



Gradu Amaierako Lana
Biologiako Gradua

Ibaiko sare trofikoak eraikitzen literaturako informazioa erabilita

Egilea

Gorka Ugarte Teran

Zuzendaria

Aitor Larrañaga Arrizabalaga

Zuzendarikidea

Maite Arroita Azkarate



AURKIBIDEA

LABURPENA.....	1
ABSTRACT	1
SARRERA	2
MATERIAL ETA METODOAK	4
EMAITZAK	6
EZTABAIDA	10
ESKER ONAK.....	16
BIBLIOGRAFIA.....	16
ERANSKINAK	I
1 ERANSKINA.....	I
2 ERANSKINA.....	II



LABURPENA

Sare trofikoek komunitate batean ematen diren elkarrekintzen berri ematen dute, komunitatearen deskribapen estrukturala egiteaz gain honen funtzionamenduaren berri ere ematen dutelarik. Honela, sare trofikoak eraikitzea baliagarria da ikerketa zientifikoak egiterako orduan, baina hauek eratzeko tradizionalki erabilitako metodoak garestiak izateaz gain, denbora luzea behar dute burutu ahal izateko. Honen aurrean, Gray *et al.*-ek (2015) lotura teorikoetan oinarrituz ingurune bateko sare trofikoak eraikitzeko metodo berri eta esfortzu gutxiko bat plazaratu zuten. Gure helburua da metodo berri honek giza-jarduerek eragindako inpaktu bat kuantifikatzeko balio duen testatzea. Gure emaitzetan ikusi da erabilitako sare trofikoek ezaugarri deskriptiboak elkarrekiko independenteak direla, bakoitzak komunitatearen gaineko informazio ezberdina azaltzeko balio duelarik. Gainera, ikusi da metodoak giza jardueren eragindako inpaktuak kuantifikatzeko balio duela eta, beraz, aurrerantzean ikerketak egiterakoan kontuan hartzeko tresna baliagarria dela Gray *et al.*-ek (2015) aurkezturikoa. Hala ere, kontuan hartzekoak dira metodoak dituen mugak, ugaritasuna eta dietaren aldakortasuna kontuan hartzen ez dituela, adibidez.

ABSTRACT

Food webs resume all interactions given on a community, not just making a structural description of them, but also reporting the functioning of them. Thus, food webs are useful tools for scientific researches. However, the traditionally used methods for building them are not only expensive, but they also take up too much time. So as to avoid these handicaps, Gray *et al.* (2015) published an effortless new method which builds trophic links based on theoretical relationships seen before and gathered in a data base. Our goal is to prove whether this new method is found to be useful when quantifying human-activity impacts. Our results show that all used descriptive food web traits are independent, each of them being able to explain different information. Moreover, Gray *et al.*'s (2015) method is proved to be effective when human-activity impacts are to be quantified. Hence, this method should be considered in future researches. Nevertheless, the limits this method showed, such as, not taking into account the abundance and dietary changes when building and weighting trophic interactions, should always be kept in mind.

SARRERA

Sare trofikoak komunitateko bateko lotura trofikoaren antolaketa eta irudikapenak dira, ingurune batean aurki ditzakegun bizidunen arteko elikadura-erlazioa erakusten dutenak. Horrela, sare trofikoek komunitateen egitura, kompetentzia eta mantengaien dinamiken inguruko informazio garrantzitsua eskaintzen dute (Winemiller & Polis, 1996). Sare trofikoak osatzen duen lotura trofikoetako bakoitzak bi taxoi elkartzeko eta lotuta dauden bi taxoietatik bata (kontsumitzailea edo harraparia) bestea (errekurtsua edo harrapakina) jaten duela adierazten du. Sare trofikoak eraikitzean kontsumitzaileak errekurtsuak baino maila altuagoan kokatzen dira. Horrela, sare trofikoaren oinarrian ekoizle primarioak eta materia organiko hila egoten dira, errekurtsu bizirik edukiko ez dituzten taldeak alegia, eta goiko muturrean harraparirik ez duten goi-predatzaileak. Sare trofiko batean taxoi bakoitzeko lotura trofiko kopuruak, hots, komunitatearen konektantziak, izugarri baldintzatzen du komunitateak asaldurekiko (adibidez, espezie baten galera) duen erresistentzia, konektantzia txikiagoa duten komunitateak sentikorragoak izanik (Dunne *et al.*, 2002). Hau honela, sare trofikoak aztertzeak ekosistema horretako elkarrekintzen gaineko informazioa ez ezik, ekosistemaren kalitatearen berri ere eman dakiguke.

Ibaietako eta bereziki iturburuetako energia-iturri funtsezkoa eta, beraz, sare trofikoaren oinarri nagusia, materia organiko aloktonoa da, batik bat orbela, argi eskasiak, mantengai urritasunak eta korrante handiak izugarri mugatzen baitute ekoizpen primarioa (Ghosh & Gaur, 1994). Argi eta mantengai gehiago jasotzen dituzten ibai geldoagoetan, berriz, biofilma ere errekurtsu basal garrantzitsua da (Proia *et al.*, 2012). Sare trofikoaren oinarri diren errekurtsu hauen ugartasuna, ordea, asko aldatzen da sasoi batetik bestera. Izan ere, ibarbasoetako zuhaitz hostoerorkorrek udazkenean galtzen dituzte hostoak eta uda hasierako eguzki-irradiazioaren emendioak biofilmaren loraldiak eragiten ditu. Oinarriak denboraren arabera aldakortasunak dituzenez, eta honek gainontzeko sare trofikoak baldintzatzen duenez, sasoi desberdinetan jasotako sare trofiko eta komunitateen ezaugarriek aldakortasun handia erakusten dute (Thompson & Townsend, 1999). Udan, adibidez, espezie bilatzaileak gailentzen dira; dela argi eskuragarritasuna handitzeak ekoizpen primarioa emendatzen duelako, dela predatzaile kopurua murrizten delako (Thompson & Townsend, 1999). Beraz, aldagai baten inpaktua kuantifikatzerako orduan garrantzitsua da garai bereko laginak alderatzea. Honekin lotuta, aipatzekoa da ibarbasoak izango duen garrantzia komunitatearen egiturak eratzerako orduan.

Materia organiko aloktonoak ibaiertzeko basoetan du jatorria eta zuzenean zuhaitzetatik erreketara erorita edo lateralki haizeak garraiatuta iristen da ibaietara (Pozo *et al.*, 1997). Horrela, ibarbasoek erabat baldintzatzen dituzte ibaietako komunitateak beronen ezaugarrietara moldaturiko komunitatea baita

ibaian agertuko dena (Richards *et al.*, 1997). Ibarbaso guztiek ez dute kalitate bereko (mantenugai kontzentrazio, gogortasun, toxiko kontzentrazio...) materia organikoa eskaintzen. Beraz, sare trofikoak denboraren arabera ez ezik, espazialki ere aldatzen dira; egun, ugariak baitira ibarbasoetan eginiko landaketak. Halaber, asko dira landaketa hauek eragiten dituzten kalteak aztertzen dituzten lanak (adb.: Larrañaga *et al.*, 2009; Martinez *et al.*, 2013; Ferreira *et al.*, 2015). Hala ere, deskribapen estrukturala baino ez da lan hauek egindakoa eta gutxi esaten dute komunitateak izan ditzakeen interakzioez eta komunitatearen beraren funtzionamenduaz. Izan ere, ornogabeen ugaritasunaren aldaketa edota presentzia/ausentzia aldaketa dira lan hauek deskribatzen dutena, hots, inpaktu baten aurrean komunitatea bera osatzen duen espezie zerrendaren aldakortasuna aztertzen da; espezie zerrendaren aldaketak komunitatean zein eragin duen (egonkortasunaren aldaketa, asalduren aurreko erresistentzia eta erresilientzia aldaketa...) edota bertako bizidunek ingurune berrira egokitze aldera burutu beharko dituzten jokabide aldaketak (dieta aldaketa...) kontuan hartu gabe.

Bi izan dira tradizionalki sare trofikoak eraikitze moduak: 1) Heste edukiak aztertzea (adb.: Whitley & Rabeni, 1997; Rosi-Marshall & Wallace, 2002); eta 2) Isotopo egonkorak erabiltzea (adb.: Hobson & Welch, 1992; Whitley & Rabeni, 1997).

Heste edukiak aztertuta zein espeziek zein jaten duen jakin daiteke eta, horrela, lotura trofikoak ezagututa sare trofikoak eraiki. Halere, esfortzu eta maisutasun handia eskatzen dituen metodoa da honakoa; makroornogabeak identifikatzeaz gain, hauen hesteetako edukia ere identifikatu beharra baitago. Izan ere, normalean ez da eskuragarri izaten DNA analisiak burutu ahal izateko derrigorrezkoa den datu-basea, komunitate horretan agertzen diren taxoi guztiak biltzen dituen. Ondorioz, hesteetako laginak lupaz identifikatu behar izaten dira, zinez zaila izan ohi dena, laginak maiz digerituta agertzen baitira, bere ezaugarri taxonomiko bereizgarriak zeharo lausotuta dituztela (Sheppard & Harwood, 2005). Gainera, indibiduo asko eta asko aztertu behar dira lotura trofiko guztiak eraiki ahal izateko eta hau askotan oso zaila da ikerketek edukitzen dituzten muga tenporal eta ekonomikoengatik (Gray *et al.*, 2015). Isotopo egonkorren azterketak, bestalde, energia-fluxua laburtzeko aukera ematen du, isotopo horiek komunitatean izandako ibilbidea jarraitzeko aukera ematen baitute (Hansson *et al.*, 1997). Izan ere, laginen proteinetan aurki ditzakegun bai nitrogeno ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) eta bai karbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) isotopo egonkorren ratioek emendatzeko joera dute sare trofikoan gora egin ahala (Bearhop *et al.*, 2004). Dena den, oso garestia den teknika da honakoa eta, beraz, gutxi erabilia.

Bi metodo hauen zailtasunak eta kostuak medio, enpirikoki eraikitako sare trofikoak askotan osatugabeak eta lagin-kopuru txikietan oinarriturik eraikiak izaten dira (Gray *et al.*, 2015).

Horrela, Gray *et al.*-ek (2015) sare trofikoak eraikitzeke alternatiba proposatu zuten, zeinak literaturan frogatu diren lotura trofikoak eta gure ibaiko espezie zerrenda erreferentziatzen harturik, ibaiko sare trofikoak eraikitzeke aukera ematen duen; R software libreko (R Core Team, 2013) 'cheddar' paketearen (Hudson *et al.*, 2013) barruan eraikiriko 'WebBuilder' funtzioari esker. Hitz gutxitan, metodo berri honek gure espezie zerrendako taxoiak interakzio trofikoak biltzen dituen datu-baseko taxoiekin parekatzen ditu. Datu-basean lotuta dauden bi taxoi gure espezie zerrendan ere agertzen badira, bi hauen artean lotura ezartzen du. Izan ere, leku batean bi espezieen artean lotura ikusi bada, beste edozein tokietan ere batera bizitzekotan ere, bien arteko lotura trofikoak eman egiten dela asumitzen du funtzioak. Honetarako, taxoien arteko konparaketak zein maila taxonomikotan (espezie, genero, familia...) egin nahi diren zehaztu behar zaio funtzioari.

Agerikoa da metodo honek besteekin alderatuta sare trofikoak eraikitzeke ematen duen erraztasuna, nahikoa baita espezie-zerrenda edukitzea. Hala ere, literaturako lotura trofikoak biltzen dituen datu-basearen kalitatea gakoa da, datu-basean bildutako informazio kopuruak izugarri baldintzatzen baitu eraikitako sare trofikoaren osotasuna. Hortaz, metodo hau erabilirik sare trofikoaren gaineko informazioa gal daiteke.

Lan honen helburua da giza-jardueren inpaktuak aztertzeke sare trofikoak eraikitzeke Gray *et al.*-en (2015) metodoak duen erabilgarritasuna testatzea. Honetarako, ibarbasoan eukalipto landaketak izateak eragindako kalteak kuantifikatuko ditugu, eukaliptadien ornogabe komunitateetan eragin nabarmena dutelako (adb.: Abelho & Graça, 1996; Canhoto & Laranjeira, 2007; Larrañaga *et al.*, 2009; Ferreira *et al.*, 2015). Hau burutu ahal izateke, Larrañaga *et al.*-en (2009) datuak hartu dira oinarri, bertan, eukaliptadien ornogabeen, eta batez ere zatitzaileen, ugaritasunean aldaketak eragiten zituztela ikusi baitzen. Kuantifikazioa posible balitz, deskribapen estrukturala ez ezik, funtzionala egiteke aukera ere izango genuke sare trofikoek eman dakiguketen informazio berriari esker.

MATERIAL ETA METODOAK

Ikerketa area

Espania iparraldeko Agüera eta Sámano arroetan bata bestetik, gutxienez, 20 km-ra kokaturiko 10 ibaietan burutu zen laginketa (Lat: 43°18'; Long: 3°16' bbt); 100 metro luze diren eremutan.

Klima ozeaniko epela da bertakoa, 14,3 °C da batez besteko tenperatura eta 1500 mm batez besteko prezipitazioa (Elosegi *et al.*, 2002). Lagindutako bost puntu *Quercus robur* L. nagusi zen baso autoktonoz zeuden inguratuta; gainontzeko bostak eukalipto landaketez, non ibarbasoko zuhaitzen erdia baino gehiago eukaliptoak ziren. Ez zegoen ez etxe ez baserririk laginketa-puntuetatik urgora.

Laginketa metodoa

Zoriz bost Surber lagin (0,09 m², 0,5 mm-ko zuloak) hartu ziren laginketa-puntuetako bakoitzean 2003ko martxoaren 25ean. Hauetatik ornogabeak bereizi, Tachet *et al.* (2002) erabilirik identifikatu (orokorrean genero mailara arte) eta zenbatu egin ziren taxoi bakoitzaren ugaritasuna zein zen jakiteko. 2003an jasotako taxoiak izendatzeko GBIF-ek (<https://www.gbif.org/species/search>) onartutako izenak erabili ziren, lotura trofikoak biltzen dituen datu-basearekin bat etorri eta estandaritzatzeko.

Datuen analisia

Identifikaturiko taxoiak erreferentziatzen harturik errekurtsu-kontsumitzaile elkarrekintzak sortu ziren, Gray *et al.*-ek (2015) proposaturiko 'WebBuilder' funtzioa erabiliz. Honetarako, literaturan (<https://zenodo.org/record/13751#.WrjP14hubIU>) aipatutako erreferentzietan oinarritzen dena. Funtzioak, baina, taxoien presentzia/ausentzia baino ez du erabiltzen loturak eraikitzerako orduan, hauen ugaritasunaren gaineko informazioa galtzen delarik. Eraikitako errekurtsu-kontsumitzaile erlazioak ugaritasunaren arabera haztatzeko, hauetako bakoitzari balio bat esleitu zitzaion, balio honek sare trofikoetako loturarik garrantzitsuenak erakutsiko zituelakoan. Balio hau, errekurtsu eta kontsumitzaileen ugaritasun balioaren logaritmoaren batezbestekoa da.

Taxoiak eta hauen arteko erlazioak genituela, laginketa puntu bakoitzerako sare trofikoak eraiki zen, erlazioen lodiera ezartzeko lehenago esleitutako balioa erabili zen. Sare trofikoak eraikitzerakoan taxoi isolatuak, gainontzeko taxoiekin loturarik eratzen ez duten taxoi horiek, kendu egin ziren komunitateetatik; eta ea ibarbaso mota bietan kopuru bera kentzen zen testatzeko ANOVA bidez konparaketa egin zen.

Sare trofikoetako bakoitzeko taxoi kopurua [S], lotura kopurua [L], lotura dentsitatea [D] (L/S), konektantzia [K] (L/(S)²), taxoi kanibalen frakzioa [Kan], taxoi orojaleen frakzioa [Oro], taxoi basal frakzioa [Bsl], goi-predatzaile diren taxoien frakzioa [Goi], bitartekari diren frakzioa [Bit] eta sare trofikoetako bakoitzean bi taxoien arteko lotura ezartzeko beharrezko diren lotura kopuru minimoaren batez bestekoa [LotMinBBT] ere kalkulatu ziren. Halaber, sare trofikoaren ezaugarri deskriptibo hauen ONA

(Osagai Nagusien Analisia) analisia egin zen, hauen independentzia-maila eta azalpen-gaitasuna testatzeko.

Neurturiko parametroei emandako definizioak:

- Taxoi basala: harrapakinik ez duen taxoia.
- Taxoi bitartekaria: harrapakina eta harraparia dituen taxoia.
- Goi-predatzailea: harrapakina bai, baina harraparirik ez duen taxoia.
- Kanibal: harrapakin-harrapari erlazio ezartzen du taxoi baten baitan.

Sare trofikoek ezaugarri deskribatzaile hauen arteko erlazioak ulertzeko, beraien arteko Pearson korrelazioak eraiki ziren. Baso autoktono eta eukalipto-landaketen arteko aldea kuantifikatzeko, ANOVA taulak eraiki ziren.

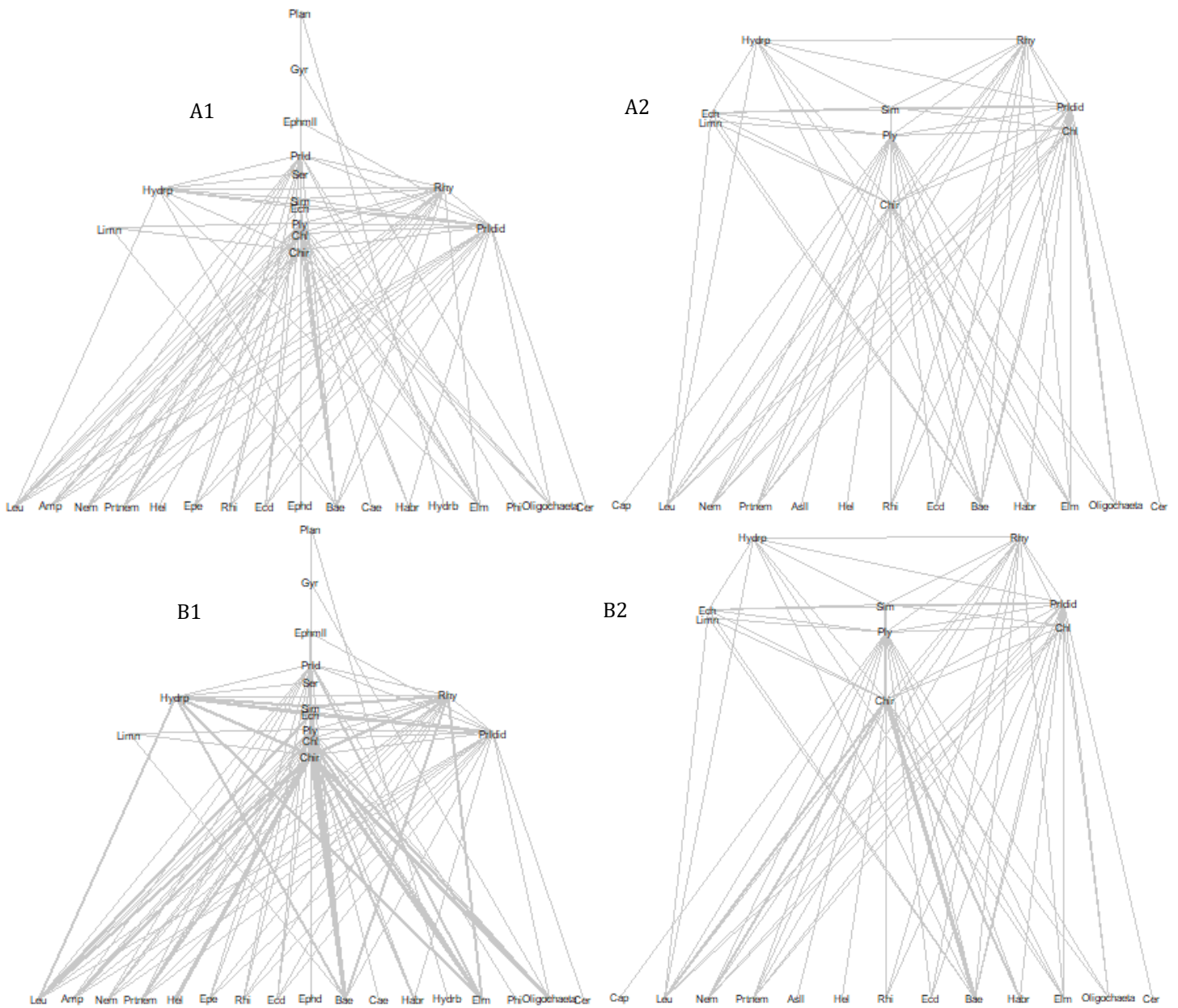
Lan honetan agertzen diren analisi estatistiko eta grafiko guztiak R software askea (R Core Team, 2013) erabilirik eraiki dira. Sare trofikoekin erlazionaturiko eragiketa guztietarako R-ko 'cheddar' paketea (Hudson *et al.*, 2013) erabili da.

EMAITZAK

Baso autoktonoz nahiz eukaliptadiz inguratutako ibaietako ornogabeen komunitateetatik taxoi isolatu kopuru berdina ezabatu zen (ANOVA: $F_{1,8} = 0,31$, $p = 0,593$). Baso autoktonoetan batezbeste 9,4 taxoi ezabatu ziren (SE = 1,33). Eukaliptadietan batezbeste 8,4 taxoi ezabatu ziren (SE = 1,21).

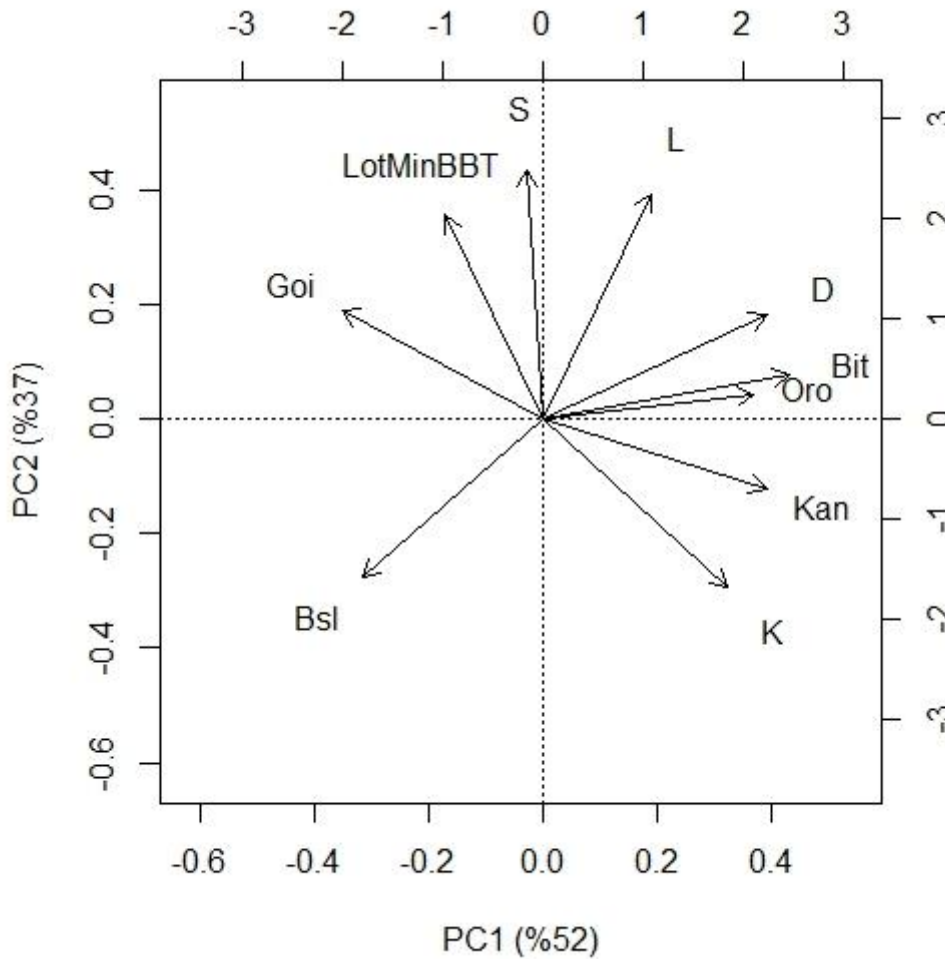
Sare trofikoak eratzerako orduan lehenetsitako aukeran (1 Irudia A) lotura trofiko guztiei garrantzi berdina ematen zaie, taxoi ezberdinek erakusten duten ugaritasuna kontuan hartu gabe. Hau da, loturaren presentzia hipotetikoak erakusten digu eta ez bere indarra. Lotura trofikoak ugaritasunarekin haztatzean, ordea, lotura trofiko garrantzitsuenak zein ziren ikustea lortu zen (1 Irudia B). Chironomidae familiako eltxoak eta Baetidae familiako maiatz-euliak, adibidez, ugaritasun handiko taxoiak zirela ikusi zen, beraiek eraturiko loturak garrantzitsu eginez (1 Irudia B).

Sare trofikoak deskribatzeko erabilitako ezaugarri guztiak aldeduta ageri ziren bata bestetik eginiko ONAn (2 Irudia), taldekapenik ikusten ez zelarik; bertan, 1. ardatzak bariantzaren %52a azaltzen zuen eta 2.ak %37a.



1 Irudia. Sare trofikoaren irudikapen sinplea (A) eta ugaritasunarekin haztatuta (B), Remendon1 (1) eta Jergueron (2) ibaietan

[Aesch=Aeschnidae; Amp=Amphinemura; Anc=Ancylidae; Asll=Asellus; Ath=Athericidae; Bae=Baetidae; Blph=Blephariceridae; Brch=Brachyptera; Cae=Caenidae; Cap=Capnioneura; Cer=Ceratopogonidae; Chir=Chironomidae; Chl=Chloroperlidae; Cord=Cordulegasteridae; Cur=Curculionidae; Dix=Dixidae; Dol=Dolichopodidae; Dry=Dryopidae; Dyt=Dytiscidae; Ecd=Ecdyonurus; Ech=Echinogammarus; Ecn=Ecnomidae; Elm=Elminthidae; Emp=Empididae; Epe=Epeorus, Ephd=Ephemeridae; Ephmll=Ephemerillidae; Glossi=Glossiphoniidae; Glosso=Glossosomatidae; Goe=Goeridae; Gomp=Gomphidae; Gyr=Gyrinidae; Habr=Habroleptoides; Hel=Helodidae; Hept=Identifikatu gabeko Heptagenidoak; Hydrb=Hydrobiidae; Hydrn=Hydraenidae; Hydrp=Hydropsychidae; Las=Lasiocephala; Leu=Leuctra; Limn=Limnephilidae; Limo=Limonidae; Lpd=Lepidostoma; Mic=Micrasema; Mol=Molannidae; Nem=Nemoura; Nmt=Nematoda; Odont=Odontocerum; Oligochaeta=Oligochaeta; Phi=Philopotamidae; Plan=Planariidae; Ply=Polycentropodidae; Prld=Perlidae; Prldid=Perlodidae; Prtnem=Protonemura; Psph=Psephenidae; Psy=Psychomyidae; Psych=Psychodidae; Rha=Rhagionidae; Rhi=Rhithrogena; Rhy=Rhyacophilidae; Ser=Sericostruma; Sim=Simuliidae; Sph=Sphaeriidae; Strt=Stratiomyidae; Tab=Tabanidae; Tip=Tipula (or Tipulinae); Veld=Velidae; Vlv=Valvatidae]



2 Irudia. Sare trofikoaren ezaugarrien ONA taldekapena. PC1 ardatzak bariantzaren %52 azaltzen du. PC2 ardatzak bariantzaren %37 azaltzen du.

[S = taxoi kopurua, L = lotura trofiko kopurua, D = lotura dentsitatea (L/S), K = konektantzia (L/S²), Kan = kanibal frakzioa, Oro = orojale proportzioa, Bsl = taxoi basalen proportzioa, Bit = bitartekari diren taxoiaren frakzioa, Goi = goi-predatzaile diren taxoiaren frakzioa, LotMinBBT = taxoi biren arteko erlazio ezartzeko beharrezko diren lotura minimoaren batez bestekoa, Mota = ibarbaso-mota]

Konektantziak, kanibal frakzioak, taxoi bitartekariaren frakzioak, goi-predatzaileen frakzioak eta taxoi biren arteko lotura ezartzeko beharrezko diren lotura kopuru minimoaren batezbestekoak esangarriki aldatu ziren ibarbaso-motaren arabera (1 eta 2 Taulak, 3 Irudia).

Taxoi kopurua 24-31 tartean aldatu zen baso autoktonoetan eta 22-30 eukaliptadietan (1 Taula). Lotura kopurua 91-130 tartean aldatu zen baso autoktonoetan eta 86-131 eukaliptadietan (1 Taula). Lotura dentsitatearen tarteak 364-4,33 da baso autoktonoetan eta 3,91-4,74 eukaliptadietan (1 Taula). Konektantzia 0,13-0,16 tartean aldatu zen baso autoktonoetan eta 0,15-0,18 eukaliptadietan (1 Taula), baso autoktonoetan baino esangarriki handiagoa zen eukaliptadietan (2 Taula, 3 Irudia D). Kanibal proportzioa 0,2-0,25 tartean aldatu zen baso autoktonoetan eta 0,23-0,31 eukaliptadietan (1 Taula), baso

1 Taula. Komunitate ezberdinetako sare trofikoaren ezaugarriak biltzen dituen taula.

Komunitatea	S	L	D	K	Kan	Oro	Bsl	Bit	Goi	LotMinBBT	Mota
Remendon1	31	123	3,968	0,128	0,226	0,387	0,548	0,387	0,065	1,875	Autoktonoa
Peñalar	25	91	3,640	0,146	0,200	0,400	0,560	0,360	0,080	1,718	Autoktonoa
Perea	24	93	3,875	0,161	0,250	0,375	0,583	0,375	0,042	1,771	Autoktonoa
Salderrey	28	118	4,214	0,151	0,250	0,393	0,536	0,393	0,071	1,819	Autoktonoa
Antonilla	30	130	4,333	0,144	0,233	0,400	0,533	0,433	0,033	1,827	Autoktonoa
Remendon2	30	131	4,367	0,146	0,233	0,433	0,500	0,433	0,067	1,767	Landaketa
Jergueron	22	86	3,909	0,178	0,273	0,409	0,591	0,409	0,000	1,653	Landaketa
Tabernilla	27	114	4,222	0,156	0,259	0,370	0,556	0,407	0,037	1,731	Landaketa
Gamonal	26	120	4,615	0,178	0,308	0,462	0,500	0,500	0,000	1,722	Landaketa
Cabañaperaza	27	128	4,741	0,176	0,296	0,444	0,481	0,519	0,000	1,728	Landaketa

[S = taxoi kopurua, L = lotura trofiko kopurua, D = lotura dentsitatea (L/S), K = konektantzia (L/S²), Kan = kanibal frakzioa, Oro = orojale proportzioa, Bsl = taxoi basalen proportzioa, Bit = bitartekari diren taxoiaren frakzioa, Goi = goi-predatzaile diren taxoiaren frakzioa, LotMinBBT = taxoi biren arteko erlazio ezartzeko beharrezko diren lotura minimoen batez bestekoa, Mota = ibarbaso-mota]

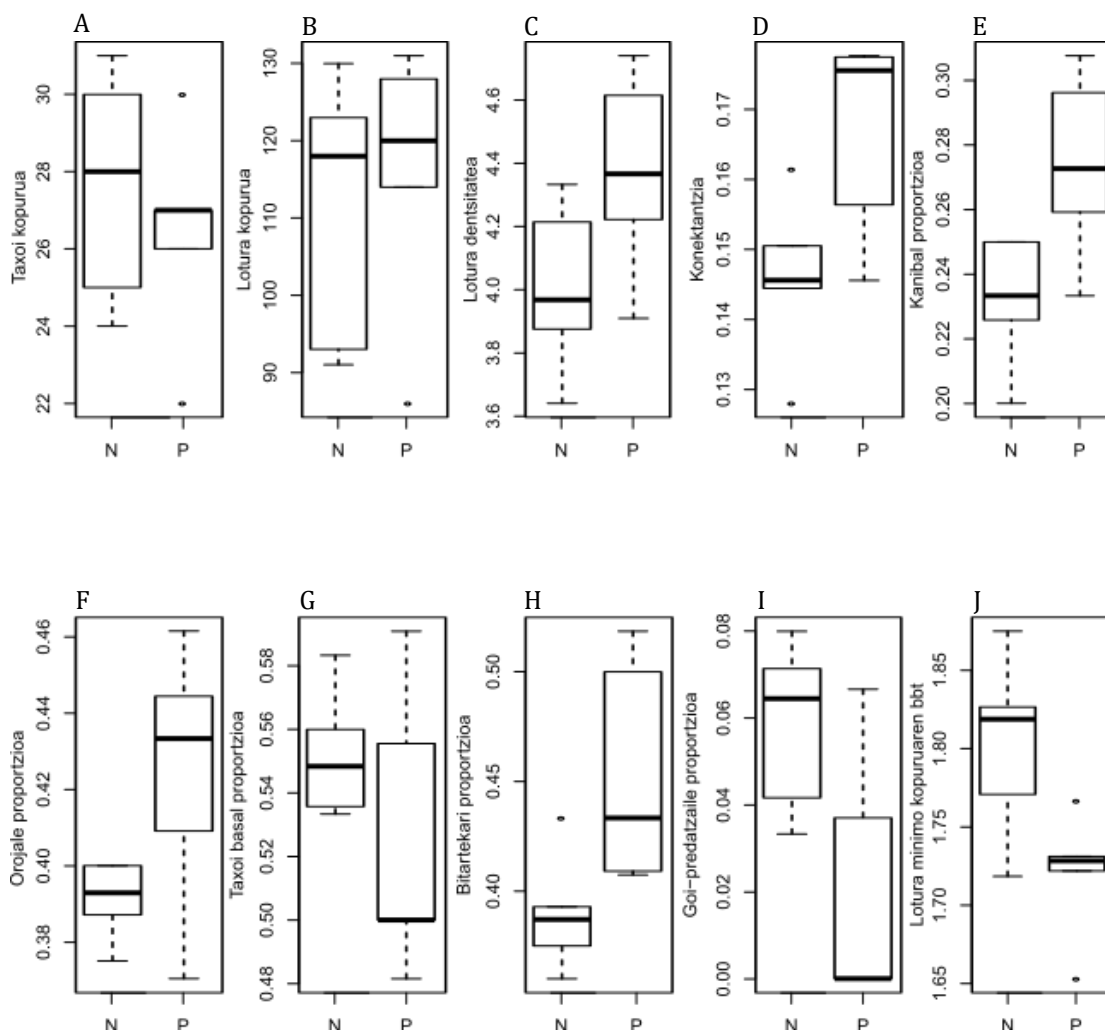
autoktonoetan baino esangarriki handiagoa zen eukaliptadietan (2 Taula, 3 Irudia E). Orojale proportzioa 0,38-0,4 tartean aldatu zen baso autoktonoetan eta 0,37-0,46 eukaliptadietan (1 Taula). Taxoi basalen proportzioa 0,53-0,58 tartean aldatu zen baso autoktonoetan eta 0,48-0,59 eukaliptadietan (1 Taula). Bitartekariaren proportzioa 0,36-0,43 tartean aldatu zen baso autoktonoetan eta 0,41-0,52 eukaliptadietan (1 Taula), eukaliptadietan baino esangarriki handiagoa zen baso auktonoetan (2 Taula, 3 Irudia F). Goi-predatzaileen proportzioa 0,03-0,08 tartean aldatu zen baso autoktonoetan eta 0-0,07 eukaliptadietan (1 Taula), baso autoktonoetan baino esangarriki handiagoa zen

eukaliptadietan (2 Taula, 3 Irudia I). Taxoi biren arteko erlazioa ezartzeko lotura minimo kopuruaren batezbestekoa 1,72-1,88 tartean aldatu zen baso autoktonoetan eta 1,65-1,77 eukaliptadietan (1 Taula), eukaliptadietan baino esangarriki handiagoa zen baso autoktonoetan (2 Taula, 3 Irudia J).

2 Taula. Ibarbaso-motaren arabera sare trofikoetako ezaugarriak erakusten duten aldakortasunaren neurketaren balioak; ANOVA erabilirik. Beltzitutako p-balioek aldakortasun esangarria azaltzen dute.

Aldagaia	F	p
S	0,41	0,540
L	0,18	0,683
D	3,62	0,094
K	5,80	0,043
Kan	6,77	0,031
Oro	3,94	0,082
Bsl	1,40	0,271
Bit	5,89	0,041
Goi	5,35	0,049
LotMinBBT	6,35	0,036

[S = taxoi kopurua, L = lotura trofiko kopurua, D = lotura dentsitatea (L/S), K = konektantzia (L/S²), Kan = kanibal frakzioa, Oro = orojale proportzioa, Bsl = taxoi basalen proportzioa, Bit = bitartekari diren taxoiaren frakzioa, Goi = goi-predatzaile diren taxoiaren frakzioa, LotMinBBT = taxoi biren arteko erlazio ezartzeko beharrezko diren lotura minimoen batez bestekoa, Mota = ibarbaso-mota]



3 Irudia Ibarbaso autoktonoa (N) eta eukalipto landaketak (P) dituzten ibai-komunitateen taxoi kopuru (A), lotura trofiko kopuru (B), lotura dentsitate (C), konektantzia (D), kanibal frakzio (E), orojale proportzio (F), taxoi basalen proportzio (G), taxoi bitartekari proportzio (H), goi-predatzaile proportzio (I) eta taxoi biren arteko erlazio ezartzeko beharrezko diren lotura minimoen batez bestekoa (J).

EZTABAIDA

Sare trofikoak deskribatzeko hautaturiko aldagaiek taldekapenik erakusten ez dutela-eta, hauetako bakoitzak modu independentean erantzuten duela ondoriozta daiteke. Gainera, erabilitako irudikapenak bariantzaren %89a azaltzen duenez, fidagarria da honek erakutsitakoa. Honenbestez, esan dezakegu ezaugarriek ez dutela elkarrekin erlazio handiegirik izango eta taxoi kopurua bakarrik ematetik aurrerapauso interesgarria dela metodologia honen erabilera.

Erreferentzia modura hartutako artikuluak (Larrañaga *et al.*, 2009) ibarbaso autoktonoa eukalipto landaketekin ordezkatzeko ibaietako ornogabeetan izan dezakeen inpaktua aztertzen du eta emaitzek

erakusten dute eukaliptadietan izugarri murrizten dela ornogabe zatitzaileen ugaritasuna. Beraz, taxoi batzuei harrapakina eta besteei harraparia gutxitu egingo litzaieke eukalipto landaketak zeuden tokietan. Gainera, ibai-ekosistemetan funtzio garrantzitsua betetzen du talde honek, materia partikulatu larria xehetuz dute ibaian zeharreko materia organikoaren garraioa erraztu eta beste taxoi batzuen elikagai-iturria sortzen baitute (Wallace & Webster, 1996). Hortaz, zatitzaileak murrizteak ibaian bertan ematen diren lotura trofikoak aldaraztea espero liteke, beste zenbait ikerketan ikusi den bezala (adb.: Eveleigh *et al.*, 2007). Gure emaitzek, bat egiten dute Larrañaga *et al.*-ek (2009) jasotakoekin, izan ere, neurturiko parametro guztiak aldakortasunik erakutsi ez badute ere, komunitate bateko elkarrekintzak ondoen jasotzen dituzten horiek aldatu egin dira, hauetako batzuen interpretazioak, konektantzia kasu, eztabaida sortzen badu ere oraindik. Honela, informazio partziala jaso badaiteke ere, giza jarduerak eragindako inpaktuak kuantifikatzeko baliagarria den metodoa da 'WebBuilder' funtzioa. Dena den, kontuan izan behar dugu sare trofikoak eraikitzerako orduan taxoi bat edo beste saretik kanpo gelditu dela, erabilitako datu-baseak hauen lotura trofikoak biltzen ez dituelako. Taxoi hauen inguruko informazioaren ausentziak, ibarbasoaren araberako ibaietako ornogabeen komunitateen artean eman daitekeen aldaketaren bat agerrarazi ez ote duen ezin da jakin; komunitateetatik taxoi kopuru bera ezabatu badira ere, ezin baita jakin ea taxoietak bakoitzak lotura berdina eraikiko zituen komunitateetako bakoitzean.

Aldakortasunik erakutsi ez duten parametroen artean taxoi eta lotura kopurua daude. Aldagai hauek, baina, ez dute aparteko informaziorik ematen ekosistema baten gainean. Lehenak, ez duelako kontuan hartzen taxoiak zein diren edota taxoi bakoitzeko zenbat indibiduo dauden. Beraz, posible da taxoi kopuru berdina egon arren agertutako taxoiak desberdinak izan edota taxoi bakoitzeko indibiduo kopurua desberdina izatea. Era berean taxoiaren arteko lotura kopurua taxoi kopuruaren menpekoa denez (Cohen & Briand, 1984) eta taxoi kopurua aldatu ez denez, lotura kopuruak ez du aldakortasunik erakutsi.

Taxoi kopuru eta lotura trofiko kopuruaren arteko erlazioa erakuste duten bi parametroetatik, bakarrak baino ez du erakusten ibarbaso-motaren araberako aldakortasuna. Honela, lotura dentsitatea (L/S) ez da aldatzen ibarbasoaren arabera, baina bai konektantzia (L/S^2). Lotura dentsitatea ez aldatzearen arrazoia, berriro ere, taxoi eta lotura kopurua ez aldatzea izan daiteke; beronek, azken finean bien arteko erlazio zuzena islatzen baitu. Konektantzia, aldiz, estuki lotua dago sare trofikoetan gertatzen diren elkarrekintzekin eta, beraz, berauen isla da (Gilbert, 2009). Hau honela, konektantziak erakutsitako aldakortasuna ibarbasoan egindako landaketen inpaktuaren adierazle oso ona da.

Konektantziaren interpretazioa, baina, ez da batere samurra, ugariak izan baitira honi emandako azalpenak eta iritziak. Honela, konektantziaren balio altuagoa komunitate horrek asalduren aurrean duen egonkortasunarekin lotua dagoela esan dute batzuek (adb.: Dunne *et al.*, 2002); eta kontrakoa besteek, hots, konektantziaren balio txikiagoak sare trofikoaren egonkortasun handiagoa islatzen duela (adb.: Pimm, 1984). Hau argitu nahian asko dira egindako ikerketak. Azkenekoen, konektantzia balio altuagoak dituzten komunitateak espezie galeraren aurrean desoreka txikiagoa erakusten badute ere (Estrada, 2007; Gilbert, 2009), orokorrean konektantzia txikiagoko komunitateak egonkorrago direla iradokitzen dute (Heleno *et al.*, 2012).

Hain zuzen ere, konektantzia handiagoa neurtu da eukalipto landaketetan baso autoktonoetan baino. Honenbestez, azken ikerketekin (adb.: Estrada, 2007; Gilbert, 2009; Heleno *et al.*, 2012) bat eginez, baso autoktonoz inguratutako ibaietako komunitateak eukaliptadiz inguratutakoak baino egonkorragoak direla iradokitzen dute emaitzek. Honenbestez, eukalipto landaketek ibaietako komunitateetan kalteak eragiten dituztela esan dezakegu, ibarbasoan landaketa izateak komunitatea bera desegonkorrago egiten badu, beronek asaldurei aurre egiteko ahalmena murriztu egingo baita.

Bestalde, Larrañaga *et al.*, (2009) lanean erakutsi bezala, zatitzaileen ugaritasuna murrizteak taxoien arteko lotura motak alda ditzake, eta maila trofiko bakoitzaren garrantziari eragin. Gure emaitzei errapatuz, ez da desberdintasunik azaldu orojale proportzioari dagokiola, baina bai kanibalen proportzioari dagokionez.

Orojaleei dagokienez, kontuan izan behar da orojale proportzioa estimatzerako orduan erabili dugun formulak orojale kontsideratzen dituela bi taxoi edo gehiagotaz elikatzen den edozein taxoi (Hudson *et al.*, 2013). Honela, berau ez da inpaktu batek sorturiko aldaketa estimatzeko parametro egokia; izan ere, inpaktuak lau modutara eragin dezake elikaduran, aurretiaz taxoi batek bere dieta beste zenbait taxoietan oinarritzen zuenaren arabera:

- Inpaktu aurretik dieta taxoi bakarrean oinarritzen zuten taxoiak. Bere harrapakin bakarra desagertzekotan bi aukera ditu taxoi batek biziraun nahi badu: 1) Beste harrapakin nagusi batean oinarritu dieta; edo 2) Harrapakin gutxi batzuetan oinarritu dieta. Bigarren aukera lehenengoa baino ohikoagoa da, aurretiaz taxoiak harrapakin bakarrerako preferentzia erakutsi badu, presente dauden gainerakoenganako lehentasunik ez duelako da. Beraz, ez da ohikoa izango lehenago lehenetsi ez duen taxoi bakarrean zentratzea bere elikadura-esfortzu gutzia.



- Inpaktu aurretik dieta taxoi batean baino gehiagotan oinarritzen zuten taxoiak. Beraien dietatik harrapakin bat kenduz gero, bi aukera ditu taxoi batek: 1) Desagerturiko taxoia oso garrantzitsu bazen, honek eskaintzen zizkion onurak aurkitu beharko ditu beste taxoiren batean; edo 2) Gainontzeko harrapakinetan zentratu dieta, aldaketarik gabe. Ikerketa honetan, ornogabeak bakarrik hartzen dira kontuan, beraz, bigarren motako erantzuna litzateke ohikoagoa; guztiek ala guztiek antzerako mantengaien hornituko baitituzte harrapakinak (Rumpold & Schlüter, 2013).

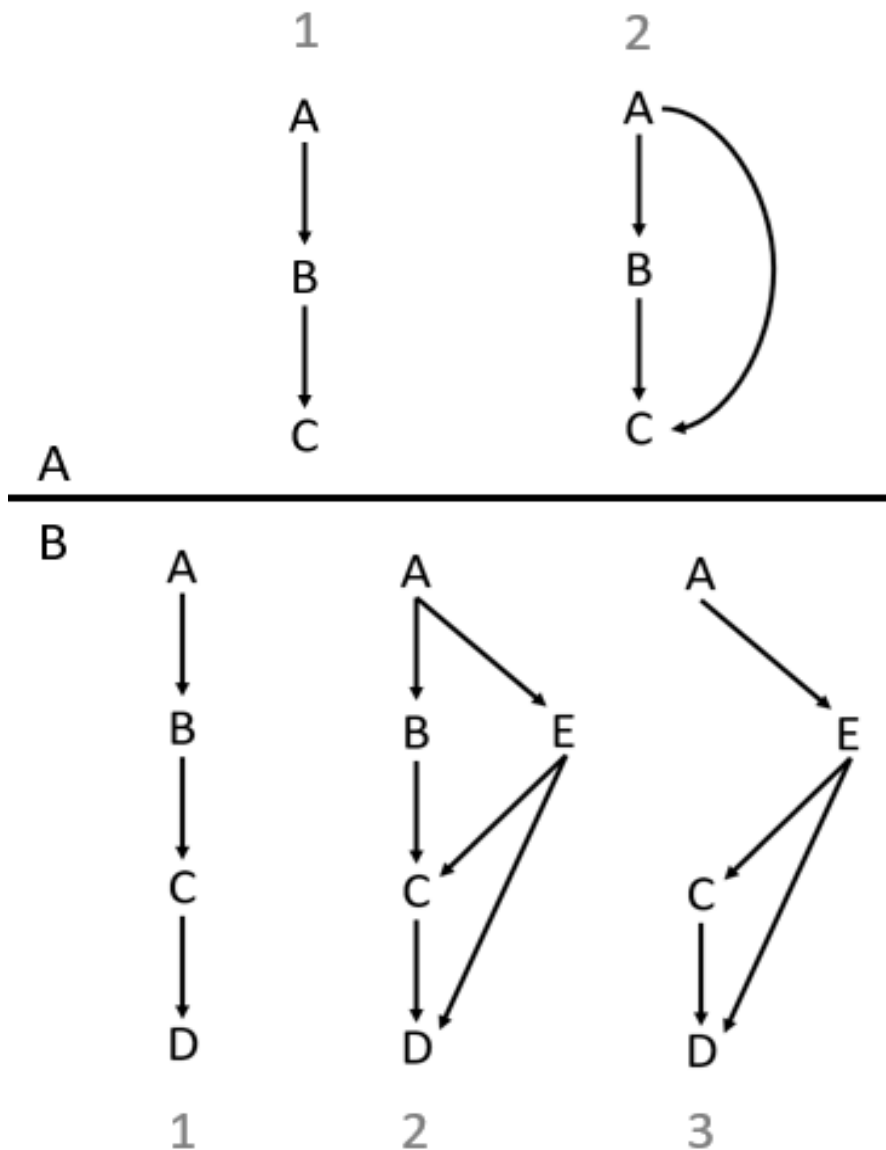
Honenbestez, taxoi batzuek beren harrapakinak ugaritzeko joera eta beste batzuek hauek murriztekoa izan dezakete eta batek bestea indargabetuko luke komunitate bateko orojale proportzioa berdin mantenduz. Gainera, kontuan izan behar dugu taxoien ugaritasuna dela aldatu den ezaugarria (Larrañaga *et al.*, 2009) eta ez hauen presentzia/ausentzia. Beraz, oro har, taxoiek beraien harrapakin kopurua ugaritzeko joera erakutsiko lukete, eta aldaketarik azaldu ez badu ere, handi-handian hau da ikusitako joera, balio altuagoak ikus baitituzkegu ibarbasoan landaketak dituzten komunitateetan.

Komunitateko kanibal frakzioak, ordea, ederki islatzen du lotura berrien agerpena. Izan ere, beraien dietarako aproposa den beste espezierik aurkitu ezean, mantengai proportzio bera duten horiek jateko joera dute espezieek (Fox, 1975). Honenbestez, inpaktu baten ostean komunitate bateko kanibal frakzioa handitzea esperoko genuke, eta hau da, hain zuzen ere, behatutakoa; hau da, handiagoa da eukaliptadiz inguratutako ibaietako ornogabe komunitateetan dagoen kanibal proportzioa. *'WebBuilder'* funtzioak, baina, espezieen presentzia baino ez du erabiltzen lotura trofikoak eraikitzerako orduan; beraz, kanibala den espezie bat sare trofikoan badago, beti kontsideratuko da kanibal. Honenbestez, kanibalen frakzioan ikusten den aldakortasunak, ibarbasoan eukalipto duen ibaiko komunitatean baso autoktonoa duenean baino taxoi kanibalistiko gehiago aurkitzen direla esan nahi du, estrategia honek nolabaiteko onura ekartzen duen seinale.

Taxoiek sare trofikoan duten kokapenari dagokiola, taxoi basalen proportzioa aldatzen ez bada ere, aldatu egiten da bitartekarien eta goi-predatzaileen proportzioa. Zehatzago esateko, jaitsi egiten da goi-predatzaileen proportzioa eta handitu bitartekari direnena. Honek, goi-predatzaile ziren taxoi batzuk bitartekari bihurtu direla iradokitzen du, espezie zerrenda ez baita aldatu.

Taxoi biren arteko erlazioa eratzeko beharrezko diren lotura kopuru minimoaren batez bestekoa, baso autoktonoan baino txikiagoa da eukalipto landaketetan. Honek iradoki dezake baso autoktonoetan bi taxoiren arteko lotura eratzen duten taxoi bitartekari batzuek, bitartekari izateko funtzio hori galdu egin dutela beraien harrapari zen horrek elikagai berriak aurkitu behar izan dituelako (4 Irudia A), edota

espezie biren arteko erlazioa eraikitzen duen taxoi berriren bat agertu delako (4 Irudia B). Erabilitako metodoak, baina, bigarren mota honetako erantzunak baino ezin ditu antzeman, loturak eraikitzeko erabili dugun funtzioak erlazio teoriko guztiak erakusten dizkigu-eta sare trofiko bat egiterako orduan, honetarako espezieen ausentzia/presentzia hartzen duelarik kontuan eta lehen egoeran agertzen diren espezieak berdina dira. Gainera, taxoi biren arteko erlazioa ezartzeko beharrezko diren lotura kopuru



4 Irudia Taxoi biren arteko lotura minimoaren aldaketa eragin dezaketen bi egoera. Gezien atzekalde eta muturrek harrapari-harrapakin erlazioa irudikatzen du, hurrenez hurren.

Egoeretako batean (A) lehenago (A1) ez zegoen lotura berri bat sortzen da (A2). A eta C-ren arteko erlazio ezartzeko lotura minimo kopurua 2tik 1era jaisten da.

Bestean (B), aurretik (B1) ez zegoen espezie berri bat agertzen da (B2): 'E'. A eta D-ren arteko erlazioa ezartzeko lotura minimo kopurua 3tik 2ra jaisten da. Hirugarren kasu batean (B3), 'B' espeziea galdu eta 'E' espezie agertzen dira; hemen ere 2 dira A eta D-ren arteko erlazioa ezartzeko beharrezko lotura minimoak, baina lotura kopuruaren igoera txikiagoa da (B1ekin alderatuz gero), 3tik 4ra igotzen da.

minimoa txikitu eta taxoi eta lotura kopuruak konstante mantentzea posible da (4 Irudia B3); izan ere, kontuan izan behar dugu lotura asko egongo direla sare trofiko baten barruan eta baten gorabeherak ez duela eragin handirik izango. Honek, halaber, baso autokonoetan taxoi generalistagoak eta eukaliptadietan orojaleagoak daudela iradokitzen du, orojaleek lotura kopuruak txikituko dituzte-eta; eta emaitzak esangarriak ez badira ere, hau da ikusten den joera, hots, taxoi orojale proportzioa handitu egiten dela eukaliptadiz inguratutako ibaietako ornogabe komunitateetan.

Badago Larrañaga *et al.*-ekin (2009) alderatuta erantzun desberdina ematen duen sare trofikoaren ezaugarri deskriptibo bat: taxoi kopurua. Izan ere, artikuluan originalean taxoi kopurua ibarbaso motaren arabera aldatu egiten dela ikus daiteke, baina ez gure lanean. Honen zergaitia, dena den, guk komunitateetatik kendu ditugun taxoietan egon daiteke. Izan ere, baliteke kendutako taxoi horiek nahikoa izatea ibarbaso motaren arabera aldakortasuna erakusteko.

Honekin guztiarekin, Gray *et al.*-ek (2015) proposaturiko metodoa erabilirik eraikitako sare trofikoek landaketek eragindako komunitate-aldaketak kuantifikatzeko balio dutela ikusi da, hein batean behintzat. Gainera, aldakortasuna erakutsi duten parametroak komunitate batean gertatzen diren elkarrekintzak ondoen islatzen dituztenak dira. Metodoak, dena den, baditu bere ahuleziak. Hasteko, ornogabeek, dieta ezberdina dute beraien garapeneko fase ezberdinetan (Basaguren *et al.*, 2002) eta hau ez da metodoan integratzen; taxoiak izan ditzakeen elikatze-modu guztiak gertatzen direla suposatzen baitu funtzioak. Halaber, presentzia/ausentzia hutsa da metodoak erabilitakoa eta honek taxoien ugaritasunak dietan izan ditzakeen eraginak gutxiesten ditu. Gainera, lotura trofiko guztiei indar berdina ematen die eta honek komunitatean bertan maizago ematen diren eta, beraz, harrapari-harrapakin erlazioa hobeto islatzen duten lotura horiek zein diren jakiteko aukera galtzen da. Informazio honen galerak, komunitate barnean energiak taxoi basaletatik abiatu eta goi-predatzaileetara heldu arte nagusiki zein bide egiten duen eragozten du; honen gainean egin ahalko liratekeen ikerketak galaraziz. Egia da, beraz, metodo honek zailtasunak aurkituko dituela inpaktu baten aurreko erantzun zehatzak, hala nola, espezie baten dieta aldaketa, neurtzerako orduan; baina metodoaren kostu txikia, burutzeko erraztasun eta erakutsitako kuantifikazio ahalmenagatik, komunitatearen erantzun orokorrak aztertzerako orduan oso metodo aproposa dela ikusarazi dute.

Metodoaren kuantifikazio-ahalmena, lotura trofikoak biltzen dituen datu-basearen tamainaren emendioarekin batera handituko dela uste da, datu-base osotuago batek sare trofiko konpletoagoa eraikitzeko aukera emango baitu. Izan ere, erabilitako datu baseak ornogabeen informazioa baino ez du

godertzen (eta hauen artean ere ez guztiena), hau da, ez du FPOM (partikula finez osaturiko materia organikoa), CPOM (partikula larriz osaturiko materia organikoa) eta landareen gaineko informaziorik, beste zenbaiten artean, eta hauek ere komunitateetako zati garrantzitsu dira. Are gehiago, erreferentziatzat erabilitako artikulua arabera, ingurune horietan ematen den elikadura gehiena landareetan oinarritutakoa da. Informazio hau jasan ezin izan dugunez, eraikitako sare trofikoak inkonpletoak dira. Halaber, lotura trofikoak haztatzeko aukera gehigarri batek ere asko lagunduko luke lortuko liratekeen sare trofikoaren interpretazioan.

ESKER ONAK

Hasteko, Daniel M Perkins eskertu gura nuke, funtzioak ulertzerako orduan eskainitako laguntzagatik. Halaber, Ioar de Guzman eskertu nahi nuke, laborategiko lanean lagundu eta emandako aholkuengatik. Bestetik, Aitor Larrañaga eta Maite Arroita nire eskerrik beroenak merezi dituzte gradu amaierako lana egin dudana bitartean nire ondoan egon eta emandako aholku eta erakutsitako interesagatik. Azkenik, nola ahaztu lau urtez nirekin ikasgela berean egon zaretenok, zuek gabe hau ez litzateke den modukoa izango.

BIBLIOGRAFIA

- Abelho, M., & Graça, M. A. S. (1996). Effects of eucalyptus afforestation on leaf litter dynamics and macroinvertebrate community structure of streams in Central Portugal. *Hydrobiologia*, 324, 195-204.
- Basaguren, A., Riaño, P., & Pozo, J. (2002). Life history patterns and dietary changes of several caddisfly (Trichoptera) species in a northern Spain stream. *Archiv fur Hydrobiologie*, 155, 23-41.
- Bearhop, S., Adams, C. E., Waldron, S., Fuller, R. A., & Macleod, H. (2004). Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. *Journal of Animal Ecology*, 73, 1007-1012.
- Canhoto, C., & Laranjeira, C. (2007). Leachates of *Eucalyptus globulus* in Intermittent Streams Affect Water Parameters and Invertebrates. *International Review of Hydrobiology*, 92, 173-182.
- Cohen, J. E., & Briand, F. (1984). Trophic links of community food webs. *PNAS*, 81 (13), 4105-4109.
- Dunne, J. A., Williams, R. J., & Martinez, N. D. (2002). Network structure and biodiversity loss in food webs: robustness increases with connectance. *Ecology Letters*; 5 (4), 558-567.
- Elosegi, A., Basaguren, A., & Pozo, J. (2002). Ecology of the Agüera: a review of fourteen years of research in a basque stream. *Munibe*, 53, 15-38.

- Estrada, E. (2007). Food webs robustness to biodiversity loss: The roles of connectance, expansibility and degree distribution. *Journal of Theoretical Biology*, 244, 296-307.
- Eveleigh, E. S., McCann, K. S., McCarthy, P. C., Pollock, S. J., Lucarotti, C. J., Morin, B., ... & Faria, L. D. B. (2007). Fluctuations in density of an outbreak species drive diversity cascades in food webs. *PNAS*, 104 (43), 16976-16981.
- Ferreira, V., Larrañaga, A., Gulis, V., Basaguren, A., Elosegi, A., Graça, M. A. S., & Pozo, J. (2015). The effects of eucalypt plantations on plant litter decomposition and macroinvertebrate communities in Iberian streams. *Forest Ecology and Management*, 335, 129-138.
- Fox, L. R. (1975). Cannibalism in natural populations. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 6, 87-106.
- Ghosh, M., & Gaur, J. P. (1994). Algal periphyton of an unshaded stream in relation to in situ nutrient enrichment and current velocity. *Aquatic Botany*, 47 (2), 185-189.
- Gilbert, A. J. (2009). Connectance indicates the robustness of food webs when subjected to species loss. *Ecological Indicators*, 9, 72-80.
- Gray, C., Figueroa, D. H., Hudson, L. N., Ma, A., Perkins, D., & Woodward, G. (2015). Joining the dots: An automated method for constructing food webs from compedia of published interactions. *Food Webs*, 5, 11-20.
- Hansson, S., Hobbie, J. E., Elmgren, R., Larsson, U., Fry, B., & Johansson S. (1997). The stable nitrogen isotope ratio as a marker of food-web interactions and fish migration. *Ecology*, 78 (7), 2249-2257.
- Heleno, R., Devoto, M., & Pockock, M. (2012). Connectance of species interaction networks and conservation value: Is it any good to be well connected? *Ecological Indicators*, 14, 7-10-
- Hobson, K. A., & Welch, H. E. (1992). Determination of trophic relationships within a high Arctic marine food web using $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 84, 9-18.
- Hudson, L. N., Emerson, R., Jenkins, G. B., Layer, K., Ledger, M. E., Pichler, D. E., Thompson, M. S. A., O'Gorman, E. J., Woodward, G., & Reuman, D. C. (2013). Cheddar: analysis and visualisation of ecological communities in R. *Methods in Ecology and Evolution*, 4 (1), 99-104.

- Martinez, A., Larrañaga, A., Pérez, J., Descals, E., Basaguren, A., & Pozo, J. (2013). Effects of pine plantations on structural and functional attributes of forested streams. *Forest Ecology and Management*, 310, 147-155.
- Larrañaga, A., Basaguren, A., Elosegi, A., & Pozo, J. (2009). Impacts of *Eucalyptus globulus* plantations on Atlantic streams: changes in invertebrate density and shredder traits. *Fundamental and Applied Limnology*, 175 (2), 151-160.
- Pimm, S. L. (1984). The complexity and stability of ecosystems. *Nature*, 307, 321-326.
- Pozo, J., González, E., Díez, J., & Elosegi, A. (1997). Leaf-litter budgets in two contrasting forested streams. *Limnetica*, 13 (2), 77-84.
- Proia, L., Romani, A. M., & Sabater, S. (2012). Nutrients and light effects on stream biofilms: a combined assessment with CLSM, structural and functional parameters. *Hydrobiologia*, 695, 281-291.
- R Core Team. (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (<http://www.R-project.org/>)
- Richards, C., Haro, R. J., Johnson, L. B., & Host, G. E. (1997). Catchment and reach-scale properties as indicators of macroinvertebrate species traits. *Freshwater Biology*, 37, 219-230.
- Rosi-Marshall, E. J., & Wallace, B. (2002). Invertebrate food webs along a stream resource gradient. *Freshwater Biology*; 47, 129-141.
- Rumpold, B. A., & Schlüter, O. K. (2013). Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular Nutrition and Food Research*, 57, 802-823.
- Tachet, H., Philippe, R., Bournaud, M., & Usseglio-Polatera, P. (2002). *Invertébrés D'eau Douce. Systematique, Biologie, Ecologie*. CNRS Editions.
- Thompson, R. M., & Townsend, C. R. (1999). The effect of seasonal variation on the community structure and food-web attributes of two streams: implications for food-web science. *Oikos*, 87, 75-88.
- Sheppard, S. K., & Harwood, J. D. (2005). Advances in molecular ecology: tracking trophic links through predator-prey food-webs. *Functional Ecology*, 19, 751-762.
- Wallace, J. B., & Webster, J. R. (1996). The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annual Review of Entomology*, 41, 115-139.



Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea



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



Whitledge, G. W., & Rabeni, C. F. (1997). Energy sources and ecological role of crayfishes in an Ozark stream: insights from stable isotopes and gut analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*; 54, 2555-2563.

Winemiller, K. O., & Polis, G. A. (1996). Food webs: what can they tell us about the world?. In *Food Webs*, 1-22. Springer US.



ERANSKINAK

1 ERANSKINA

1 Eranskina. Sare trofikoaren deskribatzaileen arteko Pearson korrelazioaren balioak, beltzitzaz $p < 0,05$ diren balioak, hau da, korrelazio esangarriak.

	S	L	D	K	Kan	Oro	Bsl	Bit	Goi	LotMinBBT
S	1	0,867	0,351	-0,717	-0,318	0,012	-0,529	0,113	0,428	0,815
L		1	0,770	-0,278	0,151	0,374	-0,823	0,570	0,011	0,554
D			1	0,395	0,705	0,684	-0,868	0,928	-0,531	0,008
K				1	0,854	0,504	-0,107	0,586	-0,849	-0,787
Kan					1	0,575	-0,384	0,794	-0,872	-0,436
Oro						1	-0,761	0,831	-0,494	-0,337
Bsl							1	-0,805	0,174	-0,136
Bit								1	-0,724	-0,233
Goi									1	0,546
LotMinBBT										1

[S = taxoi kopurua, L = lotura trofiko kopurua, D = lotura dentsitatea (L/S), K = konektantzia (L/S²), Kan = kanibal frakzioa, Oro = orojale proportzioa, Bsl = taxoi basalen proportzioa, Bit = bitartekari diren taxoien frakzioa, Goi = goi-predatzaile diren taxoien frakzioa, LotMinBBT = taxoi biren arteko erlazio ezartzeko beharrezko diren lotura minimoen batez bestekoa, Mota = ibarbaso-mota]

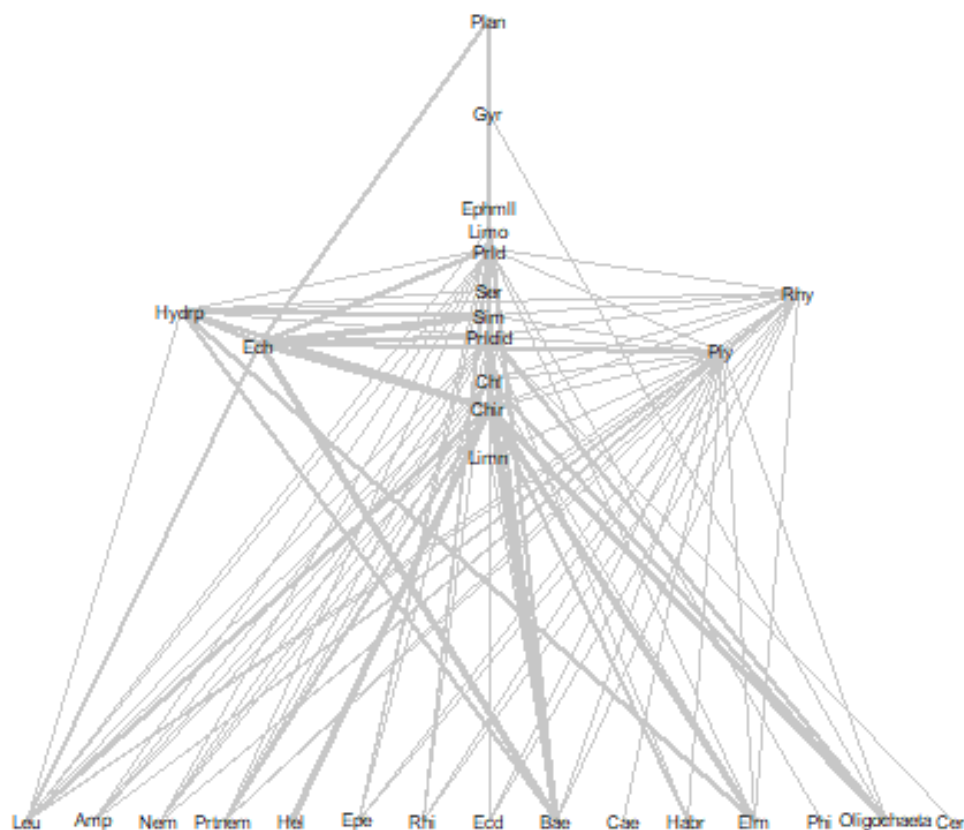


2 ERANSKINA

2 Eranskina. Azterturiko gainontzeko komunitateen sare trofikoaren irudikapenak, lotura trofikoak ugaritasunaren arabera haztatuturik

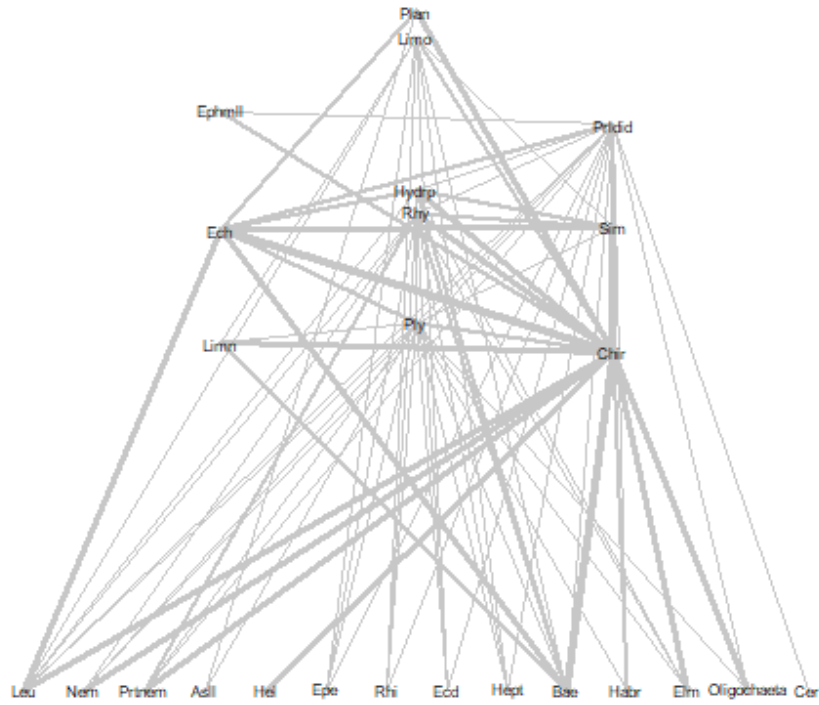
[Aesch=Aeschnidae; Amp=Amphinemura; Anc=Ancylidae; Asll=Asellus; Ath=Athericidae; Bae=Baetidae; Blph=Blephariceridae; Brch=Brachyptera; Cae=Caenidae; Cap=Capnionura; Cer=Ceratopogonidae; Chir=Chironomidae; Chl=Chloroperlidae; Cord=Cordulegasteridae; Cur=Curculionidae; Dix=Dixidae; Dol=Dolichopodidae; Dry=Dryopidae; Dyt=Dytiscidae; Ecd=Ecdyonurus; Ech=Echinogammarus; Ecn=Ecnomidae; Elm=Elminthidae; Emp=Empididae; Epe=Epeorus, Ephd=Ephemerae; Ephml=Ephemerillidae; Glossi=Glossiphoniidae; Glosso=Glossosomatidae; Goe=Goeridae; Gomp=Gomphidae; Gyr=Gyrinidae; Habr=Habroleptoides; Hel=Helodidae; Hept=Identifikatu gabeko Heptagenidoak; Hydrb=Hydrobiidae; Hydrn=Hydraenidae; Hydrp=Hydropsychidae; Las=Lasiocephala; Leu=Leuctra; Limn=Limnephilidae; Limo=Limonidae; Lpd=Lepidostoma; Mic=Micrasema; Mol=Molannidae; Nem=Nemoura; Nmtd=Nematoda; Odont=Odontocerum; Oligochaeta=Oligochaeta; Phi=Philopotamidae; Plan=Planariidae; Ply=Polycentropodidae; Prld=Perlidae; Prldid=Perlodidae; Prtnem=Protonemura; Psph=Psephenidae; Psy=Psychomyidae; Psych=Psychodidae; Rha=Rhagionidae; Rhi=Rhithrogena; Rhy=Rhyacophilidae; Ser=Sericostoma; Sim=Simuliidae; Sph=Sphaeriidae; Strt=Stratiomyiidae; Tab=Tabanidae; Tip=Tipula (or Tipulinae); Veld=Velidae; Vlv=Valvatidae]

Remendon2

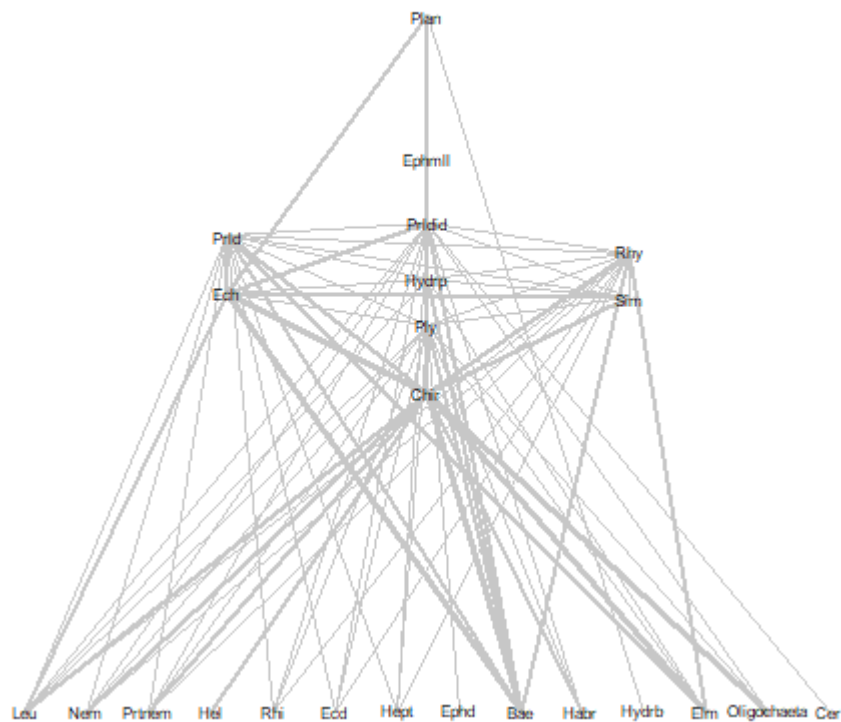




Penalar

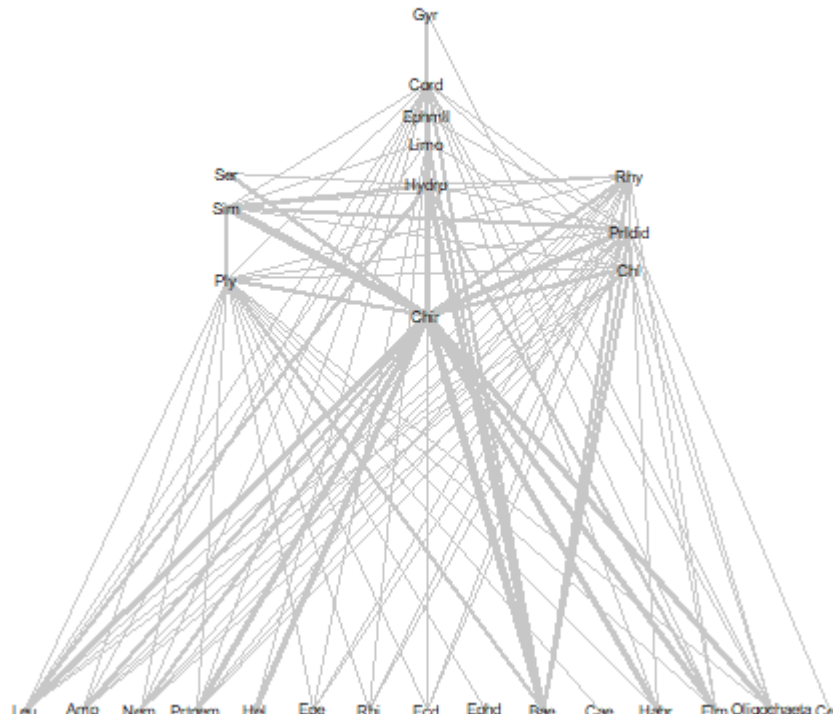


Perea

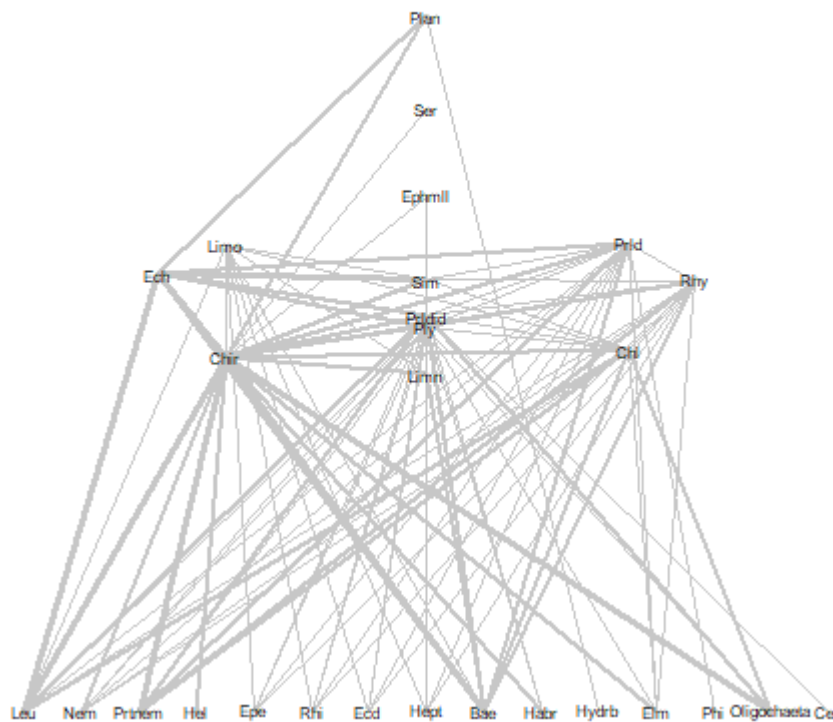




Tabernilla

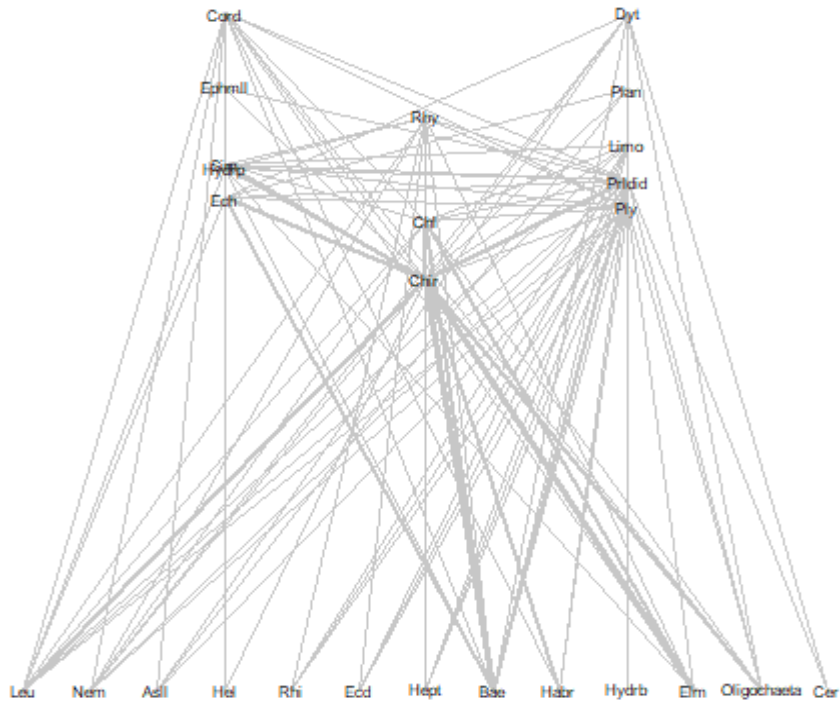


Salderrey

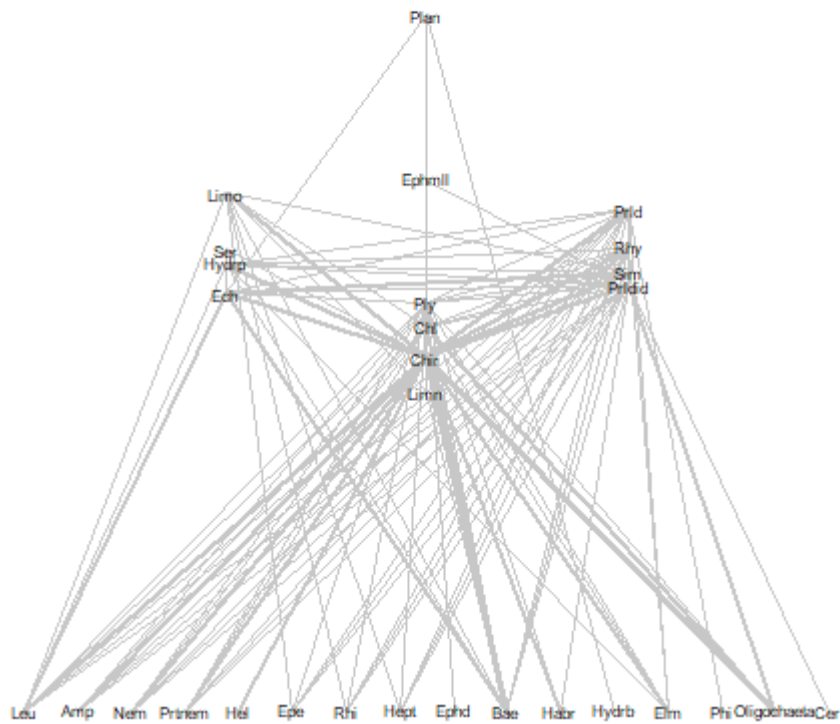




Gamonal



Antonilla





Cabanaperaza

