu azpian kanpoan baino euri intentsitate baxuagoa jasan zuen orbelak. Hala ere, intentsitate diferentzia honek ez zuen interzeptzio ezberdina eragin mota ezberdinetako orbelean, Putuhena & Cordery-ren (1996) emaitzekin bat etorriz, ez ordea Sato *et al.*-ek (2004) behatutakoarekin. Adaburuak, erortzen den ur kantitatea murrizteaz gain, horren ezaugarriak (abiadura eta euri tantaren ezaugarriak adibidez) aldaraz litzake, orbelak hori interzeptatzerako orduan aldaketak sortuz nahiz eta *throughfall* berdina izan. Gure ikerketan ez zen aldaketa hori behatu, edozein adabururen azpian orbelak antzeko interzeptzioa izan baitzuen.

Aitzitik, orbel espezieak eragin nabarmena izan zuen, pinuaren azikulek haritz hostoek baino ur gutxiago hartuz, Sato *et al.*-ek (2004) eta Li *et al.*-ek (2013) plazaratu bezala. *Throughfall*-ak ere eragina izan zuen, hau handitzean interzeptzioa igo baitzen maximo batera arte. Maximo hau pinuan $1,8 \text{ mm kg}^{-1} \text{ m}^2$ ingurukoa izan zen, eta haritzean $2,5 \text{ mm kg}^{-1} \text{ m}^2$ ingurukoa. Putuhena & Cordery-k (1996) C_{\min} maximo baxuagoa ($0,97 \text{ mm kg}^{-1} \text{ m}^2$ -koa) neurtu zuten *Pinus radiata* espeziean, beharbada erabilitako metodologia ezberdinak eraginda, haiek laborategian euri intentsitate ezberdinak simulatuz lortu baitzuten balio hori. Sato *et al.*-ek (2004) ere laborategian neurtu zuten azikulen eta hostozabalen orbelaren C_{\min} , guk lorturiko emaitzek haiek lorturikoekin ($1,40 \text{ mm kg}^{-1} \text{ m}^2$ koniferoetan eta $2,64 \text{ mm kg}^{-1} \text{ m}^2$ hostozabaletan) antz handiagoa azalduz, nahiz eta espezie ezberdinak izan.

Bukatzeko, aipatu beharra dago orbelak eroritako prezipitazio osoaren proportzio txiki bat interzeptatu zuela (% 2,1 haritzean eta % 1,5 pinuan), beste ikerketa batzuetan neurturikoa baino gutxiago. Gerrits *et al.*-ek (2006), adibidez, orbelak prezipitazioen % 34 interzeptatzen zuela behatu zuten. Hala ere, haiek erabilitako metodologia ezberdina izan zen, uneoro orbelak hartutako euria neurtu baitzuten landan, laborategira garraiatu beharrik gabe. Horri esker, laginaren ezaugarriak ez zituzten aldarazi eta eurite bitarteko lurrunketa ere neurtu ahal izan zuten. Bulcock & Jewitt-ek (2012), antzeko metodologia erabilia, % 15 eta 28 arteko interzeptzioa neurtu zuten espezie ezberdinetan, Tsiko *et al.*-ek (2012) % 18-19ko orbel interzeptzioa behatu zuten eta Sun *et al.*-en ikerketan (2013), berriz, % 10-19 artekoa izan zen. Izan ere, nahiz eta gehienetan orbelaren interzeptzio metatze ahalmena txikia den, hau sarritan bete eta husteak prezipitazioaren parte garrantzitsu bat lurruntzea eragin dezake (Gerrits & Savenije 2011). Aipaturiko ikerketetan, osotara lurrundutako ura kalkulatu zen, guk ordea orbelak behin betetzean eragin dezakeen lurrunketa neurtu genuen soilik.

4.4. Orbelaren ur-erretentzio ahalmen maximoa (S)

Haritzak pinuak baino ur-erretentzio maximo handiagoa eduki zuen, Li *et al.*-en (2013) ikerketako joera bera erakutsiz, hau da, hostozabalen orbelak koniferoen azikulek baino S handiagoa azalduz, hosto azalera handiagoa izateari esker. Sato *et al.*-en (2004) ikerketan, ordea, konifero eta hostozabaletan S antzekoa behatu zuten, diferentziak soilik C balioetan agertuz.

Putuhena & Cordery-k (1996) orbelak ur gehiago hartzen zuela behatu zuten orbel geruza lodiagoa zen heinean. Izan ere, orbelak bi eratan euts dakioke urari: adhesio ura orbelaren

gainazalari atxikita dagoena da, eta ur kapilarra, berriz, orbel arteko hutsuneetan eusten den ura da (Sato *et al.* 2004). Putuhena & Cordery-ren (1996) ikerketan, beraz, geruza lodiagoa izateak ur kapilar gehiago metatzea ahalbidetu zuen. Gure kasuan, pinuaren orbelean ez zen erlazio hori ikusi, masa handiagoko (sakontasun handiagoko) laginek ur kantitate berdina hartu baitzuten masa unitateko. Emaitza hau Sato *et al.*-ek (2004) lortutakoarekin bat dator, pinuaren kasuan ura batez ere adhesioz erretentitzen dela iradokiz, beharbada orbel artean gelditzen diren hutsuneak handiegiak direlako urari eutsi ahal izateko. Haritzaren kasuan, ordea, masa handiagoarekin, orbelak masa unitateko hartu zuen ura esangarriki jaitsi egin zen. Honen arrazoia izan daiteke masa handiago batekin urak leku gutxiago izan zuela orbelaren artean sartzeko, erretentziorako aukerak murriztuz.

5. ONDORIOAK

Aurretik esan bezala, ikerketa honetan zenbait parametro (*stemflow*, eurite bitarteko lurrunketa eta abar) ez ziren neurtu, eta horrek kalkulaturiko interzepzioaren balioak errealak ez izatea eragin dezake, beste ikerketetako emaitzekin konparatzea zailduz. Dena dela, neurketak toki eta une berean egin ziren, eta beraz, espezie ezberdinetan aurkitutako desberdintasunak ezin daitezke baldintza meteorologiko ezberdinen emaitza izan, espeziearen ezaugarriek baldintzatuta sortuak dira ezinbestean. Ondorioz, lorturiko emaitzek iradokitzen dute harizti batek pinudi batek baino ur gehiago interzeptatzeko ahalmena duela, bai orbelean eta bai adaburuan, zuhaitz dentsitatea berdina izanez gero (kasu horretan, pinudian LAI txikiagoa egonen litzateke). Baso natural bat pinu landaketa batez ordezkatzek, hortaz, ziklo hidrologikoan aldaketa bat eragingo luke, bertan paper garrantzitsua duen interzepzioa aldaraztearen ondorioz.

6. BIBLIOGRAFIA

Amezaga I, González-Arias A, Domingo M, Echeandia A, Onaindia M. 1997. Atmospheric deposition and canopy interactions for conifer and deciduous forests in Northern Spain. *Water, Air and Soil Pollution*, 97(3-4): 303-313.

Aussenac G, Boulangeat C. 1980. Interception des précipitations et évapotranspiration réelle dans des peuplements de feuillu (*Fagus sylvatica* L.) et de résineux (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco). *Annales des Sciences forestieres*, 37(2): 91-107.

Bulcock HH, Jewitt GPW. 2012. Field data collection and analysis of canopy and litter interception in commercial forest plantations in the KwaZulu-Natal Midlands, South Africa. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 9: 8257-8292.

Cape JN, Brown AHF, Robertson SMC, Howson G, Paterson IS. 1991. Interspecies comparisons of throughfall and stemflow at three sites in northern Britain. *Forest Ecology and Management*, 46(3): 165-177.

Carlyle-Moses DE, Gash JH. 2011. Rainfall interception loss by forest canopies. In: *Forest Hydrology and Biogeochemistry*. pp 407-423. Springer, Netherlands.

Gerrits AMJ, Savenije HHG, Hoffmann L, Pfister L. 2006. Measuring forest floor interception in a beech forest in Luxembourg. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 3: 2323–2341.

Gerrits AMJ. 2010. *The role of interception in the hydrological cycle*. VSSD, Delft.

Gerrits AMJ, Savenije HHG. 2011. Forest Floor Interception. In: *Forest Hydrology and Biogeochemistry*. pp 445-454. Springer, Netherlands.

Ghimire CP, Bruijnzeel LA, Lubczynski MW, Bonell M. 2012. Rainfall interception by natural and planted forests in the Middle Mountains of Central Nepal. *Journal of Hydrology*, 475: 270-280.

Gómez JA, Giráldez JV, Fereres E. 2001. Raifall interception by olive tres in relation to leaf area. *Agricultural Water Management*, 49: 65-76.

Guevara-Escobar A, González-Sosa E, Ramos-Salinas M, Hernández-Delgado GD. 2007. Experimental analysis of drainage and water storage of litter layers. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11: 1703-1716.

Hall RL. 2003. Interception loss as a function of rainfall and forest types: stochastic modelling for tropical canopies revisited. *Journal of Hydrology*, 280: 1-12.

Huber A, Oyarzún C. 1984. Factores reguladores de la intercepción en un bosque adulto de *Pinus radiata* (D. Don.). *Bosque*, 5(2): 59-64.

Instituto Nacional de Meteorología. 2004. *Guía resumida del clima en España 1971-2000*. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid.

Kang Y, Wang QG, Liu HJ. Winter wheat canopy interception and its influence factors under sprinkler irrigation. *Agricultural Water Management*, 74: 189-199.

Klaasen W, Bosveld F, Water ED. 1998. Water storage and evaporation as constituents of rainfall interception. *Journal of Hydrology*, 212-213: 36-50.

Komatsu H, Shinohara Y, Kume T, Otsuki K. 2008. Relationship between annual rainfall and interception ratio for forests across Japan. *Forest Ecology and Management*, 256: 1189-1197.

Li X, Niu J, Xie B. 2013. Study on Hydrological Functions of Litter Layers in North China. *PLoS ONE*, 8(7): e70328.

Loidi J, Biurrun I, Campos JA, García-Mijangos I, Herrera M. 2006. *La vegetación de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Leyenda del mapa de series de vegetación a escala 1:50.000*. Eusko Jaurlaritza. Leioa, Bizkaia.

Morán C, Martínez F, Hernández V, Cano A. 2008. Trascolución y pérdidas por interceptación en un bosque de roble melojo del Sistema Central. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 34: 7-22.

Price AG, Carlyle-Moses DE. 2003. Measurement and modelling of growing-season canopy water fluxes in a mature mixed deciduous forest stand, southern Ontario, Canada. *Agricultural and Forest Meteorology*, 119: 69-85.

Putuhena WM, Cordery I. 1996. Estimation of interception capacity of the forest floor. *Journal of Hydrology*, 180: 283-299.

Pypker TG, Bond BJ, Link TE, Marks D, Unsworth MH. 2005. The importance of canopy structure in controlling the interception loss of rainfall: Examples from a young and an old-growth Douglas-fir forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 130: 113-129

Roberts JM. 2001. *The Role of Forests in the Hydrological Cycle*. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS).

Rutter AJ, Morton AJ, Robins PC. 1975. A predictive model of rainfall interception in forests. II. Generalization of the model and comparison with observations in some coniferous and hardwood stands. *Journal of Applied Ecology*, 12(1): 367-380.

Sato Y, Kumagai T, Kume A, Otsuki K, Ogawa S. 2004. Experimental analysis of moisture dynamics of litter layers—the effects of rainfall conditions and leaf shapes. *Hydrological Processes*, 18: 3007–3018.

Serrano-Muela MP, Regues D, Nadal-Romero E. 2012. Trascolución y escorrentía cortical en la cuenca experimental de San Salvador, Pirineo Central español. *Cuaternario y Geomorfología*, 26(1-2): 49-72.

Sraj M, Brilly M, Mikos M. 2008. Rainfall interception by two deciduous Mediterranean forests of contrasting stature in Slovenia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(1): 121-134.

Staelens J, Schrijver AD, Verheyen K, Verhoest NEC. 2008. Rainfall partitioning into throughfall, stemflow, and interception within a single beech (*Fagus sylvatica* L.) canopy: influence of foliation, rain event characteristics, and meteorology. *Hydrological Processes*, 22: 33-45.

Sun X, Wang G, Lin Y, Liu L, Gao Y. 2013. Intercepted rainfall in *Abies fabri* forest with different-aged stands in southwestern China. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37: 495-504.

Toba T, Ohta T. 2005. An observational study of the factors that influence interception loss in boreal and temperate forests. *Journal of Hydrology*, 313: 208-220.

Tobón-Marin C, Bouten W, Sevink J. 2000. Gross rainfall and its partitioning into throughfall, stemflow and evaporation of intercepted water in four forest ecosystems in western Amazonia. *Journal of Hydrology*, 237: 40-57.

Tsiko CT, Makurira H, Gerrits AMJ, Savenije HHG. Measuring forest floor and canopy interception in a savannah ecosystem. *Physics and Chemistry of the Earth*, 47-48:122-127.

Welles JM, Cohen S. 1996. Canopy structure measurement by gap fraction analysis using commercial instrumentation. *Journal of Experimental Botany*, 47(302): 1335-1342.