

Inventari micològic dels espais enjardinats
del Campus de Montilivi

Estudiant: Miquel Granollés Milan
Correu electrònic: mgranolles@gmail.com
Grau en Biologia

Tutor: Carles Roque Pau
Correu electrònic: carles.roque@udg.edu
Institució: Universitat de Girona

Índex

Resum	2
Resumen	3
Abstract	4
Reflexions sobre ètica, sostenibilitat i perspectiva de gènere	5
Ètica	5
Sostenibilitat	5
Perspectiva de gènere	5
1. Introducció	6
2. Objectives	8
3. Metodologia	8
3.1 Zona d'estudi	8
3.2 Disseny experimental	12
3.3 Anàlisi de dades	13
4. Resultats	14
4.1 Caracterització de la comunitat	14
4.1.1 Sapròfits	16
4.1.2 Micorrízics	19
4.1 Diversitat	22
5. Discussió	22
6. Conclusió	25
7. Bibliografia	26

Resum

Aquest treball consisteix en la realització d'un inventari micològic dels espais enjardinats del campus de Montilivi de la Universitat de Girona. L'objectiu principal és el de millorar el coneixement de la comunitat fúngica present en el Campus, així com associar-la a les condicions climàtiques de la zona i la gestió humana dels espais el qual pot afectar directament o indirectament en la fructificació en els espais.

La realització de l'inventari ha consistit en 3 mostrejos, un a finals de la tardor i dos a la primavera, de 15 parcel·les repartides pel campus amb un total de 13.200 m² de superfície aproximadament. La identificació de les espècies s'ha portat a cap "in situ", així com l'anotació de la seva abundància observant el nombre de fructificacions. En el cas de les espècies que no s'han pogut identificar "in situ", s'ha pres una mostra del fong i s'ha analitzat posteriorment amb microscopi en el laboratori. Tots els fongs identificats en els mostrejos s'han anotat en un Excel amb tota la informació rellevant de la seva ecologia en ser mostrejat, i s'ha ampliat amb el seu grup i família. Amb les dades obtingudes en aquest mostreig, junt a les dades que es van obtenir en mostrejos anteriors, s'han realitzat gràfics que mostren la diversitat fúngica i de rol ecològic d'aquests, així com analitzar les diferències entre les parcel·les per comprovar si hi ha diferències entre elles. Per concloure, s'ha dut a terme una anàlisi estadística de la biodiversitat del campus amb l'índex de Shannon-Wiener (H') i d'equitativitat (E).

L'inventari està compost de 22 espècies de 10 famílies diferents de fongs, totes del grup de les Basidiomycota. L'espècie dominant de la comunitat és *Marasmius oreades* que conforma el 61% de la comunitat. El 91% de la comunitat està composta d'espècies sapròfites sent el 9% restant micoríziques i amb absència d'espècies paràsites. Les males condicions climàtiques han afectat negativament el mostreig de la tardor on la sequera ha provocat una gran disminució en el nombre de bolets inventariats. Això s'ha vist reflectit en la disminució de la diversitat de la comunitat també provocada pel biaix entre la tardor i la primavera. L'inventari no és del tot representatiu de la comunitat real i caldria augmentar l'esforç de mostreig i ampliar amb ajut de tècniques de seqüenciació per augmentar el nombre d'espècies inventariades.

Resumen

Este trabajo consiste en la realización de un inventario micológico de los espacios ajardinados del campus de Montilivi de la Universitat de Girona. El objetivo principal es el de mejorar el conocimiento de la comunidad fúngica presente en el Campus, así como asociarla a las condiciones climáticas de la zona y la gestión humana de los espacios que pueden afectar directa o indirectamente en la fructificación en los espacios.

La realización del inventario ha consistido en 3 muestreos, uno a finales del otoño y dos en la primavera, de 15 parcelas repartidas por el campus con un total de 13.200 m² de superficie aproximadamente. La identificación de las especies se ha llevado a cabo "in situ", así como la anotación de su abundancia observando el número de fructificaciones. En el caso de las especies que no se han podido identificar "in situ", se ha tomado una muestra del hongo y se ha analizado posteriormente con microscopio en el laboratorio. Todos los hongos identificados en los muestreos se han anotado en un Excel con toda la información relevante de su ecología al ser muestreado, y se ha ampliado con su grupo y familia. Con los datos obtenidos en este muestreo, junto a los datos que se obtuvieron en muestreos anteriores, se han realizado gráficos que muestran la diversidad fúngica y de rol ecológico de estos, así como analizar las diferencias entre las parcelas para comprobar si hay diferencias entre ellas. Para concluir, se ha llevado a cabo un análisis estadístico de la biodiversidad del campus con el índice de Shannon-Wiener (H') y de equitativitat (E).

El inventario está compuesto de 22 especies de 10 familias diferentes de hongos, todas del grupo de las Basidiomycota. La especie dominante de la comunidad es *Marasmius oreades* que conforma el 61% de la comunidad. El 91% de la comunidad está compuesta de especies saprofitas siendo el 9% restante micorrícicas y con ausencia de especies parásitas. Las malas condiciones climáticas han afectado negativamente el muestreo del otoño donde la sequía ha provocado una gran disminución en el número de setas inventariadas. Esto se ha visto reflejado en la disminución de la diversidad de la comunidad también provocada por el sesgo entre el otoño y la primavera. El inventario no es del todo representativo de la comunidad real y habría que aumentar el esfuerzo de muestreo y ampliar con ayuda de técnicas de secuenciación para aumentar el número de especies inventariadas.

Abstract

This work consists of the realization of a mycological inventory of the landscaped spaces of the campus of Montilivi of the University of Girona. The main objective is to improve the knowledge of the fungal community present in the Campus, as well as to associate it to the climatic conditions of the area and the human management of the spaces which can directly or indirectly affect the fructification in the spaces.

The inventory consisted of 3 samplings, one in late autumn and two in spring, of 15 plots spread over the campus with a total surface area of approximately 13,200 m². The identification of the species was carried out "in situ", as well as the annotation of their abundance by observing the number of fructifications. In the case of the species that not could be identified "in situ", a sample of the fungus was taken and later analyzed with a microscope in the laboratory. All the fungi identified in the samplings have been annotated in an Excel with all the relevant information of their ecology when sampled, and expanded with their group and family. With the data obtained in this sampling, together with the data obtained in previous samplings, graphs have been made showing the fungal diversity and ecological role of these, as well as analyzing the differences between the plots to check if there are differences between them. To conclude, a statistical analysis of the biodiversity of the campus has been carried out with the Shannon-Wiener index (H') and the equitability index (E).

The inventory is composed of 22 species from 10 different families of fungi, all from the Basidiomycota group. The dominant species of the community is *Marasmius oreades* which makes up 61% of the community. The 91% of the community is composed of saprophytic species with the remaining 9% being mycorrhizal and with an absence of parasitic species. The bad weather conditions have negatively affected the autumn sampling where the drought has caused a great decrease in the number of mushrooms inventoried. This has been reflected in the decrease in community diversity also caused by the bias between autumn and spring. The inventory is not fully representative of the real community and the sampling effort should be increased and expanded with the help of sequencing techniques to increase the number of species inventoried.

Reflexions sobre ètica, sostenibilitat i perspectiva de gènere

Ètica

Per a l'elaboració d'aquest treball s'han utilitzat dades pròpies recollides durant els mostrejos i dades de mostrejos anteriors i que s'ha atorgat permís per utilitzar. Les xifres que conformen l'inventari han estat recollides en presència del tutor i per tant no hi ha risc de falsificació de dades. Els gràfics i taules presents també s'han creat a partir d'aquestes mateixes dades per evitar el risc de plagi.

En el cas de fotografies o informació extreta de guies o articles, s'han referenciat en el treball i bibliografia per mostrar l'autoria d'aquestes.

Sostenibilitat

A l'hora de realitzar els mostrejos s'ha anat amb cura per no provocar una pressió negativa sobre la zona mostrejada i produir el mínim impacte sobre la comunitat vegetal i fúngica. S'han extret del sòl el menor nombre d'individus possible per a la identificació, normalment només un individu per espècie per a no afectar a la comunitat fúngica i no s'han produït residus tòxics durant el procés.

Perspectiva de gènere

Pel que fa a aquest estudi dels fongs en el campus, hi ha les mateixes oportunitats per homes com per dones, en tractar-se d'un estudi dut a terme per a una persona junt amb el tutor, no hi ha limitacions pel que fa al gènere de la persona a càrrec.

Però segons estudis de la UNESCO, només el 33% dels investigadors són dones (Unesco, 2021), això no només afecta l'àmbit de la micologia sinó a la de la ciència en global. Aquest biaix és a causa de diversos factors com per exemple l'efecte Matilda on els esforços de les dones científiques són silenciats o s'atribueixen a homes científics (Freire, 2024) creant així una barrera que impedeix a les dones l'acreditació del seu esforç i provoca un descoratjament

cap a les joves amb aspiracions pel fet que no tenen tantes figures científiques a les quals veure's reflectides i a les que aspirar.

Tot i que les xifres van millorant en passar els anys, encara està lluny d'assolir un estat acceptable d'igualtat de gènere en el món científic i de la recerca i calen millores en les polítiques d'igualtat per augmentar la pressió sobre les entitats responsables.

1. Introducció

La micologia és la branca de la Ciència que s'encarrega de l'estudi dels fongs (regne Fungi). Els fongs tenen el seu origen en el Precambrià on es van diferenciar com un grup distintiu d'eucariotes unicel·lulars. Les estimacions recents de l'origen del seu regne, basades en l'anàlisi de rellotges moleculars, van des de fa 760 milions d'anys fins fa 1060 milions d'anys. La fiabilitat d'aquestes estimacions depèn de la poca informació obtinguda del registre fòssil, que en el cas dels fongs està lluny de ser completa. Els fòssils indeterminats més antics dels fongs es descriuen a partir del Devonià inferior (400 milions d'anys). Aquests fòssils mostren una conservació espectacular i inclouen esporangis de quitridis i zoòspores, esporangis de zigomicots i cossos fructífers d'ascomicots. Les espores i els arbuscles de Glomeromicots també es troben en les arrels de fòssils vegetals. Aquestes estructures proporcionen evidències de simbiosis primerenques que es creu que van ser essencials per a l'evolució de les plantes terrestres. Els fòssils més antics de Basidiomicots són hifes de 330 milions d'anys d'antiguitat amb fíbules, però sembla probable que aquest fílum sorgís molt abans (Watkinson et al., 2015).

S'han descrit entre 80000 i 120000 espècies de fongs, tot i que el nombre total d'espècies s'estima al voltant d'1,5 milions (Hawksworth, 2001). És especialment difícil delimitar els fongs com a grup comparat amb altres eucariotes. Els principals per a la seva classificació han estat, entre una definició filogènica basada especialment en la similitud de seqüències d'ADN o, l'enfocament biològic del subjecte, considerant els fongs com a organismes que comparteixen totes o moltes característiques ecològiques o fisiològiques clau (Barr, 1992).

Els fongs juguen diversos rols en els ecosistemes: com a sapròfits, com a paràsits de plantes i animals, com simbiotes mutualistes de molts organismes fototròfics, per exemple cianobacteris i algues en forma de líquens, i com a parelles micoríziques de plantes vasculars. De fet, les primeres plantes vasculars tenien associacions micoríziques, i s'ha afirmat que la infecció per micorriza era la clau de l'èxit de la colonització de la terra (Pirozynski i Malloch, 1975; Pirozynski i Hawksworth, 1988; Pirozynski i Dalpe, 1989; Dix, 2012).

Com que no posseeixen pigments fotosintètics, els fongs tenen una nutrició heteròtrofa, però a diferència dels animals que s'alimenten típicament per ingestió, els fongs obtenen els seus nutrients per digestió extracel·lular gràcies a l'activitat dels enzims secretats i la posterior absorció dels productes de descomposició solubilitzats. Aquesta combinació de la digestió extracel·lular i l'absorció és la definició de l'estil de vida fúngica i ha permès als fongs conquerir una gamma sorprenentment àmplia d'hàbitats, complint papers importants en diversos ecosistemes (Dix & Webster, 1995). Aquesta conquesta de nous recursos es veu facilitada per la producció de nombroses espores petites en lloc d'uns pocs propàguls grans, mentre que la colonització d'una font d'aliment, una vegada aconseguida, s'assoleix de forma més eficaç pel creixement com un sistema de tubs de ramificació, les hifes, que formen el miceli (Webster & Weber, 2007).

Els fongs es reproduïxen i dispersen mitjançant la producció d'espores (oòspores, zigòspores, ascòspores i basidiòspores). Les espores poden produir-se mitjançant reproducció sexual o asexual. Molts fongs han perdut la capacitat de reproduir-se sexualment i només produeixen espores asexuals o conidis. La majoria de les espècies terrestres tenen espores que es dispersen pel vent mentre que en hàbitats marins i d'aigua dolça produeixen espores adaptades a la dispersió en condicions aquàtiques (Raghukumar, 2017).

Molts fongs superiors presenten patrons particulars de morfogènesi sexual del cos fructífer, comunament conegut com a bolet, però les característiques difereixen entre espècies. La morfogènesi del cos fructífer es veu afectada per la disponibilitat de nutrients minerals i de carboni i per variables mediambientals com la temperatura, la disponibilitat d'aigua, el CO₂, la llum i les interaccions amb altres fongs i bacteris (Moore et al., 2008).

Primer, es generen cèl·lules especialitzades amb nuclis haploides genèticament diferents que es fusionen per a formar nuclis diploides. Les cèl·lules diploides no es propaguen sinó que experimenten meiosi per formar espores haploides i llavors el miceli vegetatiu colonitza el substrat. La formació de grans cossos fructífers en basidiomicets i alguns membres dels ascomicets es pot considerar com un cas especial de creixement en fongs. Els bolets més valuosos comercialment, els més apreciats pel seu gust, es troben al miceli que viu en simbiosi mútua amb les arrels dels arbres (Wessels, 1993).

Aquest estudi consisteix en la realització d'un inventari micològic dels espais enjardinats del Campus de Montilivi de la Universitat de Girona, amb aquest estudi es pretén fer una anàlisi de la comunitat fúngica, concretament de fongs que produeixen bolet, presents en la zona. Un inventari micològic consisteix en un estudi de camp que permet la identificació i descobriment de noves espècies, i el seu posterior registre, d'una zona concreta permetent així la relació entre la biodiversitat i l'ecologia dels bolets amb les condicions ambientals (Mueller, 2011). Per a la identificació correcta dels bolets es poden utilitzar inventaris previs o catàlegs micològics com per exemple: Estudi de la micoflora dels parcs periurbans de la ciutat d'Olot: Parc Nou, la Moixina i la Deu (Carbó et al., 2020) o Catálogo da macromicobiota das montañas do Courel (Alonso & Rigueiro, 2020).

2. Objectives

- Inventory the macromycots (ascomycots and basidiomycots) of the landscaped spaces of the Montilivi campus (grass, gardens and planted trees).
- Study the diversity and ecology of the inventoried fungal community.

3. Metodologia

3.1 Zona d'estudi

La zona on s'ha realitzat l'estudi és el campus de Montilivi de la Universitat de Girona, en concret els espais enjardinats de dins del campus.

En la Figura 1 s'han representat les 15 parcel·les en què s'ha dividit el campus, consisteix en un total de 13.200 m² de superfície aproximadament i entre els 100 i 120 m per sobre el nivell del mar. A la Taula 1 s'han representat la vegetació predominant junt amb la superfície que cobreix.

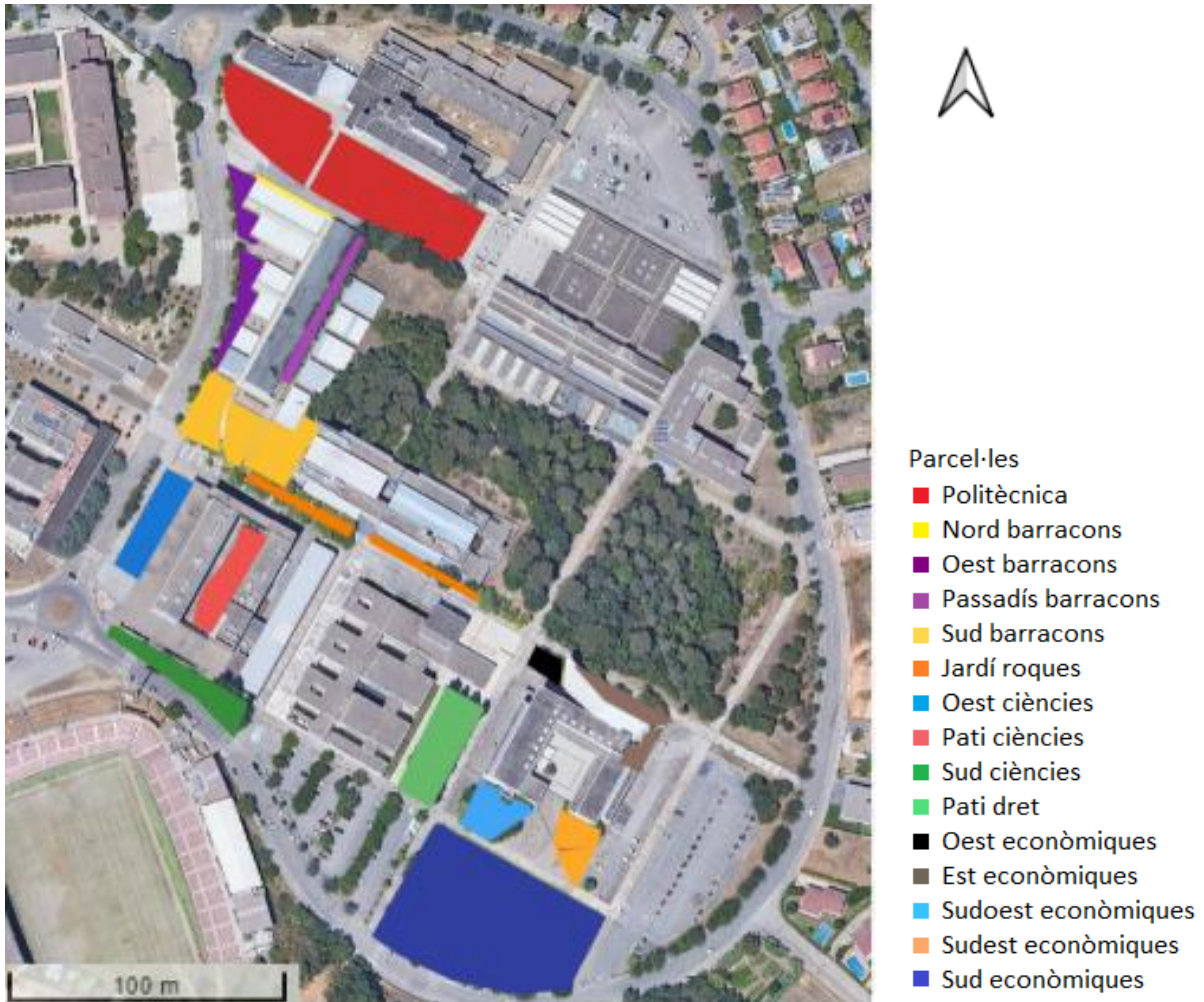


Figura 1. Zona d'estudi mostrada sobre un ortofotomapa del campus de Montilivi. **Font:** Elaboració pròpia a partir de ICGC (s. d.). Vissir3.

Taula 1. Descripció de la vegetació i superfície de les 15 parcel·les mostrejades.

Parcel·la	Vegetació predominant	Superfície (m ²)
Politécnica	Gespa	3085
Nord barracons	Gespa	37
Oest barracons	Gespa	429
Passadís barracons	<i>Quercus</i> amb virosta	230
Sud barracons	Gespa	1228
Jardí roques	Gespa amb <i>Quercus</i>	333
Oest ciències	Gespa	550
Pati ciències	Gespa	472
Sud ciències	Gespa amb <i>Populus</i>	432

Pati dret	Gespa amb <i>Populus</i>	781
Oest econòmiques	Gespa	137
Est econòmiques	Gespa i heures	328
Sudoest econòmiques	Gespa amb <i>Quercus</i>	415
Sudest econòmiques	Gespa	375
Sud econòmiques	Herba amb <i>Quercus</i> i <i>Pinus</i>	4365

Aquests espais enjardinats del campus són actualment gestionats per l'Oficina verda de la Universitat de Girona seguint les directius del Projecte de Jardineria Ecològica de la UdG. L'objectiu principal de la seva gestió és la de millorar l'estat dels jardins a través de millores ambientals però sense perjudicar les possibilitats d'ús d'aquests. El disseny del Pla Estratègic d'Ambientació de la Universitat de Girona està fet per l'Institut de Medi Ambient i l'encarregada de portar a cap el pla és l'Oficina verda.

La planificació de les segues es diferencien en dos depenen de concurrència de les parcel·les. Si la parcel·la no té gaire concurrència només es sega 2 cops l'any a finals de juliol i desembre, i en cas de molta concurrència, passa a 4 cops a l'any, al gener, març, juliol i octubre. En reduir el nombre de segues l'any, s'espera afavorir els cicles de floració de les flors silvestres i així ajudar a les comunitats de pol·linitzadors.

El clima de la zona d'estudi és considerat com a clima mediterrani, aquest clima es caracteritza per hiverns suaus i humits i estius càlids i secs (Lionello et al., 2006). És complicat definir les característiques generals del clima mediterrani a causa de la seva variància regional lligada a l'orografia específica de la regió, per això, les dades mostrades a continuació són específiques de la regió de Girona i no engloba a tots els territoris amb el mateix clima. Les dades aproximades habituals de Girona consisteixen d'una precipitació mitjana anual de 700 mm i una temperatura mitjana anual de 15 °C.

Però aquest any a la ciutat de Girona, la temperatura mitjana anual ha estat de 17 °C i la precipitació mitjana anual de 100 mm, el període de temps utilitzat per aquests valors han estat des de el Març de 2023 al Març de 2024 (Indicadors | Servei D'informació Estadística I D'anàlisi de Dades de la Ciutat de Girona: L'Observatori | Ajuntament de Girona, s. f.). Respecte als períodes en els que s'han realitzat el mostrejos, tardor de 2023 i primavera de 2024, les dades climàtiques han estat les següents:

Respecte a la tardor de 2023, la precipitació acumulada (Figura 2) ha estat molt inferior en comparació a la precipitació a la qual està habituada la zona d'estudi, això es deu als efectes del canvi climàtic, es tracta d'un dels anys més secs provocant un estat d'alarma regional per risc de sequera, a causa de la mala situació climàtica, només es va realitzar un mostreig durant la tardor, ja que els bolets són molt dependents de la humitat per poder créixer bé. Respecte a la primavera de 2024, s'ha donat el cas contrari a la tardor i la precipitació acumulada (Figura 3) ha estat superior al de les dades històriques, això ha provocat que el nombre de bolets mostrejats augmentés.

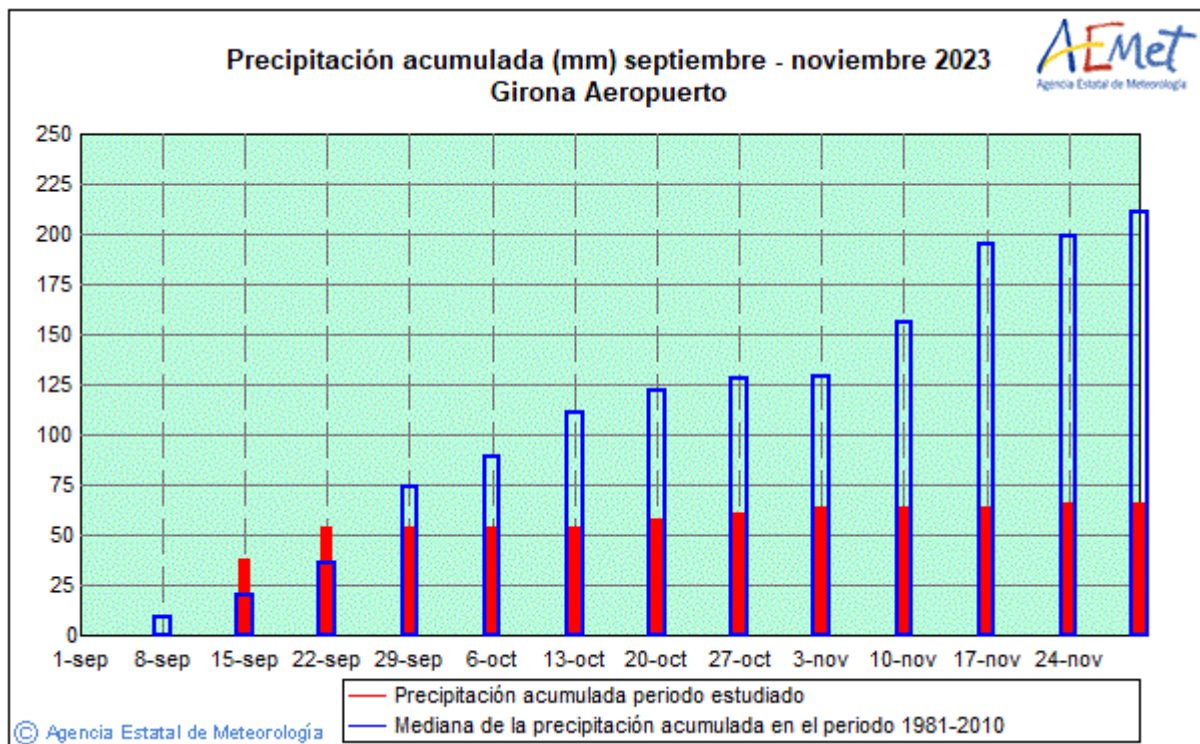


Figura 2. Precipitació acumulada durant la tardor de 2023 respecte a la del període 1981-2010 a l'estació meteorològica de l'Aeroport de Girona. **Font:** Meteorología, (s.d.b).

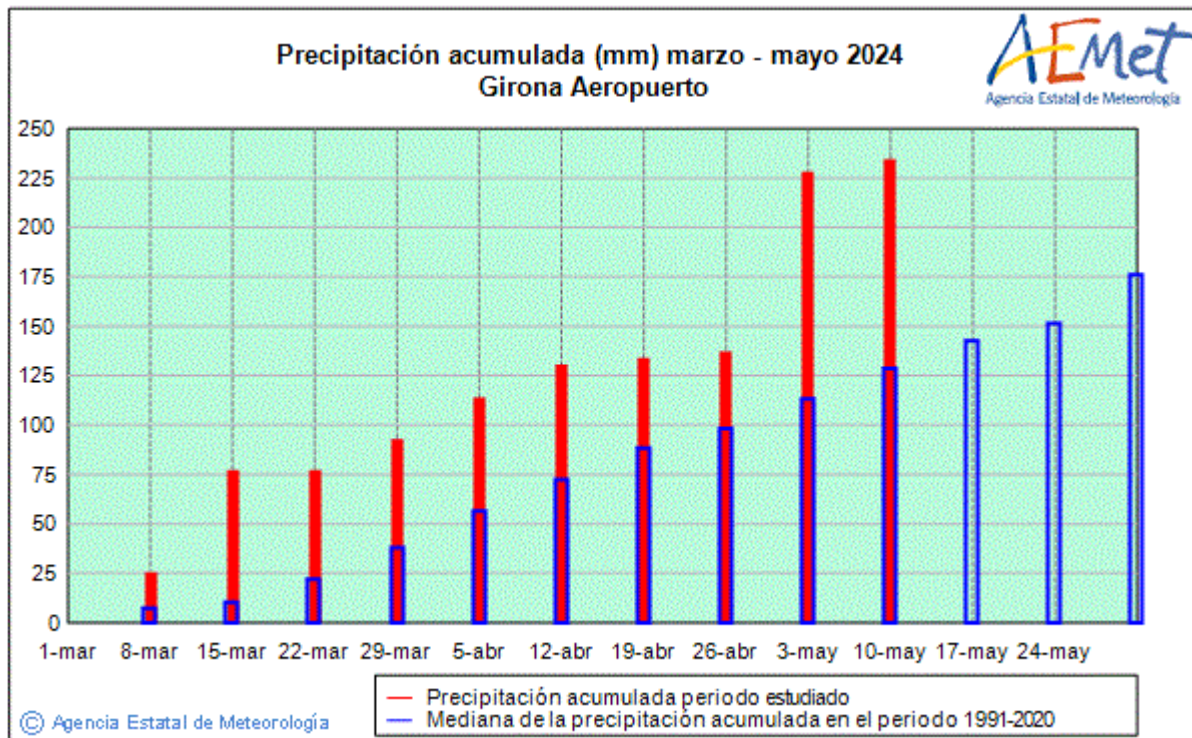


Figura 3. Precipitació acumulada durant la primavera de 2024 respecte a la del període 1981-2010 a l'estació meteorològica de l'Aeroport de Girona. **Font:** Meteorologia, (s.d.b).

3.2 Disseny experimental

Per realitzar l'inventari, s'han dut a terme tres mostrejos, un a finals de la tardor i principis d'hivern de 2023 (13/12/2023), i dos durant la primavera de 2024 (4/4/2024 i 7/5/2024). El primer mostreig es va dur a terme bastant tard per culpa de les males condicions climàtiques, la sequera no afavoria el creixement de bolets, i per això es va ajornar el mostreig a l'espera de millors condicions.

Primer s'han elegit les parcel·les que formaran part del mostreig i que s'han repetit durant els tres mostrejos aplicant el mateix esforç de mostreig en totes.

La identificació dels bolets es realitza in situ observant les característiques morfològiques del cos fructífer amb l'ajut de Carles Roqué i es realitza un comptatge exacte si es pot, en cas que el nombre sigui elevat es fa un comptatge aproximat. En els casos en què no va ser possible la identificació in situ, es van extreure un individu per al seu posterior estudi amb microscopi òptic.

3.3 Anàlisi de dades

Les dades de camp s'han traspassat posteriorment a un full de càlcul de Microsoft Excel on també s'ha ampliat amb altra informació rellevant sobre els bolets mitjançant una recollida de fonts bibliogràfiques, i s'ha ajuntat amb les dades dels mostrejos d'altres anys per obtenir informació més completa.

Per caracteritzar la comunitat fúngica de l'inventari, s'han elaborat taules on s'indiquen les abundàncies relatives dels bolets segons la família a la qual pertanyen i a la parcel·la en la que s'han trobat, a partir d'aquestes taules s'han elaborat gràfics de sectors.

Posteriorment, s'ha realitzat una breu descripció de les espècies més rellevants en l'inventari utilitzant l'Atlas de hongos de la Región de Murcia (Honrubia et al, 2018), l'Atlas micológico de la província de Zamora (Martín, 2020) i la Flora Micológica de Andalucía (Raya et al, 2018).

Per l'anàlisi de la diversitat s'han utilitzat l'índex de riquesa (S) que indica el nombre d'espècies totals presents en el nostre inventari, l'índex de Shannon-Wiener (H') i l'equitativitat.

L'índex de Shannon-Wiener que indica l'heterogeneïtat segons el nombre d'espècies presents i la seva abundància relativa i es pot entendre com a la probabilitat de trobar una espècie entre totes segons el nivell d'homogeneïtat d'aquestes, sent el cas de què hi hagi espècies molt dominants, aquestes serien més probables de trobar (Pla, 2006). Els seus valors poden anar des de 0 fins a 5.

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad (\text{eq. 1})$$

On:

p_i representa l'abundància relativa de cada espècie com el nombre d'individus de l'espècie respecte al total d'individus.

L'equitativitat relaciona la riquesa i l'abundància i permet veure com els individus es reparteixen entre les espècies comptades en la mostra (Belenguer et al., 2018). Els seus valors van de 0 a 1.

$$E = \frac{H'}{\ln S} \quad (\text{eq.2})$$

On:

H' representa l'índex de Shannon-Wiener calculada anteriorment.

S representa l'índex de riquesa que correspon al nombre d'espècies totals de l'inventari.

4. Resultats

4.1 Caracterització de la comunitat

L'inventari consta de 22 espècies en total de 10 famílies diferents i estan recollides en la Taula 2. Les abundàncies estan anotades amb comptatge exacte excepte si són més de 50 o 100 individus on es posa com a estimació. L'ecologia està dividida en sapròfits, micorrízics i paràsits.

Taula 2. Inventari micològic dels espais enjardinats del Campus de Montilivi amb la seva informació bàsica. **Font:** Elaboració pròpia.

Espècie	Grup	Família	Hàbitat	Ecologia	Abundància
<i>Agaricus campestris</i>	Basidiomycota	Agaricaceae	Gespa	Sapròfit	30
<i>Bovista plumbea</i>	Basidiomycota	Agaricaceae	Gespa	Sapròfit	3
<i>Lepiota brunneoincarnata</i>	Basidiomycota	Agaricaceae	Herba sota <i>Pinus</i>	Sapròfit	2
<i>Lycoperdon pratense</i>	Basidiomycota	Agaricaceae	Gespa	Sapròfit	3
<i>Tulostoma brumale</i>	Basidiomycota	Agaricaceae	Gespa	Sapròfit	5
<i>Tulostoma fimbriatum</i>	Basidiomycota	Agaricaceae	Gespa	Sapròfit	9
<i>Conocybe tenera</i>	Basidiomycota	Bolbitiaceae	Gespa	Sapròfit	2
<i>Trametes hirsutus</i>	Basidiomycota	Coriolaceae	Soca de <i>Populus</i>	Sapròfit	4
<i>Entoloma sericeum</i>	Basidiomycota	Entolomataceae	Gespa	Sapròfit	1
<i>Inocybe fastigiata</i>	Basidiomycota	Inocybaceae	Herba i sòl	Micorrízic	4
<i>Lyophyllum decastes</i>	Basidiomycota	Lyophyllaceae	Gespa i heures	Sapròfit	2
<i>Marasmius oreades</i>	Basidiomycota	Marasmiaceae	Gespa	Sapròfit	>200
<i>Coprinus comatus</i>	Basidiomycota	Psathyrellaceae	Gespa	Sapròfit	5
<i>Psathyrella candolleana</i>	Basidiomycota	Psathyrellaceae	Gespa i herba	Sapròfit	38
<i>Psathyrella olympiana</i>	Basidiomycota	Psathyrellaceae	Arrel <i>Populus</i> <i>alba</i>	Sapròfit	7
<i>Psathyrella prona</i>	Basidiomycota	Psathyrellaceae	Gespa	Sapròfit	3
<i>Psathyrella spadicea</i>	Basidiomycota	Psathyrellaceae	Tronc	Sapròfit	2
<i>Psathyrella spadiceogrisa</i>	Basidiomycota	Psathyrellaceae	Gespa	Sapròfit	1
<i>Scleroderma areolatum</i>	Basidiomycota	Sclerodermataceae	Sòl	Micorrízic	8
<i>Agrocybe pediades</i>	Basidiomycota	Tubariaceae	Gespa	Sapròfit	1
<i>Agrocybe vervacti</i>	Basidiomycota	Tubariaceae	Herba	Sapròfit	3

<i>Cyclocybe aegerita</i>	Basidiomycota	Tubariaceae	Troncs de <i>Populus alba</i> i <i>P. nigra</i>	Sapròfit	18
---------------------------	---------------	-------------	---	----------	----

Respecte a grup, totes les espècies que s'han trobat corresponen al grup dels Basidiomycota. La família més abundant correspon a Marasmiaceae amb un 60% tot i només haver-se trobat una sola espècie, però amb una estimació de més de 200 per aquesta (Figura 4). Seguit de Agaricaceae i Psathyrellaceae que estan al voltant del 15% les dues, que a més són les que presenten major nombre d'espècies també. Finalment, amb quasi un 6% trobem Tubariaceae i el 6% restant correspon a les 6 famílies que queden que tenen una abundància menor.

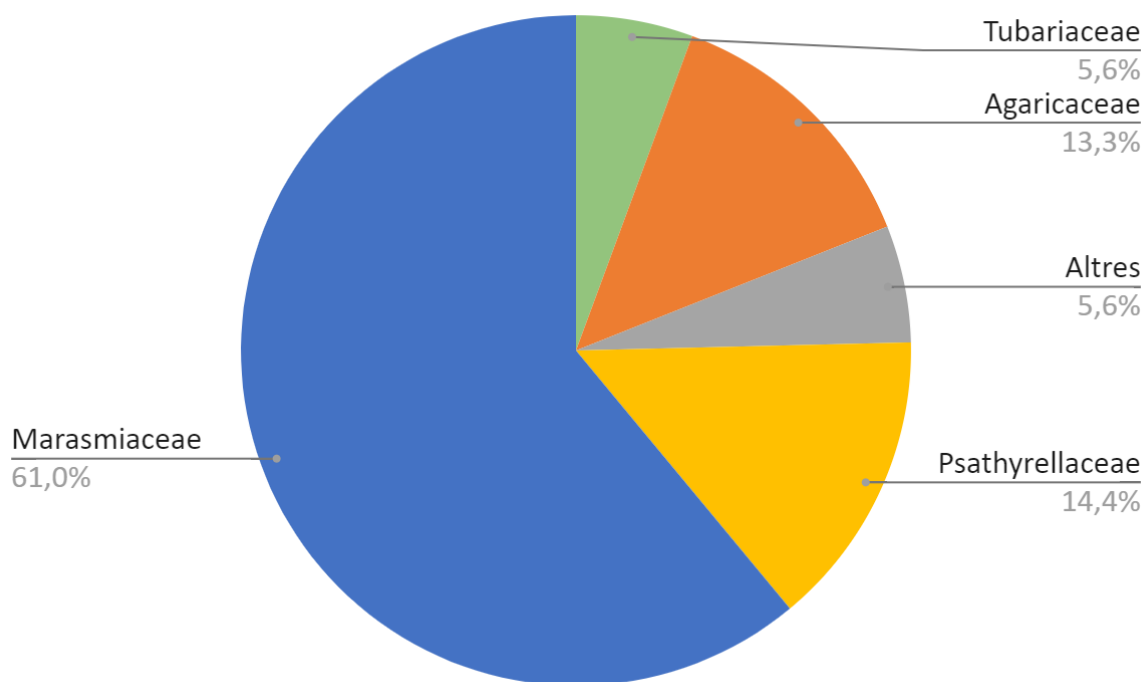


Figura 4. Gràfic de sectors que representa les abundàncies de les diferents famílies inventariades en els espais enjardinats del Campus de Montilivi. **Font:** Elaboració pròpia.

Respecte a l'ecologia, només s'han trobat dues espècies micoríziques que representa el 9% d'espècies totals (Taula 2) i cap de paràsita. Considerant la tipologia del terreny inventariat, consistent de prats o gespa amb molt poques plantes vasculares, ja era d'esperar que el nombre de micoríziques fossin bastant menors en comparació a les sapròfites.

4.1.1 Sapròfits

S'han observat 8 famílies saprofítics diferents i contenen 20 espècies que representa el 90% de les espècies inventariades. A continuació es presenten les famílies inventariades amb una breu descripció de les espècies més abundants.

AGARICACEAE

Tercera família amb major abundància relativa, formant un 20% del total (Figura 4) i conté dos de les cinc espècies amb major abundància.

Agaricus campestris L.: Fr. (Figura 5a) fructifica tant a la primavera com a la tardor posteriorment a dies de pluja continuada, és típica de parcs i jardins. En aquest inventari s'ha trobat només a la primavera que ha plogut en tres parcel·les diferents consistents de gespa. Es tracta d'un bolet comestible d'alta qualitat també conegut com a xampinyó silvestre o camperol.

Tulostoma fimbriatum Fr. (Figura 5b) bolet que fructifica durant tot l'any en zones ruderals, molt similar morfològicament a *Tulostoma brumale* Pers.: Pers. (Figura 5c) també trobat en aquest inventari. Totes dues espècies s'han trobat en parcel·les amb predominança de gespa. No té interès culinari i és fàcil de reconèixer perquè és un sac que en pressionar expulsa un núvol d'espores des de l'orifici situat al barret del bolet.





Figura 5. a) Foto de *Agaricus campestris* b) Foto de *Tulostoma fimbriatum* c) Foto de *Tulostoma brumale* (extreta d'Honrubia et al, 2018).

MARASMIACEAE

Tot i que en l'inventari només s'ha trobat una única espècie d'aquesta família, és amb diferència la més abundant arribant quasi al 40% de l'abundància total relativa amb més 100 bolets estimats.

Marasmius oreades (Bolton: Fr.) Fr. (Figura 6) comunament conegut com a cama-sec, és un bolet comestible amb bastant interès culinari i que pot fructificar durant tot l'any excepte en hiverns freds formant erols a partir del miceli inicial.



Figura 6. Foto de *Marasmius oreades* (extreta de Raya et al, 2018).

PSATHYRELLACEAE

És la família amb major nombre d'espècies junt amb Agaricaceae i també té una abundància propera al 20% (Figura 4), conté la segona espècie més abundant de l'inventari (Taula 2).

Psathyrella candolleana (Fr.) Maire (Figura 7a) sol créixer sobre restes de fusta o bases d'arbres, en aquest inventari es va trobar en herba en dues parcel·les on es troben alguns

Pinus i *Quercus solitaris* en una i *Populus* en l'altre. Tot i ser comestible, no té gaire interès culinari.

Psathyrella olympiana A.H. Sm. (Figura 7b) bolet que creix típicament sobre restes de fusta i en aquest inventari estava creixent sobre les arrels de *Populus alba* a la parcel·la Sud de ciències. No és un bolet comestible i, per tant, tampoc té interès culinari.



Figura 7. a) Foto de *Psathyrella candolleana*. b) Foto de *Psathyrella olympiana* (extreta d'Honrubia et al, 2018).

TUBARIACEAE

Quarta família més abundant amb un 10% i la tercera amb major nombre d'espècies. Inclou la quarta espècie més abundant de l'inventari.

Cyclocybe aegerita (V. Brig.) Vizzini (Figura 8) sol créixer en troncs d'arbres i en aquest inventari s'ha mostrejat tant en *Populus alba* com en *Populus nigra* en dues parcel·les diferents. És comestible i té bastant interès culinari.



Figura 8. Foto de *Cyclocybe aegerita* (extreta de Martin et al, 2020).

4.1.2 Micorrízics

S'han inventariat dos espècies de dos famílies diferents, tot i això, entre les dos engloben quasi un 5% de l'abundància relativa total (Figura 4), ja que superen en abundància a la majoria d'espècies de sapròfits inventariats (Taula 2).

INOCYBACEAE

Inocybe fastigiata (Sch.: Fr.) Qué. (Figura 9) és un bolet micorríctic típic de parcs i jardins que creix sobre el sòl i se'l relaciona normalment amb arbres del gènere *Pinus*, en aquest inventari no s'ha trobat relacionat amb cap arbre en concret sinó en una parcel·la amb predominança de gespa com la Politècnica. Es tracta d'una espècie tòxica que pot produir la síndrome muscarínica pel fet que conté muscarina.



Figura 9. Foto de *Inocybe fastigiata* (extreta d'Honrubia et al, 2018).

SCLERODERMATACEAE

Scleroderma areolatum Ehrenb. (Figura 10) és un bolet que creix en sòls amb abundant matèria orgànica morta i típic de boscos de coníferes. En aquest inventari s'ha trobat en el sòl en una parcel·la propera a la zona boscosa del campus com és el jardí de roques. És comestible en estat juvenil quan l'interior encara és blanc tot i que no té gaire interès culinari.



Figura 10. Foto de *Scleroderma areolatum* (extreta de Martin et al, 2020).

Respecte a la distribució d'abundàncies en les diferents parcel·les, hi ha una clara diferència entre elles. Més del 50% de l'abundància total està compresa en dues parcel·les i més del 75% en quatre, de fet, es podria dir que són només sis parcel·les les que tenen una abundància destacable en comparació a les altres nou, sobretot tenint en compte que en algunes no s'han trobat bolets (Figura 11). Cal destacar també que les parcel·les amb major abundància són també les que tenen major superfície, Politècnica, Sud barracons i Sud econòmiques, sent aquesta última inferior en abundància i amb una vegetació predominant diferent. També cal destacar l'elevada abundància d'Oest de ciències tenint en compte que té una superfície inferior a les altres amb major abundància.

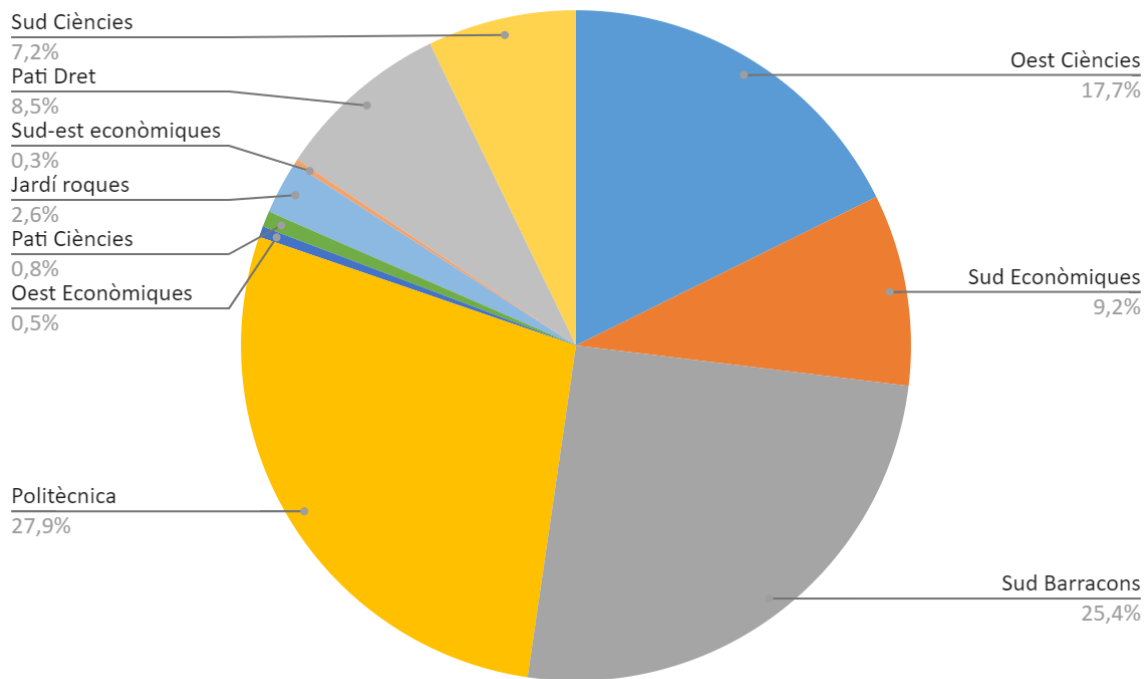


Figura 11. Gràfic de sectors que representa les abundàncies de cada parcel·la inventariada en el Campus de Montilivi. **Font:** Elaboració pròpia.

Finalment respecte a les diferències entre les dos estacions en les que s'han realitzat els mostrejos, més del 93% dels bolets s'han trobat a la primavera i només el 7% restant a la tardor (Figura 12). De les quatre espècies trobades a la tardor només *Tulostoma brumale* i *Trametes hirsutus* no s'han trobat també durant la primavera.

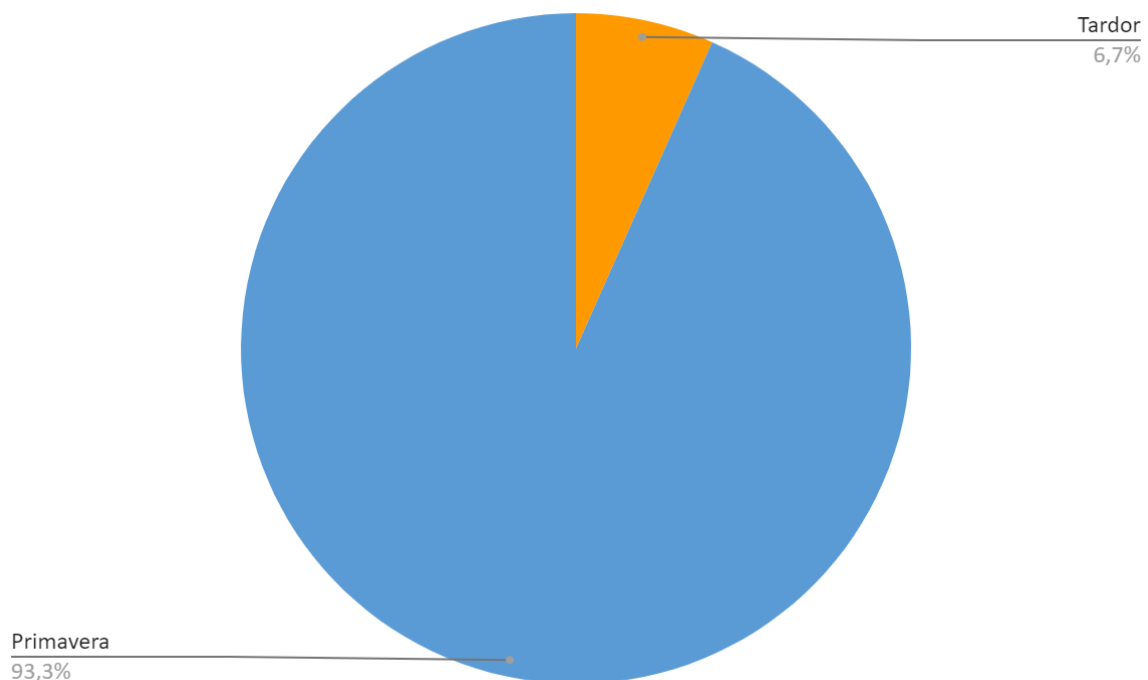


Figura 12. Gràfic de sectors que representa l'abundància relativa de cada estació del any en la que s'ha realitzat els mostrejos. **Font:** Elaboració pròpia.

4.1 Diversitat

Per veure la diversitat present en el Campus de Montilivi s'han utilitzat tres índexs, la riquesa (S) que indica el nombre d'espècies diferents presents, l'índex de Shannon-Wieber (H') i l'Equitativitat, els resultats es poden veure a la Taula 3.

Respecte a l'índex de Shannon-Wieber s'ha obtingut un valor de 1.74, els valors inferiors a 2 es consideren indicadors d'una diversitat baixa, entre 2 i 3.5 com a diversitat normal i d'aquest fins a 5 com a diversitat alta. Per tant, l'índex de Shannon-Wieber obtingut indica una diversitat en l'inventari baixa però propera a normal.

L'equitativitat obtinguda és de 0.56, això indica que la comunitat de l'inventari presenta una dominància significativa i, per tant, no totes les espècies tenen les mateixes probabilitats d'aparèixer a la comunitat, aquest valor és tan baix pel fet que sí que hi ha espècies que presenten una abundància superior a altres.

Taula 3. Valors dels índex de diversitat de la comunitat fúngica del inventari. **Font:** Elaboració pròpia.

Riquesa (S)	22
Índex de Shannon (H')	1.74
Equitativitat (E)	0.56

5. Discussió

L'inventari d'aquest any 2023-24 ha constatat de 22 espècies de 10 famílies diferents, uns valors inferiors als del darrer estudi (2022-2023) i que segueix una tendència preocupant. Aquests resultats i la tendència a la baixa ja esmentada es pot atribuir a diferents factors:

Per començar, el més important quant a impacte en els resultats, seria el canvi climàtic, la tendència en el territori de Catalunya és preocupant sobretot aquest any que s'ha activat l'estat d'alarma per sequera durant tota la segona meitat del 2023 i principis de 2024 fins a mitjans de primavera bàsicament. La falta d'aigua per absència de pluges durant la tardor ha tingut un impacte directe en la presència de bolets durant aquesta estació, com es pot veure en la Figura 12, només un 6,7% dels bolets que formen l'inventari s'han trobat a la tardor i més de la meitat d'aquests són *Marasmius oreades* que és un bolet molt abundant com es pot veure en la Figura 4. Hi ha una clara diferència, però en els resultats de la primavera, no només perquè s'han realitzat dos mostrejos en lloc d'un, la raó d'això és precisament perquè a causa de la sequera es va decidir no realitzar-ne més durant la tardor, sinó perquè durant els mesos de març i abril les pluges han sigut bastant abundants, superiors als d'altres anys (Figura 2).

Uns altres factors climàtics importants són els vents secs i l'alta temperatura, el Campus de Montilivi es troba en una regió geogràfica on es produeixen vents forts i secs com la Tramuntana que junt amb temperatures elevades disminueix molt l'acumulació d'humitat en el sòl, cosa que es veu accentuada per la falta de pluges. La humitat és un factor molt important pel creixement de bolets si no el que més.

També és important tindre en compte la naturalesa dels espais enjardinats en els quals s'ha realitzat l'inventari, són zones amb un alt impacte humà, ja que no només estan sota gestió humana sinó que a més tenen un ús per activitats d'esbarjo on els bolets corren el risc de ser trepitjats i el terreny és alterat.

Tots els bolets corresponen al grup de Basidiomycota que ja es podia preveure, ja que l'inventari és a partir dels cossos fructífers i només aquests i els Ascomycota en produeixen essent els últims menys abundants. La família més abundant és Marasmiaceae amb una sola espècie que és *Marasmius oreades* amb un 60% del total de l'inventari, es tracta d'una espècie típica del Campus de Montilivi en què se sol trobar cada any en aquestes zones, però altres anys no ha sigut tan abundant com aquests, clarament ha estat el principal beneficiat de les pluges de la primavera, és una espècie típica de prats junt amb *Agaricus campestris* (Cuesta, 2003) formant els típics erols. La poca presència d'espècies micoríziques és normal tenint en compte la poca abundància d'arbres en la zona d'estudi composta d'individus solitaris de *Populus*, *Quercus*, *Pinus* i *Cupressus*, hi ha una dominància total de sapròfits que es veuen beneficiats per l'abundant matèria orgànica morta del substrat que prové dels arbres ja mencionats i de la gespa i altres herbes que recobreixen la superfície i possibles restes orgàniques que puguin deixar caure les persones que estiguin utilitzant la zona.

Les abundàncies en les diferents parcel·les presenten diferències clares, en 5 de les 15 parcel·les no s'ha trobat cap bolet incloent Oest de barracons i Sud-oest d'econòmiques que tenen una superfície considerable al voltant dels 420 m². Hi ha tres parcel·les amb una abundància molt superior al de la resta, la Politècnica és la segona parcel·la amb major superfície i la seva gran abundància es deu a *Marasmius oreades* que durant la primavera que ha plogut ha format grans erols fent que el nombre de bolets es disparés amb una estimació de més de 100, a Sud de barracons i Oest de ciències ha passat el mateix amb estimacions de més de 50 en cada un de *Marasmius oreades*. Sorpren la baixa abundància de Sud d'econòmiques en comparació a les anteriors pel fet que és la parcel·la amb major superfície i a priori es podria pensar que la presència d'arbres solitaris beneficiaria l'aparició de bolets amb la possible formació de relacions micoríziques i l'aportació de matèria orgànica, però sembla que la diferència en la vegetació predominant canviant la gespa per herbes de prat té un major impacte, sobretot per a l'aparició de *Marasmius oreades*. En canvi, a la parcel·la de Jardí de roques sí que han aparegut alguns bolets micorrízics de l'espècie *Scleroderma areolatum*, però a certa distància del bosc i, per tant, no es té clara amb quina espècie vegetal està relacionada la seva aparició. També cal destacar la parcel·la de Pati de Dret que a la primavera ha presentat una elevada abundància de *Psathyrella candolleana* que tot i no ser una espècie micorízica sí que es pot relacionar amb els *Populus* presents respecte a l'aportació de matèria orgànica i a les arrels que fan de substrat. A la parcel·la del Sud de ciències s'hi troba una comunitat fúngica molt diferent de la resta, això es deu al fet que les arrels dels *Populus* sobresurten bastant del sòl i creant un substrat idoni per a bolets que prefereixen les restes de fusta per créixer com *Cyclocybe aegerita* (Kuo, 2021).

Respecte a la diversitat de la comunitat de bolets present en el Campus de Montilivi, l'índex de Shannon-Wieber indica que està una mica per sota del considerat normal i l'equitativitat indica una dominància significativa, de *Marasmius oreades* bàsicament, això ens indica que aquesta dominància ha disminuït el grau de diversitat de la comunitat i, per tant, no assoleixi valors més elevats que es considerarien com a normals. Tot i això, la baixa diversitat no és deguda únicament al fet que hi ha espècies que són molt dominants que afecten l'aparició d'altres espècies o al seu creixement, sinó que es deu a altres factors ja s'han explicat anteriorment com les males condicions climàtiques de la tardor i al creixement ràpid de *Marasmius oreades* en un hàbitat idoni per a l'espècie quan les condicions climàtiques varen millorar durant la primavera, cosa que ha augmentat el biaix en les abundàncies.

6. Conclusion

It is difficult to consider this inventory as a good representation of the real fungal community of the study area, the bad weather conditions of autumn have greatly affected the number of mushrooms that have fructified and the number of species that have been able to adapt to the almost extreme drought conditions to which they have been subjected, Besides these bad conditions have also conditioned the days available for sampling, since we knew that we would not find many individuals, in the end only one sampling has been done during the fall, which is not enough effort to include all the species that have been able to fructify during such a long period of time and the bad conditions. But during the spring, the weather conditions have favored the fruiting of mushrooms and this has been reflected in the increase in the abundances found during the spring sampling, it should also be noted that the continuous rains have had a direct impact on the use that has been given in the landscaped areas, since they greatly limit the activities that can be performed without getting wet and, therefore, the alteration on the ground has been less.

It must be said that in order for the inventory to be truly representative of the community present on the Montilivi Campus, it is necessary to continue sampling annually for a longer period of time, currently only three consecutive years have been carried out, and over time the record will be much more extensive and accurate. It would also be good to be able to complement the sampling with soil sequencing studies in order to detect species that do not produce fruiting bodies or that have not produced fruiting bodies due to poor conditions.

Finally, it must be said that in terms of diversity it is not a very rich biome, there is a total dominance of saprophytic species and a very low number of mycorrhizal species, not to say the null presence of parasitic species, this greatly reduces the diversity of roles that are performed in the ecosystem, greatly limiting the capacity of enrichment of these. Regarding climate change, the evolution of this in the study region is of concern because it has a direct negative impact on the fungal community as we have seen during the fall and this negative trend may eventually lead to the extinction of species in the ecosystem.

7. Bibliografia

- Alonso Díaz, J., & Rigueiro Rodríguez, A. (2020). Catálogo da macromicobiota das montañas do Courel (Galicia, NO España). *Universidade de Santiago de Compostela, Lugo*.
- Barr, D. J. (1992). Evolution and kingdoms of organisms from the perspective of a mycologist. *Mycologia*, 84(1), 1-11.
- Belenguer, C. L., Costa, I. B., & Balbuena, J. A. (2018). Més enllà del recompte d'espècies: una nova manera d'enfocar la biodiversitat. *Mètode: Revista de difusió de la investigació*, 98, 46-51.
- Bissett, J., Borkent, A., Pirozynski, K. A., & Hawksworth, D. L. (1988). Coevolution of fungi with plants and animals.
- Carbó, J., Pérez-De-Gregorio, M. À., Roqué, C., Torrent, A. (2020) Estudi de la micoflora dels parcs periurbans de la ciutat d'Olot: Parc Nou, la Moixina i la Deu. Olot: Consorci de Medi Ambient i Salut Pública de la Garrotxa, SIGMA; Ajuntament d'Olot; Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa. 72 p
- Cuesta, J. (2003). Ecología de los hongos. *Foresta*, 23, 22-34.
- Dix, N. J. (Ed.). (2012). *Fungal ecology*. Springer Science & Business Media.
- Freire, N. (2024, 8 marzo). El «Efecto Matilda» o la invisibilización histórica de las mujeres científicas. [www.nationalgeographic.com.es. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/efecto-matilda-invisibilizacion-mujeres-en-la-ciencia_21744](https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/efecto-matilda-invisibilizacion-mujeres-en-la-ciencia_21744)
- Hawksworth, D. L. (2001). The magnitude of fungal diversity: the 1· 5 million species estimate revisited. *Mycological research*, 105(12), 1422-1432.
- Honrubia, M., Zamora, M., Gutiérrez, A., Morte, A. (2018). *Atlas de hongos de la Región de Murcia*.
- ICGC (s. d. b). Vissir. [Visor de consulta de geoinformació de l'ICGC]. <http://www.icc.cat/vissir3/>
- Indicadors | Servei d'informació estadística i d'anàlisi de dades de la ciutat de Girona: L'Observatori | Ajuntament de Girona. (s. d. b).*
<https://terra.girona.cat/apps/observatori/indicadors/#territori/meteorologia>
- Kuo, M. (2021, Desembre). *Agrocybe and Cyclocybe. MushroomExpert.Com* Recuperat el 19-05-2024 de: <http://www.mushroomexpert.com/agrocybe.html>
- Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., Boscolo, R., Alpert, P., Artale, V., Li, L., ... & Xoplaki, E. (2006). The Mediterranean climate: an overview of the main characteristics and issues. *Developments in earth and environmental sciences*, 4, 1-26.
- Martín, B. (2020). *Atlas micológico de la provincia de Zamora*.
- Meteorología, A. E. (s. d. b). Servicios climáticos - Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España. Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España.
<https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos>

Moore, D., Gange, A. C., Gange, E. G., & Boddy, L. (2008, January). Fruit bodies: their production and development in relation to environment. In *British Mycological Society Symposia Series* (Vol. 28, pp. 79-103). Academic Press.

Mueller, G. M. (2011). *Biodiversity of fungi: inventory and monitoring methods*. Elsevier.

Pirozynski, K. A., & Dalpe, Y. (1989). Geological history of the Glomaceae with particular reference to mycorrhizal symbiosis. *Symbiosis*.

Pirozynski, K. A., & Malloch, D. W. (1975). The origin of land plants: a matter of mycotrophism. *Biosystems*, 6(3), 153-164.

Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583-590.

Raghukumar, S., & Raghukumar, S. (2017). Fungi: Characteristics and classification. *Fungi in coastal and oceanic marine ecosystems: Marine fungi*, 1-15.

Raya, L. Moreno B. (2018). *Flora Micológica de Andalucía*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Junta de Andalucía, Sevilla.

Unesco. (2021). *UNESCO science report the race against time for smarter development*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

Watkinson, S. C., Boddy, L., & Money, N. (2015). *The fungi*. Academic Press.

Webster, J., & Weber, R. (2007). *Introduction to fungi*. Cambridge university press.

Wessels, J. G. (1993). Fruiting in the higher fungi. *Advances in microbial physiology*, 34, 147-202.