

¡Conviértite en ciudadan@ científicu!

Gracias a la observación de los líquenes urbanos polos participantes y a l'axuda de los espertos, vamos poder conocer el grau de contaminación al que los ciudadanos tamos espuestos.



Los líquenes urbanos como herramienta pa la reflexión educativa al rodiu de la calidá del aire na nuesa ciudá. Un ensayu n'Uviéu

Por **Antonio Torralba-Burrial**

Departamentu de Ciencies de la Educación
Institutu de Recursos Naturales y Ordenación del Territoriu (Indurot)
Universidá d'Uviéu

Eduardo Cires

Departamentu de Biología d'Organismos y Sistemes (Botánica)
Institutu de Recursos Naturales y Ordenación del Territoriu (Indurot)
Universidá d'Uviéu

Sergio Pérez-Ortega

Departamentu de Micología
Real Xardín Botánicu de Madrid
Conseyu Superior d'Investigaciones Científiques (CSIC)

LA CALIDÁ DEL AIRE, ELEMENTU D'ESMOLICIÓN AMBIENTAL NES CIUDAES

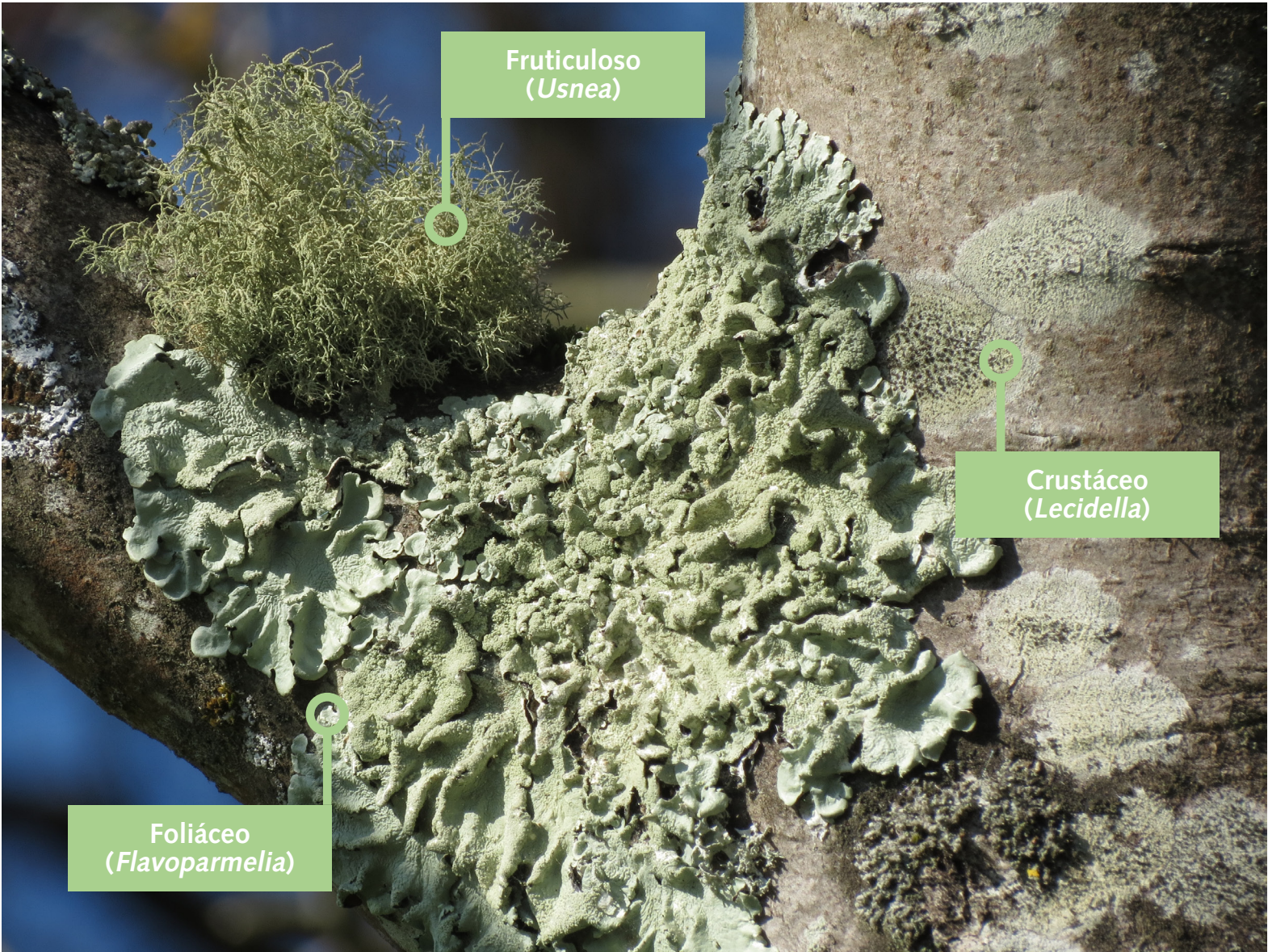
La esposición a la contaminación atmosférica ambiental asóciase con una medra importante na morbilidad y mortalidá (Cohen *et al.*, 2017). Cierto ye que n'Europa hubo una reducción importante d'emisiones nes ciudaes no que llevamos de sieglu, algamando valores compatibles colos niveles de regulación europeos d'anguaño, pero no referente a les partícules de tamañu pequeñu (PM_{2,5}), anguaño, más del 40 % de les estaciones de midida n'Europa nun algamen les llendes que deberíen tener en 2030, y namás un 8 % cumple coles llendes actuales de la OMS pa la protección de la salú humana (EEA, 2025). Esti amenorgamientu nos niveles permitíos de contaminantes atmosféricos xeneró una disminución na contaminación qu'implica una reducción del númberu de muertes estimaes venceyaes a la respiración d'esos partícules na población urbana europea (Sicard *et al.*, 2021), aunque siguen representando una mortalidá prematura añal pa más d'un quartu de millón de persones na Xunión Europea (EEA, 2023).

Los episodios de contaminación atmosférica elevada recurrentes nes nuses ciudaes tamién xeneren un sentimientu de preocupación social pola situación y el tema (Grossberndt *et al.*, 2021). Nesti marcu, poder contribuyir al estudiu de la calidá del aire, poder conocer de primer mano los datos, cómo algamarlos y analizalos, cómo facer ciencia con ellos, puen representar factores que motiven a la sociedá en xeneral —y al alumnáu y comunidá educativa en particular— a interesase por proyeutos de **ciencia ciudadana** que los emponderen y-yos permiten ser parte activa d'esti conocimientu. De fechu, plantegóse qu'esos posibilidaes conviertan la ciencia ciudadana nuna ferramienta anovadora y potencialmente mui útil pa facilitar la motivación y el deprendimientu de la ciencia tanto n'entornos formales como informales (Torralba-Burrial, 2021).

LLIQUES Y CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Los lliques, el fenotipu simbióticu de fungos que cultiven algues (Lücking *et al.*, 2021), resulten mui afayadizos pa valorar contaminantes del aire estremaos, existiendo especies más sensibles y otres más tolerantes a la contaminación, lo que permite crear escales nesa sensibilidá qu'indiquen el nivel de contaminación ambiental. Puen rastrexase propuestas pal so usu como indicadores yá dende'l sieglu XIX (Nimis *et al.*, 2002), magar que la so estandarización ye dalgo más de recién. Delles veces, la propia estructura del llique pue dar una idea superficial de la so sensibilidá, siendo en xeneral más sensibles a la contaminación los lliques fruticulosos (los que tienen una estructura que nos recuerda a un arbustu pequeñu) que los crustaceos (los que formen una costra enriba la superficie na que crecen), teniendo los foliaceos una sensibili-

El proyeutu LiquenCity-2 anima a convertise en ciudadanos científicos, yá qu'al traviés de la observación de lliques urbanos podemos estimar el grau de contaminación al que tamos espuestos nes nuses cais y contornes escolares.



ABAXO

Figura 1. Según la estructura del so talu, los lliques puen ser fruticulosos, foliaceos o crustaceos. Semeya d'A. Torralba.

dá intermedia (talú paecíu a una fueya) (Figura 1). Pero, como vamos ver más alantre, les diferencies de sensibilidá ente especies en realidá sobrepasen con muncho esa clasificación tan simple. N'otros países, tamién s'echaron a andar proyeutos de ciencia ciudadana con éxitu (Abas, 2021; Thakur *et al.*, 2024), mui especialmente nel Reinu Xuníu (Welden *et al.*, 2018), onde yá había manuales p'aficionaos a finales del sieglu pasáu (Richardson, 1992).

Teniendo en cuenta la dificultá d'identificación de munches especies pa la persona non especialista, entiéndese que nun ye fácil pasar d'un análisis fechu por un lliquenólogo espertu a otu nel qu'intervenga la ciudadanía en xeneral y, inclusive, l'alumnáu, alloñaos d'esi conocimientu profesional. L'análisis d'esos esperiencias previes permite estrayer dalgunes conclusiones útiles de cara a meyorar la implementación d'esos proyeutos con ciudadanía implicada. Per una parte, la identificación a partir de semeyes d'un númberu ampliu d'especies de lliques nun resulta posible, xenerando sesgos, especialmente cuando implica a non especialistas (Counoy *et al.*, 2023; Munzi, Isocrono & Ravera, 2023). Pela contra, l'usu d'un númberu reducíu d'especies, estandarizáu ya implicando delles que se puean llocalizar ya identificar con facilidá, amás de contar cola confirmación d'especialistes, pue facese con éxitu (Munzi, Isocrono & Ravera, 2023).

IMPLEMENTACIÓN DEL PROYEUTU LIQUENCITY-2 N'UVIÉU

El proyeutu *LiquenCity-2* (<http://www.liquen-city2.org/>) ye un proyeutu de ciencia ciudadana escolar nel que la comunidá educativa emplega los lliques urbanos como indicadores de la calidá del aire de los sos barrios y ciudaes (ver semeya de portada del artículu). Financiáu pola

Tolerantes



Xanthoria parietina



Physcia adscendens



Hyperphyscia adglutinata

Intermedios



Flavoparmelia caperata



Melanelixia subaurifera



Punctelia subrudecta

Más sensibles



Parmelia sulcata



Parmotrema sp.



Ramalina farinacea

IZQUIERDA

Figura 2. Les nueve especies de lliques escoyíes na ciudá d'Uviéu pa poner en práutica el proyeutu LiquenCity-2, pola so relativa facilidá d'identificación, calter llamaderu y sensibilidá diferencial a la contaminación. D'izquierda a derecha y d'arriba a abaxo: lliques d'alta tolerancia a la contaminación: Xanthoria parietina, Physcia adscendens y Hyperphyscia adglutinata; lliques de tolerancia intermedia a la contaminación: Flavoparmelia caperata, Melanelixia subaurifera y Punctelia subrudecta, y lliques con muncha sensibilidá a la contaminación: Parmelia sulcata, Parmotrema sp. y Ramalina farinacea.

Semeyes de Hyperphyscia aglutinata y Ramalina farinacea feches por Sergio Pérez-Ortega. El restu tán feches por Antonio Torralba-Burrial.

Fundación Española pa la Ciencia y la Teunoloxía (FECYT) y dirixíu pol Real Xardín Botánicu de Madrid (CSIC), participa nél la seición española del Sistema Global d'Información sobre Biodiversidá (GBIF), cuatro universidaes (Barcelona, Navarra, Uviéu y Vigo), l'Institutu de Ciencies del Mar (ICM-CSIC) y l'asociación Terrabiota. Ye una segunda parte del proyeutu de ciencia ciudadana LiquenCity, que se sacó alantre con escelentes resultaos de participación de la comunidá educativa en Madrid y Barcelona (Berlinches de Gea & Pérez-Ortega, 2020).

En LiquenCity-2 plantegóse ampliar la metodoloxía pa poder incorporar tres ciudaes de tamañu medianu (Uviéu, Pamplona y Pontevedra) con una mayor autonomía de la ciudadana participante, n'especial centros educativos, y la reducción de les especies a valorar a les que pudieran identificase al traviés de semeyes con meyores garantías d'éxitu y presentaran estremaes sensibilidaes a la calidá del aire.

Nel casu d'Uviéu, seleicionáronse nueve especies de lliques epífitos, que crecen sobre los árboles urbanos, que resulten relativamente cencielllos d'identificar y que presenten tres niveles distintos de tolerancia a la contaminación del aire (tres lliques seleicionaos por cada nivel): alta, media y baxa (Figura 2).

Ente les especies más tolerantes a la contaminación, probablemente la que resulte más llamadera visualmente ye Xanthoria parietina, un llique foliaceu con colores mariellos, mariellos anaranxaos o averdosaos, según la humedá qu'heba cuando lu observemos y el nivel d'esposición al sol nel que s'alcuentre, y sobre'l que destaquen les sos estructures reproductores (apotecios) más o menos circulares. Resulta mui común nes ciudaes asturianas, pudiendo vivir non solo sobre árboles, sinón tamién en bancos, muros ya inclusive estructures de plásticu.

Physcia adscendens ye un llique foliaceu de menor tamañu, d'un color grisaceo, gris azuláu o gris verdoso, con unos talos que tienen forma de llóbulos pequeños o fueyines estreches y ramificaes, con unos pelinos (cilios) nos bordes. En dalgunos llóbulos presenten unes estructures abultaes de reproducción vexetativa (soralios) en forma de cascu. Pue confundise con otres especies del so mesmu xéneru pero que tamién presenten una tolerancia alta a la contaminación.

Hyperphyscia adglutinata ye'l tercer llique seleicionáu ente los más tolerantes a la contaminación. Foliaceu pero escasamente separtáu del substratu, presenta un color grisaceo más averdoso que l'anterior y llega cubrir árees amplies de los tueros de los árboles al espardeise conxuntamente numerosos talos, dando-y un aspeutu granosu a la corteza. Presenta estructures de reproducción vexetativa (soralios) circulares nel mediu de los llóbulos, de color distintu al del restu del talu.

Les tres especies seleccionadas pola so sensibilidade media a la contaminación presenten talos foliaceos máis grandes. *Flavoparmelia caperata* ye de color verde (verde claro, verde amarellao, verde grisáceo), coas partes centrais d'aspecto espolvorado (los sorallios) e as partes lisas máis periféricas do talo, o que a diferencia ben das outras especies foliaceas presentes na cidade.

Melanelixia subaurifera ye un llique que, en tando secu, pue pasar relativamente desapercibíu sobre la corteza de los árboles por mor del so color pardu escuru, pero que se vuelve verde, inclusive verde brillante, cuando ta llentu dempués o mientres llueve, con un aspeutu mui diferente al restu de lliques presentes. Tien sorallios de color amarellao hasta marrón escuru en mediu del talu.

Punctelia subrudecta presenta talos amplios y de color gris hasta averdosao, con muchos puntinos blancos, lo que-y da nome al xéneru, y que faciliten la so identificación ente'l restu de los lliques de talos foliaceos verdosos que viven na ciudá.

Pa les tres especies más sensibles a la contaminación escocieronse dos foliacees y una fruticulosa. *Parmelia sulcata* presenta talos grisaceos con marques de llinies blanques, diferenciadores de la especie, perfectamente visibles a simple vista, o con un lente de pocu aumentu o la mesma cámara del móvil.

Parmotrema ye un xéneru que presenta talos con los llóbulos mui anchos, de color gris claro averdosao, llisos na cara superior, con bordes que puen ser más ablanquiaos ya hinchaos por cuenta de les estructures reproductores (soralios).

Ramalina farinacea ye un llique fruticulosu, de color amarellao claru, conocíu dacuando por presentar unos filamentos allargaos y estrechos (llacínies) que-y dan un aspeutu d'arbustu o

d'alga marina de tamañu pequeñu. Ye posible que dellos participantes nel proyeutu puean confundilu con otres especies fruticulosas, como les del xéneru *Usnea* (eses «barbes» llamatives que vemos colgar de les rames d'árboles en viesques poco alteriaes), pero que de fechu resulten entovía más sensibles a la contaminación y que, polo tanto, la so presencia nun camudaría esa clasificación plantegada de tres niveles.

Pa facilitar el siguimientu de les aiciones de los ciudadanos científicos nel proyeutu y l'intercambéu d'información ente lliquenólogos profesionales y esos ciudadanos, que podríen acceder en tiempu real a los datos que se recoyeron nel proyeutu, xeneróse na plataforma *iNaturalist* un proyeutu propiu ([LiquenCity2 Oviedo](#)). Nel mesmu, los participantes teníen que xubir semeyes identificatives del árbol nel que s'atopaben los líquenes y, dempués, de cada especie de líquen presente (preferiblemente de les especies indicadores seleccionaes) con una indicación aproximada de la parte del tueru qu'ocupaba. Nun torgando tampoco que xubieren d'otros árboles, namás se consideraron los líquenes llocalizaos d'especies d'árboles ampliamente distribuyíos pela ciudá

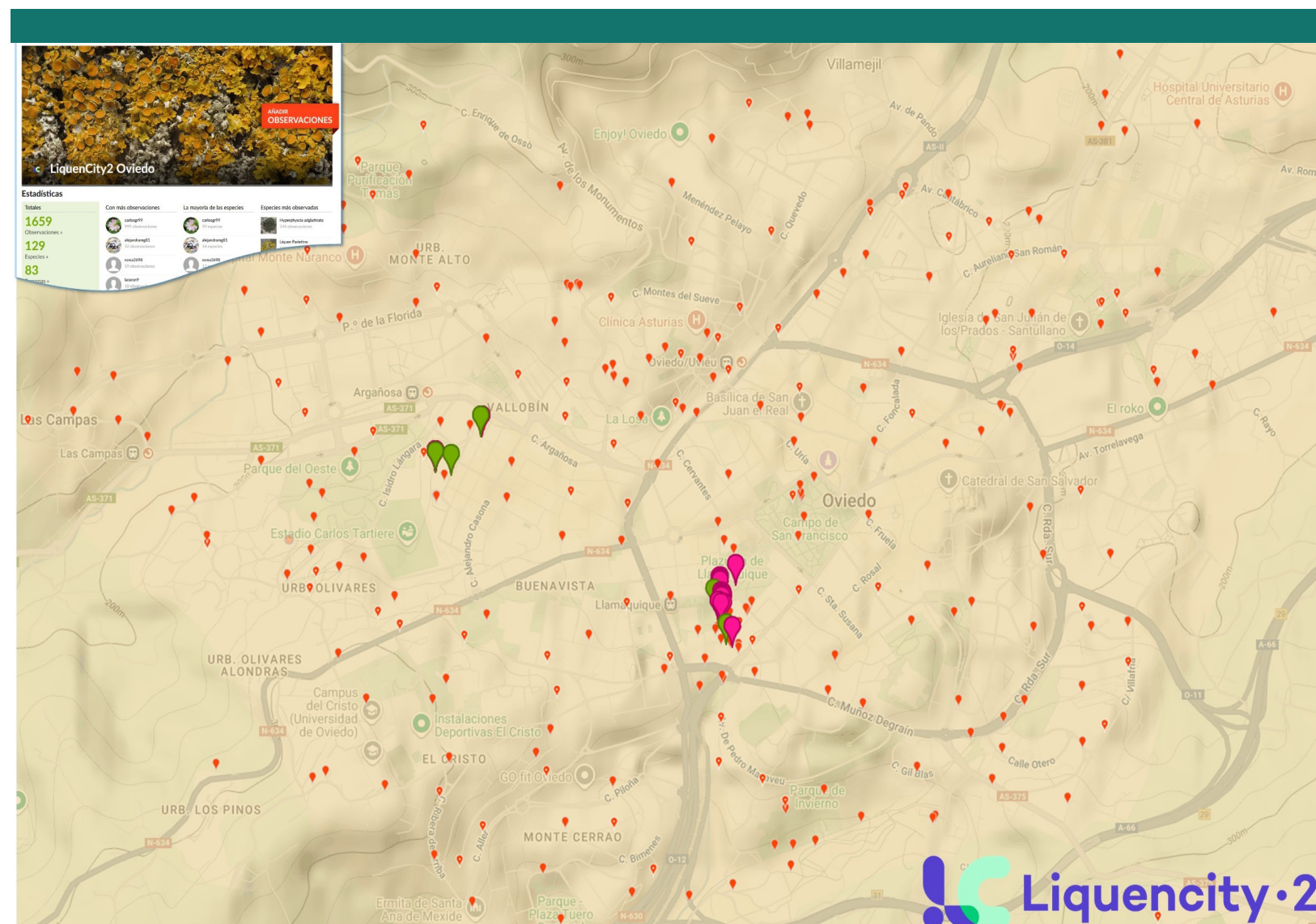
DERECHA

Figura 3. Nel proyeutu LiquenCity-2 recopiláronse, hasta la fecha, máis de 1.600 observaciones distribuídas pola cidade d’Uviéu.

d'Uviéu (ancines, pláganos, magnolios, tilares, sanxuaninos...) evitando les especies de corte-yes más acedes (coníferes, ginkgos...) o que se desprenden con facilidá (pláganos de solombra, ocalitos...) y seleicionando, amás, exemplares de ciertu porte (diámetru del tueru mayor de 30 cm) pa evitar los que tuvieren tresplantaos de recién y que puedan presentar especies de lliques que nun reflexen el nivel de contaminación de la zona. Pa facilitar el llabor, xeneráronse guíes con fiches

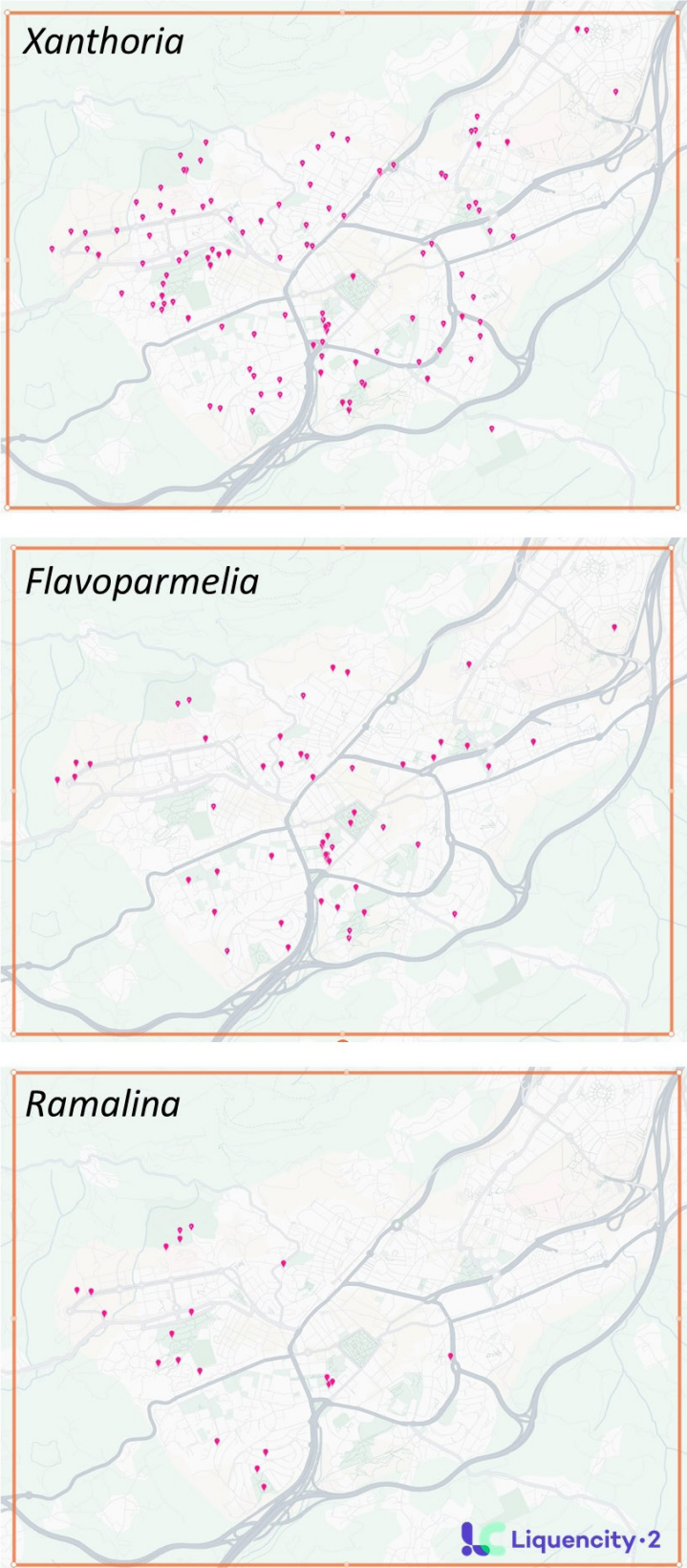
identificativos de los árboles urbanos y de los nueve lliques epífitos a valorar (<https://liquen-city2.org/>).

Ente 2020 y 2024 fixéronse seis ensayos concretos qu'implicaron alumnáu universitario (futuros maestros, alumnáu veterano del programa pa maiores PUMUO, alumnáu de Bioloxía), asina como en centros educativos n'aicións d'educación non-formal (Nueche Europea de los y les investigadores), y cidadanía en xeneral.



DERECHA

Figura 4. La distribución na ciudá de los distintos xéneros de lliques nun ye homoxénea, sinón que depende de la so sensibilidá a la contaminación. D'arriba a abaxo obsérvase la mayor distribución de *Xanthoria*, más tolerante a la contaminación, mientres que van mermando les llocalizaciones de *Flavoparmelia* (tolerancia intermedia) y *Ramalina* (gran sensibilidá a la contaminación).



¿QUÉ NOS DICEN LOS LLIQUES UVIEÍNOS SOBRE LA CALIDÁ DEL AIRE?

Hasta setiembre del 2025, el proyeutu xeneró 1.659 observaciones rexistraes (1.230 corresponden con lliques y árboles con coordenaes na ciudá), implicando a 71 observadores y a 47 persones que proporcionaron dalguna identificación (Figura 3). Hasta teniendo en cuenta solo estos datos, queda clara la potencialidá pal emplegu de los lliques a la hora de valorar la contaminación del aire na ciudá d'Uviéu. Asina, les especies de lliques que más se vieron foron les tres más tolerantes a la contaminación (*H. adglutinata*, 144 vegaes; *X. parietina*, 116 vegaes; y *P. adscendens*, 107 vegaes), con unos valores que resulten notablemente superiores a los taxones más sensibles (*Parmelia*, 52 vegaes; *Parmotrema*, 20 vegaes; *Ramalina*, 25 vegaes).

Amás de la frecuencia d'apaición, tamién resulta d'interés la distribución espacial de les especies dientro de la contorna urbana (Figura 4). De fechu, los datos amuesen contrastes bultables ente les especies más tolerantes (como se pue ver nel mapa del xéneru *Xanthoria*) les de tolerancia intermedia (como *Flavoparmelia*) y les más sensibles (como *Ramalina*). Estes diferencies espeyen patrones ecolóxicos coherentes colos gradientes de calidá del aire: mentanto que *Xanthoria* apaez práuticamente distribuyida per tola ciudá, *Flavoparmelia* détéctase con menor frecuencia, y *Ramalina* ye muncho más escasa.

Nesti últimu casu, *Ramalina farinacea* paez ausente (o resultó más difícil de llocalizar) na redolada de les principales vées con tráficu intenso, onde la concentración de contaminantes ye d'esperar que seya más alta. Pela contra, atópase con mayor regularidá nes zones verdes amplies y con menos tráficu, como'l parque

Purificación Tomás, el parque del Oeste o les árees del campus universitariu de Llamaquique (Figures 5 y 6), llugares onde la calidá del aire paez más afayadiza pal so desarrollu o caltenimientu.

LLENDES Y PERSPEUTIVES

Magar los positivos resultaos algamaos hasta'l momentu, el proyeutu Liquencity-2 n'Uviéu presenta delles problemátiques propies del trabayu con lliques de forma participativa. De mano, les derivaes del desconocimientu d'estes especies (o delles veces de la so propia presencia), amás de les dificultaes pa la so identificación, que faen que se perciban como un grupu complicáu pal alumnáu. En segundu llugar, derivaes del diseñu participativu y de la propia naturaleza de la información obtenida. La seleición d'un númberu reducíu d'especies bien diferenciabiles y de bon tamañu, onde les posibles confusiones queden nel mesmu nivel (altu) de sensibilidá a la contaminación ambiental, asina como l'ayuda de la intelixencia artificial, de l'aplicación y de les fiches creaes, xunto cola revisión posterior de les semeyes, permite amenorgar eses primeres torgues.

El sesgu nes zones onde se garraron muestres foi dalgo más difícil de reducir, yá qu'hubo zones mui visitaes polos participantes nel proyeutu (la rodiada de campus universitarios, por exemplu), mientres qu'otres apurren un númberu mui escasu de muestreos. Espérase compensar esta descompensación al traviés de muestres complementaries dirixíes a estes zones concretes con menor cantidá de datos.

Consiguir una mayor implicación de los centros educativos que se traduzga en datos más averaos a cada centru ye otru de los problemes importantes que torguen conseguir una reflexón afayadiza al rodiu de la situación de la contorna de colexos ya institutos.



ARRIBA Y DERECHA

Figures 5, 6 y 7. Semeyes de participantes grandes y pequeños nel proyeutu d'indentificación de lliques LiquenCity-2 na ciudá d'Uviéu: Parque de Pura Tomás y Campus Universitariu de Llamaquique. Semeyes d'A. Torralba.

Referencias bibliográficas

- Abas, A. (2021). A systematic review on biomonitoring using lichen as the biological indicator: A decade of practices, progress and challenges. *Ecological Indicators* 121, pp. 107-197. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107197>
- Berlinches de Gea, A. & Pérez-Ortega, S. (2020). Lliquency: Busca líquenes urbanitas y conoce la calidad del aire de tu ciudad. *Conservación Vegetal* 24, pp. 42-45.
- Cohen, A. J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H. R., Frostad, J., Estep, K., ... & Forouzanfar, M. H. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet* 389(10082), pp. 1907-1918. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30505-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6)
- Counoy, H., Turcati, L., Lorrilliere, R., Bénateau, S., Maalouf, J. P., Agnello, G., ... & Agnan, Y. (2023). Performance evaluation and applicability of Lichens GO, a citizen science-based protocol for urban air quality monitoring. *Ecological Indicators* 150, artículo 110269. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110269>
- EEA. (2023). *Harm to human health from air pollution in Europe: burden of disease 2023. Briefing no. 23/2023*. European Environment Agency. <https://doi.org/10.2800/721439>
- EEA. (2025). *Air Quality Status Report 2025*. European Environment Agency. <https://doi.org/10.2800/9895153>
- Grossberndt, S., Bartonova, A. & González Ortiz, A. (2021). *Public awareness and efforts to improve air quality in Europe*. Norway: European Topic Centre on Air pollution, transport, noise and industrial pollution.
- Lõhmus, P., Degtjarenko, P., Lotman, S., Copoț, O., Rosenvald, R., & Lõhmus, A. (2023). «Ready! Set! Lichen!»: a citizen-science campaign for lichens, against the odds of success. *Biodiversity and Conservation* 32(14), pp. 4753-4765. <https://doi.org/10.1007/s10531-023-02724-6>
- Lücking, R., Leavitt, S. D., & Hawksworth, D. L. (2021). Species in lichen-forming fungi: balancing between conceptual and practical considerations, and between phenotype and phylogenomics. *Fungal Diversity* 109(1), pp. 99-154. <https://doi.org/10.1007/s13225-021-00477-7>
- Munzi, S., Isocrono, D., & Ravera, S. (2023). Can we trust iNaturalist in lichenology? Evaluating the effectiveness and reliability of artificial intelligence in lichen identification. *The Lichenologist* 55(5), pp. 193-201. <https://doi.org/10.1017/S0024282923000403>
- Nimis, P. L., Scheidegger, C., & Wolseley, P. A. (eds.). (2002). *Monitoring with lichens-monitoring lichens*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-0423-7>
- Richardson, D.H.S., (1992). *Pollution monitoring with lichens*. Naturalist' Handbooks 19. Slough: The Richmong Publishing Co.
- Sicard, P., Agathokleous, E., De Marco, A., Paoletti, E., & Calatayud, V. (2021). Urban population exposure to air pollution in Europe over the last decades. *Environmental Sciences Europe* 33(1), p. 28. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00450-2>
- Thakur, M., Bhardwaj, S., Kumar, V., & Rodrigo-Comino, J. (2024). Lichens as effective bioindicators for monitoring environmental changes: a comprehensive review. *Total Environment Advances* 9, artículo 200085. <https://doi.org/10.1016/j.teadva.2023.200085>
- Torralba-Burrial, A. (2021). La ciencia ciudadana como innovación en la enseñanza de las ciencias. En Fueyo-Guérrez, M. A. (Ed.). *XII Jornadas de Innovación Docente 2019. Libro de Actas*, pp. 429-441. Oviedo: Universidad de Oviedo.
- Torralba-Burrial, A. (2023) Acercando problemática ambiental y biodiversidad urbana a escolares de-primaria a través del aprendizaje lúdico virtual. N'Al Allueva Pinilla & JL Alejandro Marco (coord.) *Innovaciones tecnológicas para la enseñanza superior: contribuciones y resultados*, pp. 179-186. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- Welden, N. A., Wolseley, P. A., & Ashmore, M. R. (2018). Citizen science identifies the effects of nitrogen deposition, climate and tree species on epiphytic lichens across the UK. *Environmental Pollution* 232, pp. 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.09.020>