

Artazako artadiko ektomikorrika-komunitatearen karakterizazioa*

(Characterization of the ectomycorrhizal communities
of the Artaza beech wood)

Gartzia Arregi, Maite

Eusko Ikaskuntza. Miramar Jauregia. Miraconcha, 48.
20007 Donostia

BIBLID [1137-8603 (2008), 19; 71-100]

Jaso: 2002.03.15

Onartu: 2008.11.03

Lurralde epeletako basoetan ektomikorrikaz duten garrantzia azpimarratzekoa da, ia zuhaitz guztiak eratzen baitute sinbiosi mota hau. Artazako aradian mugatutako partzelan, ektomikorrika komunitatearen dibertsitatea, hauek espazioan eta denboran duten banaketa eta ingurugiro faktoreekin duten erlazioa aztertu da. 45 lur laginetan, 30 morfotipo desberdinak dira. Ez da espazioan eta denboran ektomikorrikaz patroiirik ikusi eta bi morfotipok erekutsi dute korrelazio positiboa ingurugiro faktoreekin.

Giltza-Hitzak: Ektomikorrika. Morfotipoa. Artadia. Dibertsitatea. Patroi espaziala. Patroi denborala.

Es destacable la importancia de los ectomicorrizas en los bosques situados en territorios templados, ya que se trata de un tipo de simbiosis formada por la práctica totalidad de los árboles en dichos territorios. En una parcela limitada en el hayedo de Artaza se ha estudiado la diversidad de la comunidad de ectomicorrizas, su distribución espacio-temporal y su relación con los factores ambientales. En 45 muestras de tierra se han distinguido 30 morfotipos. No se ha observado ningún patrón espacio-temporal de los ectomicorrizas y dos de los morfotipos han mostrado una correlación positiva con los factores ambientales.

Palabras Clave: Ectomicorrizo. Morfotipo. Hayedo. Diversidad. Patrón espacial. Patrón temporal.

Il convient de souligner l'importance des ectomycorhizes pour les forêts sous climats tempérés, puisqu'il s'agit d'une symbiose formée par la quasi-totalité des arbres des territoires concernés. La diversité du peuplement d'ectomycorhizes a été étudiée sur une parcelle délimitée de la hêtraie d'Artaza, ainsi que la répartition spatio-temporelle et les rapports du peuplement avec les facteurs environnementaux. 30 morphotypes ont été isolés pour 45 échantillons de terre. Aucun modèle spatio-temporel d'ectomycorhizes n'a été observé, et deux des morphotypes ont révélé être en relation avec les facteurs environnementaux.

Mots Clé : Ectomycorhize. Morphotype. Hêtraie. Diversité. Modèle spatial. Modèle temporel.

* Lan honek Eusko Ikaskuntzaren 2001. urteko ikerketa laguntza jaso du.

1. SARRERA

1.1. Mikorritzen definizioa eta beraien garrantzia

1885ean, Frank izan zen "mikorritza" hitza erabili zuen lehena, onddo eta landare-sustraiaren arteko elkartaren deskribapena eta funtzioak azaltzeko orduan. Gerora asko izan dira erlazio hau sinbiosi mutualista dela eta bi kideek elkarrengandik onurak jasotzen dituztela esaten dutenak (Lewis, 1973; Smith & Read, 1997). Beraz, onddo mikorritzikoak, landare-sustraiarekin sinbiosi mutualistan bizi diren onddoak dira, eta hauen garrantzia azpimarratzekoa da, landareen %95a (Trappe, 1987) mikorritzatuta baitago, bai gimnospermoak eta bai angiospermoak ere. Landareen eboluzioan sinbiosi honek ezinbesteko garrantzia izan duela ukazina da; hala ere, badira zenbait familia, hala nola, Kruziferoak, Kenopodiaceoak eta Ziperaceoak, mikorritzarik garatzen ez duten espezieak dituztenak. Lan asko dira, landare mikorritatuak, ez mikorritatuen aurrean azkarrago eta hobeto hazten direla demostratu dutenak (Mikola, 1973; Allen, 1991). Erlazio honetan onddoak elikatzeko behar duen materia organikoa landaretik eskuratzen duen bitartean, onddoak landareari ur eta elikagai mineralak zurgatzeko sustrai-azalera izugarri handitzeaz gain, sustrai inguruan dauden mikroorganismo patogenikoen aurrean babesa eskaintzen dio landareari.

1.2. Mikorritza-motak

Frank-ek (1885) proposatu zuen moduan, eta luzaro egin den modura, mikorritzak bi talde nagusitan banatu dira; endomikorritzak eta ektomikorritzak.

Endomikorritzak edo mikorritza besikular arbuskularrak: sinbiosi-mota honetan onddoaren hifak landare-sustraiaren kortexeko zelulen barnera sartzen dira. Ez da sustraiaren itxuran inolako eraldapenik ematen, beraz endomikorritzak ezin dira begi bistaz antzeman. Mundu-mailan mikorritza-mota hau da hedatuena, gimnospermo eta angiospermoen %90ak mota honetako mikorritzak baitituzte. Sinbiosi honetan parte hartzen duten onddoak Zigomikotoak dira, Glomerales ordenekoak. Hain hedatuta dagoen mikorritza-mota hau, landare-mota desberdinetan agertzen da; hala nola, nekazaritzan erabiltzen diren hainbat espezieetan (arto, gari, zekale, etab.), frutondoetan (gereziando, sagarrondo, etab.) edo eta latitude baxuetako oihan tropikaletako zuhaitzetan, eta abar luze batean.

Ektomikorritzak: kasu honetan onddoaren hifak landare-sustraiaren kortexeko zelulen artean geratzen dira zelularen barrura sartu gabe eta sustraiaren inguruan zorroa garatzen dute. Honez gain, sustraiaren hazkundean hipertrofiak eragiten dituzte eta sustraiak itxura desberdina hartzen du mikorritzan parte hartzen duen onddo espeziearen arabera. Normalean, erraza izaten da ektomikorritzak begi bistaz edo lupaz bereiztea, baina zenbait kasutan, eukaliptuaren kasuan esaterako, tindaketa bereziak erabili behar dira. Mundu-mailan ez dago oso zabalduta mikorritza-mota hau, landareen %3-5ak (Trappe, 1977) baino ez baitu mikorritza-mota hau eratzen. Hala ere, guretzat oso garrantzitsuak dira, latitude epeletako eta borealetako zuhaitzak, hain zuzen ere gure inguruan ikusten ditugun zuhaitz gehienak, ektomikorritzak baitituzte, hala nola: Fagazeoak (arte, pago, haritz,...), Betulazeoak (urki...), koniferoak (pinu, izei, hagin,...) eta

abar. Sinbiosi-mota honetan parte hartzen duten onddoak, batez ere Basidio-mikotoak eta Askomikotoak dira eta Deuteromikotoak eta Zigomikotoak kasu puntual batzutan agertzen dira soilik eta 5.000 onddo espezie inguru dira (Molina et al. 1992).

1.3. Onddo ektomikorritziko garrantzia eta azterketa-arazoak

Ektomikorritzak lurralde epel eta borealetako basoetan duten garrantzia ukazina da. Read-ek (1998) dioenez pinuen hazkundera normala izateko sustrai eta onddoen arteko asoziazio honen beharra nahitaezkoa da, eta ez da beharizan hau txikiagoa gure inguruko pago, arte, haritz edo urkientzako. Dena den, zaila da ohartzea onddo ektomikorritzikoek baso-ekosistema batetan zenbaterainoko garrantzia izan dezaketen. Hala ere, badakigu baso bateko zuhaitzentzat ezinbestekoak direla eta hau dela eta, ikerlari asko hurbildu da ektomikorritzen mundura, hauen konposizio edo dibertsitateaz, espezieen maiztasunaz eta abundantziak gain zerbait gehiago jakin nahian.

Onddo ektomikorritziko komunitatea aztertzeke hauek garatzen dituzten fruitu-gorputzetan edo landare-sustraiekin sinbiosian garatzen dituzten ektomikorritzetan oinarritu gaitzke. Lan asko egin dira onddo hauen komunitatea karakterizatu nahian. Baina lan gehienak, onddo hauetako talde gehienek garatzen dituzten fruitu-gorputz epigeo eta ikusgaietan oinarritu dira (Murakami, 1987; Matsuda, 1994). Honen zergatia, fruitu-gorputzekin lan egitea, mikorritzekin lan egitea baino errazagoa delako izan liteke, bai espezie-mailako identifikazioan, baita hauen bilketan ere. Baina kontuan hartu behar dugu onddo ektomikorritziko batzuk fruitu-gorputzak (perretxikoak esaterako) hainbat urtetik behin garatzen dituztela eta beste batzuk fruitu-gorputz hipogeoak (grisolak adibidez) garatzen dituztela edo ikusezinak. Beraz, fruitu-gorputz epigeoak soilik aztertuz, hainbat onddo ektomikorritziko arbuiauak izango lirateke, nahiz eta komunitatean hauek garrantzi handia izan (Peter et al., 2001).

Ektomikorritzak aztertzeke ere baditu hainbat arazo; alde batetik, oso zaila da ektomikorritzen identifikazioa espezie-mailan egitea, arrazoi nagusiena erreferentzi lanen falta delarik. Fruitu-gorputzekin konparatuta oso mikorritza gutxi dago espezie-mailan identifikatuta eta are gutxiago arteak mikorritzatzen dituzten onddo ektomikorritzikoena. Beraz aurkitutako ektomikorritzen ezaugarri morfologikoen arabera, morfotipo desberdinak deskribatzen dira. Ektomikorritzen inguruan eginiko lan gehienak, bai penintsula-mailan eta bai mundu-mailan, mintegietan burututako lanak izan dira (Duñabeitia et al., 1996); eta bestela, fruitu-gorputz preziatuak garatzen dituzten onddo mikorritziko inguruko azterketak, hala nola *Tuber* sp. grisolen inguruko landa-saioak (Etayo & Miguel, 1998). Dena den, azken urteetan gero eta gehiago dira ekosistema naturaletan egiten ari diren ikerketak (Gardes & Bruns, 1996; Jonsson et al., 1999; Dahlberg et al., 1997; García, 1999). Honen adibide hurbila, Nafarroan, Nazar herriko artadi batean egiten ari diren azterketa da; bertan, erretako artadi baten eta perturbaziorik jaso ez duen beste artadi baten arteko ektomikorritzen komunitateak konparatzen dihardute (De Roman et al., 2000).

Zaila da lur azpian zer dugun jakin gabe ektomikorrika-komunitatea bere osotasunean aztertzea, ez baitakigu zer nolako laginketa-ahalegina egin behar den komunitate hau ondo karakterizatzeko. Horton *et al.*-ek (2001) bere lanean esaten dutenez, inoiz ez dugu lur-lagin nahikorik hartuko komunitateko espezie guztiak bilduko dituen. Azken hau ia ezinezkoa denez, Horton-en ondorioa da komunitateko espezie dominanteenetan oinarritzea nahikoa litzatekeela eta komunitateko espezie guztiak karakterizatu nahian egiten den esfortzua alferrikakotzat hartzen du. Baina arazoa zera da: ez dakigula ekosistema bateko ektomikorrika komunitatea ikertzeko egin beharreko laginketa-esfortzu minimoa zein den. Zenbat lagin hartu eta lagin hauek noiz hartu behar diren jakiteko, ektomikorrikaz ekosistema jakin batean duten banaketa espaziala eta denborala jakin beharra dago.

Azken urteotan egindako ikerketetan (Peter *et al.*, 2001; Dahlberg *et al.*, 1997), espezie-konposizioa nahiz hauen abundantzia eta espazioan edo denboran hauek duten banaketa desberdina dela fruitu-gorputz edo ektomikorrika-mailan ikusi da. Hau jakinez eta azken lau urtetan Euskal Herriko artadietan fruitu-gorputzetan oinarritutako ikerlana jada eginga dagoelarik, onddo ektomikorrikoei garatutako ektomikorrikaz zer nolako dibertsitatea eta egitura duten artadian ezagutu nahi izan da lan honetan. Ikertuko den baso-ekosistema gisara artadia aukeratzearen arrazoia, artadia 1992.eko Habitat Direktiban bildua dagoen ekosistema delako eta gure lurraldean ongi kontserbatutako ekosistema delako da. Gainera aipatu bezala, lantaldean Euskal Herriko artadi desberdinetan eginiko makromizetoen ikerketa ere badugu, non fruitu-gorputz mailako onddo ektomikorrikoen lau urtetako datuak baditugun.

Helburuak

- Artadietako ektomikorrikaz morfotipo-konposizioa eta dibertsitatea aztertzea.
- Ektomikorrikaz komunitatearen banaketa espazioan eta denboran ikustea.
- Ektomikorrikaz ingurugiro faktoreekin duten korrelazioa ezagutzea.

2. MATERIAL ETA METODOAK

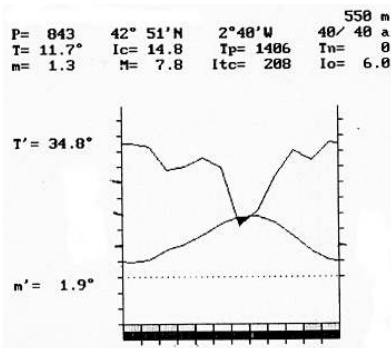
2.1. Ikerketa-eremua

Ikerketa-eremua Artazako (Araba) artadian kokatu da (1 irudia) (30TWN2050) eta 600m-ko altitudean, goi-kretazeoko kareharri eta margen gainean. Lurzorua franko limotsu eta franko hareatsua bitartekoa da, pH: $6,9 \pm 0,9$ eta materia organikoa $15 \pm 5,3$ da.

Ikerketa-eremua bioklima epel-ozeanikoan du, termotipo goi-mesoepela eta onbrotipo hezea da. Diagrama onbrotermikoa egiteko datu termoplubiometrikoak kilometro gutxitara dagoen Forondako estazio meteorologikotik hartu dira (2. irudia).



1. Irudia. Artazako artadiaren kokapena eta basoaren itxura orokorra.



2. Irudia. Forondako (Gasteiz, Araba) diagrama ombrotermikoa.

Ikertutako artadia sektore kantabro-euskaldun eta gaztelar-kantabriar arteko trantsizioan dago eta *Spiraeo obovatae-Quercetum rotundifoliae* Rivas Goday ex Loidi & F. Prieto 1986 asoziatiokoa da (Loidi, et al., 1997). Hautatuko partzelan zuhaitz helduenak eta biomasa gehien dutenak arteak (*Quercus rotundifolia* L.) dira eta zuhaitzen %28a betetzen dute. Dena den, zuhaitz-espezie ugariena garxu hostozabala (*Phillyrea latifolia* L.) da, zuhaitzen %60a izanik. Hauekin batera, ipar ipurua (*Juniperus communis* L.), gurbitza (*Arbutus unedo* L.), erkametzta (*Quercus faginea* Lam.) eta larrosa (*Rosa* sp.) ditugu, azken hauek denetara %11ean baino gutxiago.

Artadia heldua da eta zaila da jakitea bere adina, adin desberdinetako aleak aurki baititzakegu. Gainera ikusten da motzondo bakoitzetik zurtain nagusia hil eta gero beste adar batzuk irten direla, beraz enbor batek adin jakin bat eduki

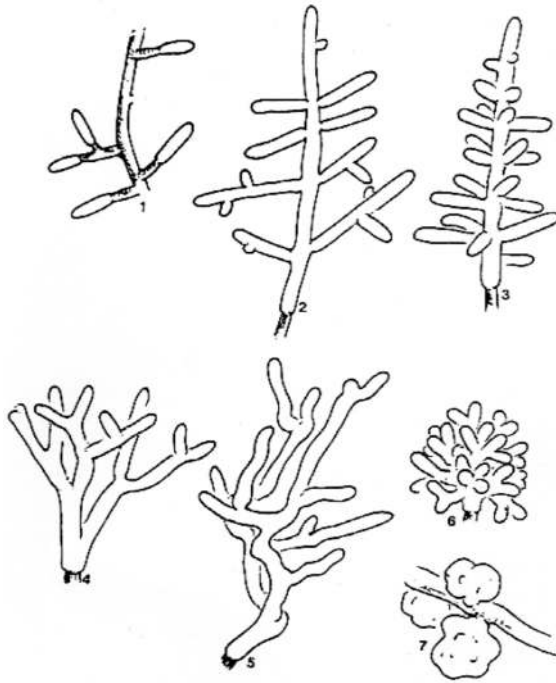
arren ezin dugu ezagutu honen sustraien adina. Artadi honetan ez da perturbazio bortitzik ezagutzen, ez gizakiak eta ez naturak eragindakoa. Noizbait egurra ateratzeko enborren batzuk ebaki izan dira eta etxe-abereen presentzia (batez ere behi eta zaldiena) eta unglatu basatiena (orkatz eta basurdeena) oso arrunta da.

2.2. Laginketa eta laginen manipulazioa

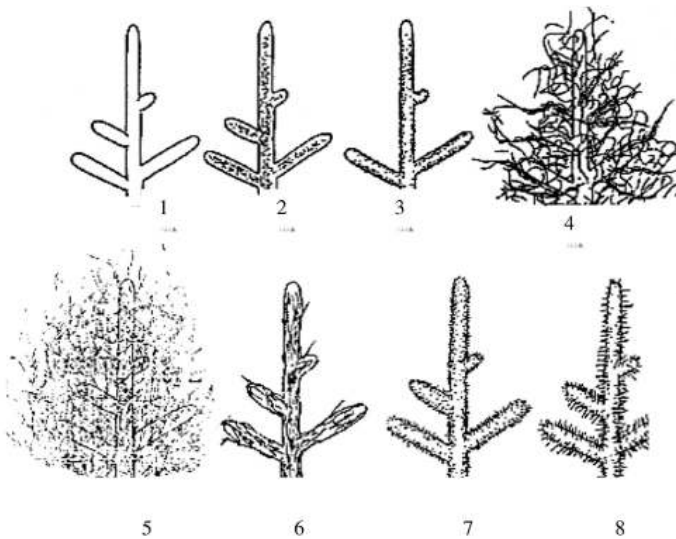
Ikasketa honetarako 600m²ko partzela mugatu da (30 x 20 m). Era berean, partzela 1 x 1 m-ko 600 azpikarratutan zatitu da. Astean behin zoriz aukeratutako bost karraturen erdian lur laginak hartu dira. Laginketa 9 astetan zehar egin da, Urria eta Azaroa bitartean, onddoen fruktifikazio maximoko garaiarekin bat. Lur laginak 5cm-tako diametroa eta 15cm-ko sakonera duen *coreaz* hartu dira lurrazaletik. Laginak hartu eta berehala -20°Ctan gorde ziren, ektomikorrizen garbitze eguna iritsi arte.

Laginak izozkailutik atera eta 1mm-ko bahean jarri eta ur jarioaren azpian lurra kendu ostean, bahean geratzen den materia organiko guztia bandeja batean jarri eta homogeneoki zabaldu ondoren, lagina 28 azpilaginetan banatuko da. Materia organiko hau 10-63x handipeneko mikroskopio estereoskopikoan (lupan) aztertu eta zati bakoitzean aurkitutako ektomikorrizak banatu dira, honela mikorriza bakoitzaren agerpenaren maiztasuna ezagutzuz, mota bakoitzaren ugartitasun erlatiboa jakin ahal izan dugu (Ebertart, et al., 1996). Ektomikorrizen identifikaziorako 100-1000x handipeneko mikroskopio optikoa erabili da. Morfotipo bakoitzaren identifikazio eta hauen deskribapenak egiteko, Agerer-ek (1987-1998) erabiltzen dituen ezaugarrietan oinarritu gara. Hauek dira morfotipo bakoitzaren identifikaziorako erabili diren ezaugarriak:

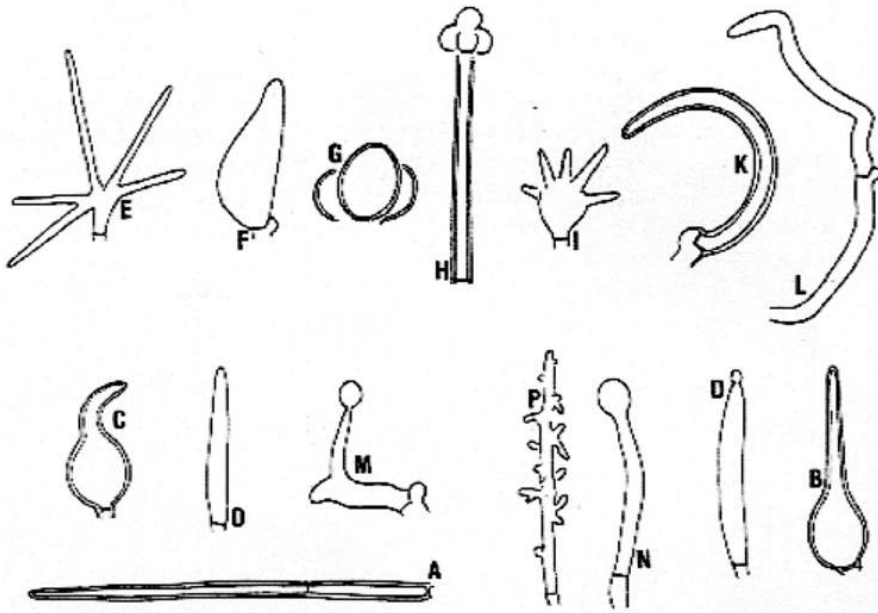
1. Ektomikorrizaren kolorea: oinarrizko zenbait koloreen konbinazioak erabiliko dira morfotipoen deskribapenerako; hala nola, beltza, urdina, marroia, berdea, grisa, arrosa, morea, gorria eta zuria, hauei argi eta ilun adjektiboak gehituz informazioa osatzeko. Ez dira beste kolore batzuk erabiliko, krema, anbarra... anbiguotasuna saihestearren (Goodman et al., 1996-2000).
2. Ektomikorrizaren adarkadura-mota: zazpi adarkadura mota bereiztu dira (Agerer, 1987-1998) (3. irudia).
3. Zorroaren kanpo-itxura: zortzi mota bereiztu dira (Agerer, 1987-1998) (4. irudia).
4. Zistidioen ausentzia edo presentzia. Egonez gero hauen morfologia definituko da Agerer-en (1987-1998) arabera (5. irudia).
5. Zorroaren barne- eta kanpo-egitura. Ezaugarri anatomikoen arabera bi zorro-mota ditugu; 1) Plektenkimatikoa: zelulak antolatuta egon ez arren, zelula bat bestetik bereiz daiteke. 2) Pseudoparenkimatikoa: hifen diame-



3. Iru dia. Adarkadura motak:
- 1) Adarkatu gabea
 - 2) Monopodiko-pinnatua
 - 3) Monopodiko-piramidala
 - 4) Dikotomikoa
 - 5) Irregularki adarkatua
 - 6) Koraloidea
 - 7) Tuberkulu itxurakoa



4. Iru dia. Zorroaren kanpo itxura:
- 1) Leuna
 - 2) Erretikulatua
 - 3) Bikortsua
 - 4) Iletsua
 - 5) Kotoitsua
 - 6) Haritsua
 - 7) Arantza motzduna
 - 8) Arantza luzeduna

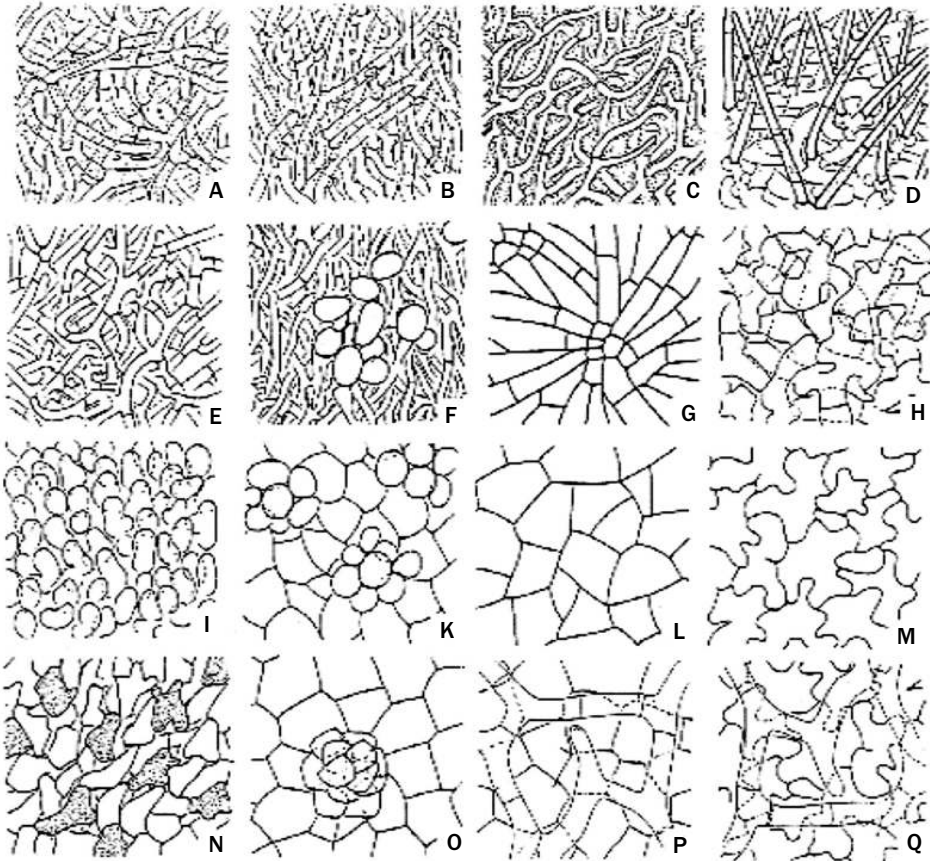


5. Irudia. zistidio motak: a) Ezten itxurakoa; b) Lepo zuzendun botila itxurakoa; c) Lepo okerdun botila itxurakoa; d) Mutur konkorduna duen hodi itxurakoa; e) Adarkatua; f) Fusiformea; g) Globularra; h) Mutur konkorduna duen ezten itxurakoa; i) Esku itxurakoa; k) Pareta sendo eta igitai itxurakoa; l) Kortxoia kentzeko tresna bihurtuaren itxurakoa; m) Lateralak, bukaera buruduna; n) Buruduna; o) Bukatutako hifa arrunt baten itxurakoa, pareta finekin; p) Akantozistidioa (Agerer, 1987, 2001).

troa handitzen da eta bere zelulak patroiz jakin baten arabera antolatzen dira. Bi mota hauen barruan bariedade ugari aurki ditzakegu, 6. irudian ikusten den bezala (Agerer, 1987-1998). Zorroaren bai barru-aldea eta bai kanpo-aldea begiratuko dira, mota desberdinetakoak baitira sarritan.

Behin morfotipoak egoki deskribatuta, morfotipo guztiei identifikazio zenbakia ezarri zaie EKM siglen atzean (adibidez, EKM3, EKM12...). Gero espezie, genero edo jada bibliografian identifikatuta dagoen beste morfotipo baten mailan saiatu gara identifikatzen: honetarako batez ere Agerer-ek argitaratutako ektomikorritzen koloretako atlasa eta deskripzioen laminak erabili ditugu (Agerer, 1987-1998 eta Agerer, 1996-2001).

Datu klimatologikoak (prezipitazioak) Forondako estazio meteorologikotik hartu dira. Lurzoruko tenperatura, partzelan jarri den eta 3 orduko datuak biltzen dituen datu biltzaile (Gro Point Soil Moisture Sensor) bati esker jaso ahal izan dugu.



6. Irudia. Zorroaren egitura: a) plektenkimatikoa eraztunak eratzen dituzten hifa kurba-tuekin; b) plektenkimatikoa, hifak irregularki antolatuta daude, baina sustraiaren norabi-dearekiko luzetara hazten dira; c) plektenkimatikoa, hifak gai gelatinatsu batean murgil-duta daude; d) plektenkimatikoa, sare egitura hartzen dute hifek, zistidoekin; e) plektenkimatikoa, sare egitura hartzen dute hifa adarkatuekin; f) plektenkimatikoa, zelula borobilduak hifa gainean; g) plektenkimatikoa, hifak erradialki kokatuta; h) plektenkima-tiko eta pseudoparenkimatikoaren arteko trantsizioa, forma irregularreko hifak; i) plektenkimatikoa, hifak bukaera sendoekin, pixka bat makurtuta eta kanporantz irteten direnak; k) pseudoparenkimatiko poligonala, gainean zelula borobilduekin; l) pseudoparenki-matiko poligonala, angeludun zelulekin ; m) pseudoparenkimatiko, puzzle itxurakoa; n) pseudoparenkimatikoa, sulfobainilinaz tindatzen diren zelula urtsuekin; o) pseudopa-renkimatikoa, zelula angeludunen gainean zelula leunekin; p) pseudoparenkimatikoa, angeludun zelulen gainean hifa sare meheaz; q) pseudoparenkimatikoa, puzzle itxurako zorroaren gainean hifa sare meheaz (Agerer, 1987-1998).

2.3. Datuen tratamendua

Ektomikorriza-komunitatearen egitura espaziala aztertzeko, Shannon-Weaver dibertsitate-indizea erabili dugu (Lachat, 1990), komunitatea osatzen duten morfotipoen ugaritasuna nahiz banaketa kontutan hartzen baititu: $H = -\sum p_i \ln(p_i)$, p_i morfotipo bakoitzaren maiztasun-probabilitatea izanik. Bederatzi astetan zehar astero bildutako bost laginen dibertsitateen batezbestekoak eta errore estandarrrak kalkulatu dira. Hemen aste bateko laginak beste asteekin konparatu ahal izateko datuak erlatibizatu egin ditugu, honela lagin bakoitzeko morfotipo guztien abundantzien batura %100a izango da: honetarako $p = MA/MAT * 100$ egin dugu (MA: lagin batean aurkitutako morfotipo baten abundantzia. MAT: lagin batean aurkitutako morfotipo guztien abundantzia totala).

Ekosistema bateko morfotipo baten dominantzia neurtzeko, bere maiztasuna eta abundantzia hartu behar da kontutan. Argi eduki behar da bi datu hauek ektomikorriren komunitatearen egiturari buruzko informazio desberdina eskaintzen digutela. Maiztasunak, morfotipo bat zenbat laginetan agertzen den esaten digu; honela morfotipo zehatz bat aztertzen ari garen komunitatean arraroa (maiztasun baxuarekin agertzen denean) edo arrunta (maiztasun altuarekin agertzen denean) den esan daiteke. Abundantziak aldiz, morfotipo bakoitzaren proportzioa zein den esango digu, ektomikorri horren biomasaren hurbilketa bat emanez. Izaera guztietako ektomikorriak aurki ditzakegu; maiztasun eta abundantzia altuan agertzen direnak, maiztasun baxuan eta abundantzia altuan agertzen direnak edo alderantziz, maiztasun altuan eta abundantzia baxuan edo bi kasuetan baxuan. Beraz, komunitate bateko morfotipo baten ekarpena zein den jakiteko, morfotipo honen maiztasun erlatiboak (Maiztasuna erlatiboa = ML/MTL ; ML =morfotipo jakin bat agertu den lagin kopurua eta MTL =morfotipo guztiak agertu direneko lagin-kopuruen batura) eta abundantzia erlatiboak (abundantzia erlatiboak = AL/AT ; AL = morfotipo jakin baten lagin guztietako abundantzien batura; eta AT = morfotipo guztien abundantzien batura) kontutan izan behar dugu (Mueller-Dombois et al., 1974). Kasu honetan ez ditugu datuak erlatibizatu.

Ektomikorriren banaketa tenporalari dagokionez, denboran zeharreko aldatketak ikusi nahian eta astetik astera ektomikorriren dibertsitatea edo espezie-aberastasuna esangarriki aldatzen den jakiteko, datuak normalak direnez (Kolmogorov-Smirnov testen bidez frogatua) bide bakarreko ANOVA-k egin dira. Bestalde, denboran zehar aldatzen doazen ingurune aldagaiak (prezipitazio eta lurzoruko tenperatura maximo eta minimoekin) eta maiztasun agertzen diren morfotipoek (bost astetan baino gehiagotan agertu direnekin) zer nolako erlazioa duten ikusteko Pearson-en korrelazioak egin ditugu. Azkenik, morfotipoen artean ere Pearson-en korrelazioak egin dira.

3. EMAITZAK

3.1. Morfotipoen kopurua eta ezaugarriak

Urritia eta Azaroa bitartean, bederatzi astetan zehar hartutako 45 laginetan, 30 ektomikorriza-morfotipo deskribatu dira. Hauetatik hamar identifikatu dira espezie- edo genero-mailan, edo bibliografian jada deskribatuta dagoen morfotipo mailan. Identifikatutako bi morfotipo Ascomycota dibisiokoak dira, *Tuber album* tipoa (EKM52) eta *Genea verrucosa* tipoa (EKM35), biak onddo hipogeoak, hau da fruitu-gorputzak lurpean garatzen dituztenak. Beste sei morfotipo Basidiomycota dibisiokoak dira: hala nola, *Lactarius chrysorrheus* tipoa (EKM27), *Russula* tipoa (EKM30), *Hymenogaster* tipoa (EKM14), *Hebeloma* tipoa (EKM40a), *Tomentella 1* tipoa (EKM3) eta *Tomentella 2* tipoa (EKM11). Beste morfotipo bat, *Cenococcum geophilum* (EKM4), onddo mitosporikoa da. Identifikatutako azken morfotipoa, EKM50, ez da ezagutzen zein onddori dagokion baina bibliografian *Quercirhiza stellata* izenez esagutzen da.

Aurkitutako morfotipo guztien ezaugarriak eranskinetako laminatan ikus ditza-gegu; hemen, morfotipo bakoitzaren zorroa eta hifen kolorea, adarkadura-mota eta forma, zorroaren itxura eta egitura, eta zistidio, errizomorfo eta fibulen presentzia edo ausentzia deskribatu dira. Gainera, identifikatu ditugun morfotipoen ezaugarriak, hauen argazkiak eta partzelan azaldu duten banaketa espaziala eta tenporala azaltzen duten irudi grafikoak.

3.2. Morfotipoen maiztasuna eta abundantzia

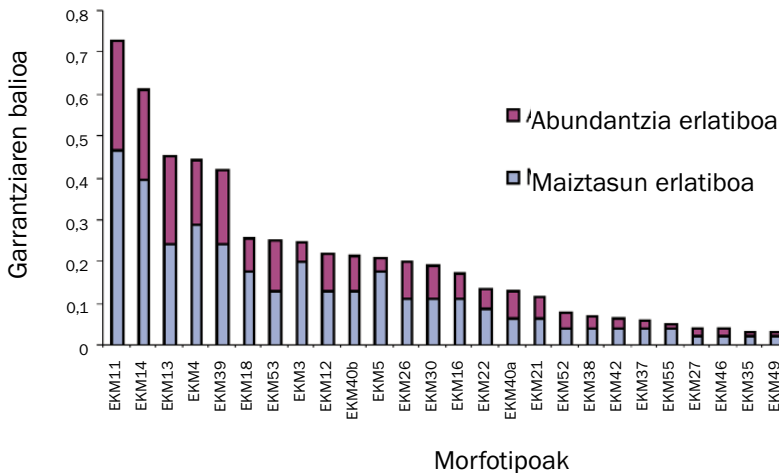
Ektomikorriren laginak aztertuz lehenengo astean hartutako bost laginetan, bederatzi asteetan hartutako morfotipoen %50a agertzen direla behatu dugu, eta lehen bi asteetan morfotipoen % 70a (21 morfotipo). Dena den, lehen zortzi asteetako 40 laginak behar dira morfotipoen %90a agertzeko. Hala ere, bigarren astetik aurrera aurkitutako morfotipoak, hau da, gainontzeko %30a, oso arrarokak dira, behin edo bi astetan soilik agertu baitira, hauen artean; EKM27, EKM29, EKM35, EKM37, EKM42, EKM46, EKM49, EKM50 eta EKM71 ditugu eta guztien frekuentziaren batura ez da %7ra iristen.

Aste bakoitzean batezbeste 12 ± 1 morfotipo aurkitu dira. Ez dago bederatzi asteetan agertu den morfotiporik eta %13a besterik ez da zazpi edo zortzi astetan agertu. Gehiengoa, %60a, soilik behin, bi edo hiru astetan agertu dira. Aste batetan hartutako lurzoru-laginetan agertzen diren morfotipo desberdinen abundantiak aztertzen baditugu, aste bakoitzean morfotipo bakarra gailentzen ez dela ondoriozta daiteke. Hiru edo lau morfotipo dira gainontzekoak baino abundanzia altuagoaz agertzen direnak.

Lehenago aipatu den bezala, bai maiztasuna eta bai morfotipo bakoitzaren abundanzia batera kontutan hartu behar dira onddo mikorriko jakin batek ekosistema zehatz horretan duen garrantzia adierazteko. Honela, 7. irudian agertzen den bezala, esan genezake Artazako artadian *Tomentella 2* tipoa (EKM11), *Hymenogaster* tipoa (EKM14), EKM13, *Cenococcum geophilum* (EKM4) eta EKM39 direla garrantzia handiena duten ektomikorriak, ia astero agertzen bai-

tira eta abundantzia altuaz. Garrantzia baxuagoa dute EKM3, EKM5 eta EKM18 morfotipoak, zeintzuk ia astero agertu arren abundantzia baxutan baitaude. Antzera gertatzen da EKM53, EKM12 eta EKM40a morfotipoekin, ugariak izan arren lagin gutxitan azaldu dira. Azkenik, garrantzia gutxiena dutenak maiztasun eta abundantzia baxuak azaldu dituztenak dira, hauen artean: EKM24, EKM71, EKM29, EKM50, EKM49 eta EKM35 ditugu.

7. Irudia. Morfotipo bakoitzaren garrantzia Artazako artadian

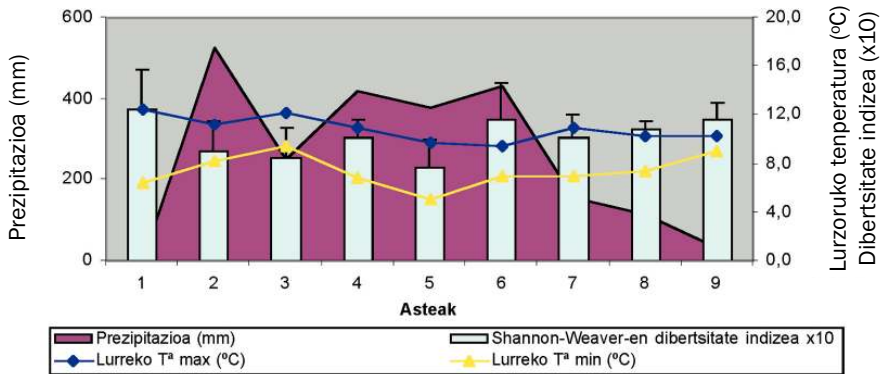


3.3. Morfotipoen banaketa denboran eta espazioan zehar

Datuak landuta, bi hilabetetan hartutako laginen artean ez da astetik astera morfotipo-kopuruaren eta dibertsitatearen aldaketa esangarririk (ANOVA $p > 0,05$) behatu. Lagineko (coreko) batezbesteko morfotipo kopurua 4 ± 1 eta dibertsitatea $1,03 \pm 0,06$ (8. irudia) dira. Aipatzekoa da aste bakoitzean batutako bost laginen artean dagoen morfotipo moten bariantza oso handia dela.

Morfotipoen agerpen-maiztasunak denboran zehar ingurugiro faktoreen araberako aldaketak ez dira ikusteko, korrelazioak egin dira. Asteko morfotipoen batezbesteko maiztasunak, prezipitazio eta lurzoruko tenperatura maximo eta minimoekin korrelazionatu ostean, positiboki korrelazionatu diren morfotipoen artean EKM30 eta EKM16 ditugu. EKM30a prezipitazioarekin modu esangarririk korrelazionatu da ($r = 0,768$; $p < 0,05$) eta EKM16ak aldiz lurzoruko tenperatura maximoaz ($r = 0,672$; $p < 0,05$). Honela, euri ugari egiten duenean EKM30en abundantzia altuagoa izan da eta lurzoruko tenperatura maximoak altuagoak diren kasuetan EKM16ren abundantzia altuagoa izan da. Morfotipoen arteko korrelazioak eginda, soilik EKM39 eta EKM30 artean ikusi da korrelazio negatiboa dagoela ($r = -0,672$, $p < 0,05$).

8. Irudia. Aste bakoitzeko prezipitazio eta lurzoruko temperaturaren batezbestekoak eta dibertsitate indizearen batezbestekoak eta errore estandarrak



Bost lagin baino gehiagotan agertzen diren morfotipoen banaketa espazialari begiratuz, orokorrean ez dutela inongo patroirik jarraitzen eta partzela osoan zehar barreiatuak agertzen direla ikusten da. Kasu berezi moduan aipa dezakegu ia astero agertu den EKM5 tipoa partzelaren hego-mendebaldean soilik agertzen dela. Beraz, nolabaiteko banaketa-patroia behatu da, baina morfotipo hau agertzen den laginen alboan hartutako beste lagin batzuetan morfotipo hau ez agertzeak banaketa honen forma eta azalpenak zaildu egiten ditu.

4. EZTABAIDA

Onddo ektomikorrizikoen komunitatean, onddo espezieak fruitu-gorputz mailan edo ektomikorriza-mailan duten garrantzia ez da berdina izaten normalean. Fruitu gorputz mailan apenaz garrantzirik ez duten onddo espezieak ektomikorriza-mailan garrantzitsuak izan daitezke edo alderantziz (Karen & Nylund, 1997). Hau jakiteak inpaktu handia sortu du eta hau ikusirik gero eta gehiago dira onddo ektomikorrizikoen komunitatea aztertzerako orduan fruitu-gorputzetan oinarritzeaz gain ektomikorrizekin ere lanean hasi direnak. Lan asko dira ekosistema bateko ektomikorriza morfotipo kopuruaren datuak eman dituztenak. Baina ikerketa bakoitzeko datuen bilketa modu desberdinean egin izanak (basomota desberdinak, laginketa-partzela azalera desberdina, core tamaina eta kopurua desberdinak, garai desberdinetan egindako laginketak), datuen konparaketa zaildu egiten du. Lan gehienetan, azterketarako bildutako lur laginak 30 edo gutxiago izan ohi dira, sarri hektarea bat baino azalera txikiagoa duten partzela bati dagozkienak, bertan 50 morfotipo baino gutxiago aurkituz (Gardes & Bruns, 1996; Dahlberg et al., 1997; Jonsson et al., 1999). Gure datuekin konparagarrien diren datuak De Roman et al.-ek 2000.ean argitaratutako datuak dira. Ikertzaile hauek Nazar (Nafarroa) inguruko artadian jasotako datuak dituzte eta

50 lur lagin aztertuta 23 ektomikorrizen morfotipo desberdinu dituzte. Gure 30 morfotipoen aurrean (45 lur-laginetan) itxura batean espezie dibertsitate handiagoa dela Artazako artadian esan genezake, baina ahaztu gabe laginketa-metodoa oso desberdina izan dela. Artazako morfotipoak Nazarrekoekin konparatuz, %40a (12 morfotipo) berdinak dira.

Ezaugarri morfologikoetan oinarrituta soilik, morfotipo baten identifikazio espezifikoa egitea ez da erraza. Guk hala egin dugunez eta bibliografiarekin konparatuz zenbait kasutan ektomikorritza identifikatu arren, "tipo" hitza jarri diogu izenaren ostean morfotipo batzuk oso antzekoak izan arren espezie desberdinetakoak izan baitaitezke. Dena den EKM4 morfotipoari ez diogu "tipo" hitza gehitu, hain ezaguna den *Cenococcum geophilum* baita, ektomikorritza-mailan eginitako kontinente desberdinetako ikerketa guztietan inoiz falta ez den espeziea izanik. Onddo mitosporikoa (garai batean Deuteromycotina subdibisioan) izanik ez du fruitu-gorputzik garatzen eta fruitu-gorputzetan oinarritutako lanetan kontutan ez bada hartzen ere, ektomikorritza-mailan garrantzi izugarria du. Dahlberg eta kolaboratzaileak (1997) egindako ikerketan gertatzen den bezala, gure kasuan ere ia morfotipo ugariena izan da, bederatzi asteetatik zazpitan agertuz, eta %7,68ko abundantziak.

Aurkitutako beste bi morfotipoen ezaugarriak begiratzuz, *Tomentella* generokoaren antza hartu diegu eta *Tomentella 1* tipoa (EKM3) eta *Tomentella 2* tipoa (EKM11) bezala izendatu ditugu. Aintzinean *Tomentella* generoko onddoak, onddo saprofitotzat jotzen ziren (Larsen, 1968), sarri hauen fruitu-gorputzak usteltze fasean zeuden egurretan aurkitzen baitira; dena den, gaur egun bada-kigu onddo ektomikorrizikoak direla eta gainera maiztasun eta abundantzia handitan agertzen direla sustrai sistemak mikorritzatzen. Gure lanean *Tomentella 2* tipoa da maiztasun eta abundantzia handienaz agertu den morfotipoa, zortzi astetan agertuz, eta %12,8ko abundantziak. Aldiz *Tomentella 1* tipoa, sei astetan agertu da beraz, maiztasun altuaz baina denetan ere nahiko abundantzia baxuan, %2,3. Bibliografiaren arabera *Hymenogaster* tipoa (EKM14) bezala identifikatu dena (De Roman, et al., 2000), *Tomentella* tipoen antza duela esan behar dugu, gainera hauek bezala, maiztasun eta abundantzia altutan agertzen da, sei astetan agertuz eta %10,4ko abundantziak.

Europa eta bai Ipar Ameriketara egindako lan askotan, *Russulaceae* familiako espezieak ere ektomikorriza mailan maiztasun altuaz agertzen direla aipatu da (Dahlberg, et al., 1997), egia bada ere konifero basoetan eginitako ikerketetan izan direla. Lan honetan identifikatutako morfotipoen artean bi ditugu familia honetakoa; *Russula* tipoa (EKM30), honek dituen ziztidio bereziengatik (I eranskina, 8. lamina). Bestea aldiz, *Lactarius chrysorrheus* tipo (EKM27) modura identifikatu dugu, mikroskopio optikoaz erraz ikusten zaizkion latiziferoak (I eranskina, 7. lamina) eta barne- eta kanpo-zorroaren egitura bat datoz Agererrek (1987-1998) deskribatutakoaz, hau da, zorroaren barne-egitura plentenkimatikoa E motakoa eta kanpoegitura pseudoparenkimatikoa M motakoa. *Russula* tipoa bost astetan agertu da eta %4ko abundantziak, *Lactarius chrysorrheus* tipoa aldiz behin agertu da %1eko abundantziak. Gure datuetan ez da errussulazeoen abundantzia bibliografian agertzen den bezain azpimarragarria, hala ere, kontutan izan behar

da errussulazeoak ektomikorritza mailan maiztasun altuan agertzen direla esaten duten ikerketak konifero basoetan eginak direla. Artadietan eginiko ikerketetan, Garcíak (1999), aurkitutako 20 morfotipoen artean, *Russulaceae* familiako bi tipo posible identifikatu ditu eta aldiz, De Roman et al.-ek (2000) ez dute errussulazeorik identifikatu.

Artazan badakigu *Tomentella*, *Russula*, *Hebeloma* eta *Lactarius* generoko espezieak fruitu-gorputz mailan agertzen direla. Aldiz, *Hymenogaster*, *Tuber* eta *Genea* generoko espezieen fruitu-gorputzik ez dugu inoiz aurkitu, baina honen zergatia hauek fruitu-gorputz hipogeoak garatzen dituztelako izan daiteke, eta bertan egon arren gu ez gara ohartu. Hau dela eta, zaila egiten da Artazako artadiko ektomikorrizen eta fruitu gorputzen garrantziak korrelaziorik baduten ikustea. Soilik esan, *Russula* generoko espezieen bai fruitu-gorputzak eta bai ektomikorrizak garrantzia badutela komunitatean eta aldiz *Lactarius* generoko espezieen kasuan fruitu-gorputz mailan garrantzia izan arren ektomikorriza mailan ez dugu garrantzia hori ikusi guk lagindutako urte-sasoian behintzat.

Aipatu bezala, lurpean ektomikorrizak zer nolako banaketa espaziala duten jakin gabe zaila da esatea zer nolako laginketa-metodoa jarraitu behar den eta zenbat lagin hartu behar diren baso batetako ektomikorriza dibertsitatea egoki aztertzeko. Badakigu ezinezkoa dela komunitate batean dagoen dibertsitatea lagin baten adieraztea. Lehen bi asteak laginduta morfotipoen %70a agertu zaigu, bertan komunitateko espezie garrantzitsuenak agertzen dira eta gainontzeko %30a laginketa guztiko espezie arraroenak osatzen dute. Honela lur lagin bakoitza garbitu eta bertako morfotipo guztien karakterizazioa egiteak eskatzen duen esfortzu izugarria ikusirik, egokia iruditzen zaigu espezie arraroeekin esfortzu gehiegirik ez erabiltzea eta ektomikorriza-komunitate bat aztertzerako orduan bertako espezie dominanteen oinarritzea. Honela 10 laginetan bildutako ektomikorrizak, bi hilabetetan aurki daitezkeenaren errepresentagarri izan litekeela koan gaude. Honekin bat letorke Garcíak (1999) esandakoa: urtaroko, baso bateko ektomikorriza-komunitatea aztertzeko gutxienez 10 lagin hartu behar direla.

Astero 12 ± 1 morfotipo aurkitu ditugu. Ez dago ez dibertsitate aldetik eta ez ektomikorriza-morfotipoen kopuru aldetik 9 astean arteko desberdintasun esangarririk; dena den, esan genezake bi hilabete gutxi dela gure inguruko artadietako ektomikorriza komunitatean denboran zeharreko aldaketak nabaritzeko. Bi hilabeteren barruan ektomikorriza-komunitatean aldaketa tenporalak aztertzen saiatu denik ez dugu bibliografian erreferentziarik aurkitu. Alabaina, zenbait kasutan urtean zehar nola aldatzen den baso bateko ektomikorriza-komunitatea aztertu da; Adibidez Harvey, et al. ek 1978an urtean zeharreko aldaketa aztertu zuten Douglas izeiaren basoan. Hauek bi hilero egindako laginketetan ikusi zuten ektomikorrizen aktibitate maximoa udabarrarian zela. Aldiz Garcíak (1999), lau hilero artadian bildutako datuen arabera udaberrian ektomikorriza-morfotipoen abundantzia baxuagoa aurkitu du. Kontraesan hau, aztertutako baso-ekosistemak eta bertako klimak desberdinak direlako izan liteke.

Baso-ekosistema bateko ektomikorriza dibertsitatea faktore klimatikoen menpe dagoela dio Garcíak (1999). Aldiz guk, ez dugu faktore klimatiko eta morfoti-

poen arteko erlazio argirik ikusi. Morfotipoen arteko erlazioan berriz, EKM39 eta EKM30 morfotipoen artean korrelazio negatiboa azaltzea, hauek espazioan duten distribuzioagatik izan liteke. EKM39 eta EKM30 morfotipoak partzelan barreiatuta agertzen dira, eta beraz ez dirudi espazioan egitura konkreturen bat dutenik ez batak eta ez besteak. Nahiz eta EKM39 bildutako hamaika *core*tan agertu eta EKM30 morfotipoa bostetan, inoiz ez dira biak *core* berean agertu. Izan liteke bi morfotipo hauen arteko nolabaiteko elkarrekintza egotea eta ondorioz, nahiz eta biak komunitatean garrantzitsuak izan, inoiz batera ez agertzea.

5. ONDORIOAK

- Urritik Azarora bitartean aurkitutako 30 morfotipoak, berauetatik 10 identifikatu direlarik, Artazako ektomikorrika-komunitatea egoki ordezkatzan dutelakoan gaude. Morfotipo garrantzitsuenak *Tomentella* 2 tipoa eta *Cenococcum geophilum* dira baina ektomikorrika-komunitatean morfotipo gehienak, %60a, maiztasun oso baxutan agertzen dira.
- Ez dirudi Artazako artadiko ektomikorrika-komunitatean banaketa espazial edo tenporalik dagoenik. Ez dago dibertsitate edo espezie kopuruaren aldaketa esangaririk aste batetik bestera.
- Ugarien agertzen diren morfotipoak ez dute apenas korrelaziorik azaltzen ingurugiro faktoreen aldaketan aurrean. Soilik morfotipo batek eman du korrelazio positiboa lurzoruko tenperatura maximoaz eta beste morfotipo batek prezipitazioaz.
- Guk planteatutako helburuei erantzun egokia emateko, bi hilabetetako laginketak motz geratzen direlakoan gaude. Gure ustetan, urte beteko zikloa beteke lukeen ikerketak, informazio oso berritzailea eta gainontzeko ektomikorrika-komunitateak aztertzeke orduan behar beharrezkoa litzatekeena eskainiko liguke.
- Azpimarratzekoa da ektomikorrika-komunitate bat ikertzen hazten garenean eta noiz eta nola lagindu behar den informazio bila ekitean, oinarriko informazio honen falta dagoela. Gainera ektomikorrika-komunitateen inguruko lanak oso berriak direla, beraz lan honi jarraipena emateak merezi duela.

6. BIBLIOGRAFIA

- AGERER, R. (1987-1998). *Colour Atlas of Ectomycorrhizae*. Munich: Einhorn-Verlag.
- AGERER, R. (1996-2001). *Descriptions of ectomycorrhizae*. Munich: Einhorn-Verlag.
- ALLEN, M.F. (1991). *The ecology of mycorrhizae*. Cambridge: Cambridge University Press. 184pp.

- BYRD, K.B.; PARKER, V.T.; VOGLER, D.R.; CULLINGS, K.W. (2000). *The influence of clear-cutting on ectomycorrhizal fungus diversity in a lodgepole pine (Pinus cordata) stand, Yellowstone National Park, Wyoming, and Gallatin National Forest, Montana. Can. J. Bot.* 78: 149-156
- DAHLBERG, A.; JONSSON, L.; NYLUND, J.E. (1997). *Species diversity and distribution of biomass above and below ground among ectomycorrhizal fungi in an old-growth Norway spruce forest in South Sweden. Can. J. Bot.* 75: 1123-1135.
- DANIELSON, R.M. (1984). *Ectomycorrhizal associations in jack pine stands in northeastern Alberta. Can. J. Bot.* 62: 932-639.
- DE ROMÁN, M.; MIGUEL, A.M. DE (2000). Identificación y descripción de las ectomicorritzas de *Quercus ilex* L. subsp. *ballota* (Desf.) Samp. en una zona quemada y una zona sin alterar del carrascal de Nazar (Navarra). *Publ. Biol. Univ. Navarra, Ser. Bot.* 13: 1-42.
- DUÑABEITIA, M.K.; HORMILLA, S.; SALCEDO, I. & PEÑA, J.I. (1996). Ectomycorrhizae synthesized between *Pinus radiata* and eight fungi associated with *Pinus spp.* *Mycologia* 88(6): 897-908.
- EBERTART, J.L.; LUOMA, D.L.; AMARANTHUS, M.P. (1996). Response of ectomycorrhizal fungi to forest management treatments. A new method for quantifying morphotypes. *Mycorrhizas in integrated systems: for genes to plant development*. Edit.: Azcon-Aguilar, C. & Barea, J.M. Luxembourg: office for official publications of European Communities. 96-99.
- ETAYO, M.L.; MIGUEL, A.M. DE (1998). *Estudio de las ectomicorritzas en una trufera cultivada situada en Olóriz (Navarra). Publ. Biol. Univ. Navarra, Ser. Bot.* 11: 55-114.
- FRANK, B. (1885). *Über die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Baume durch unterirdische Pilze. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, Berlin* 3: 128-145.
- GARCÍA, G. (1999). *Caracterización y Aspectos Dinámicos del Componente Ectomicorríctico de los Ecosistemas Forestales Mediterráneos*. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- GARDES, M.; BRUNS, T.D. (1996). *Community structure of ectomycorrhizal fungi in a Pinus muricata forest: above- and below-ground views. Canad. J. Bot.* 74:1572-1583.
- GOODMAN, D.M.; DURALL, D.M.; TROFYMOW, J.A.; BERCH, S.M. (1996-2000). *A manual of concise descriptions of North American ectomycorrhizae*. Mycologue Publications.
- HARVEY, A.E.; JURGENSEN, M.F.; LARSEN, M.J. (1978). Seasonal distribution of ectomycorrhizae in a mature Douglas-fir/Larch forest soil in Western Montana. *Forest Sci.* 24 (2): 203-208.
- HORTON, T.R.; BRUNS, T.D. (2001). The molecular revolution in ectomycorrhizal ecology: peeking into the black-box. *Molecular Ecology* 10: 1855-1871.
- JONSSON, L.; DAHLBERG, A.; NILSSON, M.C.; KARÉN, O.; ZACKRISSON, O. (1999a). Continuity of ectomycorrhizal fungi in self-regenerating boreal *Pinus sylvestris* forest studied by comparing mycobiont diversity on seedlings and mature trees. *New Phytol.* 142: 151-162.
- JONSSON, L.; DAHLBERG, A.; NILSSON, M.C.; ZACKRISSON, O.; KARÉN, O. (1999b). Ectomycorrhizal fungal communities in late-successional Swedish boreal forest, and their composition following wildfire. *Molecular Ecology* 8: 205-215.

- KARÉN, O.; NYLUND, J.E. (1997). Effects of the ammonium sulphate on the community structure and biomass of ectomycorrhizal fungi in a Norway spruce stand in south-western Sweden. *Can. J. Bot.* 75: 1628-1642
- LACHAT (1990). *Operations manual for the QuikChem automated ion analyzer*. Quikchem: 13-107-06-2-A. Lachat Instruments, Milwaukee.
- LARSEN, M. (1968). Tomentelloid fungi of North America. State University College of Forestry at Syracuse University. *Technical Publication* 93: 157pp
- LOIDI, J.; BIURRUN, I.; HERRERA, M. (1997). La Vegetación del centro-septentrional de España. *Itinera Geobotanica* 9: 161-571
- MATSUDA, Y. (1994). Seasonal occurrence and spatial distribution of fruitbodies of ectomycorrhizal fungi on the border of a man-made and naturally regenerated forest. *Bull. Nagoya Univ. For.* 13: 109-118.
- MEHMANN, B.; EGLI, S.; BRAUS, G.; BRUNNER, I. (1995). Coincidence between molecularly and morphologically classified ectomycorrhizal morphotypes and fruitbodies in a spruce forest. *Biotechnology of ectomycorrhizae*. Edit.: V. Stocchi; Bonfante, P. & Nuti, M. Plenum Press, New York 41-52
- MIKOLA, P. (1973). Application of mycorrhizal symbiosis in forestry practice. Edit.: Marks, G.C. & Kozłowski, T.T. *Ectomycorrhizae, their ecology and physiology*. Academic Press, Nueva York 383-406.
- MOLINA, R.; MASSICOTTE, H.; TRAPPE, J.M. (1992). Specificity phenomena in mycorrhizal symbiosis: community-ecological consequences and practical implications. *Mycorrhizal functioning an integrative plant-fungal process*. Edit.: M.F. Allen; Chapman & Hall, New York. 357-423
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley and Sons, New York.
- MURAKAMI, Y. (1987). Spatial Distribution of *Russula* species in *Castanopsis cuspidata* Forest. *Trans. Br. mycol. Soc.* 89(2): 187-193.
- PETER, M.; AYER, F.; EGLI, S. (2001). Nitrogen addition in a Norway spruce stand altered macromycete sporocarp production and below-ground ectomycorrhizal species composition. *New Phytol.* 149: 311-325.
- PETER, M.; AYER, F.; EGLI, S.; HONEGGER, R. (2001). Above- and below-ground community structure of ectomycorrhizal fungi in three Norway spruce (*Pice abies*) stand in Switzerland. *Can. J. Bot.* 79: 1134-1151.
- READ, D.J. (1998). The mycorrhizal status of *Pinus*. *Ecology and Biogeography of Pinus*. Edit: D.M. Richardson. 324-340 Cambridge University Press, Cambridge.
- TRAPPE, J.M. (1987). Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. *Ecophysiology of VA mycorrhizal plants*. 2-25
- TRAPPE, J.M. (1977). Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. *Ann. Rev. Phytopathol.* 15: 203-222.

1. LAMINA

Zenb.: EKM3

Espezia: *Tomentella 1* tipoa

Zorroaren kolorea: marroi gorrixka

Hifen kolorea: marroia

Adarkadura-mota: irregularra

Adarraren forma: okerra

Zorroaren itxura: kotoi itxurakoa

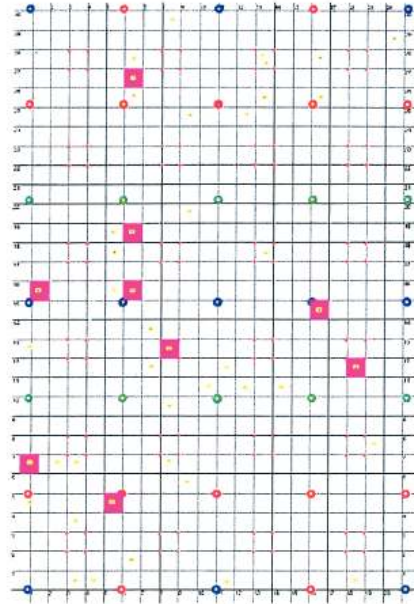
Zistidio-mota: hifa itsurakoa, O motakoa

Fibulen presentzia: ez

Errizomorfoen presentzia: bai

Zorroaren barne-egitura: -

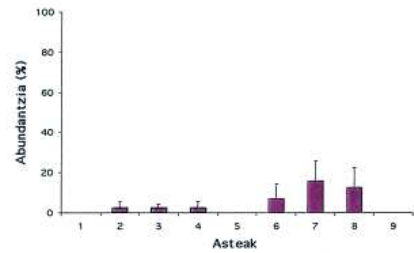
Zorroaren kanpo-egitura: -



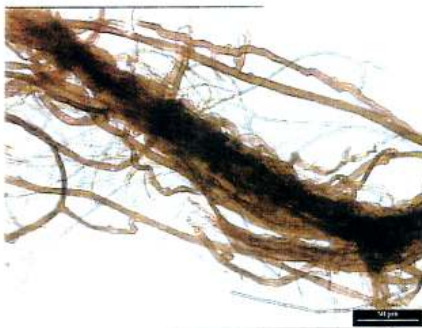
Tomentella 1 tipoaren banaketa espazioan zehar



Ektomikorritzaren itxura lupan



Tomentella 1 tipoaren banaketa denboran zehar



Errizomorfoa



Hifa apainduak

2. LAMINA

Zenb.: EKM4

Espezia: *Cenococcum geophilum*

Zorroaren kolorea: beltza

Hifen kolorea: beltza

Adarkadura-mota: adarkatu gabea

Adarraren forma: zuzena

Zorroaren itxura: haritsua

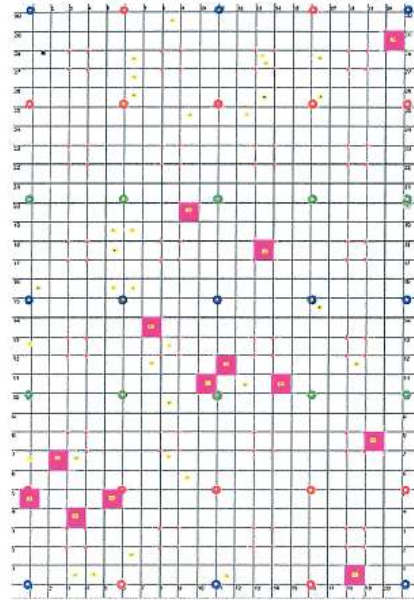
Zistidio-mota: hifa itsurakoa

Fibulen presentzia: ez

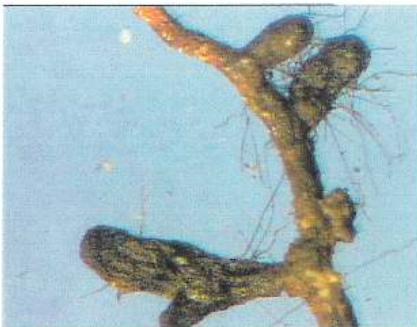
Errizomorfoen presentzia: ez

Zorroaren barne-egitura: plektenkimati-
koa, G motakoa

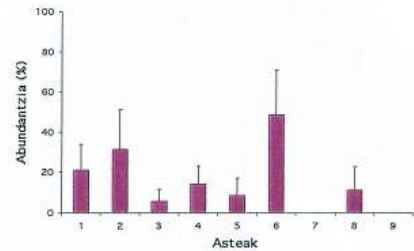
Zorroaren kanpo-egitura: plektenkimati-
koa, G motakoa



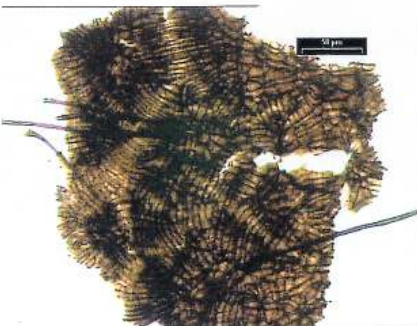
Cenococcum tipoaren banaketa espazioan zehar



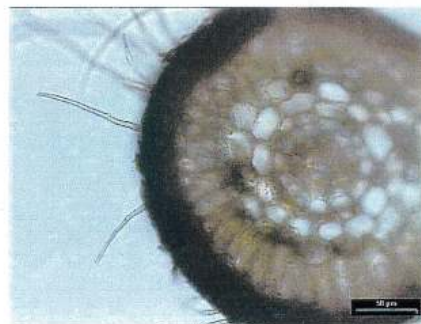
Ektomikorritzaren itxura lupan



Cenococcum tipoaren banaketa denboran zehar



Zorroaren kanpo egitura



Zistidio itxurako hifa tenteak

3. LAMINA

Zenb.: EKM5

Espezia: -

Zorroaren kolorea: beltza

Hifen kolorea: -

Adarkadura-mota: irregularra edo piramidala

Adarraren forma: okerra

Zorroaren itxura: bikortsua

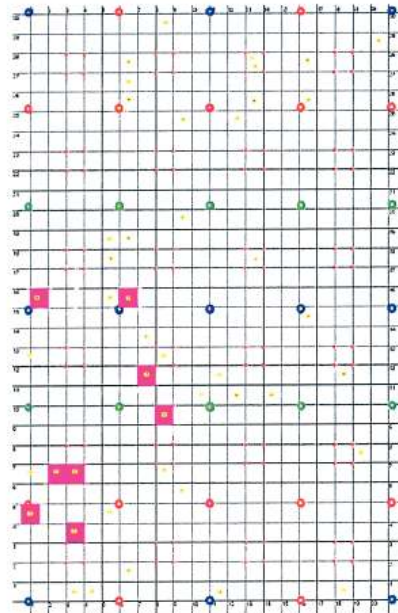
Zistidio-mota: lepo okerdun botila itxurakoa, C motakoa

Fibulen presentzia: ez

Errizomorfoen presentzia: ez

Zorroaren barne-egitura: plektenkimati-koa, E motakoa

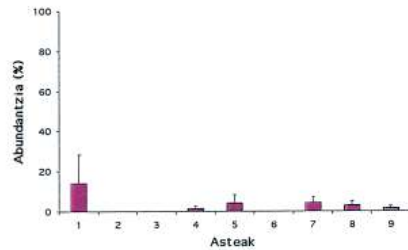
Zorroaren kanpo-egitura: plektenkimati-koa, E motakoa



EKM5 tipoaren banaketa espazioan zehar



Ektomikorritzaren itxura lupan



EKM5 tipoaren banaketa denboran zehar



Zorroaren barne egitura



Lepo okerdun botila itxurako zistidioak

4. LAMINA

Zenb.: EKM11

Espezia: *Tomentella* 2 tipoa

Zorroaren kolorea: beltza

Hifen kolorea: marroia

Adarkadura-mota: monopodiko pinnatua

Adarraren forma: zuzena

Zorroaren itxura: iletsu-kotoitsua

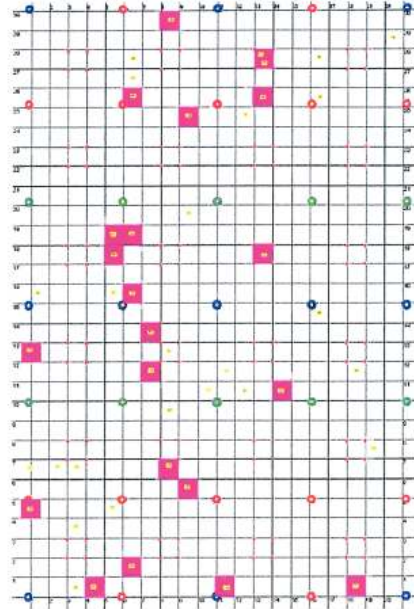
Zistidio-mota: -

Fibulen presentzia: bai

Errizomorfoen presentzia: bai

Zorroaren barne-egitura: plektenkimatiko, A motakoa

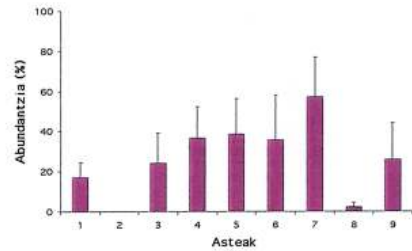
Zorroaren kanpo-egitura: pseudoparenkimatiko, 0 motakoa



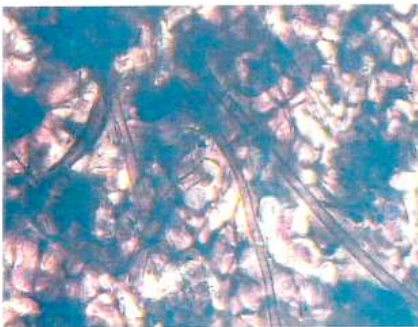
Tomentella 2 tipoaren banaketa espazioan zehar



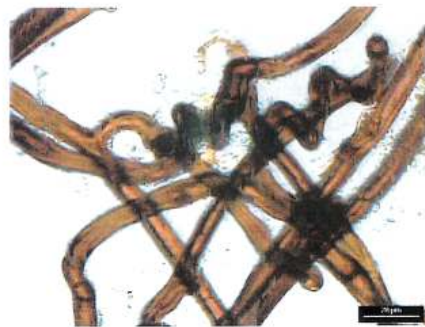
Ektomikorrizaren itxura lupan



Tomentella 2 tipoaren banaketa denboran zehar



Zorroaren kanpo-egitura



Zorroko hilak

5. LAMINA

Zenb.: EKM14

Espezia: *Hymenogaster* tipoa

Zorroaren kolorea: Marroi iluna

Hifen kolorea: -

Adarkadura-mota: irregularra

Adarraren forma: okerra

Zorroaren itxura: bikortsua

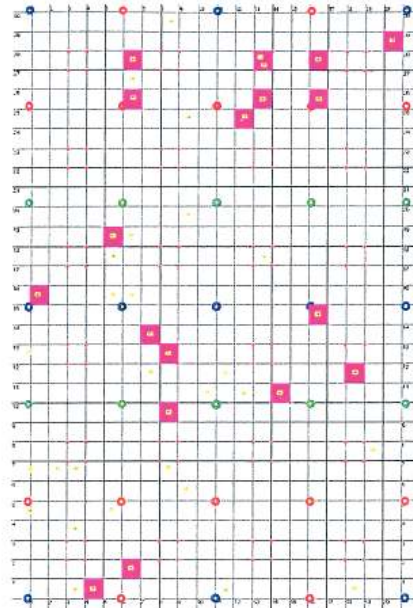
Zistidio-mota: -

Fibulen presentzia: bai

Errizomorfoen presentzia: ez

Zorroaren barne-egitura: plektenkimatiko
koa, A-B motakoa

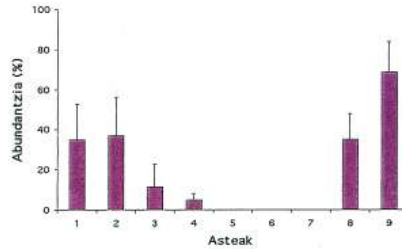
Zorroaren kanpo-egitura: pseudoparenkimatiko
koa, 0 motakoa



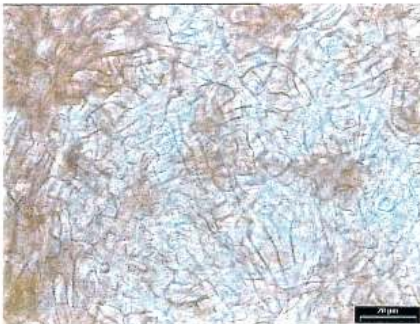
Hymenogaster tipoaren banaketa espazioan zehar



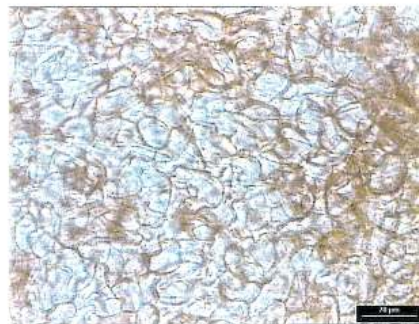
Ektomikorritzaren itxura lupan



Hymenogaster tipoaren banaketa denboran zehar



Zorroaren barne egitura



Zorroaren kanpo egitura

6. LAMINA

Zenb.: EKM18

Espezia: -

Zorroaren kolorea: beltza

Hifen kolorea: -

Adarkadura-mota: monopodiko pinnatua

Adarraren forma: zuzena

Zorroaren itxura: bikortsua

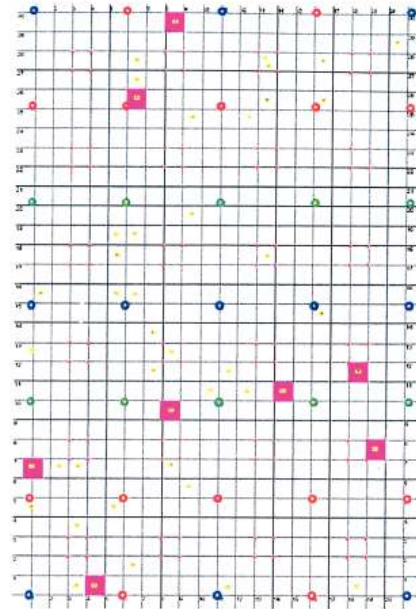
Zistidio-mota: borobila, G motakoa

Fibulen presentzia: ez

Errizomorfoen presentzia: ez

Zorroaren barne-egitura: plektenkimatiko, A motakoa

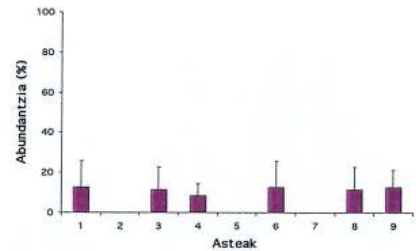
Zorroaren kanpo-egitura: pseudoparenkimatiko, L (G) motakoa



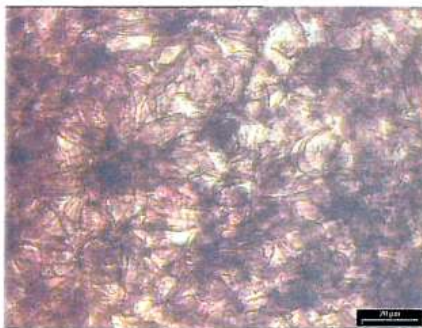
EKM18 tipoaren banaketa espazioan zehar



Ektomikorritzaren itxura lupan



EKM18 tipoaren banaketa denboran zehar



Zorroaren kanpo egitura



Zistidio borobilak

7. LAMINA

Zenb.: EKM27

Espezia: *Lactarius chrysorrheus* tipoa

Zorroaren kolorea: marroi argia

Hifen kolorea: -

Adarkadura-mota: monopodiko pinnatua

Adarraren forma: zuzena

Zorroaren itxura: erretikulatua

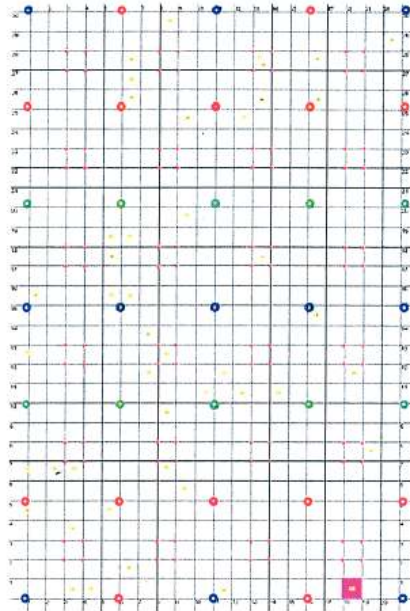
Zistidio-mota: -

Fibulen presentzia: ez

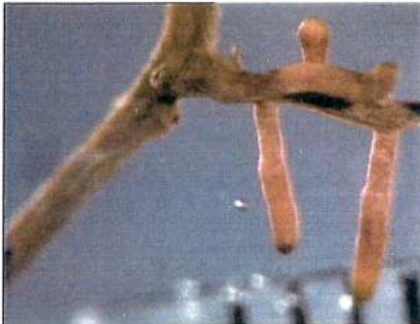
Errizomorfoen presentzia: ez

Zorroaren barne-egitura: plektenkimati-
koa, E motakoa

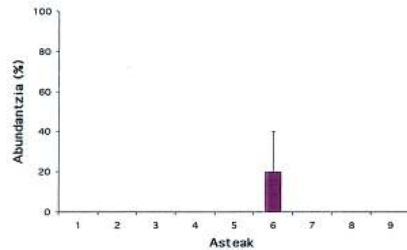
Zorroaren kanpo-egitura: pseudoparen-
kimati-koa, M motakoa



Lactarius tipoaren banaketa espazioan zehar



Ektomikorritzen itxura lupan



Lactarius tipoaren banaketa denboran zehar



Zorroaren kanpo-egitura



Laktiziferoak

8. LAMINA

Zenb.: EKM30

Espezia: *Russula* tipoa

Zorroaren kolorea: marroi argia

Hifen kolorea: -

Adarkadura-mota: irregularra edo monopodikoa

Adarraren forma: okerra

Zorroaren itxura: bikortsua

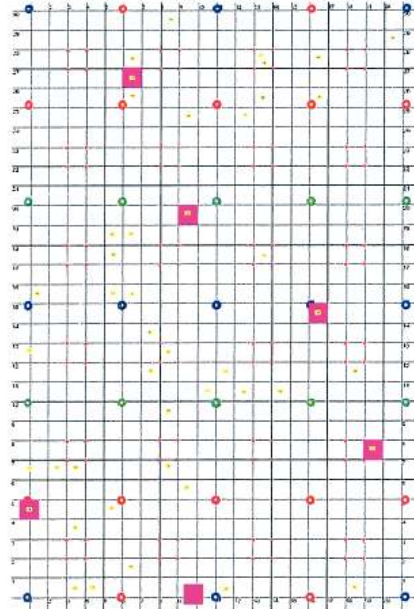
Zistidio-mota: mutur konkorduna duen hodi itxurakoa, D motakoa

Fibulen presentzia: ez

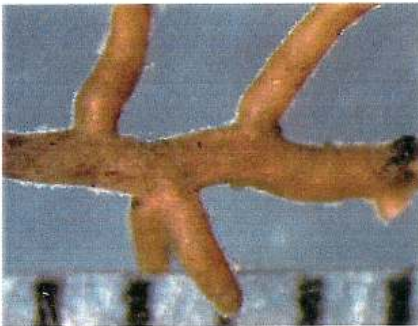
Errizomorfoen presentzia: ez

Zorroaren barne-egitura: plektenkimatiko, A motakoa

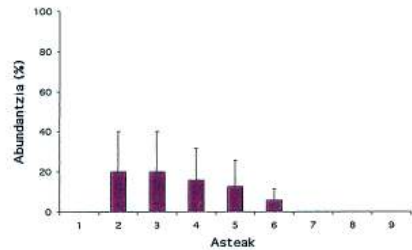
Zorroaren kanpo-egitura: -



Russula tipoaren banaketa espazioan zehar



Ektomikorrizaren itxura lupan



Russula tipoaren banaketa denboran zehar



Zorroaren barne-egitura



Mutur konkordun duen hodi itxurako zistidioak

9. LAMINA

Zenb.: EKM35

Espezia: *Genea verrucosa* tipoa

Zorroaren kolorea: beltza

Hifen kolorea: marroia

Adarkadura-mota: sinplea edo dikotomikoa

Adarraren forma: zuzena

Zorroaren itxura: iletsua

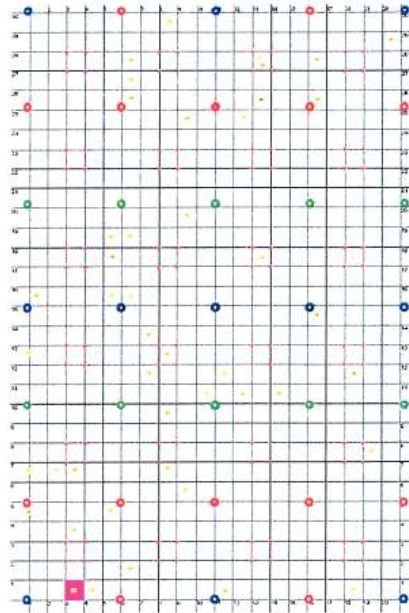
Zistidio-mota: ezten itzurakoa, A motakoa

Fibulen presentzia: bai

Errizomorfoen presentzia: bai

Zorroaren barne-egitura: plektenkimatikoa, E motakoa

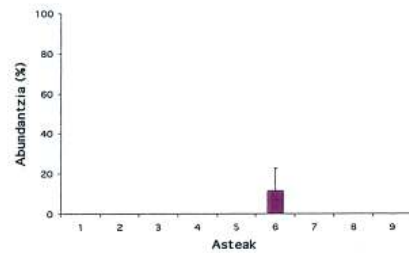
Zorroaren kanpo-egitura: pseudoparenkimatikoa, L motakoa



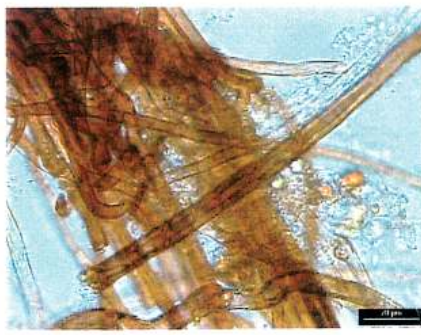
Genea tipoaren banaketa espazioan zehar



Ektomikorritzaren itxura lupan



Genea tipoaren banaketa denboran zehar



Errizomorfoa



Hifa apainduak

10. LAMINA

Zenb.: EKM40a

Espezia: *Hebeloma* tipoa

Zorroaren kolorea: marroia

Hifen kolorea: zuri iluna

Adarkadura-mota: irregulararra

Adarraren forma: zuzena

Zorroaren itxura: kotoitsua

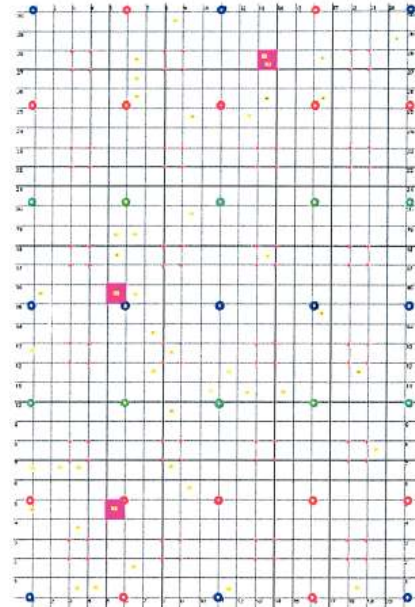
Zistidio-mota: -

Fibulen presentzia: ez

Errizomorfoen presentzia: ez

Zorroaren barne-egitura: plektenkimati-
koa, B motakoa

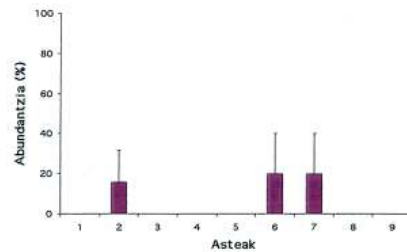
Zorroaren kanpo-egitura: plektenkimati-
koa, B motakoa



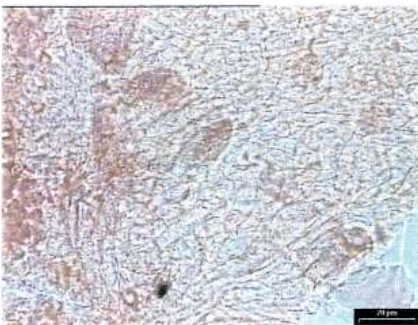
Hebeloma tipoaren banaketa espazioan zehar



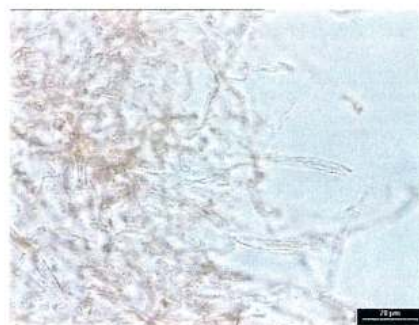
Ektomikorritzaren itxura lupan



Hebeloma tipoaren banaketa denboran zehar



Zorroaren barne-egitura



Hifa apainduak

11. LAMINA

Zenb.: EKM50

Espezia: *Quercirhiza stellata* tipoa

Zorroaren kolorea: beltz-grisa

Hifen kolorea: -

Adarkadura-mota: irregularra edo monopodiko pinnatua

Adarraren forma: okerra

Zorroaren itxura: bikortsua

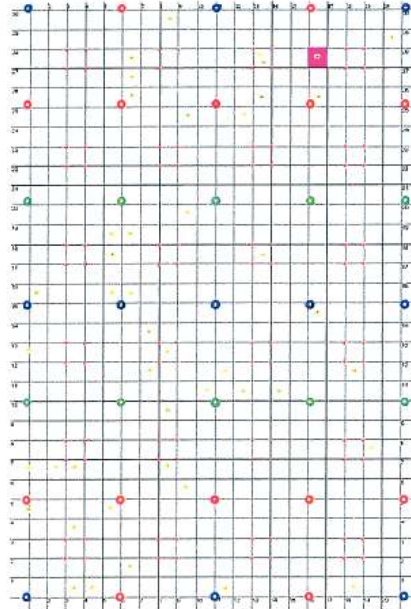
Zistidio-mota: -

Fibulen presentzia: ez

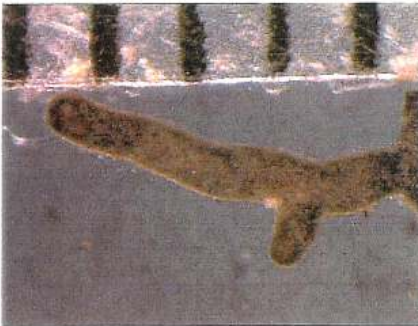
Errizomorfoen presentzia: ez

Zorroaren barne-egitura: plektenkimatiko, G motakoa

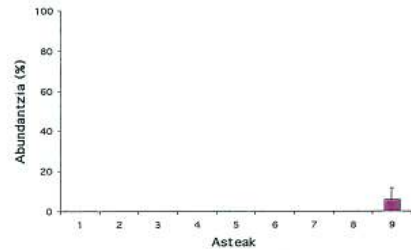
Zorroaren kanpo-egitura: pseudoparenkimatiko, L (G) motakoa



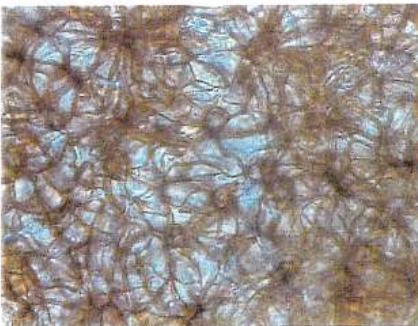
Quercirhiza tipoaren banaketa espazioan zehar



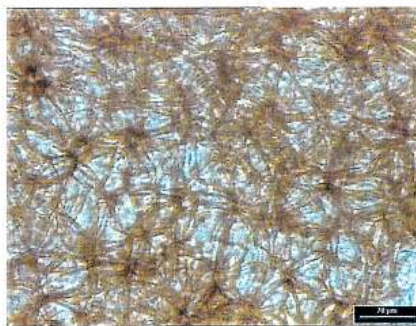
Ektomikorritza itxura lupan



Quercirhiza tipoaren banaketa denboran zehar



Zorroaren barne-egitura



Zorroaren kanpo-egitura

12. LAMINA

Zenb.: EKM52

Espezia: *Tuber album* tipoa

Zorroaren kolorea: marroi argia

Hifen kolorea: -

Adarkadura-mota: irregularra

Adarraren forma: okerra

Zorroaren itxura: arantzaduna

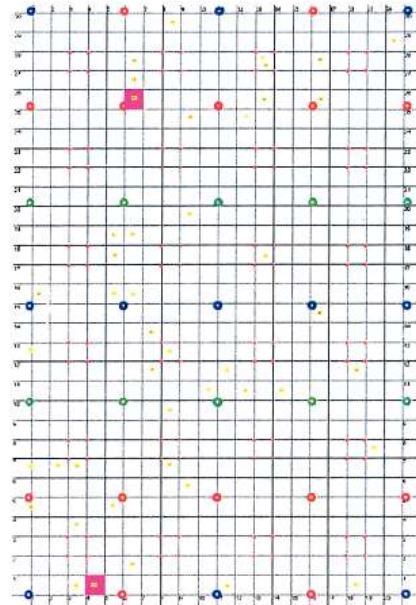
Zistidio-mota: ezten itxurakoa, A motakoa

Fibulen presentzia: ez

Errizomorfoen presentzia: ez

Zorroaren barne-egitura: pseudoparenkimatikoa, M motakoa

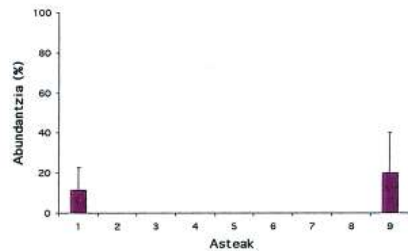
Zorroaren kanpo-egitura: pseudoparenkimatikoa, Q motakoa



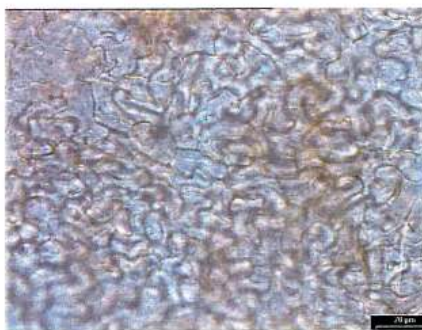
Tuber album tipoaren banaketa espazioan zehar



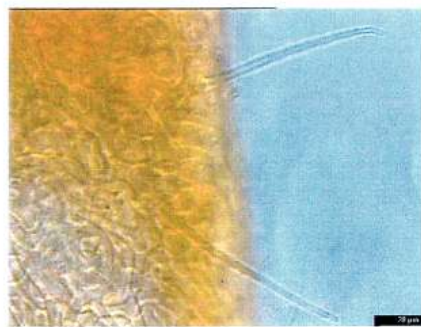
Ektomikorritzaren itxura lupan



Tuber album tipoaren banaketa denboran zehar



Zorroaren barne egitura



Zistidioak