

*Cartafueyos Asturianos  
de Ciencia y Teunoloxía*

Payares 2022 // Número 12

# Ciencias

## Os morteiros da Ribeiría del Figo (Salave)

//////  
/// LA RASA COSTERA ASTURIANA ///

/// CANGREXOS DE RÍU QUE NUN SON AUTÓCTONOS ///

/// PLANTES Y DESCONTAMINACIÓN DE SUELOS ///

//////



Universidad de Oviedo  
Universidá d'Uviéu  
University of Oviedo



**REDAICIÓN**

**Conseyu de redaición**  
 Presidenta: Ana María Cano González  
 Direutor: Carlos Lastra López  
 Secretariu Téunicu: Héctor García Gil

**Comité d'espulización**  
 Mario Díaz Fernández  
 Santiago García-Granda  
 Xabiel García Pañeda  
 Eva García Vázquez  
 Juan José Lastra Menéndez  
 Carlos López Fernández  
 David Melendi Palacio  
 Xosé Antón Suárez Puente  
 Pedro Suárez Rodríguez

**Diseñu gráficu y maquetación**  
**ARAZ.NET**

**Semeya de portada**  
 Ún dos morteiros mineiros atopaos  
 nel xacemento romano costeiro  
 de Salave (Tapia, Asturias)  
 Semeya: Evaristo Álvarez Muñoz

**EDITA**

**Academia de la Llingua Asturiana**  
 C/ L'Águila, 10  
 Apartáu de Correos 574  
 33080 Uviéu  
 Tfnu. 985 211 837  
 Fax. 985 226 816  
 www.academiadelalingua.com  
 alla@academiadelalingua.com  
 f AcademiadelaLlinguaAsturiana  
 @ALLA\_ast

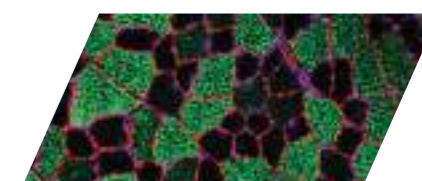
Depósiu Llegal: AS-4862-2011  
 ISSN: 2174-9639

**Imáxenes:** fontes al pie de semeya

Les opiniones y artículos equí recoyíos son  
 responsabilidá de los sos autores y nun han ser  
 necesariamente compartíos pola revista.

**SUMARIU**

- 4 / **La rasa costera asturiana: orixe, carauterístiques y rellación cola corteja terrestre**  
 Por Carlos LÓPEZ FERNÁNDEZ
- 14 / **Noticia de cinco especies naturalizaes d'interés pal Catálogu de la Flora Asturiana y nueva cita del felechu *Davallia canariensis* nel Monumentu Natural Entrepeñes y La Playa Vega**  
 Por Antonio GARCÍA RODRÍGUEZ
- 28 / **Fitorremediación: l'usu de plantes na descontaminación de suelos**  
 Por Aida GONZÁLEZ, Rebeca FERNÁNDEZ, Daniel FERNÁNDEZ-FUEGO, Alejandro NAVAZAS, Ana BERTRAND
- 44 / **El cangrexu de ríu (non) autóctonu d'Asturies y la so intrahistoria**  
 Por Carlos NORES QUESADA
- 62 / **Igües no pequeño pa problemes grandes: tratamientos moleculares pa les enfermedaes musculares y cardiovasculares**  
 Por Xurde MENÉNDEZ CARAVIA
- 74 / **A franxa costeira del xacemento de Salave (Tapia): dos testos antiguos al estao actual. Os morteiros mineiros da Ribeiría del Figo**  
 Por Evaristo ÁLVAREZ MUÑOZ y Beatriz GONZÁLEZ FERNÁNDEZ





# La rasa costera asturiana: *orixe, carauterístiques y rellación cola corteya terrestre*

Por **Carlos López Fernández**  
 Profesor Titular de Xeoloxía  
 Departamentu de Xeoloxía (Xeodinámica)  
 Universidá d'Uviéu

Figura 1. Aspeutu de la rasa costera nel occidente d'Asturies y de los cordales costeros onde taría, al pie d'estos, l'antigua llinia de costa. Arriba, sector ente El Cabu Bustu y El Cabu Vidú. Abaxo: rasa costera ente Ljuarca y Outur.

El rasgu más distintivu del relieve de la costa asturiana ye la presencia d'amplies superficies de morfología plana y elevaes, conocíes como «rases», qu'apaecen llendaes al norte polos cantiles y al sur, xeneralmente, polos cordales costeros que cueren cercanos a la costa (Figura 1). L'orixe d'estes superficies, sobre les que s'asienten numberoses poblaciones, infraestructures ya industries d'Asturies, ta venceyáu principalmente a l'aición marina, si bien en dalgunos casos va considerase lligáu a procesos continentales. La so elevación y la morfología tamién guarda rellación cola estructura de la corteja terrestre, polo que güei tán siendo estudiaes col envís de comprender dellos aspectos de la evolución cortical de recién.

### ¿CUÁLU YE L'ORIXE DE LA RASA ASTURIANA?

El términu «rasa» usóse tradicionalmente pa facer referencia a superficies planes y elevaes que siguen la costa, tanto na oriella atlántica d'Europa como na norte d'África. Na so xénesis converxen numberosos fautores, fechu que torga determinar la so edá, que puede camudar de forma sustancial según les zones.

L'aición del folaxe sobre los cantiles, que causa'l so consecuente retrocesu, favorez el desendolque de superficies planes d'abrasión, siempre y cuando'l nivel del mar tea na mesma posición con respeto al continente un tiempu suficiente (Burbank y Anderson, 2011). Cuando se produz un levantamientu del continente, que puede atribuyise a diversos procesos glaciales, isostáticos, teutónicos, etc., esa superficie d'abrasión queda espuesta y fuera de la superficie. Xeneralmente, estes terraces marines amuesen una pendiente suave escontra'l mar (inferior a 3 graos) y el so anchor nun suel pasar del mediu kilómetru. P'algamar mayores dimensiones

ye necesaria una reocupación sucesiva de la plataforma per parte del mar. Al igual qu'asocede na plataforma d'abrasión actual, n'amplies zones de les plataformes marines surdíes apaecen depósitos d'espesor decimétricu y métricu xeneralmente formaos por cantos y sable d'orixe tanto marín como continental.

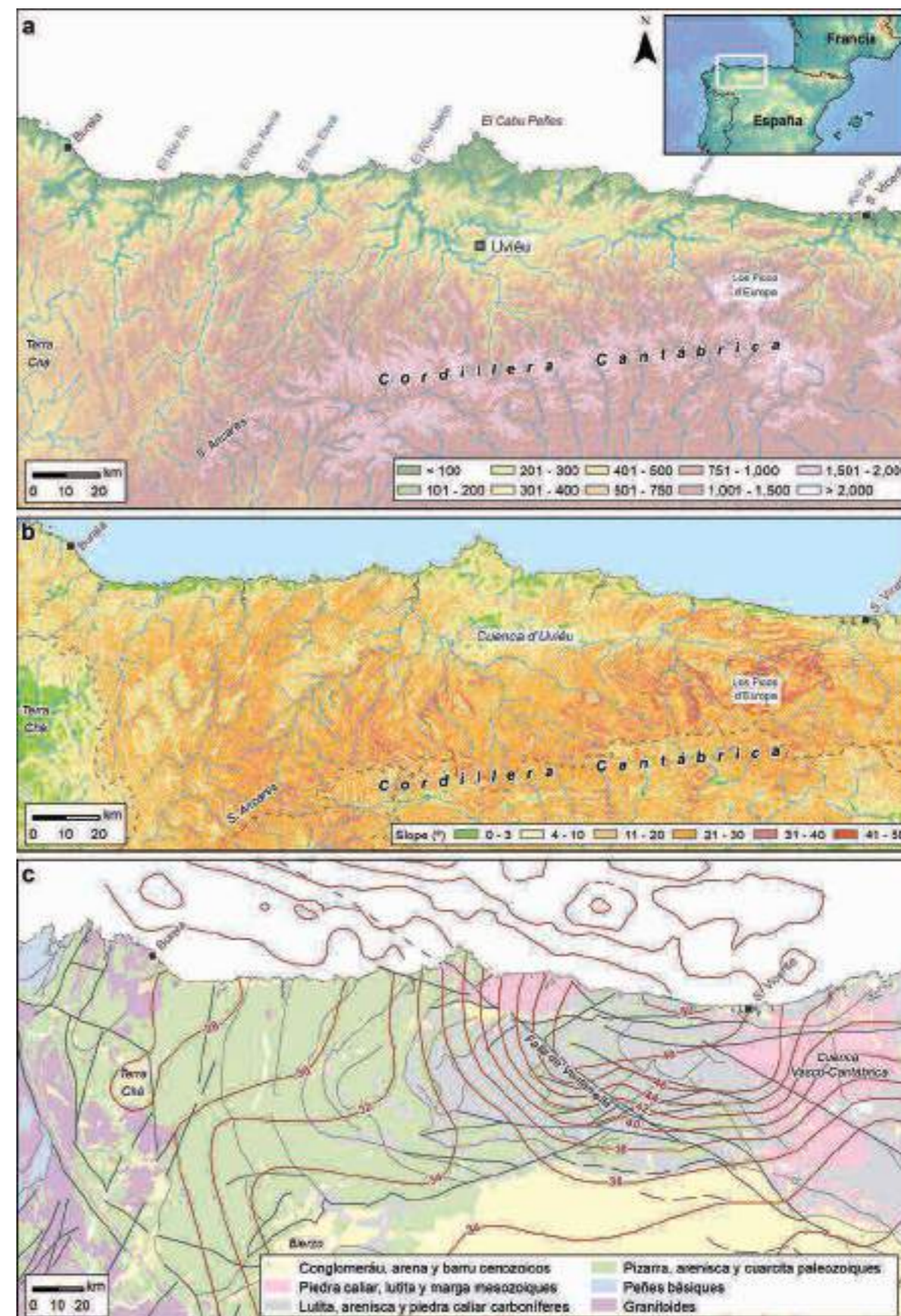
Sobre l'aniciu de les rases cantábriques, dellos autores (p. ex. Hernández-Pacheco & Asensio-Amor, 1964) acuden a una erosión continental inicial y a una invasión posterior per parte del mar, orixe mestu que tamién proponen Mary (1983, 1985) y Flor (1983) n'analizando les carauterístiques de los sedimentos depositaos sobre estes. Flor y Flor-Blanco (2014) apunten direutamente a un orixe marín pa les más de les rases, apuntando a procesos isostáticos como causa de la so surdidura hasta la cota actual.

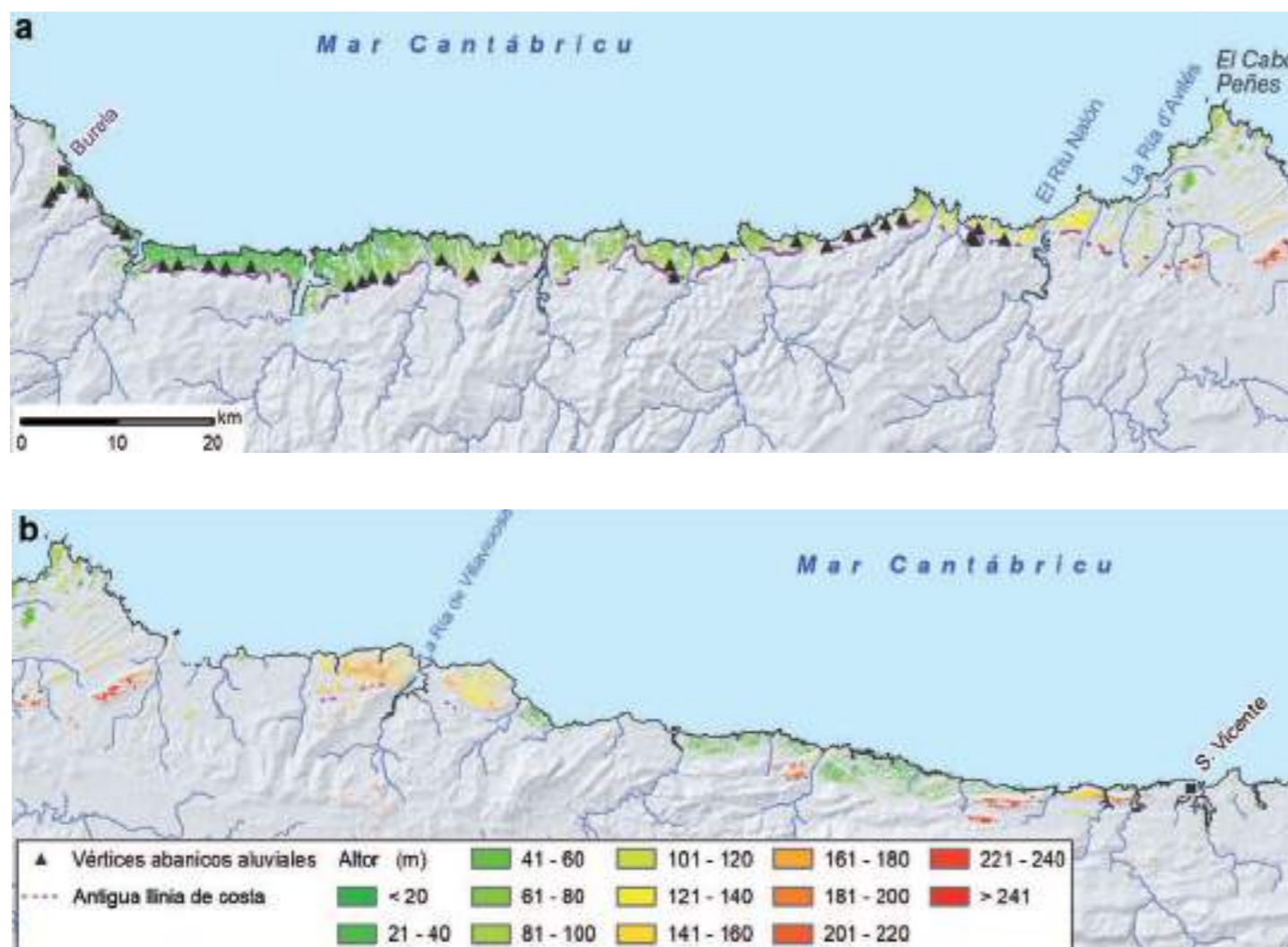
Al respetive de la edá d'estes superficies de rasa, dellos autores proponen un primer episodiu erosivu nel Cretácicu (Lamboy, 1976), estimándose que los niveles de menor cota (inferior a 40 metros) aniciaríense nel Pleistocenu y l'Holocenu. El trabayu d'Álvarez-Marrón *et al.* (2008)

### La rasa costera tien una edá mínima de 1-2 millones d'años, la oriental 300.000 en dalgún sector.

#### DERECHA

**Figura 2.** (a) Modelu dixital d'elevaciones del Cordal Cantábricu y de la costa asturiana; los tonos verdes indiquen menor cota; y los marrones y rosaos los mayores altores. (b) Modelu de pendientes del mesmu sector; los tonos verdes indiquen superficies subhorizontales (pendiente inferior a 3 graos). (c) Síntesis xeolóxica del mesmu sector amosando les principales unidaes litolóxiques. Nesta figura tamién s'inclúi una representación per aciu d'isobates de la fondura a la que s'asitia la base de la corteja terrestre propuestu por Cadenas *et al.* (2018).





asigna una edá mínima de 1-2 millones d'años pa la rasa costera occidental, na que s'allargaría la so formación decenes o cientos de miles d'años. Nel casu de la costa oriental, Jiménez Sánchez *et al.* (2006) dataron un sector de la rasa nuna edá mínima de 300.000 años.

### ¿QUÉ CARAUTERÍSTIQUES Y SINGULARIDAES PRESENTA LA RASA ASTURIANA?

Les superficies que conformen la rasa cantábrica espárdense a lo llargo de más de 200 kilómetros de la costa, dende Cantabria hasta

sumise contra'l llugar lugués de Burela. Estes superficies, qu'apaecen de forma discontinua al dir erosionándose llueu del so surdimientu, amuesen un anchor variable d'hasta 6 kilómetros y un desnivel llixeru contra'l mar, non superior a 3 graos. A lo llargo de la costa cantábrica, el so altor varia ente los más de 260 metros de les rases a mayor altor na zona central d'Asturies y menos d'una decena de metros na mariña lugués.

Un estudiu recién de la Universidá d'Uviéu (López-Fernández *et al.*, 2020), basáu nel análisis de modelos dixitales del terrén d'alta precisión (LiDAR) adquiríos pol Institutu Xeográficu Nacional (Figura 2), dexó identificar y facer una minuciosa cartografía de les principales superficies de rasaalcontraes na costa asturiana. Esti trabayu estremó dos sectores principales (Figura 3), l'occidental y l'oriental, dixebraos por una complexa zona central, con unes carauterístiques que se describen darréu.

#### Sector occidental

Esti sector inclúi toles rases asitiaes al oeste d'El Cabu Peñes (Figura 3a), que se desendolquen principalmente sobre un sustratu paleozoicu silíceu qu'amuesa una orientación estructural xeneral nornoreste-sursuroeste. Esti tipu de sustratu, más resistente a la erosión, favorez la conservación d'estes superficies, motivu pol que na costa occidental la rasa costera ta constituída por una superficie práuticamente continua que va dende Avilés hasta Burela, namás interrumpida polos valles escavaos de los actuales calces fluviales.

El nivel principal de la rasa occidental nun pasa de los 6 kilómetros d'anchor y caltién una pendiente con una media contra'l mar de 0,6 graos. Al norte, ta llendada polos cantiles actua-

les, con un altor que llega a los 100 metros n'El Cabu Peñes y va menguando progresivamente contra l'occidente, onde apenes superen unes decenes de metros. La llende interior ta constituída polos cordales costeros, orientaos este-oeste, que constitúin l'antigua llinia de costa. Esta tamién decrez progresivamente n'altor dende la zona central d'Asturies, onde s'asitia a 150 metros, contra l'occidente, ensin pasar de los 35 metros. Sobre esta superficie principal vense diferentes depósitos d'aniciu marín y continental, principalmente niveles de sable y cantos. Ente ellos, siempre al oeste de La Ría d'El Nalón, destaquen los correspondientes al funcionamientu de diversos abanicos aluviales, dispuestos de forma coalescente ente sí, que parten de los cordales precosteros, con una zona apical que recubre frecuentemente l'antigua llinia costera (triángulos negros en Figura 3a). Estos abanicos, nos que los depósitos más distales algamen dacuando la llende del cantil, amuesen una inclinación con una media de 2 graos contra'l norte.

Na zona comprendida ente la desembocadura d'El Ríu Nalón y El Cabu Peñes obsérvense, d'igual miente, retayos de pequeña extensión que pertenecen a otra superficie erosiva a mayor cota (>180m) ya independiente de l'anterior.

L'estudiu detalláu de la topografía del principal nivel de rasa occidental dexó constatar qu'esta superficie presenta una inclinación xeneral escontra l'oeste, con una pendiente con una media de 0,08 graos. Esta apaec interrumpida llocalmente por pequeños saltos verticales de métricos a decamétricos asitiaos al altor de la sablera de Penarronda, l'estuariu de Barayu y La Ribeirona, que se rellacionen cola actividá de falles de recién.

#### ARRIBA

Figura 3. Distribución de les superficies de rasa identificaes na costa cantábrica: (a) sector occidental, onde s'observa un nivel de rasa práuticamente continuu ente El Ríu Nalón y Burela; nesti sector la rasa asítase sobre material silíceu, lo que favoreció la so conservación, (b) sector oriental, onde la rasa adopta un caráuter más discontinuu como consecuencia del sustratu sobre'l que se desendolcó y nel que la so mayor alterabilidá dificultó la conservación d'esta.

### Sector oriental

Esti sector compriende toles superficies d'abrasión surdiésalcontraes al este d'El Cabu Peñes (Figura 3b). Estes constitúin retayos de dos niveles principales de rasa asitiaos a 150 metros y 200 metros de cota, respetivamente. Tamién se ve una tercer terraza, de calter bien discontinuu y d'edá más recién, asitiada a menos de 40 metros d'altor. Les superficies más amplies asítiense na redolada de Villaviciosa penriba de los 120 metros de cota, identificándose un nivel continuu de rasa, anque de menor anchor, na costa de los conceyos de Ribeseya y Llanes.

Nesti sector oriental les superficies d'abrasión consérvense con mayor dificultá al desendolcase principalmente sobre un sustratu constituíu por roca carbonatao. Estes, amás de ser mui susceptibles a la meteorización por procesos kársticos, presenten una disposición estructural desfavorable al so caltenimientu (Jiménez-Sánchez *et al.*, 2006; Domínguez-Cuesta *et al.*, 2015).

A diferencia de lo qu'asocede nel sector occidental, nel casu del oriental les superficies d'abrasión caltienen práuticamente'l so altor, nun viendo variaciones llaterales de cota. La rasa asitiada a 150 metros correspondería a la continuación escontra l'este de la superficie principal descrita pal sector occidental, mentanto que l'asitiada a 200 metros correspuende colos retayos de la superficie identificada de mayor elevación (penriba de 180 metros) nel sector occidental, ente la desembocadura d'El Ríu Nalón y El Cabu Peñes. La cota de la parte cimera de los cantiles en tou esti sector oriental caltiénese relativamente constante, a diferencia de lo qu'asocede nel occidente asturianu.

### Llende ente sectores

La llende ente los dos sectores anteriores ta na zona d'El Cabu Peñes y presenta una complexa xeometría y distribución no que se refier a superficies d'abrasión surdiés. Estrémense hasta seis niveles principales de rasa con altores que van d'ente 0 y 260 m con una xénesis que ta condicionada por un complexu contestu teutónicu y litolóxicu. El sustratu carauterízase pola presencia de distintos bloques que contienen les diferentes superficies, que tán llendaos por falles conxugaes d'orientación nornoroeste y nornoreste. Al oeste d'Avilés identifícase'l nivel de rasa principal correspondiente al sector occidental (S-1 na Figura 4). Al este de la ría avilesina estrémense otre superficies bien definíes ente 80 y 100 metros d'altor (S-3, S-5 na Figura 4), ya independientes de la superficie principal del sector oriental (S-2 na Figura 4). Al norte obsérvase otra rasa a 50-60 metros d'altor (S-4 na Figura 4) y otru nivel na desembocadura de la ría ente 30 y 45 metros (S-6 na Figura 4). Al sur, ente 190 y 210 metros, obsérvase otra superficie a mayor altor (HS-1 na Figura 4) que se se correllacionaría cola asitiada al este de la ría (HS-2), onde llega a una cota de 240-260 metros.

L'análisis del trazáu de l'antigua llinia de costa y de la disposición de les distintes superficies d'ensenada, dexa apuntar a una llende neta ente los sectores occidental y oriental

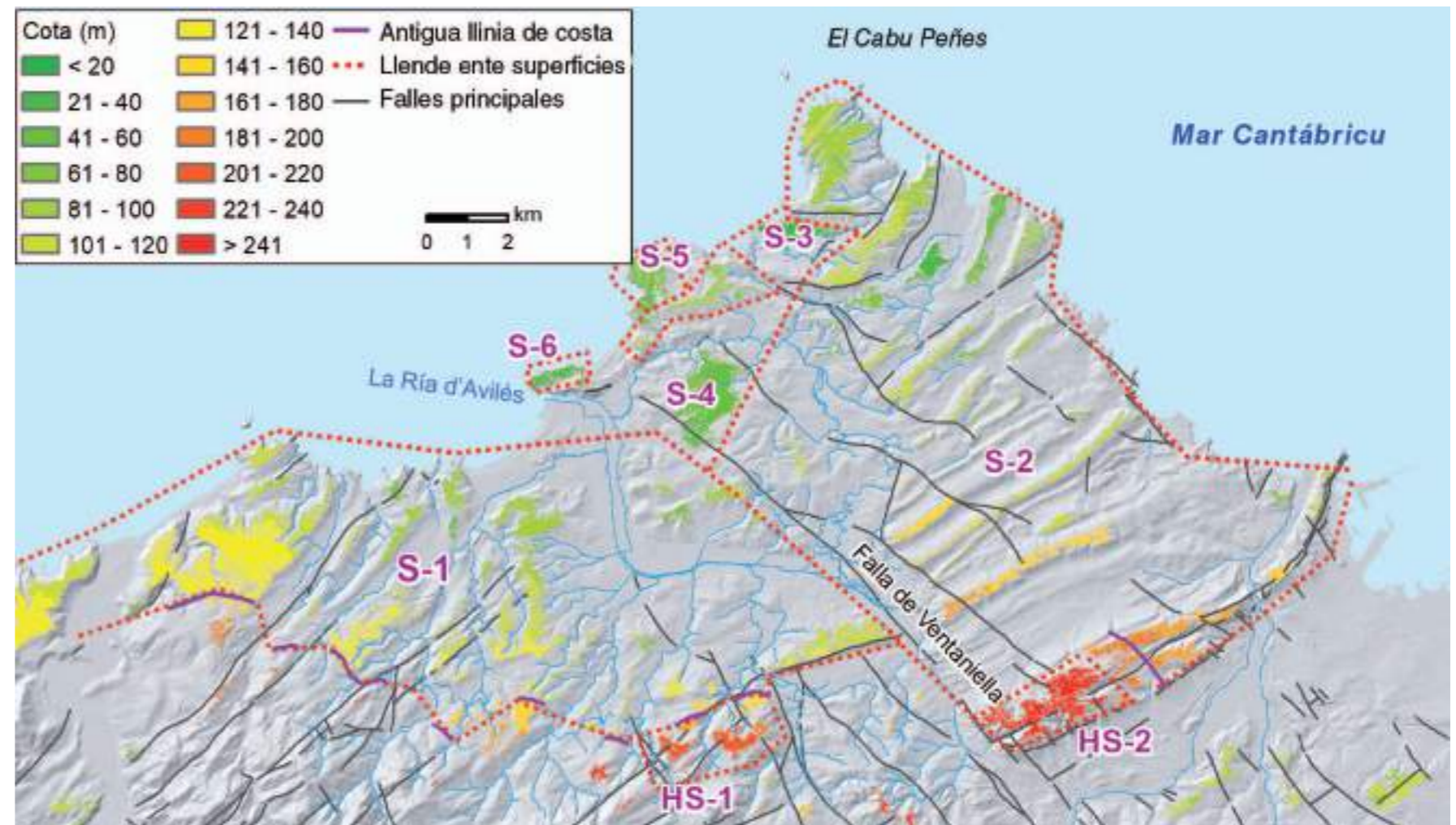
que coincide cola traza de la falla de Ventaniella. Esta estructura, que traviesa esta zona con orientación noroeste-sureste, ruerpe y provoca un importante saltu de 50 metros na superficie de rasa.

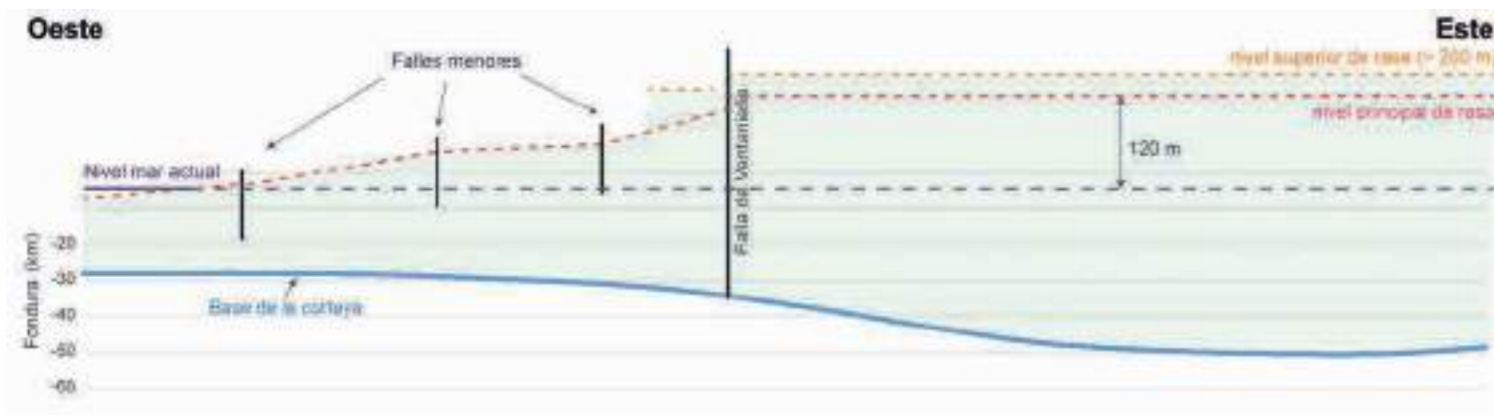
### ¿QUÉ NOS CUENTA SOBRE LA CORTEYA TERRESTRE?

Anguaño esti tipu de superficies erosives utilízense como marcadores teutónicos qu'apurren información sobre cambios nel nivel del mar rellacionaos con periodos glaciares-interglaciares y sobre la evolución teutónica recién (isostasia, etc.) que camudare la so posición y xeometría. Nel mesmu sentíu, la llende definida polos actuales cordales precosteros, que correspuende a l'antigua llinia de costa, tamién actúa como un marcador claru que dexa correllacionar cambios de la so posición col levantamientu y deformación de bloques corticales.

#### ABAXO

Figura 4. Distribución de los diferentes niveles de rasa identificaos na rexón d'El Cabu Peñes. En color morao amuésase la distribución de l'antigua llinia de costa. Na figura inclúinse les principales falles cartografíes na fastera.





#### ARRIBA

**Figura 5.** Esquema oeste-este qu'amuesa la respuesta de la rasa costera asturiana a la diferencia d'espesor de la corteja terrestre. Al este de la falla de Ventaniella la rasa tien una elevación constante sobre la corteja terrestre que presenta 50 km de gordor nesti sector. Al oeste, el nivel principal de rasa inclínase escontra Galicia mientras la corteja terrestre endelgaza hasta menos de 30 kilómetros nel estremu occidental.

La disposición y elevación actual de la rasa costera asturiana implica una deformación tectónica reciente que, además, foi distinta nos sos sectores occidental y oriental, tal qu'indica la disposición de l'antigua llinia costera. Como se señaló primero, nel oriente asítiase a una cota constante, mentanto que nel occidente inclínase escontra l'oeste 0,08 graos, observándose dellos saltos que s'asocian a l'actividá de falles llocales. Esto interprétase como una elevación xeneral del sector centro-oriental del cordal como respuesta

isostática al engrosamientu cortical identificáu nesta zona al traviés d'estudios xeofísicos (Fernández-Viejo *et al.*, 2000; Cadenas *et al.*, 2018) (Figura 5). Escontra l'oeste, la rasa respondería a la diferencia llateral d'espesor de la corteja, que decrez dende más de 50 kilómetros al este d'El Cabu Peñes a menos de 30 kilómetros nel estremu occidental. La llende ente entrambes respuestas de la rasa a la estructura cortical asítiaríase na rexón d'El Cabu Peñes, marcada pola presencia de la falla de Ventaniella.


#### Agradecimientos

Esti trabayu ye resultancia del esfuerciu d'un grupu de compañeros del Departamentu de Xeoloxía de la Universidá d'Uviéu: María José Domínguez, Montse Jiménez, Sergio Llana, Gabriela Fernández y Luis Díaz, del grupu d'investigación GEOCANTÁBRICA.

#### Referencies bibliográfiques

- Alvarez-Marrón, J., Hetzel, R., Niedermann, S., Menéndez, R., Marquínez, J. (2008). Origin, structure and exposure history of a wave-cut platform more than 1 Ma in age at the coast of northern Spain: A multiple cosmogenic nuclide approach. *Geomorphology* 93: 316-334.
- Burbank, D.W., Anderson, R.S. (2011). *Tectonic Geomorphology*, second ed. Wiley-Blackwell, Chichester.
- Cadenas, P., Manatschal, G., Fernández-Viejo, Gabriela Welford, J.K. (2018). Margin segmentation during polyphase rifting in the southern Bay of Biscay. *Atlantic Geology* 54: 409-470.
- Domínguez-Cuesta, M.J., Jiménez-Sánchez, M., González-Fernández, J.A., Quintana, L., Flor, G., Flor-Blanco, G. (2015). GIS as a tool to detect flat erosional surfaces in coastal areas: A case study in North Spain. *Geol. Acta* 13: 97-106.
- Fernández-Viejo, G., Gallart, J., Pulgar, J.A., Córdoba, D., Dañobeitia, J.J. (2000). Seismic signature of Variscan and Alpine tectonics in NW Iberia: Crustal structure of the Cantabrian Mountains and Duero basin. *J. Geophys. Res. Solid Earth* 105: 3001-3018.
- Flor, G., Flor-Blanco, G. (2014). Raised beaches in the Cantabrian Coast, in: Gutiérrez, F., Gutiérrez, M. (Eds.), *Landscapes and Landforms in Spain*. Springer, Dordrecht: 239-248. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-8628-7\\_20](https://doi.org/10.1007/978-94-017-8628-7_20)
- Flor, G. (1983). Las rasas asturianas: ensayos de correlación y emplazamiento. *Trab. Geol.* 13: 65-82. <https://doi.org/10.17811/tdg.13.1983.65-83>
- Hernandez Pacheco, F., Asensio Amor, I. (1964). Recientes investigaciones sobre la génesis de la rasa litoral cantábrica. Tramo final del valle del río Navia (Asturias). *Boletín de la Real Soc. Española Hist. Nat.* 62: 61-89.
- Jiménez-Sánchez, M., Bischoff, J.L., Stoll, H., Aranburu, A. (2006). A geochronological approach for cave evolution in the Cantabrian Coast (Pindal Cave, NW Spain), *Zeitschrift für Geomorphologie* 147: 129-141.
- Lamboy, M. (1976). Géologie marine du plateau continental au N.O. de l'Espagne Thèse Doctorat d'Etat, University of Rouen.
- López-Fernández, C., Llana-Fúnez, S., Fernández-Viejo, G., Domínguez-Cuesta, M.J., Díaz-Díaz, L.M. (2020). Comprehensive characterization of elevated coastal platforms in the North Iberian margin: a new template to quantify uplift rates and tectonic patterns. *Geomorphology* 364, 107242.
- Mary, G. (1983). Evolución del margen costero de la Cordillera Cantábrica en Asturias desde el Mioceno. *Trab. Geol.* 13: 3-35.
- Mary, G. (1985). Les éboulis périglaciaires le long du littoral asturien et galicien, in: *Actas I Reunión Del Cuaternario Ibérico*: 119-126.
- [Nota del editor]:** Tamién pue ser d'interés pal llector l'artículu espublizáu nel número 1 d'esta revista: «Dellos apuntes sobro'l patrimoniu xeolóxicu astur», en *Ciencias* 1: 6-15.

# Noticia de cinco especies naturalizaes d'interés pal Catálogu de la Flora Asturiana y nueva cita del felechu *Davallia canariensis* nel Monumentu Natural Entrepeñes y La Playa Vega



*Hedychium gardnerianum*



*Robinia x ambigua*

---

Por **Antonio García Rodríguez**  
Profesor de Biología  
Centru d'Educación p'Adultos  
La Pola Siero

Tien interés pa la conocencia de la flora asturiana asoleyar datos y observaciones de plantes desconocies o poco citaes nes publicaciones científiques. En dellos casos son especies potencialmente invasores, daqué que refuerca l'interés pa facer el so siguimientu y, d'esta miente, desendolcar actuaciones que torguen l'espardimientu y posibles perjuicios a la flora autóctona. Nesti sen, coméntense darréu delles cuestiones relatives a delles especies naturalizaes o d'interés asitiaes n'Asturies.

En dalgunes d'elles, qu'apaecen como cultivaes nel *Catálogo de las plantas vasculares del Principado de Asturias* (6), como pue ser *Hedychium gardnerianum* o *Leycesteria formosa*, observáronse claramente procesos de naturalización y camentamos qu'habría de controlase'l so posible comportamientu invasor. El casu d'*Hedychium gardnerianum*, amás, figura nel Catálogu Nacional d'Especies Invasores (Real Decretu 630/2013). Pa la terminoloxía fitosociolóxica siguímos lo afitao n'*Itinera Geobotánica* (5).



### *Epilobium brachycarpum* (Fam. Onagraceae)

*Epilobium brachycarpum* C. Presl, Reliq. Haenk. 2: 30 (1831) [brachycárpum]

*E. paniculatum* Nutt. ex Torr. & A. Gray, Fl. N. Amer. 1: 490 (1840) Ind. loc.: «Hab. in Mexico»; cf. Hoch & Raven in Taxon 30: 666 (1981)] Ic.: Izco in Candollea 38: 312 fig. 1 (1983)

Gleason, New Britton & Brown Ill. Fl. N.U.S. 2: 587 (1952); Barbey, *Epilobium*, pl. 8 (1885) [sub *E. paniculatum*]



#### Descripción:

Herba añal con raíz axonomorfa. Tallos 30-150 cm, de 2-7 mm de diámetru, erguíos, con numerosos ramos axilares y abondo ramificaos na parte cimera nos exemplares de ciertu grandor, glabrescentes, d'un color payao –con dalguna veta purpúrea– y cola epidermis esfoliable na parte baxera. Fueyes de 10-45 x 2-4 mm, alternes, de lliniars a lliniar-elíptiques, ± conduplicaes, agudes, sésiles o gradualmente atenuaes en peciolu d'hasta 5 mm, con marxe denticuláu –dacuando imperceptiblemente–, glabres y glauques. Inflorescencia paniculiforme, laxa; piños con 5-15 flores; bráctees reducíes, lliniarsubulaes; pedicelos 2-5 mm na fructificación, con pelos glandulíferos patentes, de c. 0,1 mm. Botones florales obovoideo-fusifformes, d'hasta 7 mm. Cáliz 5,5-8 mm –incluyíu'l tubu, tubular-infundibuliforme, de 3-5 mm–, espardidamente cubiertu de pelos glandulíferos, de c. 0,1 mm, patentes. Pétalos 7-9 mm, billobaos –con escotadura d'unos 4 mm–, rosaos o purpúreos, raramente lancos. Estigma indivisu o llixeramente llobáu. Frutos 20-30 mm, linear-fusifformes, espardidamente glanduloso-pubérulos –pelos como los del cáliz–. Simiente 1,3-1,6 mm, obovoides, col áviz arredondiáu –ensin cuellu diferenciáu– y un estrangulamientu nel terciu inferior, con papiles prominentes, pardes con motes escures (9).

#### Atópase:

En llugares nitrificaos abiertos: cunetes, ribayos del ferrocarril; ente 600-800 m. Floria dende agostu a ochobre. O de Norteamérica (dende la Columbia Británica hasta California y Arizona) y Arxentina. Naturalizada nel centru y oeste de la península ibérica. Introducida n'España y, polo que paez, en tol continente a lo cabero del sieglu pasáu (9).

Atopóse nes provincies de Cáceres, Madrid, Salamanca, Toledo, Ávila, Segovia, Valladolid y Zamora (13).

En Navarra estudióse la so capacidá invasora, y paez que tien un altu potencial pa invadir tierres de cultivu y viñes (16).

**Atopémosla** nós n'Asturies en 2014 nun solar removíu cerca del barriu de Ciudá Naranco, n'Uviéu, onde había una pequeña población formando parte de comunidaes nitrófiles de l'alianza Dauco-Melilotion. Nel añu 2015 esta zona tresformóse nun prau axardináu y la población nun se volvió a atopar. Llocalizáronse, en 2017, poblaciones nutrís d'esta especie na zona ente Tresllames y Les Maces, nel conceyu d'Uviéu, presentes anguaño, nuna zona antigua de praos y sebes, convertida n'ermu yá que nesos terrenos taba prevista la edificación d'una urbanización que, pel momentu, nun se construyó. Esta especie forma parte de delles comunidaes nitrófiles.



*Hedychium gardnerianum* (Fam. Zingiberaceae)

*Hedychium gardnerianum* Ker Gawl., Bot. Reg.:9, t 774 (1824)



**Descripción:**

Planta herbácea, perenne y rizomatosa, que llega a algamar los dos metros d'altor. Les fueyes son verde brillante, alternes, de llanceolaes a elíptiques, grandes, de 25-45 cm de llargor y 10-15 cm d'anchor, subsésiles, colos márxenes enteros y l'ápiz acumináu, labres o escasamente pubescentes a lo llargo del nerviu central del envés. Los peciolos son mui curtios, de 1-2 cm, con lígules membranoses. Les flores son llamaderes, de color mariello brillante con un únicu estame llargu coloráu brillante, perfumaes, con 3 grandes «pétalos» (tépalos) que s'amiesten na base nun tubu estrechu d'unos 5 cm de llargor; tán axuntaes n'inflorescencias erguies, cilíndriques, de 25-40 cm de llargor, coles bráctees primaries ampliamente espaciaes, verdes, muncho más curties que'l tubu floral. Los frutos son cápsules naranxes carnosos que contienen simiente de color marrón con una cubierta carnosa de color encarnao brillante (14).

**Atopémosla:**

Cerca de la carretera d'accesu al MUXA (Muséu Xurásicu d'Asturies) nel conceyu de Colunga. Carretera de Colunga a Les Arriondes, en dellos puntos del conceyu de Caravia.

Baxada a La Playa de Portizuelu, alrededores de Lluarca, conceyu de Valdés.

Na rasa de Lluces, nel conceyu de Colunga, apaez tamién na contorna del Institutu d'Educación Secundaria de Lluces, en dellos puntos, nos bordes de cunetes, lladeres o dientro de cultivos madereros d'*Eucaliptus globulus*.

Per otra parte, atopóse nes proximidaes de Vallota, nel conceyu de Llanes (15).



*Leycesteria formosa* (Fam. Caprifoliaceae)

*Leycesteria formosa* Wall., in Roxb., Fl. Indica 2:182 (1824)



**Descripción:**

Les fueyes ovaes, con márxenes llixeramente llobulaos, son llargues y afilae, de color averdosao y a lo cabero del branu les venes de la fueya dan en púrpura. Los tallos son redondos y valeros, de color verde, que podríen ser reminiscencia del bambú, pero ensin ser tan invasores. Forma piños colgantes de color encarnao púrpura de bráctees tubulares qu'arrodien les flores blanques, ensin arrecendor. El frutu, una baya de 1 cm de diámetru, tien un suave color púrpura-negro, ye comestible y comío polos páxaros qu'esparden la semiente (2, 12).

Si bien nel Catálogu de les plantes vasculares del Principáu d'Asturies figura como cultivada, y en Flora Ibérica apaéz xunto con otres caprifoliacies como adventicia o escapada de cultivu (7), en La Flora del País Vasco y territorios limítrofes amiéntase'l fechu de qu'amontesa (1).

**Atopémosla:**

Amontesada cerca de Duyos, nel conceyu de Caravia. De mano, obsérvense exemplares a los llaos de la carretera llocal qu'axunta esti llugar cola carretera que va dende Colunga a Les Arriendes, na formación de premonte eutrofu precursor d'una carbayeda eutrofa del *Polysticho setiferi-Fraxinetum excelsioris* [monte nuevu de fresnos (*Fraxinus excelsior*)], ablanales (*Corylus avellana*) y salgueros (*Salix atrocinerea* y *Salix caprea*). Xunto a la carretera ta presente en gran cantidá a entrambes veres d'esta, nel interior de la formación. L'orixe d'esta población pue ser por cuenta, nun principiu, del abandonu de restos de frada. Nun hai dulda de que s'esparde con gran facilidá y qu'habría de siguisse la so evolución.



*Paspalum urvillei* (Fam. Poaceae)

*Paspalum urvillei* Steudel, Syn. Pl. Glumac. 1: 24 (1853). Tipu: Brasil, d'Urville s.n. (P).



**Descripción:**

Perennes cespitoses. Tallos hasta 250 cm, erguíos, simples o ramificaos; entenedos y nuedos glabros. Vaines inferiores carinaes, papiloso-híspides; lígula 2-7 mm; llámines hasta 20-60 cm x 4-12 mm, lliniares, glabres sacante per detrás de la lígula. Inflorescencia 10-40 cm, solitaria, terminal; piños de 15-20, 2-12 cm, racemosos, ascendentes a adpresos; raquis c. 0,8 mm d'anchor, escabroso marxinalmente, con una aresta nel ápiz, angostamente aláu. Arestes 2,1-2,5 x 1,2-1,5 mm, ovaes, agudes, ciliaes con tricomes sedosos, paraes, en 4 fileres; gluma inferior ausente; gluma superior tan llarga como l'aresta, 3-5-nervia, llargamente pilosa, sobre manera contra los márxenes; llema inferior tan llarga como l'aresta, 3-nervia, cuasi glabra; flósculu superior 1,8-2 mm, más curtíu que l'aresta, endurecíu, nidíu, payáu, glabru. B (*Gentle 7967*, US); G (*Pittier 363*, ISC); H (*Molina R. 1123*, F); CR (*Clark et al. 1557*, MO) ente 0-800 m (18).

Nativa de Sudamérica, Brasil, Arxentina, dende onde s'espardió a Centroamérica, Méxicu y al sur de Los Estaos Xuníos, al igual qu'a otres rexones tropicales, subtropicales y Australia, por cuenta en gran parte del so emplegu como forraxe. Naturalízase dacuando en veres de caminos y cunetes (3).

Na península ibérica constatóse la so presencia nes provincies de Badayoz, Granada y La Palma (17). Considérase especie invasora en Los Estaos Xuníos y Australia (11).

**Atopémosla:**

En praos de siega y praos xunqueros (*Lino angustifolii*-*Cynosuretum cristati* y *Juncion acutiflori*) na rodiada de la esviación a Quintes y Quintueles dende l'autovía A8 camín de Xixón, cerca del autocine. Siguiamos la evolución de les poblaciones a lo llargo d'estos últimos años. En xunetu de 2015 paecía presentar una tendencia a espardece, por embargu, nel añu 2022, nun s'acaba de confirmar esti aspeutu. L'estáu de los praos, na visita de campu en 2022, que yá taben segaos a finales d'agostu, nun traxo novedaes sobre l'espardimientu na zona. Paez ser que s'aprovecha como pastu pal ganáu doméstico y pa herba seco. Forma piños densos que paecen movese con ventaya a otres especies nes comunidaes nes que s'afinca, polo que creyemos que habría de vixilase la so evolución.



### *Robinia x ambigua* (Fam. Leguminosae)

*Robinia x ambigua* Poir. in Lam, Encycl.Supl. 4:690 (1808)



#### Descripción:

La descripción d'esta especie sedría asemeyada a la vista en *Flora Iberica* pa *Robinia pseudoacacia*, sacante que presenta cálices y pedicelos con glándules estipitae y flores rosaes. Ye un híbridu entre *R. pseudoacacia* y *R. viscosa* Vent., Descr. Pl. Nouv. tab. 4 (1800) [= *Robinia x ambigua* Poir. in Lam., Encycl. Suppl. 4: 690 (1808)] (10).

*Robinia viscosa* o «Casque Rouge» ye una especie poco cultivada n'Asturies. Contra l'añu 2003 plantáronse exemplares de flores valva violetes mui llamaderes en zones axardinaes de lladeres de carretera na rodiada de Mieres y nel polígonu de Silvota).

Magar qu'en *Flora Ibérica* asítiase *Robinia x ambigua* como presente en xardinos, atopámosla en dellos puntos d'Asturies en llugares onde, con toa probabilidá, ta naturalizada. Ye bona de reconocer a distancia poles flores d'un finu color rosa. Amás pue observase tamién un mayor número de foliolos nes fueyes, que presenten un tamañu más pequeñu qu'en *Robinia pseudoacacia*. Comentamos que la so peligrosidá como especie invasora ye asemeyada a la d'esta última.

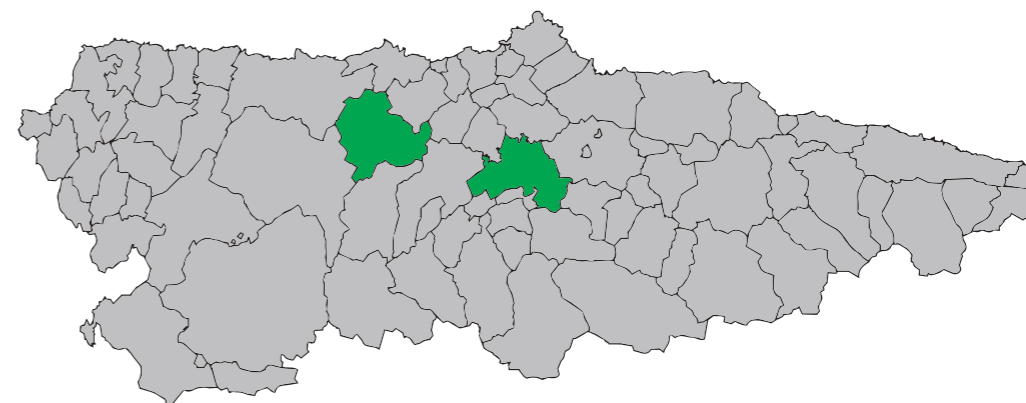
#### Atopémosla:

En San Llázaro Panicles, conceyu d'Uviéu. Foi la primer población atopada, en 2003. Yeren dos o tres individuos de dellos años, nel veru d'un prau de siega (*Lino angustifolii-Cynosuretum cristati*) y que nun paecien nin llantaos por humanos nin escapaos de cultivu. Por mor de les obres feches nel llugar, nun se foi p'atopar de nuevo na última visita de campu.

Cerca de La Veiga (Salas), nun matu (*Rubo ulmifolii-Tametum communis*) que forma la vera arbustiva d'un premonte eutrofu de *Fraxinus excelsior*.

Cerca de Corniana. Un exemplar vieyu y dellos más nuevos cerca, cuasi con toa seguridad esparíos a partir d'aquel, nun ribayu de la carretera.

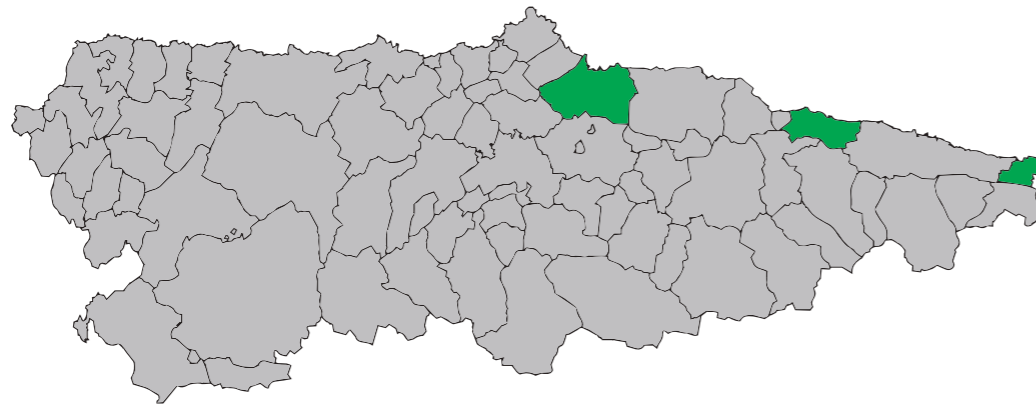
Nun monte cerca al IES Río Trubia. Esta formación singular de monte formó parte de la fábrica de cañones, quiciabes nun principiu diseñáu como espaciu pa xardinos, quiciabes como posible barrera preventiva énte posibles accidentes producidos nes pruebas d'armamentu feches nun túnel asitiáu baxo esta formación. Anguaño, al reducirse'l terrén dedicáu a la fábrica, una notable extensión d'esti sitiu pasó a ser un espaciu anexo al Institutu de Secundaria Río Trubia. Dende lloñe, paez una típica carbayeda de *Blechno spicanti-Quercetum roboris*. Si bien dientro d'esta, munches especies de los diferentes estratos coinciden coles d'esta formación, l'estratu arboreu ta domináu por *Quercus cerris* L. Sp. Pl.: 997 (1753), lo que-y da a cierta distancia una apariencia de la típica carbayeda enantes nomada. Hasta onde pudimos pescudar, nun paez qu'estos carbayos s'esparden de mou natural, y magar qu'observamos la presencia d'abeyotes, creemos que son coetáneos y que los plantaren al mesmu tiempu va décadas. Apaecen delles especies que s'usaren quiciabes con fines d'ornamientu (*Phyllostachys sp.*, *Trachycarpus fortunei*...) mui desperdigaes na formación. *Robinia pseudoacacia* apaez en cantidá como especie montés y, ente ellos, tamién de forma abundosa, exemplares de *Robinia x ambigua*.



#### NOTICIA SOBRE LA PRESENCIA DE *Davallia canariensis* (L.) NEL ORIENTE D'ASTURIES

*Davallia canariensis* (L.) Sm. in Mém. Acad. Roy. [canariensis] Sci. (Turín) 5: 414 (1793) (8).

Nel Decretu 142/2001, pel que se declara'l Monumentu Natural Entrepeñes y La Playa Vega (Ribeseya), recuéyense una serie de valores xeolóxicos, faunísticos y botánicos, ente los que nun ta la población de *Davallia canariensis* qu'atopamos nel escobiu d'Entrepeñes, na oriella izquierda d'El Ríu l'Acabu, en paredones cuarcíticos n'orientación este, en comunidaes de la clase *Asplenietea-Trichomanis*. Nun espublizamos les coordenaes de llocalización por razones de seguranza pa la población atopada. La especie conózse de La Campa Torres, nel conceyu de Xixón y hai una cita de Dizerbo en La Franca, nel conceyu de Ribadeva (4). La presencia d'esti felechu n'Entrepeñes invita a tratar d'asitiar más llugares ente Xixón y Ribadeva, y hasta más contra oriente, nos cantiles cuarcíticos presentes nesta fastera.



#### Referencies bibliográfiques

1. Aizpuru, I. et al. (1999). *Claves ilustradas de la Flora del País Vasco y Territorios limítrofes*. Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco
2. <https://www.biodiversidadvirtual.org/herbarium/Leycesteria-formosa-Wall.-img309591.html>
3. [www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/paspalum-urvilleifichas/ficha.htm](http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/paspalum-urvilleifichas/ficha.htm)
4. Díaz González, T.E. (1981). Los helechos, licopodios y colas de caballo (pteridófitos) *Enciclopedia Temática de Asturias*, 1: 169-208. Silverio Cañada Eds. Xixón.
5. Díaz González, T.E. & J.A. Fernández Prieto (1994a). La Vegetación de Asturias. *Itinera Geobotánica*, 8: 243-528. León.
6. Fernández Prieto J.A, E. Cires Rodríguez, A. Bueno Sánchez, V. M. Vázquez, H.S. Nava Fernández (2014). Catálogo de las plantas vasculares del Principado de Asturias. *Documentos Jardín Botánico Atlántico* 11. Ayuntamiento de Xixón.
7. [http://www.floraiberica.es/floraiberica/texto/pdfs/15\\_155\\_00\\_CAPRIFOLIACEAE.pdf](http://www.floraiberica.es/floraiberica/texto/pdfs/15_155_00_CAPRIFOLIACEAE.pdf)
8. [http://www.floraiberica.es/floraiberica/texto/pdfs/01\\_024\\_01\\_Davallia.pdf](http://www.floraiberica.es/floraiberica/texto/pdfs/01_024_01_Davallia.pdf)
9. [http://www.floraiberica.es/floraiberica/texto/pdfs/08\\_097\\_03\\_Epilobium.pdf](http://www.floraiberica.es/floraiberica/texto/pdfs/08_097_03_Epilobium.pdf)
10. [http://www.floraiberica.es/floraiberica/texto/pdfs/07\\_24%20Robinia.pdf](http://www.floraiberica.es/floraiberica/texto/pdfs/07_24%20Robinia.pdf)
11. <https://gbif.org/es/species/2705650>
12. <https://landscapeplants.oregonstate.edu/plants/leycesteria-formosa>
13. Menéndez Valderrey, Juan Luis. *Epilobium brachycarpum*. *N'asturnatura.com* [en llinia] Num. 598, 12/09/2016 [consultóse'l 18/8/2022]. Disponible n'asturnatura.com. ISSN 1887-5068
14. [https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/hedychiumgardnerianumsheppardexkergawl1824\\_tcm30-439575.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/conservacion-de-especies/hedychiumgardnerianumsheppardexkergawl1824_tcm30-439575.pdf)
15. <https://natusfera.gbif.es/observations/21661>
16. <https://www.navarraagraria.com/component/k2/item/1784-epilobium-brachycarpum-una-mala-hierba-invasora>
17. [https://www.plantas-y-hongos.es/herbarium/htm/Paspalum\\_urvillei.htm](https://www.plantas-y-hongos.es/herbarium/htm/Paspalum_urvillei.htm)
18. <http://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000888597>

# Fitorremediación: l'usu de plantes na descontaminación de suelos

Por Aida González, Rebeca Fernández, Daniel Fernández-Fuego,  
Alejandro Navazas, Ana Bertrand

Departamentu de Biología d'Organismos y Sistemes (Fisiología Vexetal)  
Universidá d'Uviéu

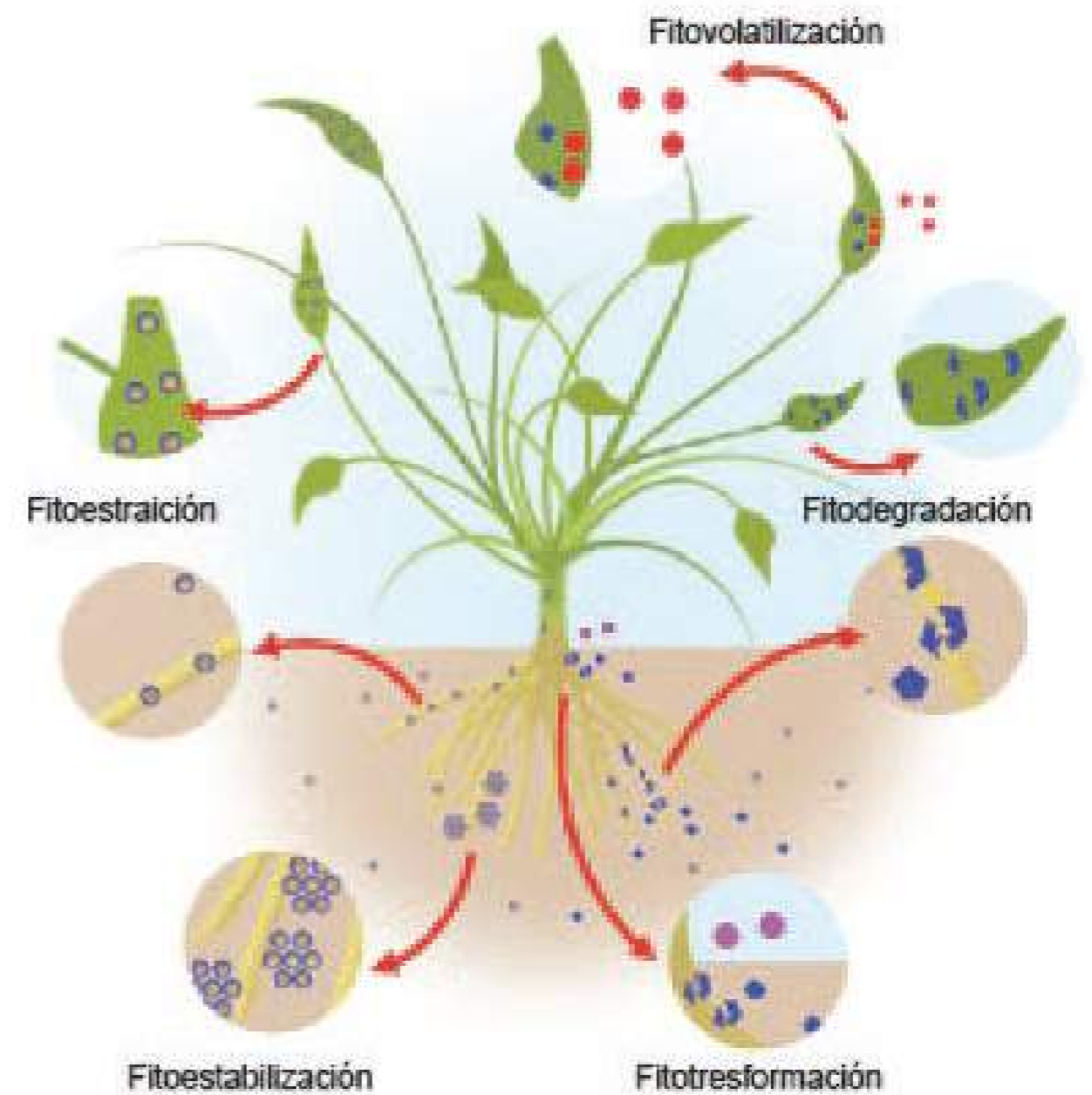


Figura 1. Representación esquemática de dellos tipos de fitorremediación. (Tomao de Parmar y Singh, 2015)

L'actividá minera ya industrial, el desendolcu teunolóxicu, la mala xestión y utilización de productos venceyaos con llabores agrícolas ya industriales y en xeneral cuasi toles actividaes humanas contribuyeron a un deterioru del medioambiente como un efeutu collateral al desendolcu industrial y teunolóxicu. La migración d'estos contaminantes a otres zones y el so espardimientu contribúin a la contaminación de los ecosistemas tanto terrestres como acuáticos qu'en mayor o menor medida afeuta a tolos países desarrollaos. La contaminación d'estos suelos ye muy variada: ún de los principales problemes colos que nos atopamos ye que nunca tán contaminaos con un únicu elementu o compuestu tóxicu, sinón que son dellos los que contaminen al empar estos terrenos (hidrocarburos, metales pesaos, compuestos fenólicos, etc.). Por mor de vertíos abondo estremaos y dispersos, les concentraciones de caún d'estos compuestos son mui diverses y desiguales. Nel casu d'Asturies, les explotaciones industriales y, sobre manera, les males práutiques de dómines pasaes produxeron restos con altes concentraciones de metales pesaos que planteguen un importante problema tanto a nivel medioambiental como de la salú humana, yá que pueden entrar na cadena trófica y provocar malures non solo pola so inxesta, sinón tamién pola esposición crónica a estos contaminantes. Amás, el so peligrosu veu agraváu pola so persistencia nel tiempu qu'en dellos casos ye de miles d'años y n'especial pola so dificultá pa desanicialos.

### METALES PESAOS

Magar que pueda paecer estraño, nun hai una definición concreta per parte de los organismos responsables nin una referencia clara y esautada de les propiedaes o carauterístiques qu'ha tener un metal pesao. Defínense en función de la so alta densidá, pesu o númberu atómicu, de les sos propiedaes químiques y sobre manera en función de la so toxicidá. El términu «metal pesao» úsase pa facer mención, d'una manera non mui precisa, a ciertos elementos metálicos a los que se-yos atribúin determinaos efeutos de contaminación ambiental y toxicidá. Del total d'elementos de la tabla periódica, 49 tán clasificaos como metales pesaos ente los que podemos destacar: arsénicu (As), cadmiu (Cd), cromu (Cr), fierro (Fe), manganesu (Mn), mercuriu (Hg), molibdenu (Mo), níquel (Ni), plata (Ag), plomu (Pb) y zinc (Zn), pero non toos son igual de tóxicos nin tienen la mesma importancia biolóxica. D'algunos d'estos elementos son nutrientes esenciales pa la medría y espoxigue de les plantes que viven nestos terrenos como ye'l casu de Fe, Mn, Mo y Zn; sicasí, otros (As, Cd, Cr, Hg, Pb) nun tienen una función conocida y son abondo tóxicos pa plantes, microorganismos, animales y pal home. L'arsénicu y el seleniu son elementos que nun pueden ser catalogaos como metales, yá que son metaloides, por más que tienen carauterístiques asemeyaes a los metales pesaos. Por eso utilízase anguaño'l términu metal(oid)es pesaos (MP) qu'engloba mesmo a los metales qu'a los metaloides. Les plantes que xorrecen en presencia d'estos MP necesitan mecanismos que-yos dexen conservar les concentraciones d'elementos esenciales ente les llendes de deficiencia y toxicidá y les de los MP non esenciales per debaxo del nivel de toxicidá.

### FITORREMIEDIACIÓN

La revexetación o remediación de los suelos contaminaos foi un retu munchos años a nivel mundial nel que fracasaron numerosos intentos tanto de recuperar la vexetación orixinal como de llantar especies d'interés comercial por cuenta de les condiciones edáfiques adverses que tienen estos suelos: niveles tóxicos de MP y otros contaminantes, predominiu de roques de distinta granulometría que mengüen la disponibilidad d'agua, escasos nutrientes o falta de microorganismos beneficiosos.

Tradicionalmente, les téuniques que se vienen utilizando pal desanciu de los contaminantes del suelu inclúin, ente otres, la escavación y almacenamientu de suelos, el llaváu, la estraición con disolventes, la oxidación química, el bombéu y posterior tratamientu físico-químicu. Sicasí, toes elles presenten un refileru d'inconvenientes ente los qu'habría sollíñase'l riesgu de manipulación, l'eleváu costu por cuenta de la necesidá d'equipos especializaos y l'alteración de l'actividá biolóxica de los ecosistemas. Amás, hai que se decatar de qu'en munches ocasiones les zones afeutaes son grandes estensiones de terrén, polo qu'estes téuniques resulten complexes y males d'aplicar. Por too esto, ye necesaria una solución efeutiva y teunolóxicamente viable que nos dexa desendolcar nueves téuniques más rentables, de baxu consumu enerxéticu, segures ya inocues col mediu que nos arrodia. Equí ye onde surge la fitorremediación como una téunica biolóxica verde, non agresiva col medioambiente, que se basa nel usu de plantes, tanto herbales como lleñoses, y los sos microorganismos rizoféricos asociaos, p'amenorgar, desanicar, degradar o inmovilizar contaminantes del suelu o agua col fin de restaurar los terrenos o l'agua contaminao.

Güei tán desendolcándose dellos tipos de fitorremediación (Figura 1 n'entamu d'artículu) ente los qu'hai de destacar la fitoestraición y la fitoestabilización. La primera considérase la más eficiente y rentable: básase na capacidá de ciertas plantes pa desanicar los MP del suelu per aciu de l'absorción pelos raigones. El so tresporte y acumulamientu posterior na parte aérea. La fitoestabilización busca inmovilizar los contaminantes en suelu pa prevenir la so lixiviación al agua soterraño y torgar qu'entren na cadena trófica.

La fitorremediación convirtióse, poro, nuna téunica versátil con munches aplicaciones potenciales y con puxu en toles naciones industrializaes. Ente les sos grandes ventayes ha rescampase:

- el so baxu costu;
- nun alteria la biodiversidá del suelu, sinón qu'ameyora les sos propiedaes físiques y químiques por mor de la formación d'una cubrición vexetal;
- xenera menos contaminantes ambientales y menos restos;
- ye una teunoloxía cenciella y con gran atractivu social;
- nun tien falta de consumu enerxéticu;
- pue usase en suelu, agua y aire.

Sicasí, a pesar de toes estes ventayes, la fitorremediación enfrentase a delles torgues pa la so aceutación o usu d'afechu como son:

- la necesidá de llargos periodos de tiempu;
- la so capacidá de descontaminación ta condicionada al ciclu de vida de les plantes, yá que ye dependiente de les estaciones;
- ta condicionada pola disponibilidad de los contaminantes en suelu y pola fondura a la qu'estos tean; la mayor tasa de descontaminación tien llugar a escasos 2 m de la superficie, magar qu'esto ye variable acordies col tipu de planta que s'utilice.



**Dalgunes plantes, a pesar de qu'atropen cantidaes bien altes de metal(oid)es pesaos nun son amañoses pa usales en fitorremediación por mor del so pequenü tamañu y biomasa. Ye'l casu de *Noccaea caerulescens* que s'usa fundamentalmente como planta modelu pa facer estudios d'hiperacumulación de metales pesaos**

Por tolo espuesto, ye necesario demostrar eficacia y costu-efeutividá a los propietarios, consultores y llexisladores, rompiendo amás barreres y prexucios ya incluyendo lleis medioambientales que favorezan aquellos teunoloxías que nun seyan agresives pa col suelu y que potencien la diversidá d'esti pa nun alteriar les sos condiciones naturales.

#### ESCOYETA DE PLANTES

Magar los grandes problemes que presenten estes zones contaminaes pa dexar que s'instale una vexetación sobre la so superficie, viose qu'hai plantes qu'espoxiqúen con normalidá y completen el so ciclu de vida nestos terrenos, yá que son pa escluyir o atropar MP nos sos texíos y almacenalos nes vacuoles y otros orgánulos p'amenorgar la so toxicidá y seguir cola medría. Aquelles plantes que los esclúin, ye dicir que nun dexen la entrada de contaminantes al interior del raigañu, denómense **esclusores**, mentanto que les que los atropen principalmente nes fueyes o raigones reciben el nome de plantes **acumuladores** o **hiperacumuladores** en función de la concentración de MP acumulaos. Amás son pa colonizar y xorrecer en suelos contaminaos con As, Cd, Fe, Hg, Pb, Zn, etc. Estes plantes acumuladores o hiperacumuladores son les amañoses pa usar na descontaminación de suelos.

Ún de los aspectos más complexos de la que

#### DERECHA

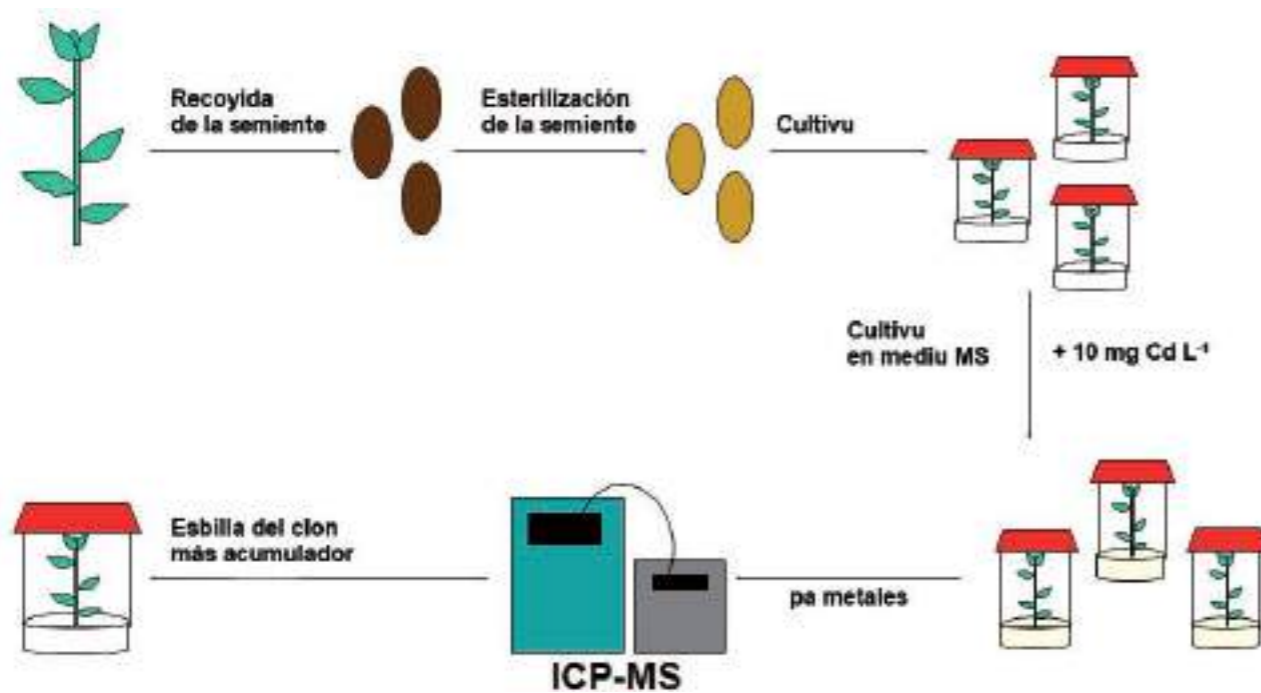
**Tabla 1.** Acumulamientu de dalgunes plantes usaes en fitorremediación de metal(oid)es pesaos. Les semeyes amuesen l'aspeutu de les plantes amentaes na tabla.

se desendolca un programa de fitorremediación ye la escoyeta de les plantes que se van a utilizar, yá que d'ella depende l'éxitu o'l fracasu del procesu. Cualquier planta que vaya usase na descontaminación de suelos tien de cumplir una serie de requisitos como:

- ser pa tolerar y atropar altes concentraciones de contaminantes, sobre manera na so parte aérea;
- presentar biomasa alto, xorrecimientu rápidu y un sistema radical bien desenveltu y fondu que dexen esplorar y algamar la mayor cantidá de suelu posible;
- ser fácilmente recolectables. Ye dicir, que la parte aérea pueda podase y la planta vuelva brotar de nuevo;
- potenciar güei que les plantes que s'utilicen seyan plantes autóctones, yá que se faen muncho meyor a les condiciones edafo-climátiques del lugar.

Especie vexetal	Elementu	Concentración elementu	Altor planta	Referencia
<i>Noccaea caerulescens</i> (a)	Zn Cd	40000 mg Kg <sup>-1</sup> 18000 mg Kg <sup>-1</sup>	25-30 cm	Dinh <i>et al.</i> , 2015
<i>Pteris vittata</i> (b)	As	20000 mg Kg <sup>-1</sup>	100 cm	Ma <i>et al.</i> , 2001
<i>Dittrichia viscosa</i> (c) (olivarda)	Cd	1400 mg Kg <sup>-1</sup>	120-130 cm	Fernández <i>et al.</i> , 2008
<i>Melilotus alba</i> (d)	Pb	1200 mg Kg <sup>-1</sup>	150 cm	Fernández <i>et al.</i> , 2012
<i>Eupatorium cannabinum</i> (e)	As	58 (fueyes) 3500 (raíces)	170 -180 cm	González <i>et al.</i> , (2019)
<i>Betula celtibérica</i> (f) (abeduriu)	Zn Cd	1200 mg Kg <sup>-1</sup> 460 mg Kg <sup>-1</sup>	12-15 m	Fdez-Fuego <i>et al.</i> , 2017 Fernández <i>et al.</i> , 2008
<i>Salix atrocinerea</i> (g) (salgueru)	As	230 (fueyes) 2400 (raíces)	10-12 m	Navazas <i>et al.</i> , 2019





ARRIBA

Figura 2. Esquema del flujo del clon más acumulador desde semilla atropada en terrenos contaminados.

Teniendo en cuenta estos requisitos, las plantas herbales de gran porte y los árboles son, potencialmente, los que mejor funcionarían, ya que pueden tener un sistema radical bien ramificado, crecer en terrenos de poca calidad, aprovechar la madera y generar gran cantidad de biomasa, que puede fradarse desaniciando el contaminante ensin perjudicar el terreno.

Normalmente las plantas nun pueden absorber tolos contaminantes del suelo, sinón que suelen ser específicas pa ún o dos elementos. Na Tabla 1 cítense dalgunes de les más de 400 especies descritas como acumuladores o hiperacumuladores y que podemos atopar fácilmente n'Asturies. Dalgunes d'estes plantas, a pesar de qu'atropen cantidades bien altas de MP nun son amañoses pa usales en fitorremediación por mor del so pequenü tamaño y biomasa. Esti ye'l casu

de *Noccaea caerulescens* (enantes denominada *Thlaspi caerulescens*), que s'usa fundamentalmente como planta modelu pa facer estudios d'hiperacumulación de metales pesaos. N'otros casos, las plantas presentan unos requerimientos nutricionales o ambientales que nun dexen que s'adauten a tolos terrenos, como ye'l casu de los felechos. Too ello fai que'l factor individual más importante pa llograr una fitorremediación productible seya la escoyeta de plantas que se van utilizar.

Las plantas absorben los metal(oid)es pesaos del suelo al traviés de los raigaños, pero nun tienen transportadores nin mecanismos específicos pa la so absorción sinón que se «peñeren» aprovechando que presentan propiedades químicas asemeyaes a otros elementos que sí son esenciales y pa los que la planta sí tien

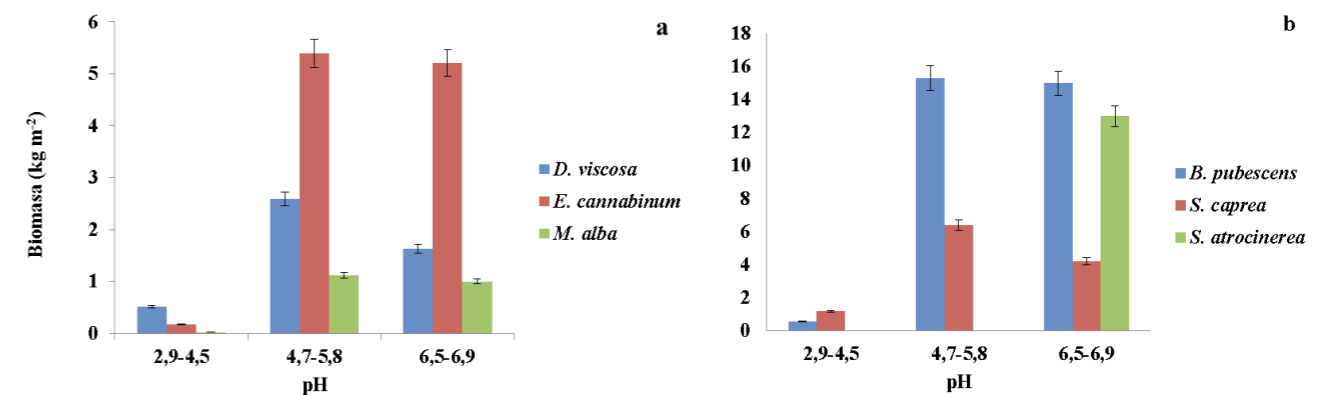
mecanismos específicos d'entrada. L'absorción d'estos MP per parte de las plantas depende de muchos factores: de las condiciones ambientales, de la especie vegetal, del desenvolcu del sistema radical, del pH, de las propiedades del suelo, lo mesmo que de la forma na que s'atope'l contaminante y de la so biodisponibilidad.

Nel nuesu casu, toles plantas que s'utilizaron pa poner nes parcelas experimentales son clones escoyíos pola so alta tolerancia y acumulamiento de los distintos MP, al igual que pol so tamaño y biomasa. Na Figura 2 amuésase un esquema del procesu siguíu pa la so esbilla. Recoyóse grana de distintas plantas nos terrenos contaminados, esterilizóse ya introduxose en cultivu *in vitro*. Cada semilla granada dio llugar a una plántula y esta tresfirióse individualmente, en condiciones estériles, a un «potín» que contenía otu mediu de cultivu. Darréu d'ello, una vegada ya crecía, cada plántula micropropagóse per independiente constituyendo la so multiplicación un clon. Pa llograr la plántula más acumuladora, tomáronse esplantos apicales que se cultivaron

en presencia de distintas concentraciones de MP (As, Cd, Pb, etc.), dexáronse crecer y midióse la so medría, biomasa y la cantidad de MP acumulados tanto nel raigaño como na parte aérea per aciu d'espectrometría de masas (ICP-MS). Escoyóse'l clon qu'atropaba más MP y, al empar, presentaba la mayor biomasa.

### ESTRATEGIAS PA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DE LA FITORREMEDIACIÓN

Aunque ya sabemos qu'hai plantas que son pa crecer y desenvolverse en suelos contaminados y atropar MP nos sos texíos, haciendo posible la recuperación d'esos suelos, nos últimos años —pa incrementar y acelerar la eficiencia del procesu— ta apostándose pola combinación d'esta teunoloxía sostenible medioambientalmente, que ye la fitorremediación, con delles estrategias agronómiques y bioteunolóxiques, como l'aplicación de fertilizantes, la fradadura adicional, la densidad de plantío, el pH del suelo, la micorrización y la bioaugmentación con bacterias. Nesti trabayu vamos desglosar dalgunes d'elles.



ARRIBA

Figura 3. Efectu del pH del suelo sobre la biomasa de plantas herbáceas (a) y leñosas (b).

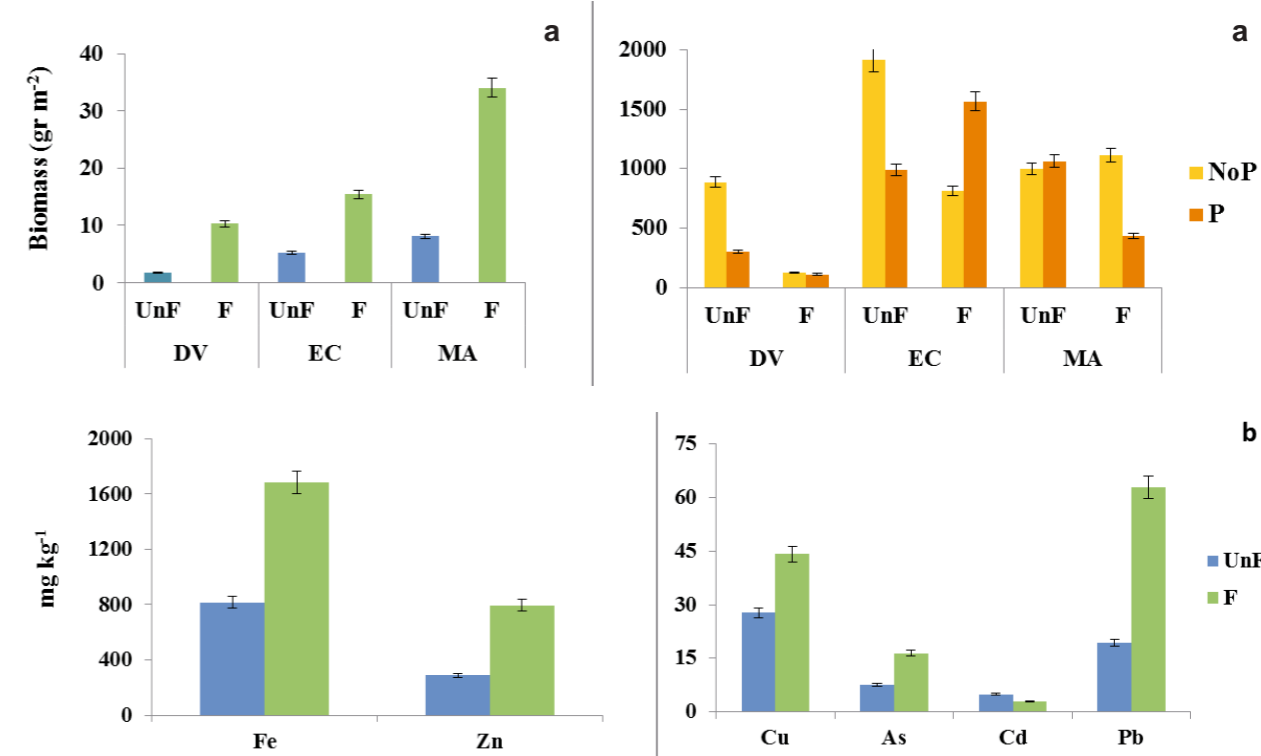
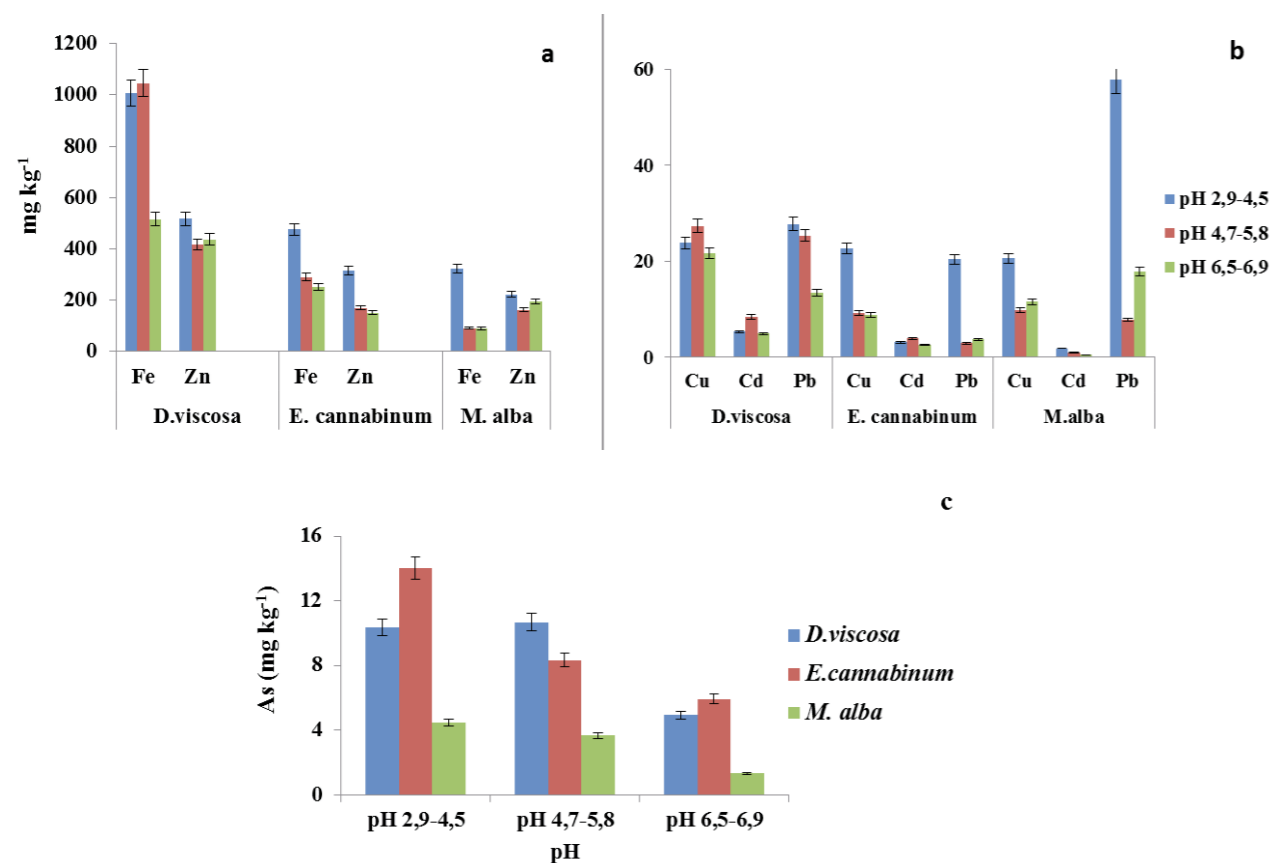
### Efeutu del pH del suelu

Ensayáronse distintos valores de pH del suelu que diben dende bien ácidos (2.9) hasta próximos a la neutralidá (6.9). Los resultaos amosaron que tanto la biomasa algamao poles plantes como l'acumulamientu de MP ta mui influyíu pol pH del suelu. Los pH fuertemente ácidos inhibieron la biomasa, mentanto que los moderadamente ácidos dexaron una meyor medría tanto en plantes herbales como lleñoses (Figura 3). En rrelación cola acumulación de MP viose que cuando'l pH ye mui ácidu les plantes amuesen el mayor acumulamientu (Figura 4) pero medren menos y, poro, presenten menor biomasa (Figura 3). Nes más de les plantes analizaes viose una gradación na acumulación de MP, darréu que la concentración foi siempre más alta nel raigañu

que na parte aérea y nes fueyes. Foi mayor nes fueyes vieyes que nes nueves, lo que da una idea de la inmovilidad d'estos metales pesaos, yá que n'algamando les fueyes, pa que nun interferieran na fotosíntesis y otros procesos metabólicos, axúntense a componentes de la parede celular o almacénense nes vacuoles y, por tanto, nun se tresportaríen a les fueyes más nueves en desarrollu.

#### ABAXO

Figura 4. Efeutu del pH del suelu sobre l'acumulamientu de MP en fueyes d'estremaes plantes herbácees. (a) Fe y Zn; (b) Cu, Cd y Pb; (c) As.



#### ARRIBA

Figura 5. Efeutu de la fertilización sobre: a) la biomasa de *D. viscosa* (DV), *E. cannabinum* (EC) y *M. alba* (MA); b) l'acumulamientu de MP en fueyes de *D. viscosa*. F, plantes fertilizaes; UnF, non fertilizaes.

Los tallos, polo xeneral, atropen mui poques cantidaes de los distintos MP, yá que pueden considerase como un muérganu de tresferencia o «pasu» ente les raigones y les fueyes. D'ende qu'esta madera pueda aprovecharse como biomasa u otros usos ensin causar problemes pal medioambiente o la salú.

### Efeutu de l'amestadura de fertilizantes

L'amestadura d'un fertilizante orgánicu (N:P:K) al suelu incrementó la biomasa en toles plantes ensayaes (Figura 5a). Sicasí, ye importante rescamplar qu'una única aplicación al entamu del cultivu nun ye abondo pa tener una alta tasa de medría a lo llargo del so ciclu de vida, polo que convién amestar el fertilizante dacuando en vez (cada 2 meses), yá que de lo contrario, por

mor de qu'estos suelos contaminaos son bien probes dende'l puntu de vista nutricional, les plantes amenorguen el so espoxigue y al cabu de 3 meses presenten tases de medría asemeyaes a aquelles a les que nun se-yos amestó'l fertilizante.

Tocante a los MP, vemos un aumentu nel acumulamientu de Cu, As y Pb nes plantes fertilizaes de *Ditrichia viscosa* (olivarda) (Figura 5b) al igual que tamién de Fe y Zn n'otres non reflexaes nesta figura. Estos resultaos indiquen que l'aporte de nutrientes al suelu non solo ameyora la medría de la planta, sinón qu'esti mayor xorrecimientu repercute nuna mayor absorción y acumulación de MP, lo que la asitia como una estratexa positiva pa potenciar la fitorremediación d'estos suelos degradaos polos contaminantes.

**Efeutu de la micorrización**

La micorrización defínese como una simbiosis mutualista ente'l raigañu de les plantes y los fungos. Numberosos trabayos demostraron que si se revexeten zones degradaes con árboles micorrizaos llógrense tases de supervivencia y desendolcu mui superior a les algamaes con árboles ensin micorrizar. Esto ye por mor de que la micorrización, y sobre manera aquella que se fai con fungos esbillaos, dexa una meyor nutrición de les plantes, yá que les hifes del fungu pueden llegar a sitios mui pequeños a los que les raíces nun podríen aportar y d'esta miente pueden esplorar una mayor cantidá de suelu, daqué que-yos dexa captar mayor númeru de nutrientes, facese meyor a les condiciones desfavorables y amenorgar la so mortalidá. Too ello redunda nuna mayor biomasa que pue aprovecharse pa otros fines.

Con estos antecedentes micorrizamos plantes d'abeduriu p'analizar el so efeutu sobre la fitorremediación. Estes plantes, procedentes de clones escoyíos *in vitro*, micorrizáronse con un fungu, *Paxillus ammoniavirescens* (Figura 6) aislao de cuerpos granibles recoyíos nos terrenos contaminaos y escoyío nel llaboratoriu pola so tolerancia y acumulamientu de MP. Les plantes consérvense en condiciones estériles per unes selmanes nuna cámara de medría con lluz y temperatura controlao y en comprobando que los abedurios taben micorrizados pasáronse a tierra y aclimatáronse a les condiciones d'ivernaderu.

Los resultaos amosaron que cuando les plantes se micorricen *in vitro* y se conserven n'ivernaderu aumenta tanto la biomasa como l'acumulamientu de Cd (Tabla 2, Figura 7). Sicasí, cuando los ensayos se fixeron direutamente nel

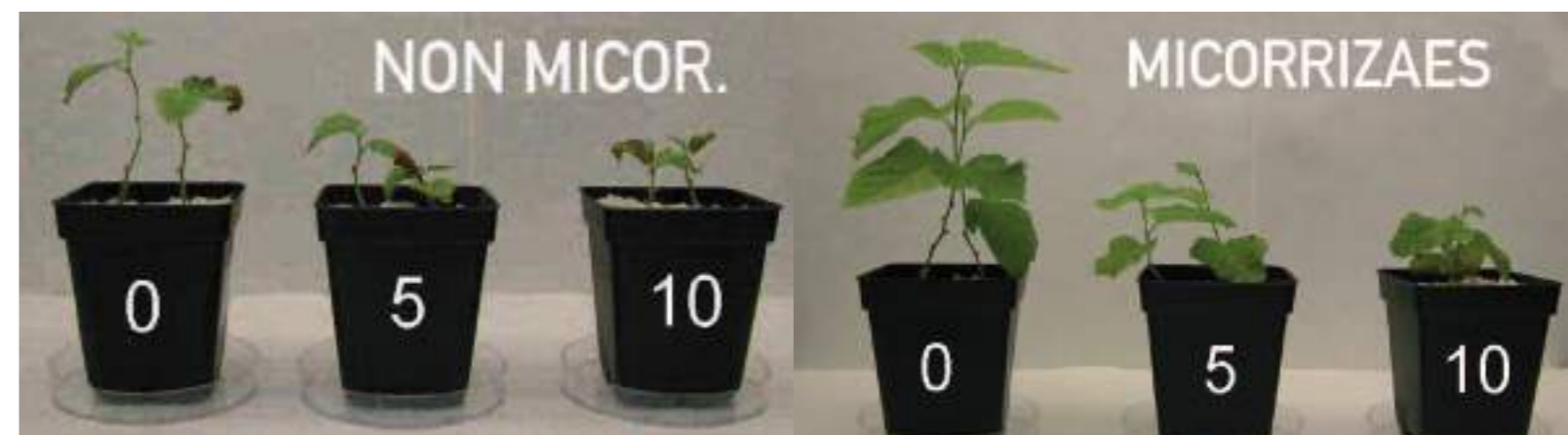


**ARRIBA**  
 Figura 6. Aspeutu del fungu *Paxillus ammoniavirescens* en campu.

**ABAXO**  
 Figura 7. Efeutu de la micorrización sobre la medría y l'acumulamientu de Cd en plantes d'abeduriu cultivaes en presencia de Cd.

[Cd]	Biomasa (mg)		Conteníu Cd (mg kg <sup>-1</sup> )		
	P. aérea	raigañu	p. aérea	raigañu	planta
M 0	240 ± 20 a	40 ± 6 a	0.34 ± 0.24 a	0.30 ± 0.03 a	0.40 ± 0.22 a
5	152 ± 10 b	28 ± 2 b	59 ± 2 b	228 ± 7 b	92.04 ± 0.2 b
10	123 ± 10 c	25 ± 3 b	162 ± 6 c	453 ± 15 c	226.8 ± 9 c
NM 0	88 ± 10 d	15 ± 3 c	0.07 ± 0.01 d	0.29 ± 0.06 a	0.10 ± 0.01 a
5	65 ± 10 d	12 ± 2 c	59 ± 6 b	220 ± 7 b	72.29 ± 7 b
10	79 ± 6 d	16 ± 2 c	99 ± 5 e	391 ± 11 d	141.12 ± 8 d

**ARRIBA**  
 Tabla 2. Biomasa y acumulamientu de Cd n'abeduriu micorrizáu (M) y non micorrizáu (NM) cultiváu n'estremaes concentraciones d'esti metal.



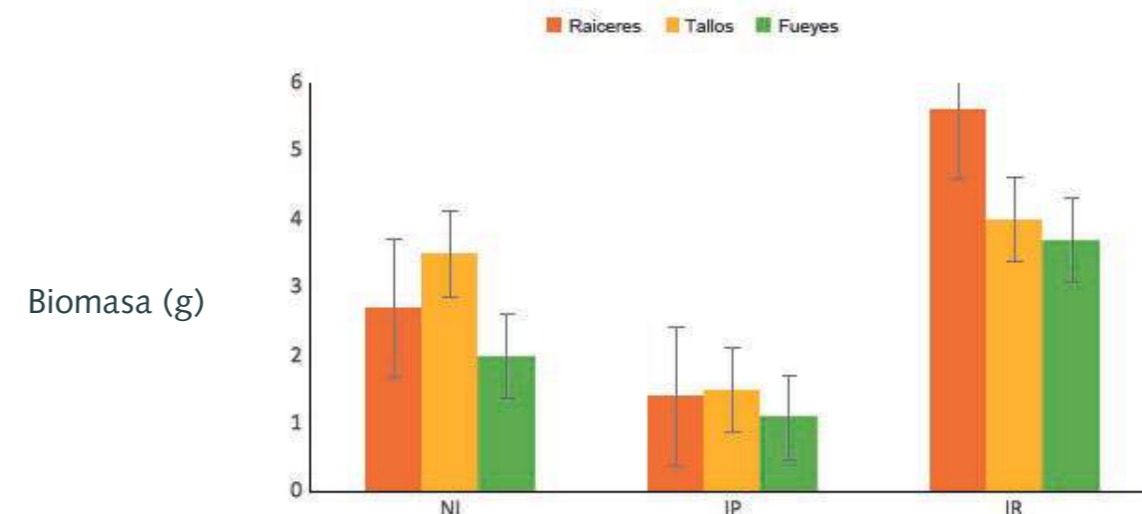


ARRIBA

Figura 8. Aspeutu d'abedurios micorrizaos (M) y non micorrizaos (NM) dempués de 3 años de cultivu nun terrén contamináu. Ha notase que nun hai diferencies en cuantes a medría y biomasa ente entrambos tratamientos.

ARRIBA DERECHA

Figura 9. Biomasa de raíces, tallos y fueyes de plantes *S. atrocinerea* non inoculaes (NI), inoculaes con *Pantoea* (IP) ya inoculaes con *R. erythropolis* (IR) dempués de 6 meses de cultivu nun terrén contamináu.



llugar contamináu viose que, al cabu de 6 meses, aumentó la medría de los abedurios, pero les plantes micorrizaes conteníen menos MP que les non micorrizaes (datos non amosaos). Esta inesperada baxada na acumulación de MP ye por cuenta de que'l fungu absorbe estos MP y atrópalos nes sos hifes, nun los tresfiriendo al raigañu de la planta. Ye una forma de protexese la planta d'estos elementos tóxicos pa que nun afeuten al so metabolismu. Esta ye tamién una de les razones poles que les plantes micorrizaes xorrecen meyor nestos terrenos degradaos pola contaminación. A más llargu plazu (3 años), vimos que tampoco nun había diferencies na biomasa ente les plantes micorrizaes y non micorrizaes (Figura 8) lo que nos llevó a pensar que posiblemente los fungos colos que se micorrizaren primero nun se conservaron a lo llargo del tiempu. Pa ello, desenterráronse los raigones, tomáronse amueses d'estes ya identificáronse los fungos que taben presentes nesi momentu per aciu de bioloxía molecular. Los resultaos amosaron que, na mayoría de los casos, *Paxillus ammoniavirescens* (que yera'l fungu col que micorrizáremos de primeres el cultivu) nun taba presente nel raigañu sinón que lu colonizaron y micorrizaron otros fungos (*Inocibe*, *Hebelona* y *Lactarius*) que movieren a *Paxillus* por ser más abondosos y tar meyor fechos a esi suelu. Sicasí, hai que sollíñar que *P. ammoniavirescens* sí taba presente naquelles plantes que taben xorreciendo en parcelas con una con-

taminación mui alto y nes qu'otros fungos, por mor de la toxicidá de los contaminantes del suelu, nun podíen abondar y micorrizar de forma natural les plantes. Por tanto, podemos rematar resaltando que la micorrización ye una estratexa útil p'ayudar al establecimientu y supervivencia de les plantes nes primeres etapes de medría nun suelu contamináu, pero que tamién se micorricen llueu de forma natural en campu polo que, sacante situaciones de llugares altamente contaminaos, nun sedría necesaria una micorrización previa en llaboratoriu.

Efeutu de la bioaugmentación con bacteries

Darréu que nos últimos años son numerosos los trabayos que destaquen el papel beneficiosu que tienen les bacteries na remediación de suelos contaminaos con hidrocarburos, analizóse'l comportamientu de plantes inoculaes y non inoculaes con bacteries recoyíes nos terrenos contaminaos y escoyíes en llaboratoriu pola so tolerancia al As y la so capacidá pa promover el xorrecimientu de les plantes. Partimos d'un clon de salgueru (*Salix atrocinerea*), escoyíu tamién pola so alta tolerancia al As, inoculáu con dos cepes bacterianes, una endófitu (*Pantoea* sp.) y otra de la rizosfera (*Rodococcus erythropolis*). Al cabu de 6 meses en campu, los resultaos amosaron que *R. erythropolis* promovió'l xorrecimientu tanto de fueyes como de raigones y tallos (Figura 9) cuando se compara coles

plantes inoculaes con *Pantoea* o non inoculaes. Sicasí, en rrellación a l'acumulación de MP, foi la inoculación con *Pantoea* cola que se llograron los meyores resultaos (Tabla 3) principalmente d'As y Pb, magar qu'hai que destacar que *R. erythropolis* tamién aumentó l'acumulamentu

al respetive de les plantes non inoculaes. Estos resultaos encnten la hipótesis de que los procesos de fitoextraición de MP pueden incrementase usando la fitorremediación asistida por bioaugmentación de bacteries.

Muérganu	Elementu	Tratamientu		
		NI	IP	IR
Raigañu	Fe	4900 ± 489a	5400 ± 238 a	2510 ± 284 b
	Cu	115 ± 40 a	182 ± 14 a	112 ± 6 b
	Zn	230 ± 28 c	382 ± 39 a	304 ± 9 b
	As	30 ± 11	75 ± 10 a	50 ± 2.5 b
	Cd	4,5 ± 0.4 c	6 ± 0.47 a	2,5 ± 0.1 b
	Hg	1,1± 0.1 b	2,2 ± 0.15 a	0.9 ± 0.1 b
	Pb	180 ± 98c	550 ± 116 a	238 ± 23 b
Fueyes	Fe	314 ± 30 c	1900 ± 503 a	605 ± 27 b
	Cu	10 ± 1.2 b	23 ± 4,2 a	12± 2.2 b
	Zn	480 ± 45 c	1155 ± 70b	1375 ± 38 a
	As	2.62 ± 0.5 c	19.64 ± 1.64 a	6.11 ± 0.40 b
	Cd	3,9 ± 0.4 c	9.13 ± 1.52 a	8.16 ± 0.69 b
	Hg	0,5 ± 0.04b	1,3 ± 0.03 a	0,7 ± 0.04 b
	Pb	8,9± 0.2 c	124± 16 a	27 ± 2.2 b

**ARRIBA**

**Tabla 3.** Acumulamentu de MP (mg kg<sup>-1</sup>) en raigañu y fueyes de *S. atrocinerea* non inoculaes (NI) ya inoculaes con *Pantoea* (IP) o con *R. erythropolis* (IR) dempués de 6 meses de cultivu nun terrén contamináu.

**CONCLUSIONES**

Acordies con tolo dicho, podemos concluir diciendo qu'aquelles plantes acumuladores o hiperacumuladores de MP y que presenten alta biomasa son les más afayadices pa usar na descontaminación de suelos. Hai que rescampiar qu'esa biomasa producío ha recoyese y tratase amañosamente y nunca habría dexase que cayere otra vegada en suelu porque nun amenorgaríamos la contaminación. La fitorremediación ye, por tanto, una téunica segura, inocua y amigable col medioambiente, pero la so eficiencia vien determinada poles carauterístiques de la planta, d'ende la importancia d'escoyer el clon afayadizu, acordies cola biodisponibilidá del contaminante nel suelu,

colos microorganismos presentes na rizosfera, al empar que colos numerosos factores bióticos y abióticos que la arrodién. Anguaño, p'aumentar la so eficiencia ta apostándose pola combinación d'esta téunica con otres más innovadores, como ye l'aplicación al suelu de distintos tipos d'enmiendes como biochar, o la novedosa nanoremediación, que consiste na aplicación de nanopartículas d'óxidu de grafenu (GO) o de fierro cero valente (ZVI) que demostraron, gracias a la so elevada superficie específica y reactividá, una gran efeutividá pa llograr la inmovilización de los contaminantes, magar el so efeutu sobre les plantes ta n'estudiu.

**Referencies bibliográfiques**

Dinh, N.T.; Vu, D.T.; Mulligan, D.; Nguyen, A.V. (2015). Accumulation and distribution of zinc in the leaves and roots of the hyperaccumulator *Noccaea caerulea*. *Environmental and Experimental Botany* 110: 85-95.

Fernández, R.; Bertrand, A.; Casares, A.; García, R.; González, A.; Tamés, R.S. (2008). Cadmium accumulation and its effect on the *in vitro* growth of woody fleabane and mycorrhized white birch. *Environmental Pollution* 152: 522-529.

Fernández, R., Bertrand, A., García, J.I., Tamés, R.S., González, A. (2012). Lead accumulation and synthesis of non-protein thiolic peptides in selected clones of *Melilotus alba* and *Melilotus officinalis*. *Environmental Experimental Botany* 78: 18-24.

Fernández-Fuego, D.; Bertrand, A.; González, A. (2017). Metal accumulation and detoxification mechanisms in mycorrhizal *Betula pubescens*. *Environmental Pollution* 231: 1153-1162.

González, H.; Fernández-Fuego, D.; Bertrand, A.; González, A. (2019). Effect of pH and citric acid on the growth, arsenic accumulation and phytochelatin synthesis in *Eupatorium cannabinum* L., a promising plant for phytostabilization. *Environmental Science and Pollution Research* 26: 26242-26253.

Ma, L.Q.; Komar, K.M.; Tu, C.; Zhang, W.H.; Cai, Y.; Kennelley, Ed. (2001). A fern that hyperaccumulates arsenic. *Nature* 409: 579.

Navazas, A.; Hendrix, S.; Cuypers, A.; González, A. (2019). Integrative response of arsenic uptake, speciation and detoxification by *Salix atrocinerea*. *Science of the Total Environment* 689: 422-433.

Parmar, S.; Singh, V. (2015). Phytoremediation approaches for heavy metal pollution: a review. *Journal of Plant Science Research* 2(2): 139.

# El cangrexu de ríu (non) autóctonu d'Asturies y la so intrahistoria

De les cuatro (o cinco, o seis...) especies de cangrexu de ríu que podemos atopar na nuesa rodiada una considérase tradicionalmente como autóctona y otres tres como alóctones, magar que nesti artículu se demuestra'l calter tamién alóctonu d'*Austropotamobius pollipes* (agora denomáu *Austropotamobius fulcisanus*).



Por **Carlos Nores**

Profesor Titular de Zooloxía xubiláu  
INDUROT, Campus de Barreo, Mieres  
Universidá d'Uviéu

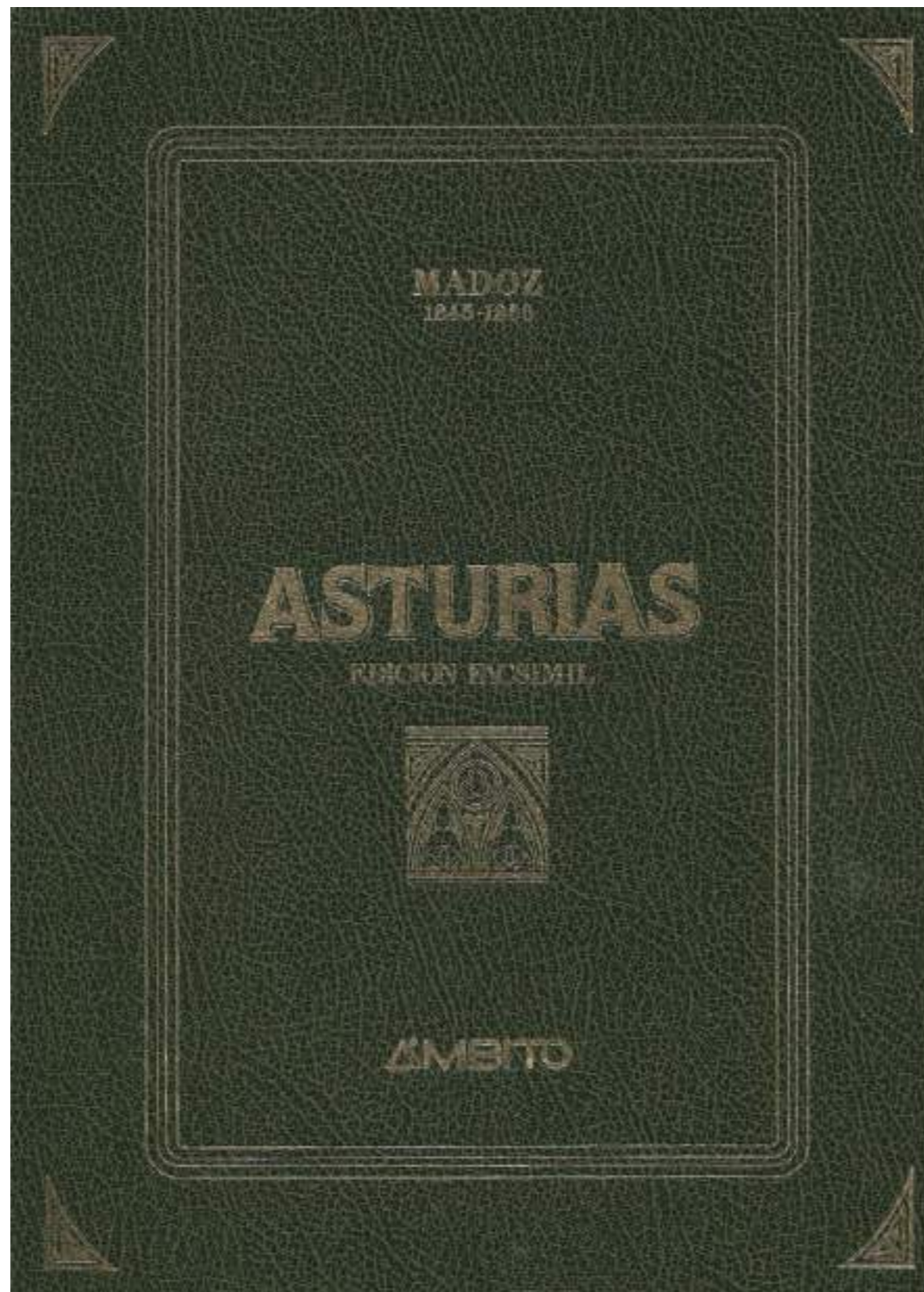
Semeyes portada artículu: Andrés Arias.  
Dptu. BOS (Zooloxía), Universidá d'Uviéu

Izquierda arriba: *Austropotamobius fulcisanus*  
Izquierda abaxo: Cangrexu roxu americanu *Procambarus clarkii*  
Derecha arriba: Cangrexu señal *Pacifastacus leniusculus*  
Derecha abaxo: *Cherax quadricarinatus*

La defensa del cangrexu autóctonu foi dellos años una bandera en contra de la invasión d'especies alóctones que facien peligrar les nueses señes d'identidá. Pero en realidá naide tenía evidencia nenguna sobre'l so supuestu calter autóctonu, sacante l'alcordanza, más o menos lloñe, d'una infancia pescándolos en dellos ríos o la tradición familiar, que namás yera a remontase un par de xeneraciones atrás.

Sicasí, cuando se quier saber daqué sobre la historia de la nuesa fauna hai que revisar dos tipos de fontes básiques, unes físiques y les otres documentales. Ente les primeres, la paleontoloxía puede apurrinos daqué tipu d'evidencia fósil o, si tratamos de rastrexar en dómines más de recién, l'arqueozooloxía puede ayudar a escarbar ente los restos que dexaron los nuevos antepasaos en cueves, llugares y castiellos. ¿Qué nos apurren los xacimientos ibéricos sobre'l cangrexu de ríu investigaos por cualquiera d'entrambes disciplines? Nada. El fósil de cangrexu fluvial más de recién que puede atopase na Península ye del Cretácicu, de va unos 130 millones d'años (Garassino, 1997). Tamién ye verdá qu'hai que reconocer qu'un cascu quitinosu con impregnaciones caliares nun ye'l material más afayadizo pa conservase soterráu siglos en suelu. Tan cierto como que los restos de cangrexos de ríu son escasos en toa Europa y que los sos parientes marinos tampoco nun abonden nos xacimientos costeros, probablemente más por falta de vezu investigador d'esti grupu que por falta de restos (Gutiérrez Zugasti, 2011).

Ente les segundes fontes documentales ta la Historia. Equí podemos atopar dalguna información más concreta en diccionarios xeográficos y delles obres científiques sobre la fauna. Tocante a los diccionarios xeográficos lo único que podemos dicir ye que nun apaez nin una



El Dr. Casal llamentábase de nun poder prescribir caldu de cangrexu de ríu pa curar el mal de la rosa: «In hac regione, nunquam viperae repertae sunt, nec testudines, nec cancri fluviales»

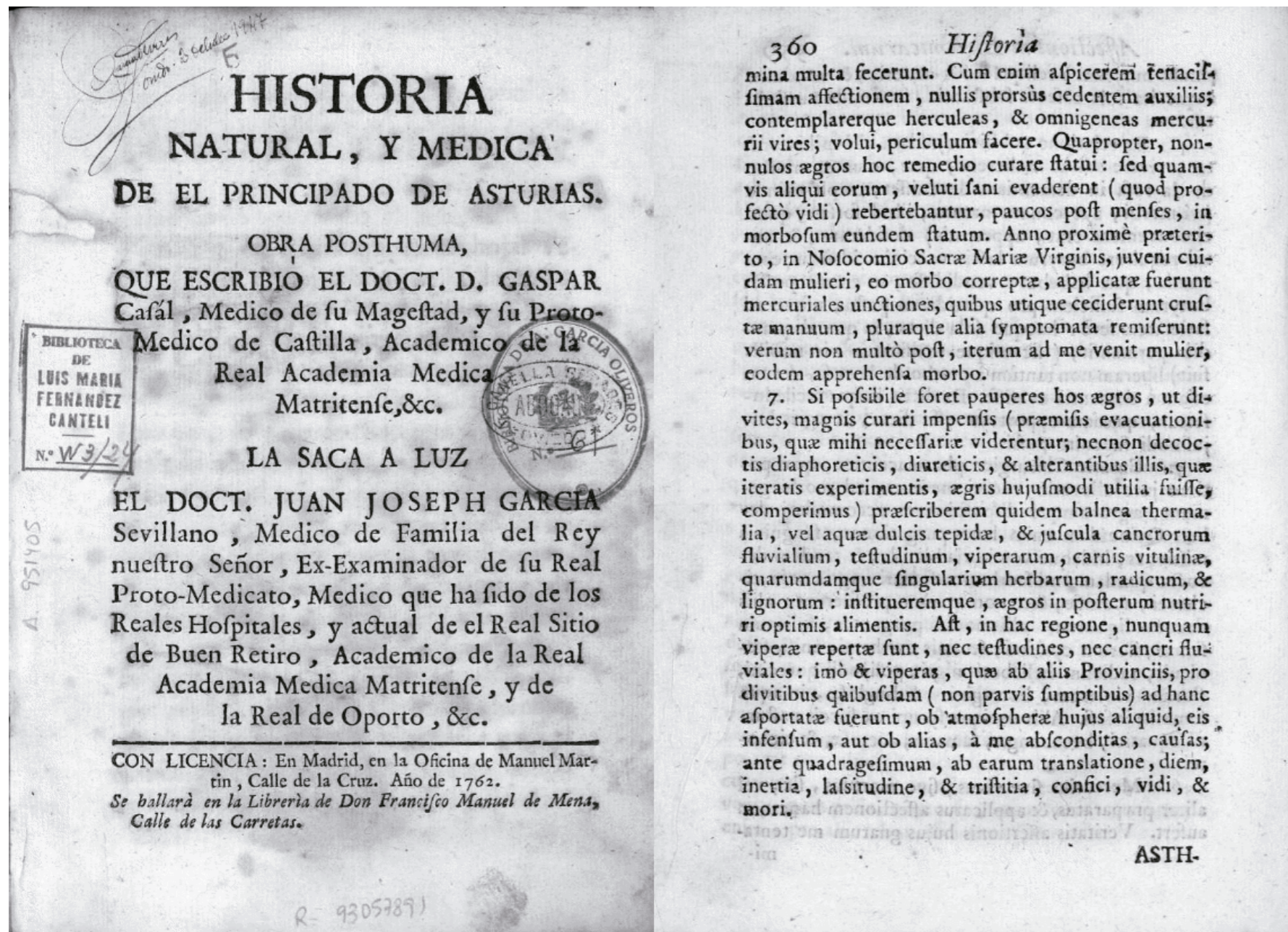
IZQUIERDA

Figura 1. El Diccionario geográfico-estadístico-histórico de Pascual Madoz espublizóse ente 1845 y 1850. Pue rastrexase completu'l facsímil del editáu en 1985 que recopila toles noticies rrellacionaes con Asturies ensin atopar nin una sola mención al cangrexu de ríu n'Asturies, daqué que nun asocede en munches otres provincies onde'l cangrexu yera una especie corriente.

sola cita sobre'l cangrexu de ríu referida a Asturies nel diccionariu inéditu de Martínez Marina (1802), nin nel de Miñano (1826-1828), nin nel de Madoz (1845-1850), o nel de González Aguirre (1897). Martínez Marina llegó a espublizar dende la Real Academia de la Historia (1802) el so diccionariu sobre les provincies de Navarra, Vizcaya, Álava y Guipúzcoa, y nél atopamos cuatro menciones al cangrexu de ríu n'Álava y Navarra. Nel de Miñano (1826-1828), en toa España les cites xuben a 30, acotaes a les conques de L'Ebro y d'El Duero. Finalmente'l de Madoz (1845-1850), un par de décades más tarde, inclúi unes 500 cites del cangrexu de ríu. Poques esperances hai pa suponer que tala especie tuviera presente n'Asturies a cuenta de la información tan abondoso que puede atopase en toes estes obres sobre la fauna asturiana a lo llargo del sieglu XIX.

Magar que la non mención nun ye una prueba innegable de la so inesistencia, la conclusión más razonable que podemos sacar d'esta omisión ye





ARRIBA

Figura 2. Na so Historia natural y médica del Principado de Asturias, el Dr. Casal fai constar l'ausencia de cangrexos de ríu (cancri fluviales) y d'otres especies utilizaes na farmacopea de la dómina en territoriu asturianu.

la de que la so presencia equí yera absolutamente improbable. Esta conclusión coincide cola afirmación del Dr. Gaspar Casal, cuando se llamenta de que nun puede prescribir caldu de cangrexu de ríu pa curar el mal de la rosa: «In hac regione, nunquam viperæ repertæ sunt, nec testudines, nec cancri fluviales». Un sieglu más tarde, el profesor de la Universidá d'Uviéu, Pascual Pastor López (1859), nel so llibru *Apuntes sobre la fauna asturiana*, tamién diz rotundamente que n'Asturies «El cangrejo de río (*C. fluviatilis*) se desconoce».

Con eses, si nun taba presente n'Asturies nel sieglu XIX ¿cómo y cuándo aportó equí? La evidencia más clara ye la qu'ofrez el biólogu Luis Pardo (1941) na primer monografía sobre la especie espulzada pol Ministeriu d'Agricultura. De mano, tamién asegura: «No existe cangrejo, al menos yo no he logrado conocer ningún dato, en Asturias, excepción hecha del lago Enol, localidad cercana a Covadonga y muy interesante por su altura sobre el nivel del mar, 1.039 metros; en este representante del régimen lacustre se le encuentra abundantemente. ¿A qué achacar esta particularidad del lago asturiano? En nuestro entender, a una repoblación afortunada». Amiesta darréu datos concretos sobre la repoblación: «Su origen es debido a una afortunada repoblación artificial, llevada a cabo hace más de cuarenta

años por el Canónigo de aquella Colegiata, D. Máximo de la Vega; enclavado el Enol en el recinto del Parque Nacional de Covadonga, no se pesca el cangrejo, pero la experiencia ofrece el interés que merece todo ensayo hecho con resultado satisfactorio». De ser correctu esi datu, tenemos una fecha orientativa de la so introducción, contra'l postrer terciu del sieglu XIX, yá que Máximo de la Vega ocupó la so canonxía nel cabildru de Cuadonga ente 1866 y 1896. Dende esi momentu'l so espardimientu per tola conca foi cosa de tiempu. Al marxe de l'afirmación de Pardo, Muñoz Goyanes (1967) calcula la so introducción nesti llagu en 1919, venceyándola implícitamente a la xestión del recién declaráu Parque Nacional y confirma que nel momentu d'escribir la so monografía endagora nun taba presente n'El Llagu la Ercina.

Una segunda monografía sobre'l cangrexu de ríu, asoleyada pol mesmu ministeriu quince años dempués de la primera (Torre Cervigón y Rodríguez Marqués, 1964), amienta l'apaición d'un segundu nucleu de cangrexos de ríu na rodiada d'Uviéu nos ríos Nora y Noreña y nel «río Llanera (sic)» y esi añu un informe inéditu (n'Ecoplan, 1992) señala que «se está introduciendo este año en pequeños arroyos de la cuenca caliza». Anguaño atópense en ríos al este de los conceyos d'Uviéu y Quirós, tributarios de la oriella derecha d'El Nalón, conca d'El Seya, y pequeños ríos costeros de la conca de La Ría de Villaviciosa.

Ente 1997 y 1998 la especie desanicíose n'El Llagu Enol, posiblemente por una llegada accidental del fungu *Aphanomyces astaci*. Darréu que se suponía que'l cangrexu s'introduxo artificialmente plantegóse la so recolonización. Sicasí, en mayu de 2015 remaneció de forma aparentemente espontánea, baraxándose una tresferencia

natural dende El Llagu La Ercina al traviés de la llaguna temporal d'El Brial (Menéndez de la Hoz, 2015). La desaparición dio llugar a un alderique públicu nel que s'achacó la llegada del fungu al tresvase d'agua por mor de les obres d'acondicionamientu de Buñerrera (Suárez Álvarez-Amandi, 2000).

La historia del cangrexu de ríu en Cantabria, una rexón equivalente dende'l puntu de vista bioxeográficu, resulta abondo asemeyada. Na dómina de Madoz (1845-1850) namás s'atopaba na vertiente sur de La Conca de L'Ebro y nun s'introduz na vertiente cantábrica hasta 1933, cuando la Sociedá de Cazadores y Pescadores de Liérganes repobló El Ríu Miera (Rosa *et al.*, 2007). A pesar de ser poco relevante nesa parte de la provincia, a lo llargo d'esa década yá s'espandiera pelos ríos Asón, Deva, Nansa, Pas y Saja (Pardo, 1941).

Nun ye d'extrañar esti mapa de tresllocaciones, cuando dende'l sieglu XIX había un llamáu xeneral al espardimientu del cangrexu como una fonte de riqueza amestada pa la explotación de los ríos. La espansión resultaba favorecida pola facilidá téunica cola que podía executase, por mor de la gran resistencia de los cangrexos a la desecación (Graells, 1864; Pardo, 1935).

### DULDES COLA SUBESPECIE IBÉRICA

El cangrexu de ríu *Austropotamobius pallipes* considerábase tan ibéricu que, non solo se conoz col nome de «cangrexu de ríu autóctonu», sinón que se-y dio nes primeres décadas del sieglu pasáu un estatus subespecíficu propiu: *A. pallipes lusitanicus* (Mateus, 1934). La particularidá del cangrexu de ríu portugués foi reseñada a pesar de suponese que la población sobre la que se describió la subespecie lu introduxere a lo cabero del sieglu XIX un inxenieru francés que

trabayaba nes mines próximes a El Ríu Angueira, na esquina nororiental de Portugal rayana cola provincia de Zamora. La reconocencia d'una subespecie ibérica suponía reconocer diferencies morfolóxicos ente los nuegos cangrexos de ríu y los sos conespecíficos del restu d'Europa, magar que se reconocía una asemeyanza bultable cola subespecie *A. p. italicus* (Almaça, 1987).

El desendolque de les técniques moleculares a finales del sieglu pasáu fixo posible qu'investigadores italianos realizaren un estudiu (Santucci *et al.*, 1997) sobre la diversidá xenética de les especies europees del xéneru *Austropotamobius*, con amueses procedentes de Francia, Inglaterra, Italia, España y los Balcanes. Esti primer estudiu dio como resultancia que nesti xéneru podíen estremase tres tueros y que los exemplares españoles dende'l puntu de vista xenéticu nun se paecíen a los de los sos vecinos franceses (el llamáu grupu *A. pallipes sensu stricto*) sinón a los italianos del grupu *A. italicus*, hasta'l puntu de que la so distancia xenética colos del norte de Los Apeninos yera tan poca que nun podía validase'l rangu subespecíficu que per más de mediu sieglu se-yos reconociere a los ibéricos. Inclusive los autores llegaben a afirmar que: «The genetic relatedness found between populations of *A. lusitanicus* from Spain and north-central Apennines suggest that gene flow took place between them up to recently». Esta primer investigación, entá cuntando con una amuesa bien escasa de cangrexos españoles, que procedíen namás de dos llugares, evidenció la estrecha afinidá de los cangrexos ibéricos colos del norte d'Italia, pero nun pudo avanzar muncho más nel orixe de tala afinidá. Les interrogantes plantegaes por esti primer trabayu dieron llugar a otru asoleyáu pocos años dempués (Grandjean *et al.*, 2001) que cuntó con

una amuesa ibérica muncho más diversificada, de 14 llugares. Esta nueva publicación non solo confirmó la gran asemeyanza de los nuegos cangrexos colos italianos, sinón que tamién punxo de manifiestu la pequeña variabilidá xenética de l'amuesa ibérica, lo que fixo pensar na posibilidá de que los nuegos cangrexos vinieren d'una tresllocación, un tresporte fechu pol home, dende Italia hasta España, considerando como una evidencia histórica que la primer mención de los cangrexos de ríu n'España fore nel diccionariu de Madoz. Magar qu'esta esplicación yera la que tenía más puxu, nun dexaron de plantegar otres tres hipótesis d'esplicaciones naturales, pero la reputación autóctona del cangrexu ibéricu quedare seriamente tocada y la esplicación afitada na introducción artificial establecióse como la más obvia.

Pa nun aburrir más de la cuenta nun vamos detallar más los trabayos científicos en sofitu o refugu d'esta hipótesis y vamos saltar de nuevo a la historia. Pasada una década, Miguel Clavero (2013) espublizó nuna revista divulgativa un ampliu artículu nel que non solo repasó les publicaciones científiques que llevaron a pensar nel orixe italianu del cangrexu de ríu ibéricu, sinón qu'amás fai un repás ampliu a los trabayos históricos nos que desmonta la supuesta evidencia d'una pintura ibérica de va 2.000 años y apurre l'interesante testimoniu d'Ulisse Aldrovandi, qu'a finales del sieglu XVI afirmaba que «En toda Europa abundan en arroyos, ríos y lagos. Sin embargo en Hispania, a pesar de que no faltan ríos, no se le encuentra ». Esti estudiu apurrió tamién menciones más antigües del cangrexu n'España, que nun yeren del diccionariu de Madoz, sinón de William Bowles y Jordán de Assó, entrambes dos d'a lo cabero del sieglu XVIII y tamién recalcó na meteórica espansión observa-

da na primer metá del sieglu XIX al traviés de los diccionarios de Miñano y Madoz. A aquellos dos primeres cites podemos amestar otres dos del coruñés José Cornide (1788; Abascal y Cebrián, 2009), que demuestren que tamién se conocíen nel sieglu XVIII y otra, non menos interesante, d'un naturalista de la talla de Francisco Hernández, que tamién manifiesta, contra 1576, desconocelos n'España (Somolinos de Ardois, 1966). Conclusión: los datos históricos confirmen los de la xenética molecular y paecen evidenciar que yeren desconocíos a finales del sieglu XVI, sicasí yá esistíen nel sieglu XVIII, pelo menos na rodiada de les provincies que drenaben l'altu Ebro: la vertiente mediterránea de Cantabria, Álava, Navarra y Zaragoza y nel altu Tajo, na provincia de Guadalaxara.

### UN CASU DOCUMENTÁU: EL DE GUADALAXARA

La información disponible sobre Cifuentes (Guadalaxara) ye d'un interés particular pola información qu'atopamos sobre la zona a lo llargo del tiempu. Nes rellaciones topográfiques ordenaes por Felipe II sobre la provincia de Guadalaxara hai delles descripciones de pueblos nel valle d'El Ríu Cifuentes, como son les de Cifuentes, Gárgoles de Arriba, Gárgoles de Abajo y Trillo, nes que'l cangrexu de ríu ta ausente, como asocede en toles rexones entós descrites. Al falar de Cifuentes, el 5 de febreru de 1569, los informantes describen el ríu que pasa pela villa y dicen que «tiene el dicho río truchas muy buenas» y El Tajo como que «es río que lleva muchas truchas y barbos» y qu'amás «es río de infinita pesca, particularmente truchas». En Gárgoles de Arriba, el 24 de payares de 1580, «p.º esti pueblo pasa un río pequeño q sale de Cifuentes, y pasa p.º el dho lugar, tiene truchas que cosecha el



ARRIBA

Figura 3. Nel llugar de Trillo (Guadalupe), onde El Río Cifuentes cuerre dende'l norte pa confluyir con El Tajo, José Cornide citó per primera vegada'l cangrexu de riu en 1794, a pesar de que dos sieglos enantes en Relaciones topográficas de Felipe II nun amienten esta especie nin nesa llocalidá, nin en nengún riu d'esta parte (Fonte: Iberpix IGN).

En Cifuentes nun hai rastru de cangrexos en febreru de 1569, pero dos sieglos dempués [ochobre de 1794] El Riu de Cifuentes abunda en cangrexos y truches asalmonaes

S.<sup>or</sup> y sobre El Tajo «pasa p.' Trillo ay una legua tiene pesca, barbos, y truchas», finalmente al describir la villa de Trillo diz que «junto á las Casas de este pueblo pasa un río caudaloso, que se llama Taxo, en el qual se crían truchas, y anguillas, y barbos, y otras cosas de pesca que dicen luinas y cachos, de esta pesca ai en abundancia» (Catalina García, 1903-1915). Nin rastru de cangrexos en nengún llugar de la provincia nin de les otres que describe.

Pasaos dos sieglos percorrió la contorna Joseph Cornide, quien al falar de la villa de Trillo, onde El Río Cifuentes s'amiesta a El Tajo, el 15 d'ochobre de 1794 comenta: «El río de Cifuentes, por su caudal y proporcionado caudal [sic], es el más propio para tales artefactos y abunda en cangrejos y algunas truchas asalmonadas. El Tajo lleva barbos, comizas y luinas [sic], anguillas y algunas truchas» (Abascal y Cebrián, 2009). Esta, non solo ye la primer mención de cangrexos de riu na zona, sinón qu'amás pon de manifiestu qu'apaecieron ente 1569 y 1794.

Pero les fontes históriques non solo sofiten el calter alóctonu del cangrexu de riu, sinón qu'a partir d'elles podemos deducir na espansión

ibérica un comportamientu invasor que perxudicó los pexes, con unes poblaciones que menguaron tres la incorporación del cangrexu de riu. Hai dos comentarios interesantes que se refieren a que l'apaición del cangrexu de riu nel sieglu XIX produxo un efectu negativu nes poblaciones piscícolas orixinales. El primeru d'ellos ta nel diccionariu de Miñano (1826-1828), qu'al describir el llugar d'Ubidea, na provincia de Vizcaya, diz refiriéndose a un afluente de L'Ebro, «en sus ríos mencionados arriba se crían truchas, anguillas, zarbos y bermejuelas, cuyo aumento ha decaído por la introducción del cangrejo». El segundu ye del diccionariu de Madoz (1845-1850), que se refier en dos momentos al riu Trabaque, na provincia de Cuenca, del que destacamos ún d'ellos: «pero los muchos cangrejos que hay han hecho que disminuya la pesca citada». Dempués de lleer esto convién reflexonar sobre'l pretendíu equilibriu ecolóxicu rotu pola desapaición del supuestu cangrexu autóctonu y la so sustitución pol cangrexu coloráu americanu (*Procambarus clarkii*). Como en tantes ocasiones, defendemos con puxu idees que no fondero son más fráxiles de lo que pensábamos. Faigo de mio una reflexón de Miguel Clavero (2013) a lo cabero del so artículu: «hay que mantener un principio de prudencia y estar siempre abiertos a nuevos hallazgos que nos hagan creer cosas contrarias a las que habíamos asumido». Esti xuiciu ye válidu, tanto pa evitar emponderar el cangrexu de riu a cotes de bondá franciscana, como p'acceptar que dalgún estudiu posterior llogre demostrar que'l mentáu cangrexu yera de verdá autóctonu. La diferencia ente una especie clave nun ecosistema y una especie invasora, entrambes dos capaces a condicionar el so funcionamientu, nun se basa tanto nel papel que desempeñen, sinón en cómo llegó hasta ellí.

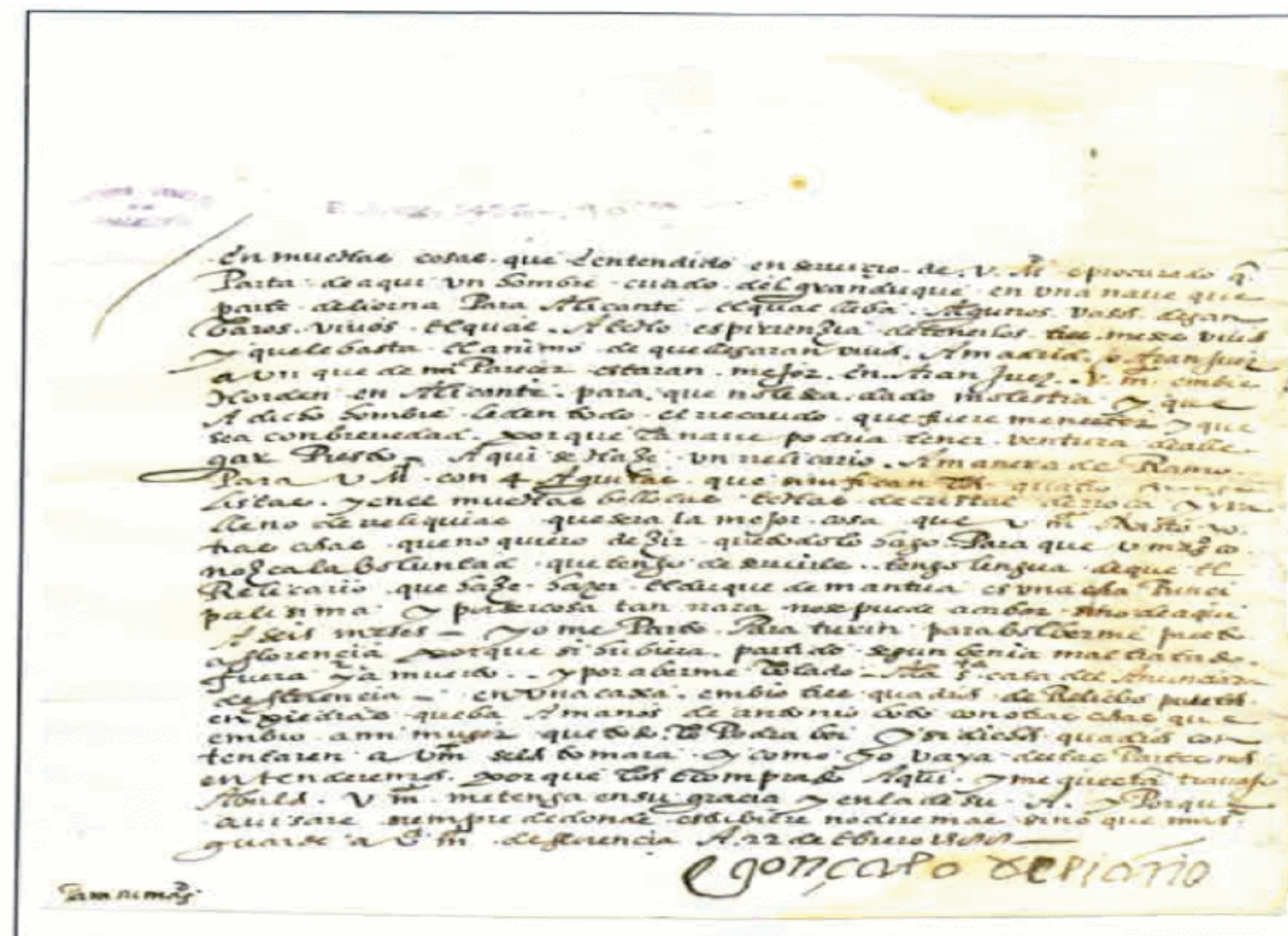
**MÁS PISTES DE LOS «GÁMBAROS»**

Aína llegó un retruque al artículu de Clavero (2013) por tres «reconociós especialistas nel estudiu científicu del cangrexu de riu ibéricu» (Galindo *et al.*, 2014) apellando al criteriu d'autoridá de los trabayos nos que se basare la so catalogación como especie vulnerable nel *Catálogu Nacional d'Especies Amenazaes* y nel que defendien que'l cangrexu de riu llevaba pelo menos 20.000 años na península ibérica, destacando la esistencia d'haplotipos ibéricos esclusivos. Introducien nesti trabayu un asuntu clave pa la investigación siguiente, como yera'l nome de *gámbaros* que se-yos daba n'España nos siglos XVI y XVII. Esti nome, non solo daba pistes pa recoyer información nuevo sobre la especie n'Iberia, si-nón qu'amás reforzaba'l so orixe italianu, yá que yera, nin más nin menos, el nome del cangrexu de riu na parte d'Italia qu'acordies colos datos xenéticos disponibles paecía ser l'aniciu de les poblaciones ibériques.

La cuestión resultaba prometedor, asina qu'en compartiendo delles investigaciones propies con Miguel Clavero comenzamos a investigar sobre esta nueva vía. Revisamos diccionarios, recetarios, obres científiques y lliteraries, sobre manera les anteriores al sieglu XVIII y la investigación llevónos a la rotura ente la información, ensin nenguna referencia al animal y l'apaición de los *gámbaros* nos textos foi nel sieglu XVI. El trabayu avanzó bien rápido. Fuimos zarrando'l círculu hasta atopar una carta, fechada'l 22 de febreru de 1588, qu'informaba al rei Felipe II del unviu d'una remesa de cangrexos procedentes d'El Milanesáu a España. Púnxola a la nuesa disposición Susanne Kuberski-Piredda, a quien convidamos a roblar con nós el trabayu. Pero nun solo tratamos los aspectos históricu y filolóxicu: teníamos d'interpretar, a la lluz de la



**Atopóse una carta de febreru de 1588 na que s'informaba a Felipe II del unviu d'una remesa de cangrexos procedentes d'El Milanesáu pa España**



**ARRIBA IZQUIERDA**

Figura 4a. Los comentarios apaecíos na web de la revista Quercus al rodiu del artículu «El cangrexu de riu... italiano» (<https://www.revistaquercus.es/noticia/6420/articulos/el-cangrexu-de-riuitaliano.html>) asoleyáu nel cuadernu 359 de la revista en xineru de 2016 falen por ellos mesmos de los prexucios p'aceutar nueves evidencies capaces a rebater una creyencia fundamente enraigonada.

**ARRIBA DERECHA**

Figura 4b. La información histórica puede ser un bon encontu pa interpretar amañosamente otre informaciónes llograes per aciu de métodos estrictamente biolóxicos. Nesti casu, pruebas históriques, llingüístiques, gastronómiques y de farmacopea complementen les pruebas filoxeográfiques basaes en datos arqueolóxicos, ecolóxicos y xenéticos. El trabayu de Clavero *et al.*, (2016) asoleyó la carta de Gonzalo de Liaño que constitúi la prueba fehaciente de qu'en 1588 salió una partida de cangrexos de riu dende Livorno (Italia) a Alicante, acontecimientu llargamente esperáu pol rei Felipe II.

nueva información, les conocencies filoxeográfiques apurries pola xenética y amestar un detalle parasitolóxicu. Al tratar estos temas complexos decatámonos de que precisábamos un xenetista que puidere interpretar con mayor seguridad los avances nesti sentíu que se foren espublizando, y esti foi Alejandro Centeno. Asina zarramos, en menos de dos meses y ensin financiamientu nengún, un trabayu mui poco convencional que s'unvió'l 28 de payares de 2014 a una revista de ciertu prestixu internacional. El 5 de xunu de 2015 llegó la bona noticia de la so aceptación definitiva, magar que'l so espublizamientu en papel se retrasó tovía unos meses más (Clavero *et al.*, 2016a). El trabayu foi bien recibíu nel estranxeru, pol so aproximamientu multidisciplinar y llibre de prexucios a un problema complexu, pero mal acoyíu equí por muchos investigadores y xestores que lu consideraron un ataque a los esfuerzos de conservación del cangrexu que se fixeren nes últimes décadas n'España. La reproducción facsimilar de la carta asoleyóse posteriormente (Clavero *et al.* 2016b) y l'espublizamientu darréu de la so versión divulgativa dio llugar a un alderique nel foru de la revista per parte d'una única persona que caltuvo argumentos na so contra tan llamaderos como: «Lo que sorprende es que en *Quercus* se permita la publicación de artículos con cierta pátina histórica, pero sin un bagaje biolóxico suficiente, cuando las pruebas genéticas son totalmente concluyentes». Les afirmaciones paecen bordiar los temas estracientíficos al remarcar «que se pretenda equiparar una carta de un rey con la potencia de un estudio genético o biolóxico». «No es casual ampararse en la archiconocida endeblez de testimonios históricos como única forma para contraponer a los estudios genéticos que demuestran contundentemente el ori-

gen peninsular de nuestros cangrejos» o «no es científico sino dogmático afirmar que no existen pruebas de que estuvieran antes de 1500 a pesar de las tonterías que pudieran hacer los reyes que ha habido». Afortunadamente, les opiniones del foru manifestáronse abrumadoramente a favor del trabayu. La historia de la xestación de la nueva idea y l'aportación de les sos pruebas foi publicada de forma resumida (Kwok, 2017), destacando cómo los biólogos tienden a valorar peor los materiales de procedencia histórica que los datos científicos.

La hipótesis de la introducción en 1588 convirtióse na más acionada y la que, xunto coles repoblaciones artificiales posteriores, esplicaba meyor la estructura xenética de les poblaciones ibériques de cangrexos investigada posteriormente, magar que, sigue ensin ser aceptada per parte de dellos investigadores en favor de la hipótesis del abellugu glacial. Lo cierto ye que'l repartu de los nuevos haplotipos atopaos ta más rellacionáu cola proximidad xeográfica que cola conectividad dentro de les conques, lo que resulta más consistente col esparcimientu d'orixe antropoxénicu que con una expansión natural a partir d'abellugos nel máximu glacial, que difícilmente podría conectar La Conca del Miño cola d'El Duero o cola de L'Ebro. Asina por casu, les amueses asturianas estudiaes, procedentes toes de la cuenca d'El Seya, son monomórfiques (tienen un únicu haplotipu), pertenecen al llamáu grupu noroccidental y tán estrechamente rellacionaes coles del norte de Burgos, esistentes tanto na conca d'El Duero como na de L'Ebro. Por dicilo n'otres pallabres: ye más evidente recurrir al tresporte manual pa trespasar exemplares dende El Duero a El Seya qu'apellar al glaciariismu cantábricu. Per otra parte, nes conques d'estos grandes ríos, precisamente na única zona na que

taben meyor representaos nel primer quartu del sieglu XIX (Miñano, 1826-1828), tán entemecíos tou tipu d'haplotipos, de manera que reconocen qu'hai mayor diferenciación xenética dentro de les conques fluviales qu'ente les distintes conques (Martín-Torrijos *et al.*, 2021). Achaquen talos amiestos a tresllocaciones de recién ente exemplares de los distintos grupos. La variabilidad xenética y los haplotipos puramente ibéricos ye una baza a favor del so calter autóctonu, aunque podría esplicase por una tasa de mutación mayor que la primeramente supuesta, pero la hipótesis del abellugu glacial nun ye a explicar por qué, si'l cangrexu de ríu lleva con nós miles d'años, nun se constató la so expansión per tola Península Ibérica hasta pasáu del sieglu XVII y n'especial a lo llargo de los siglos XIX y XX. ¿Por qué nun hebo hasta entós expansión natural? ¿Nun tenía interés como alimentu nin como recursu económicu hasta que Felipe II los traxo d'Italia? ¿Por qué facer un esfuerzu tan notable por importalos si los había nel so reinu?

Asocediéronse los retruques y contrarrépliques basaos na diversidá xenética y l'apaición d'haplotipos puramente ibéricos a medida que se xenotiparon secuencies mayores d'ADN mitocondrial, convirtiéndose esta especie na más discutida pol so orixe criptoxénicu. Quiciabes la más llamadera fore una qu'emitía xuicios de valor talos como l'acusación de causar tracamundi u ente'l públicu xeneral, incluyendo «un uso erróneo deliberado de argumentos de especies exóticas cuando se discuten especies natives» (Jussila *et al.*, 2021), esto ye, l'acusación d'obrar adré de mala fe con nun se sabe qué motivu anticonservacionista.

**El repartu de los nuevos haplotipos atopaos ta más rellacionáu cola proximidad xeográfica que cola conectividad dentro de les conques, lo que casa más col esparcimientu d'orixe antropoxénicu que con una expansión natural a partir d'abellugos nel máximu glacial**

### UNA REFLEXÓN P'ACABAR

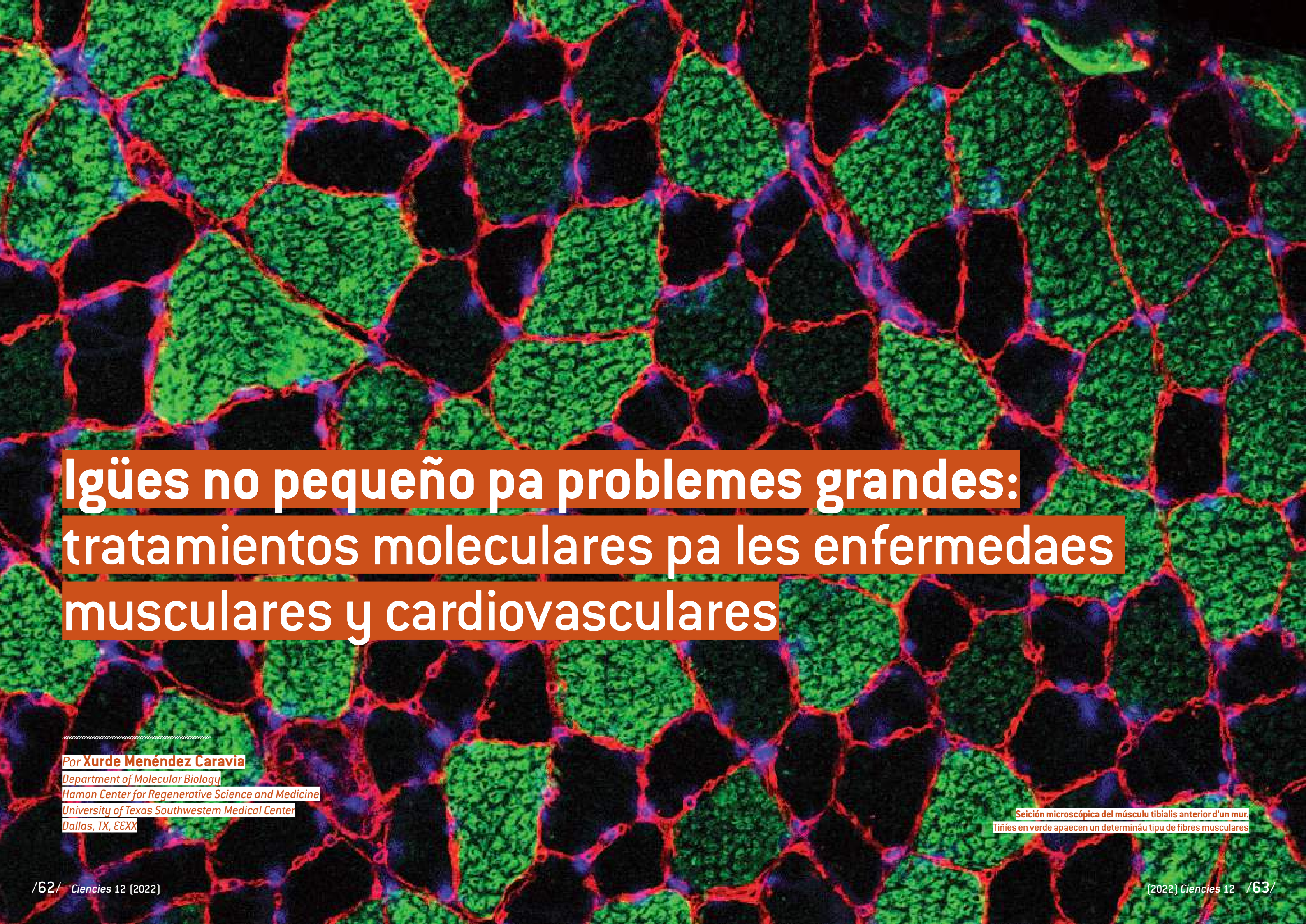
Los científicos viven siempre nun universu d'incertidumes y parte de la so formación tien de dir empobinada a rindise énte la evidencia esistente en cada momentu en cuenta d'encerriscanos nun prexuiçu ideolóxicu, teóricu, profesional o personal. La seguranza aparente qu'hasta apocayá teníamos sobre l'autoctonía del cangrexu de ríu nun tenía otra xustificación que la memoria histórica, que toma, como muncho, un par de xeneraciones (lo que se conoz como'l síndrome de les referencies cambiantes o *shifting baselines syndrome*), esto ye, el tiempu que paez pasar desque se nos escaeció que los cangrexos, que nunca esistieren n'Asturies, nun yeren autóctonos, ensin más pruebes que l'alcordanza de cuando na nuesa infancia o na de los nuegos padres, fuimos pescar. ¿Amosó un comportamientu más invasor l'estigmatizáu cangrexu americanu de pates coloraes, o les otres especies que se van atopando, que l'emponderáu cangrexu italianu de pates blanques? ¿Tenemos d'empecipiar una nueva cruzada contra una especie si ingresa nel degradante club de les exótiques invasores? Si esta especie puede desaparecer n'Italia ¿tenemos de caltenela equí o facelo sería un atentáu contra la naturalidá de los nuegos ecosistemes? Gustaríame tener dalguna respuesta segura y fiable énte esti dilema, pero nun ye fácil atopala. Espero que la investigación ensin prexuiçios sobre'l tema pueda esclarianos estes duldes nel futuru.

### Referencies bibliográfiques

- Abascal, J. M. y R. Cebrián (2009). *Los viajes de José Cornide por España y Portugal de 1754 a 1801*. Real Academia de la Historia. Madrid.
- Alonso Gutiérrez, F. (2011). *Austropotamobius italicus* (Faxon, 1914). En Verdú, J. R., Numa, C. y Galante, E. (Eds.) *Atlas y Libro Rojo de los Invertebrados amenazados de España (Especies Vulnerables)*. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente, Medio rural y Marino, Madrid: 651-672.
- Almaça, C. (1987). *On the Portuguese populations of Austropotamobius pallipes (Lebroullet, 1858)*. *Investigaciones Pesqueras* 51(1): 403-411.
- Catalina García, J. (1903-1915). *Relaciones topográficas de España. Relaciones de pueblos que pertenecen hoy a la provincia de Guadalajara*. VI Tomos. Real Academia de la Historia, Madrid.
- Casal, G. (1762). *Historia Natural y Médica del Principado de Asturias*. Manuel Martín, Madrid.
- Clavero, M. (2013). ¿Y si el cangrejo de río no fuera autóctono? *Quercus* 334: 28-36.
- Clavero, M., C. Nores, S. Kubersky-Piredda y A. Centeno-Cuadros (2016a). Interdisciplinarity to reconstruct historical introductions: solving the status of cryptogenic crayfish. *Biological Reviews*. 91: 1036-1049.
- Clavero, M., C. Nores, S. Kubersky-Piredda y A. Centeno-Cuadros (2016b). El cangrejo de río... italiano. *Quercus* 359: 42-52.
- Cornide J. (1788). *Ensayo de una historia de los peces y de otras producciones marinas de la costa de Galicia*. Imprenta de Benito Cano, Madrid.
- Ecoplan (1992). *Situación del cangrejo de río Austropotamobius pallipes Lebroullet, 1858 en Asturias*. Informe inédito pal Principáu d'Asturies.
- Hoz, J. de la (1996). *Informe sobre la situación actual de las poblaciones de cangrejo de río autóctono (Austropotamobius pallipes) y americano de las marismas (Procambarus clarckii) en Asturias con actualización del inventario de su presencia*. Conseyería d'Agricultura del Principáu d'Asturies. Informe inédito.
- Galindo, F. J., F. Alonso y J. Diéguez (2014). Cangrejo de río: la ciencia sí es aval de su carácter autóctono. *Quercus* 342: 74-79.
- Garassino, A. (1997). The macruran decapod crustaceans of the Lower Cretaceous (Lower Barremian) of Las Hoyas (Cuenca, Spain). *Atti della Societ`a Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale in Milano* 137, 101-126.
- González Aguirre, J. (1897). *Diccionario geográfico y estadístico de Asturias*. Imprenta La Tipografía, La Habana.
- Graells, M. P. (1864). *Manual práctico de piscicultura*. Imprenta de Aguado, Madrid.
- Gradjean, F. N., Gouin, C. Souty-Grosset y J. Diéguez-Urbeondo (2001). Drastic bottlenecks in the endangered crayfish species *Austropotamobius pallipes* in Spain and implications for its colonization history. *Heredity* 86: 431-438.
- Gutiérrez Zugasti, F. I. (2011). The use of echinoids and crustaceans as food during the Pleistocene-Holocene transition in Northern Spain: methodological contribution and dietary assessment. *The Journal of Island and Coastal Archaeology* 6, 115-133.
- Jussila, J., L. Edsman, I. Maguire, J. Diéguez-Urbeondo y K. Theissinger (2021). Money Kills Native Ecosystems: European Crayfish as an Example. *Frontiers in Ecology and Evolution* 9, Article 648495: 1-22.
- Kwok, R. (2017). Hidden in the past. *Nature* 549: 419-421.
- Madoz, P. (1845-1850). *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar*. XVI tomos. Madrid.

## Referencies bibliográfiques

- Martín-Torrijos, L., M. Buckley, I. Doadrio, A. Machordom y J. Diéguez-Urbeondo (2021). Unraveling the Hidden Diversity of the Native White Claw Crayfish in the Iberian Peninsula. *Frontiers in Ecology and Evolution* 9:669292. doi: 10.3389/fevo.2021.669292
- Martínez Marina, F. (1802). *Diccionario geográfico-histórico de Asturias. Manuscritos*. Archivo Real academia de la Historia (R.A.H. 9-6032/9-6038).
- Mateus, A. M. (1934). O Astacus de S. Martinho de Angueira (Tras-os-Montes). *Trabalhos da Associação de Filosofia Natural* 1(1): 33-44.
- Menéndez de la Hoz, M. (2015). El cangrejo de río de patas blancas. *Boletín de la Red de Parques Nacionales* 38: 20-22.
- Miñano, S. (1826-1828). *Diccionario Geográfico - Estadístico de España y Portugal*. X tomos. Imprenta Pierart-Peralta. Madrid.
- Muñoz Goyanes, G. (1967). *Parque Nacional de la Montaña de Covadonga*. SNPFC, Madrid.
- Pardo, L. (1935). La cría del cangrejo. Dirección General de Agricultura. *Hojas divulgadoras* 29(20): 1-7.
- Pardo, L. (1941). *Astacicultura elemental. El cangrejo: cultivo, pesca y comercio*. Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Pastor y López, P. (1859). *Apuntes sobre la fauna asturiana bajo su aspecto científico e industrial*. Im. y Lit. de D. Benito González, Uviéu.
- Real Academia de la Historia (1802). *Diccionario geográfico-histórico de España. Comprende el Reyno de Navarra, Señorío de Vizcaya y provincias de Álava y Guipúzcoa*. II Tomos. Imprenta de la Viuda de D. Joaquín Ibarra, Madrid.
- Rosa, E., J. J. Martínez, A. Serdio y J. Espinosa (2007). Los cangrejos de río en Cantabria: historia, situación actual y perspectivas de futuro. *Locustella* 4: 11-20.
- Santucci, F., M. Iaconelli, P. Andreani, R. Cianchi, G. Nascetti y L. Bullini (1997). Allozyme diversity of European freshwater crayfish of the genus *Austropotamobius*. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 347: 663-676.
- Somolinos d'Ardois, G. (1966). *Pt. 1. Historia natural de Cayo Plinio segundo*. Traducida y anotada por F. Hernández. Volumen 4 de obras completas. Universidad Nacional de México, México.
- Suárez Álvarez-Amandi (2000). Interpelación del Grupo Parlamentario Popular al Consejo de Gobierno sobre los criterios de política general en relación con el Parque Nacional de Picos de Europa, Diario de Sesiones DS027 del 4 de febrero de 2000. <https://www.jgpa.es/publicaciones-oficiales> (consultado el 18 de abril de 2022).
- Torre Cervigón, M. y P. Rodríguez Marqués (1964). *El cangrejo de río en España*. Ministerio de Agricultura, Servicio Nacional de Pesca Fluvial y Caza, Madrid.



# Igües no pequeño pa problemas grandes: tratamientos moleculares pa les enfermedaes musculares y cardiovasculares

Por **Xurde Menéndez Caravia**

Department of Molecular Biology

Hamon Center for Regenerative Science and Medicine

University of Texas Southwestern Medical Center

Dallas, TX, EEXX

Seición microscópica del músculu tibialis anterior d'un mur.  
Fiñes en verde apaecen un determináu tipu de fibres musculares

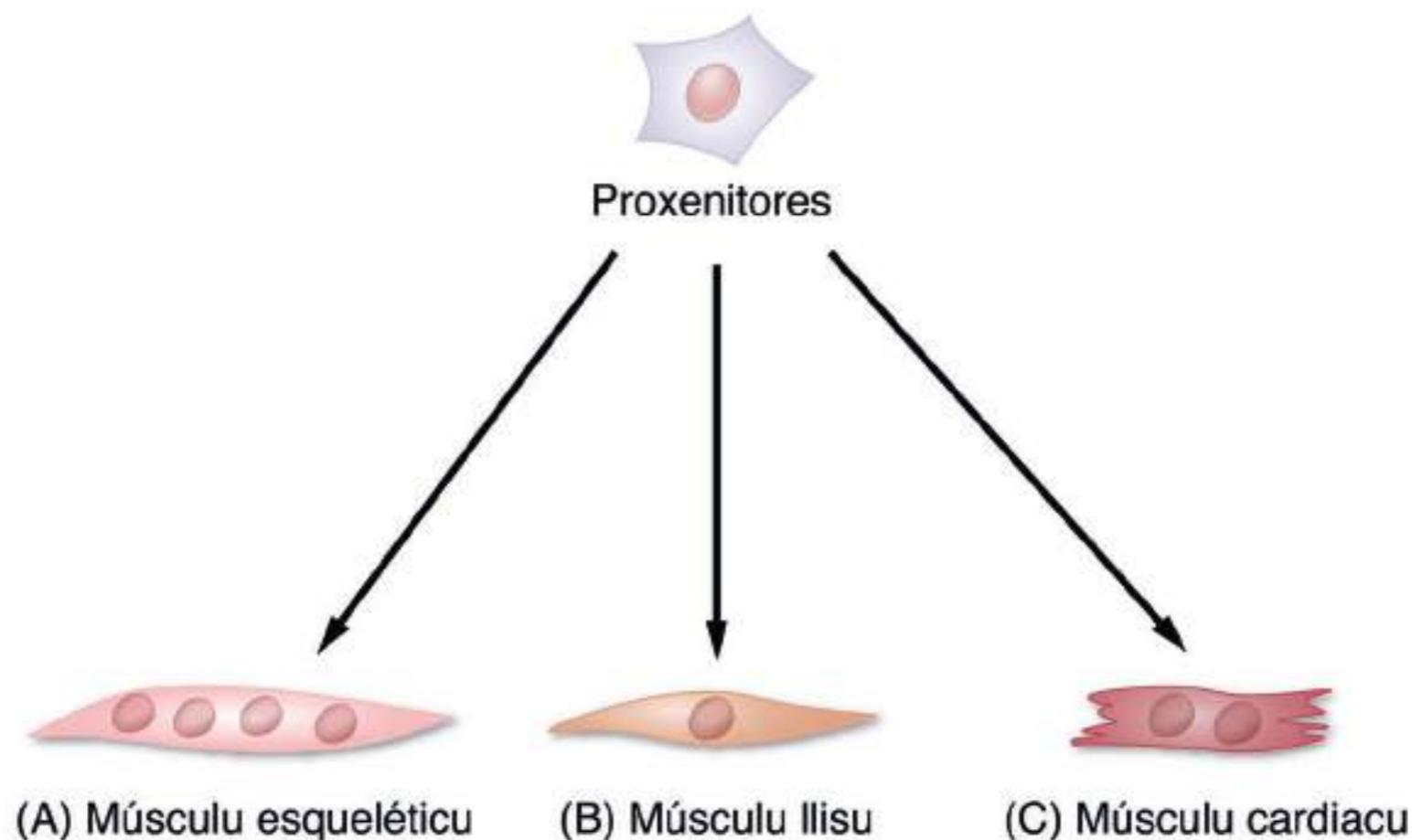


## ENTAMU

El músculu ye'l texíu más importante del cuerpu. Esto ye porque los músculos son esenciales pa cualesquier aspeutu de la vida de los animales. Asina, los músculos representen ente'l 40 y el 50% del total del nuesu pesu y lleven alantre funciones tan básiques como'l movimientu, el bombéu del sangre o la dixestión.

Les células musculares o miocitos, del griegu *myos* (músculu) y *kytos* (célula), carauterícense pola capacidá de contraerse gracias a que tienen unes estructures subcelulares, nomaes sarcómeros, formaes por una riestra de proteínes esenciales pa facer esti procesu. Los humanos tenemos tres tipos básicos de células musculares que derivan de les células proxenitores musculares (Fig. 1).

- **(A) Músculu esqueléticu:** Fórmenlu los músculos que contraemos voluntariamente, por exemplu'l cuádriceps o'l bíceps, y que tán venceyaos a los güesos. Los músculos esqueléticos válennos pa facer los movimientos conscientes. Les células del músculu esqueléticu denómense fibres musculares y son, en xeneral, llargues y con muchos noyos.
- **(B) Músculu llisu o visceral:** Esti nome aplícase a los músculos que formen parte de muérganos internos como l'estómagu, l'intestín o los vasos sanguíneos. La contracción d'estos músculos, controlada pol sistema nerviosu autónomu, valnos pa emburriar y mover sustancias al través d'esos muérganos; como por exemplu'l sangre nos vasos sanguíneos o los alimentos nel intestín pa facer la dixestión.
- **(C) Músculu cardíacu:** Ta compuestu poles células musculares del corazón o miocardiocitos, que tienen la función de



bombiar el sangre dende'l corazón al restu del cuerpu. La contracción de los miocardiocitos ye autónoma y entama nun noyu del corazón, compuestu por miocardiocitos especializaos, que fai de marcapasos. Sicasí, les hormones y el sistema nerviosu controlen la velocidá de la contracción (1).

Esti artículu céntrase nes enfermedaes de los músculos esqueléticos y del corazón. Na primer parte d'esti faise un percorríu peles carauterístiques más comunes y les causes de les malures más pernomaes del corazón, la vasculatura y los músculos esqueléticos. Na segunda estaya afóndase nuna esbilla d'aproximaciones terapéutiques nueves empobinaes a «arranchar» los defectos que causen estes patoloxíes o, pelo menos, a ameyorar enforma los sos síntomas. Estes estratexes de recién faen usu de preseos moleculares como ácidos nucleicos, enzimes y virus modificaos; y nel futuru afitaránse como la base de la denominada «medicina personalizada», ye dicir, la medicina moderna que tien en cuenta les carauterístiques propies y úniques de cada paciente a la hora de planificar el tratamientu.

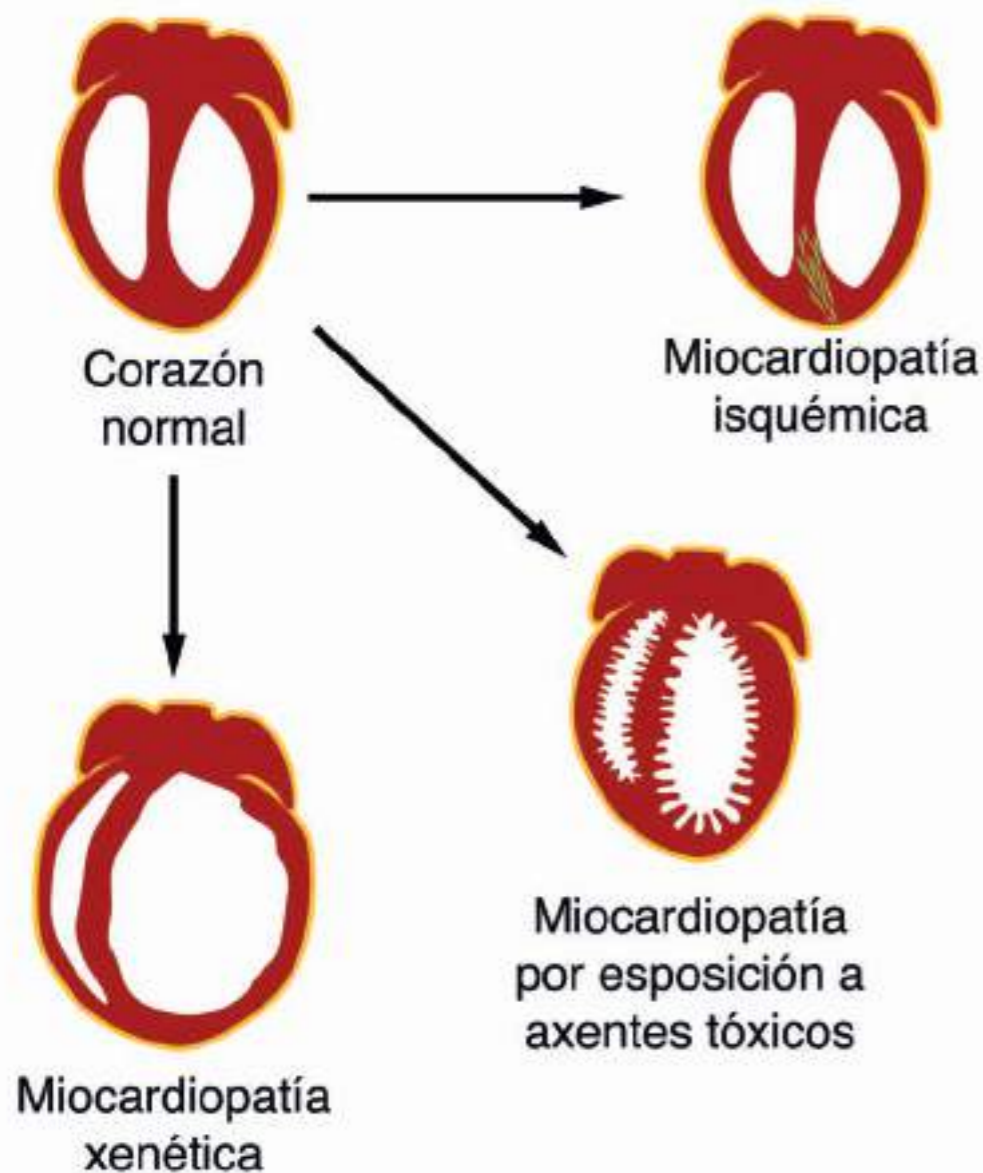
## ENFERMEDAES CARDIOVASCULARES Y MUSCULARES

Teniendo en cuenta'l papel cimero que tienen los músculos na fisioloxía humana, ye dicir, nel funcionamientu normal del cuerpu; nun ye extraño que les enfermedaes y malures que los dañen seyan pergafes.

Les enfermedaes cardiovasculares representen la primer causa de muerte nel mundiu desarrolláu (2). Ente elles, destaquen pola so severidá les enfermedaes qu'amalen direutamente'l corazón, tamién nomaes como miocardiopatíes. Dende un puntu de vista xeneral, les enfermedaes cardiovasculares surden pol dañu o la perda de los miocardiocitos; lo qu'asocede nel infartu de miocardi (dañu isquémicu por falta d'oxíxenu), la esposición a axentes tóxicos o por cuenta de

### ARRIBA

**Figura 1. Tipos de células musculares n'humanos.**  
A partir de células proxenitoras o «madre» surden les células musculares (A) esqueléticas, (B) llises o viscerales y (C) cardíacas.

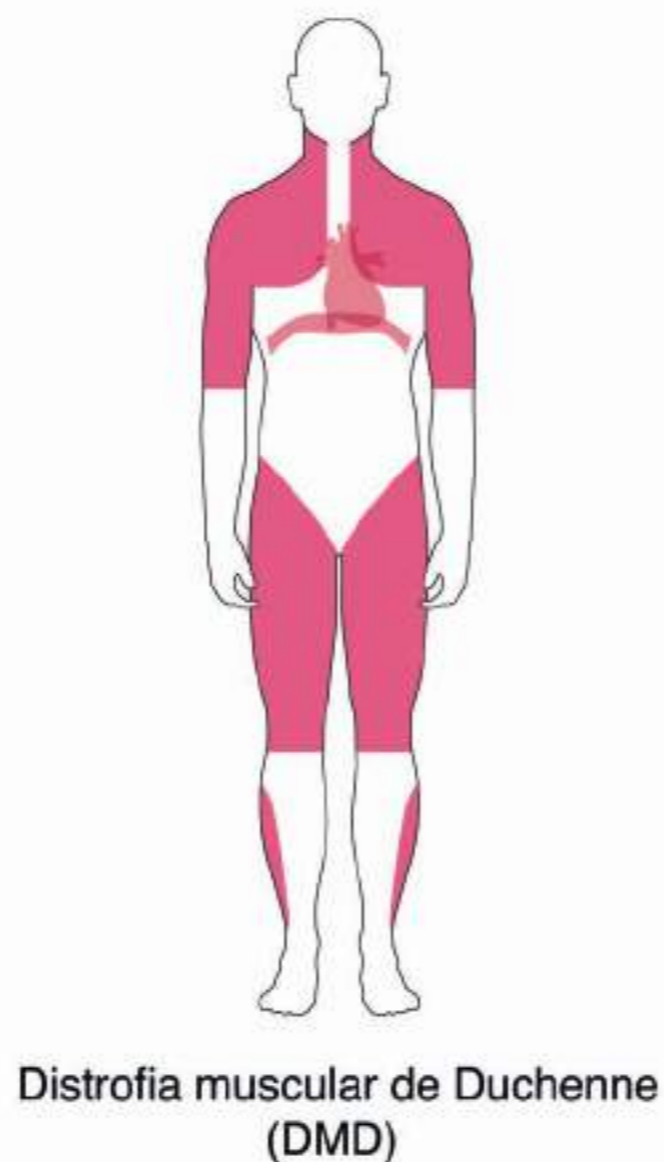


**IZQUIERDA**

Figura 2. Diagrama xeneral de les enfermedaes del corazón. Les principales malures cardiaques divídense en (A) isquémiques, (B) causaes por axentes tóxicos y (C) xenéticas.

**DERECHA**

Figura 3. Músculos dañaos na distrofia muscular de Duchenne (DMD). Los neños con esta malura xenética carecen de defeutos nos músculos de les estremidaes, nel corazón y nel diafragma.



mutaciones xenéticas (Figura 2). Nel infartu de miocardi, estayes del corazón queden ensin oxíxenu por mor del taponáu d'una o varies arteries coronaries, que son les encargaes de llevar el sangre a les células cardiaques. Casu distintu ye la miocardiopatía por esposición a axentes tóxicos, que se da, por exemplu, nos tratamientos de quimioterapia escontra'l cáncanu (3).

Les miocardiopatíes xenéticas (Figura 2) constitúin un grupu complexu y heteroxenu de patoloxíes con abondo interés biolóxicu y clínicu. Estes enfermedaes surden por mutaciones xenéticas, ye decir, cambeos na secuencia d'ADN (ácidu desoxirribonucleico) de les células del corazón (4, 5). Estes mutaciones puen ser hereditaries, cuando les tienen dellos miembros dientro d'una familia, o de *novo*, ye decir, adquiries pol propiu paciente por mor d'errores nes células xerminales o nel desendolcu embrionariu. Un exemplu de miocardiopatía xenética ye la miocardiopatía dilatada, definida por un enanchamiento de les cámares del corazón y una perda de la so contractilidá.

Al igual qu'asocede coles patoloxíes del corazón, una parte bien importante de les enfermedaes de los músculos esqueléticos tienen tamién una base xenética, ye decir, tán causaes por mutaciones nel ADN. D'ente toes ellos rescampa pola so gafura ya impautu na población la distrofia muscular de

Duchenne (DMD) (Figura 3). Esta enfermedá, que carecen d'ella fundamentalmente homes (ún cada 5.000 nacíos vivos), carauterízase pola perda de la capacidá d'andar, el desendolcu de fallu cardiorrespiratoriu y la muerte prematura enantes de los 30 años (6).

**NUEVOS TRATAMIENTOS MOLECULARES**

Si consideramos les consecuencias de les malures musculares y cardiovasculares pa la salú humana, ye menester atopar tratamientos cada vez meyoeres y más afayadizos pa esta riestra d'enfermedaes xenéticas que dañen el corazón y otros músculos del cuerpu. D'ente estes malures, hai una parte bien importante que se denominen monoxéniques, que quier dicir que'l defeutu xenéticu que les causa ta nun xen solu (un xen ye'l fragmentu d'ADN que caltién les instrucciones pa facer una proteína, ye decir, los xenes son unidaes discretas d'información xenética). El fechu de que defectos nun únicu xen seyan los responsables de les enfermedaes monoxéniques representa una ventaya terapéutica bien importante, yá que si somos quien a iguar el defeutu nesi xen suprimiríamos la causa molecular de la enfermedá y, en teoría, podríamos llegar a curala.

Sicasí, y magar l'esfuerzu fechu n'investigación pública y privada, entavía nun hai cura pa denguna enfermedá muscular monoxénica. Los tratamientos que s'empleguen anguaño tán empobinaos a tratar los síntomes y non les causes moleculares de les enfermedaes. D'igual miente, los infartos de miocardi, vencyaos más bien a causes ambientales y del estilu de vida —aunque tamién hai predisposición xenética— siguen siendo una de les causes principales de muerte nel mundiu. Poro, hai una necesidá clínicu, social y económica urxente de desendolcar terapias más dirixies y especializaes. Nesti sen, nos años

postreros surdieron dellos preseos moleculares y aproximaciones teunolóxiques que representen una oportunidad única pa conseguir tratamientos más avanzaos. Estes estratexes son: la terapia xénica, la igua xenética emplegando les ferramientes CRISPR y la rexeneración cardíaca.

### 1. Terapia xénica

La terapia xénica parte d'una idea bien cenciella: si nuna célula o nun muérganu determináu hai un xen que nun funciona, lo normal ye apurrir al paciente copias funcionales del mesmu xen. La terapia xénica nun ye dalgo nuevo na estaya de la biomedicina, de fechu'l primer protocolu aprobáu fíxose nel añu 1989. D'entós p'acá lleváronse a la práutica más de 3.000 ensayos clínicos en tol mundiu emplegando esta téunica. Sicasí, y por imposible qu'esto paeza, entá nun hai nenguna terapia xénica aprobada n'humanos pa les enfermedaes musculares o cardíacas (7, 8).

Hai munches modalidaes de terapia xénica. D'ente elles, una de les más granibles básase na

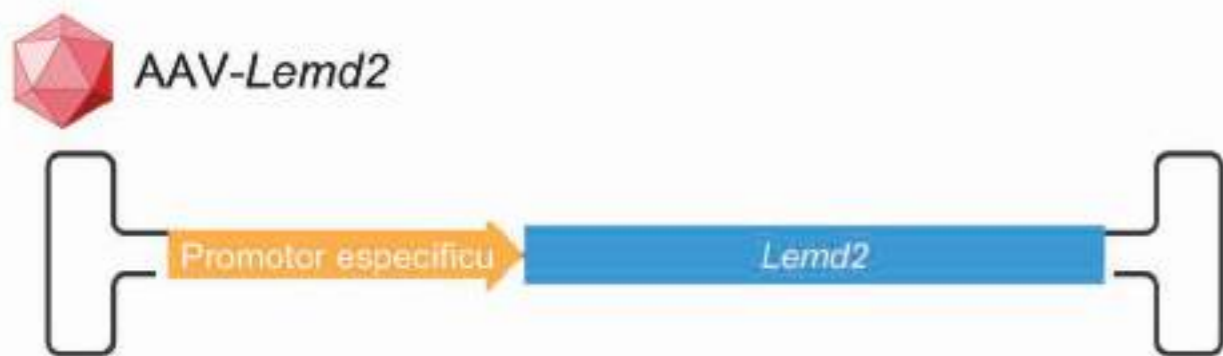
alministración del xen direutamente al paciente per aciu del emplegu de virus modificaos. Un exemplu d'esta alcontrámoslu nun estudiu de recién lideráu pol Dr. Eric Olson, referente mundial nel estudiu de les enfermedaes cardíacas y musculares. Esti trabayu presenta una terapia xénica nueva escontra la miocardiopatía dilatada causada por mutaciones nel xen *LemD2* que funciona, pelo menos, en mures. El xen *LemD2* codifica una proteína que s'alluga na membrana del noyu de les células y tien un papel cimeru nel ordenamientu del ADN, especialmente nos miocardiocitos (9, 10). Ye importante rescampiar qu'una mutación na secuencia de *LemD2* causa miocardiopatía n'humanos (11). Esti estudiu mandóse de virus adenoasociaos (AAV) p'alministrar la copia correuta de *LemD2* específicamente a miocardiocitos de mures neonatales (Figura 4). Esta aproximación terapéutica ameyoró enforma la función cardíaca de los mures mutantes, afitándola como intervención clínica potencial pa los pacientes humanos que carecen d'esta malura (12).

**El sistema CRISPR descubriólu nes salines de Santa Pola (Alacant) l'investigador español Francisco Mojica nel añu 1987. Dellos años dempués adautóse como ferramienta bioteunolóxica pa modificar el material xenético y les investigadores Emmanuelle Charpentier y Jennifer Doudna, promotores d'esta teunoloxía, llevaron el Premiu Nobel de química nel añu 2020.**

### 2. Iguu xenética col sistema CRISPR/CAS

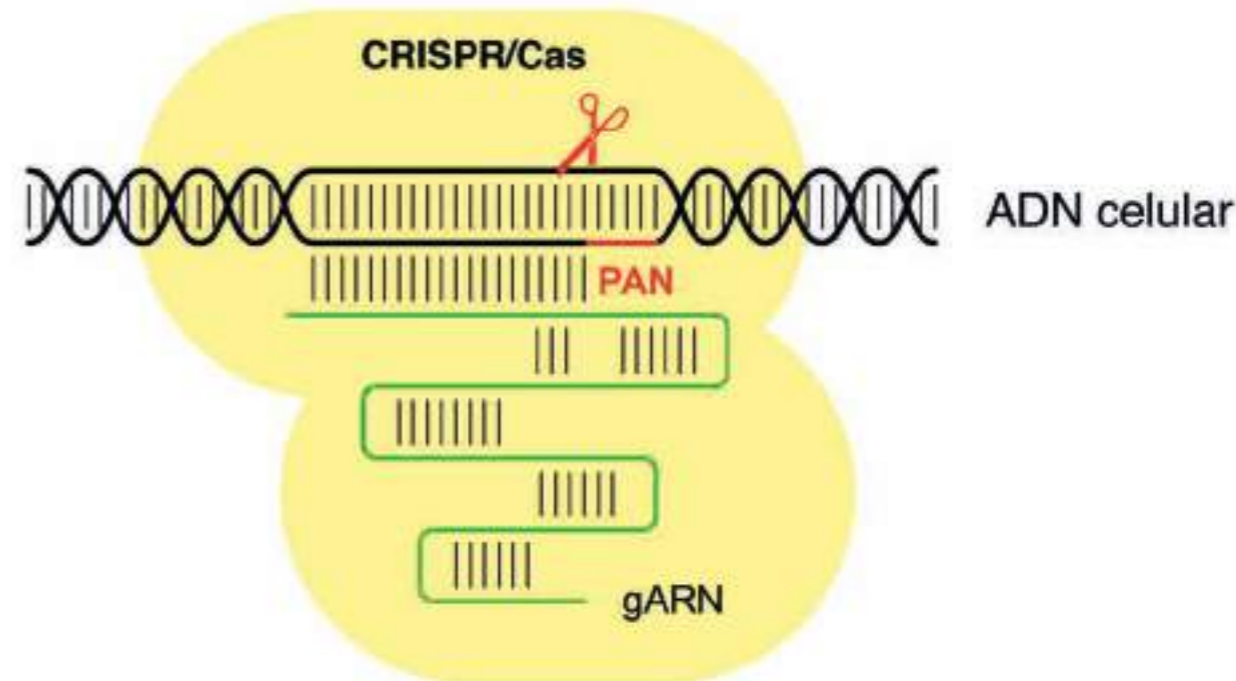
El sistema CRISPR (repeticiones palindrómiques curties agrupaes ya interespacias regularmente) ye un mecanismu inmunitariu de les bacteries que-yos val pa defendese de los fagos, un tipu de virus que les parasita. El sistema CRISPR descubriólu nes salines de Santa Pola (Alacant) l'investigador español Francisco Mojica nel añu 1987. Dellos años dempués adautóse como ferramienta bioteunolóxica pa modificar el material xenético de células eucariotes y, sobre manera, de células de Mamíferos (13, 14).

Esti sistema tien dos componentes esenciales: una proteína CRISPR-asociada, que tien el nome de Cas, y un ácidu ribonucleico, l'ARN guía (gARN). La proteína Cas funciona como unes tisories moleculares que corten l'ADN en secuencias perespecífiques. Pela so parte, el gARN ye un GPS molecular que dirixe a la proteína Cas hasta'l sitiú onde tien que cortar (Figura 5). La especificidá d'esti sistema determínase por una rexón del ADN, nomada PAN, que la proteína Cas9 reconoz.



**ARRIBA**  
**Figura 4. Terapia xénica cardíaca col xen LemD2.**  
Esquema del virus adeno-asociaú (AAV) emplegáu p'alministrar terapia xénica con LemD2 a ratones con miocardiopatía dilatada. La espresión del xen LemD2 (azul) ta controlada por un promotor específicu de miocardiocitos (mariellu).

**DERECHA**  
**Figura 5. Componentes del sistema CRISPR/Cas9.**  
Esquema onde s'amuesen la enzima Cas9, l'ARN guía (gARN) y la rexón PAN.



La ventaya del sistema CRISPR/Cas ye que nos val pa facer cortes perespecíficos na molécula d'ADN celular. Asina, y gracias a estos cortes, somos quien a iguar el xenoma, ye decir, a editar, eliminar o correxir mutaciones presentes nél y que causen enfermedaes. El desendolcu del sistema CRISPR/Cas supunxo una revolución auténtica pa la Biología Molecular y la Biotecnología. Tanto ye asina, que la investigadora francesa Emmanuelle Charpentier y la norteamericana Jennifer Doudna, promotores d'esta teunoloxía, llevaron el Premiu Nobel de química nel añu 2020 (15).

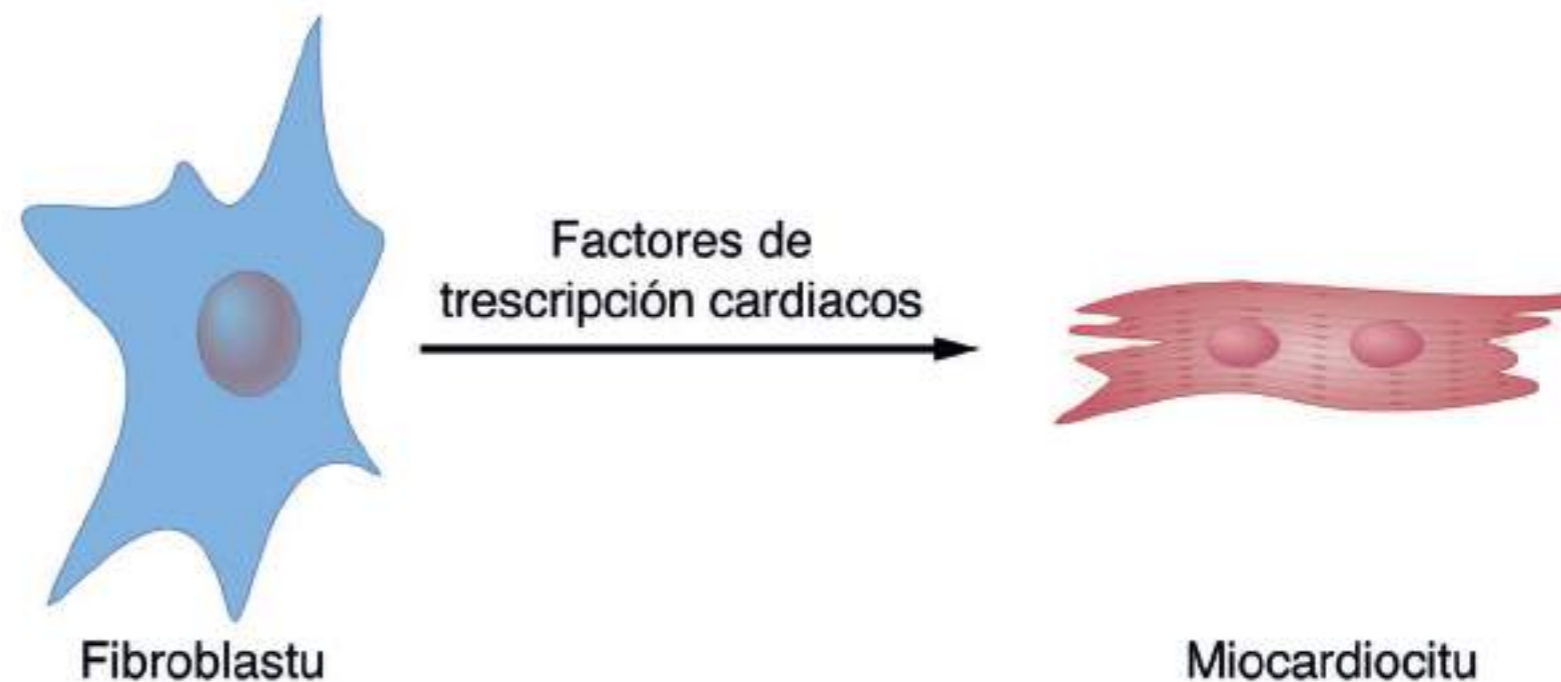
Gracias al emplegu d'esta teunoloxía, en munchos llaboratorios completáronse ensayos preclínicos, *in vivo* ya *in vitro*, onde se demostró la eficacia d'esti sistema pa iguar el xenoma y eliminar o pasar perriba d'una bayura de mutaciones patoxéniques. Asina, estudios fechos en células humanas y mures modificaos xenéticamente afitaron al sistema CRISPR/Cas como un candidatu interesantísimu pa entamar ensayos clínicos n'humanos con patoloxías cardiaques y musculares (6, 16).

Casu especial son los estudios que se ficieron en modelos animales de distrofia muscular de Duchenne (DMD). Como s'espunxo nun apartáu anterior, la DMD ye una enfermedá muscular xenética de consecuencias dramátiques pa los pacientes que la sufren. Ta causada por mutaciones nel xen que codifica la proteína nomada distrofina, que funciona como un amortiguador de les células. D'esta miente, les mutaciones nesti xen faen que la proteína nun s'esprese y les células musculares, al nun tener distrofina, sufren más dañu al contraese porque-yos falta l'amortiguador. Gracias al usu de los preseos CRISPR/Cas pudieron iguase munches de les mutaciones que causen DMD. Amás, lo prometedor de los resul-

taos llevó a «escalar» l'estudiu y aplicar estes estratexes a mamíferos más grandes. El resultáu d'esti trabayu d'investigación espublizóse nun artículu científicu nel añu 2018, onde se demostró la efeutividá d'esta téunica pa iguar el xenoma de perros con mutaciones causantes de DMD. Foi sorprendente ver cómo dempués del tratamientu con CRISPR/Cas los perros nun desendolcaben práuticamente nengún síntoma de la enfermedá. Anguaño, hai dellos ensayos clínicos en marcha que faen por llevar esta aproximación terapéutica a pacientes humanos.

### 3. Rexeneración cardiaca

D'ente toles enfermedaes cardiovasculares, l'infartu de miocardi y, posiblemente, una de les más mortíferes si atendemos al número total de persones que muerren por cuenta d'esta malura. Un infartu de miocardi defínese pola falta de riego nuna parte del corazón y prodúzse pol taponáu d'una arteria del sistema coronariu, que ye l'encargáu de llevar oxíxenu a esti muérganu. Delles vegaes l'infartu de miocardi produz muerte de sópitu, aunque ye cierto que la tasa de mortalidá mengua añu tres añu gracias a un manexu más curiáu de los factores de riesgu (exemplu, estilu de vida más saludable), a procedimientos médicos de revascularización coronaria y a delles melecines (17). Sicasí, los infartos de miocardi non mortales son responsables de munchos pacientes con una calidá de vida mui menguada. Nesti sen, otra estratexa de medicina molecular qu'amosó dar resultaos bien granibles ye la rexeneración cardiaca, que tien como oxetivu iguar el corazón dañáu xenerando miocardiocitos nuevos. La rexeneración cardiaca básase na idea de que podría ser posible reconstruyir o rexenerar el miocardi adultu dañáu (18).



#### ARRIBA

Figura 6. Esquema de reprogramación celular p'afalar la rexeneración cardiaca.

L'alministración de factores de reprogramación puxa la tresdiferenciación de fibroblastos a miocardiocitos nel corazón adultu.

Hai múltiples estratexes p'afalar la rexeneración cardiaca. D'ente ellos, dos de les más prometedores son la proliferación de miocardiocitos residentes y la xeneración de miocardiocitos nuevos por reprogramación celular. La primera d'elles básase nuna conclusión qu'apurció d'una esbilla d'observaciones que se fixeron en modelos animales: la rexeneración cardiaca ocurre de forma natural na natura. Asina tanto organismos mamíferos como non mamíferos tienen la capacidá d'iguar el miocardi dañáu, y esto faise fundamentalmente afalando la proliferación de los miocardiocitos non dañaos. Ye decir, dempués d'un dañu (por exemplu, un infartu de miocardi) hai un número determináu de células del corazón que muerren, lo que ye dañino pal funcionamientu normal del muérganu. Poro, los miocardiocitos que nun se dañaron entamen a proliferar y son a reconstruyir completamente'l corazón. Agora bien, los humanos adultos nun tenemos esta capacidá, y dempués del dañu lo

qu'asocede ye un procesu de reparación caracterizáu pola xeneración d'una marca de coláxenu. El texíu íguase, pero nun se recupera la funcionalidá. Asina, el reactivar la proliferación de miocardiocitos y la capacidá rexeneradora nel corazón adultu diba suponer un avance clínicu bultable. Nesti sen, demostróse que'l remanamiento de la espresión de delles proteínas que controlen el ciclu celular, la invasión cardiaca y dellos factores solubles, ente otros, controlen la proliferación de miocardiocitos adultos.

La segunda estratexa pa promover la rexeneración cardiaca básase nel conceutu de reprogramación celular, ye decir, el procesu de convertir unes células en otres distintes. Existen munchísimas modalidaes de reprogramación celular, pero, nel casu de la rexeneración cardiaca, una de les más interesantes ye la tresdiferenciación direuta de fibroblastos a miocardiocitos (Figura 6). Los fibroblastos son unes células relativamente abundantes nel corazón, y n'otros

## El descubrimientu de procesos biolóxicos nuevos, el desendolcu de recién y posterior abaratamientu de delles teunoloxíes fixeron que la biomedicina [qu'ataca non los síntomas, sinón les causes moleculares de les enfermedaes] se convirtiere nuna auténtica revolución bioteunolóxica

muérganos, y que tienen la función de producir la matriz extracelular y dar sofitu a los miocardiocitos. La idea de la tresdiferenciación básase en mandase de factores de trescripción específicos de miocardiocitos, unes proteínes que controlen los programes xenerales d'espresión de xenos, pa introducilos en fibroblastos y forciar la so tresformación en miocardiocitos (19). Emplegando esta estratexa consiguiéronse resultaos prometedores con modelos *in vitro* qu'agora tán probándose en mures y otros modelos *in vivo* col envís de, nun futuru, poder entamar les primeres pruebes en pacientes humanos.

### CONCLUSIONES Y PERSPEUTIVES DE FUTURU

El descubrimientu de procesos biolóxicos nuevos y el desendolcu de recién y posterior abaratamientu de delles teunoloxíes fixeron qu'una disciplina nueva, la biomedicina, apaeciera y esposigara aína hasta convertise nuna auténtica revolución bioteunolóxica. La biomedicina emplega ferramientes moleculares y celulares

p'atacar non los síntomas, sinón les causes moleculares de les enfermedaes. La mayor parte del corpus de conocimientu de la biomedicina vien de la investigación básica, pero'l so oxetivu cimeru ye apurrir más y meyores tratamientos a la práctica clínica de diariu. Pa consiguir esto ye menester más investigación, pa que terminen de xorrecer estes aproximaciones terapéutiques d'un xeitu eficaz y seguru. Por exemplu, en munchos casos, faise necesario usar virus modificaos p'alministrar ADN o ARN a les células diana. Poro, ye importante pescanciar cualesquier riesgu sanitariu seriu, deriváu del emplegu d'estos microorganismos, al envís de nun facer promeses de curación baleres. En resume, los nuevos tratamientos moleculares representen, ensin dulda, el futuru terapéuticu de los pacientes cardiovasculares y musculares. Un futuru onde nun va haber enfermedaes sinón enfermos, onde s'acolumbren les malures dende un puntu de vista molecular y onde la medicina personalizada seya la norma y non la esceición.

### Agradecimientos

A José Cabrera pola ayuda na preparación de les figures.

### Referencies bibliográfiques

1. Cui M, et al. Genetic and epigenetic regulation of cardiomyocytes in development, regeneration and disease. *Development*. 2018; 145(24).
2. Bang ML, et al. Understanding the molecular basis of cardiomyopathy. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2022; 322(2): H181-H233.
3. Veeder JA, et al. Chemotherapy-associated cardiomyopathy: Mechanisms of toxicity and cardioprotective strategies. *Pharmacotherapy*. 2021; 41(12): 1066-80.
4. McKenna WJ, Judge DP. Epidemiology of the inherited cardiomyopathies. *Nat Rev Cardiol*. 2021; 18(1): 22-36.
5. Morton SU, et al. Genomic frontiers in congenital heart disease. *Nat Rev Cardiol*. 2022; 19(1): 26-42.
6. Chemello F, et al. Correction of muscular dystrophies by CRISPR gene editing. *J Clin Invest*. 2020; 130(6): 2766-76.
7. Cannata A, et al. Gene Therapy for the Heart Lessons Learned and Future Perspectives. *Circ Res*. 2020; 126(10): 1394-414.
8. Kieserman JM, et al. Current Landscape of Heart Failure Gene Therapy. *J Am Heart Assoc*. 2019; 8(10): e012239.
9. von Appen A, et al. LEM2 phase separation promotes ESCRT-mediated nuclear envelope reformation. *Nature*. 2020; 582(7810): 115-8.
10. Vietri M, et al. Unrestrained ESCRT-III drives micronuclear catastrophe and chromosome fragmentation. *Nat Cell Biol*. 2020; 22(7): 856-67.
11. Abdelfatah N, et al. Characterization of a Unique Form of Arrhythmic Cardiomyopathy Caused by Recessive Mutation in LEMD2. *JACC Basic Transl Sci*. 2019 ;4(2): 204-21.
12. Caravia XM, et al. Loss of function of the nuclear envelope protein LEMD2 causes DNA damage-dependent cardiomyopathy. *J Clin Invest*. 2022; In press.
13. Mojica FJ, Rodriguez-Valera F. The discovery of CRISPR in archaea and bacteria. *FEBS J*. 2016; 283(17): 3162-9.
14. Doudna JA, Charpentier E. Genome editing. The new frontier of genome engineering with CRISPR-Cas9. *Science*. 2014; 346(6213): 1258096.
15. Ledford H, Callaway E. Pioneers of revolutionary CRISPR gene editing win chemistry Nobel. *Nature*. 2020; 586(7829): 346-7.
16. Liu N, Olson EN. CRISPR Modeling and Correction of Cardiovascular Disease. *Circ Res*. 2022; 130(12): 1827-50.
17. Khera R, et al. Contemporary Epidemiology of Heart Failure in Fee-For-Service Medicare Beneficiaries Across Healthcare Settings. *Circ Heart Fail*. 2017; 10(11).
18. Sadek H, Olson EN. Toward the Goal of Human Heart Regeneration. *Cell Stem Cell*. 2020; 26(1): 7-16.
19. Garry GA, et al. Direct reprogramming as a route to cardiac repair. *Semin Cell Dev Biol*. 2022; 122 :3-13.

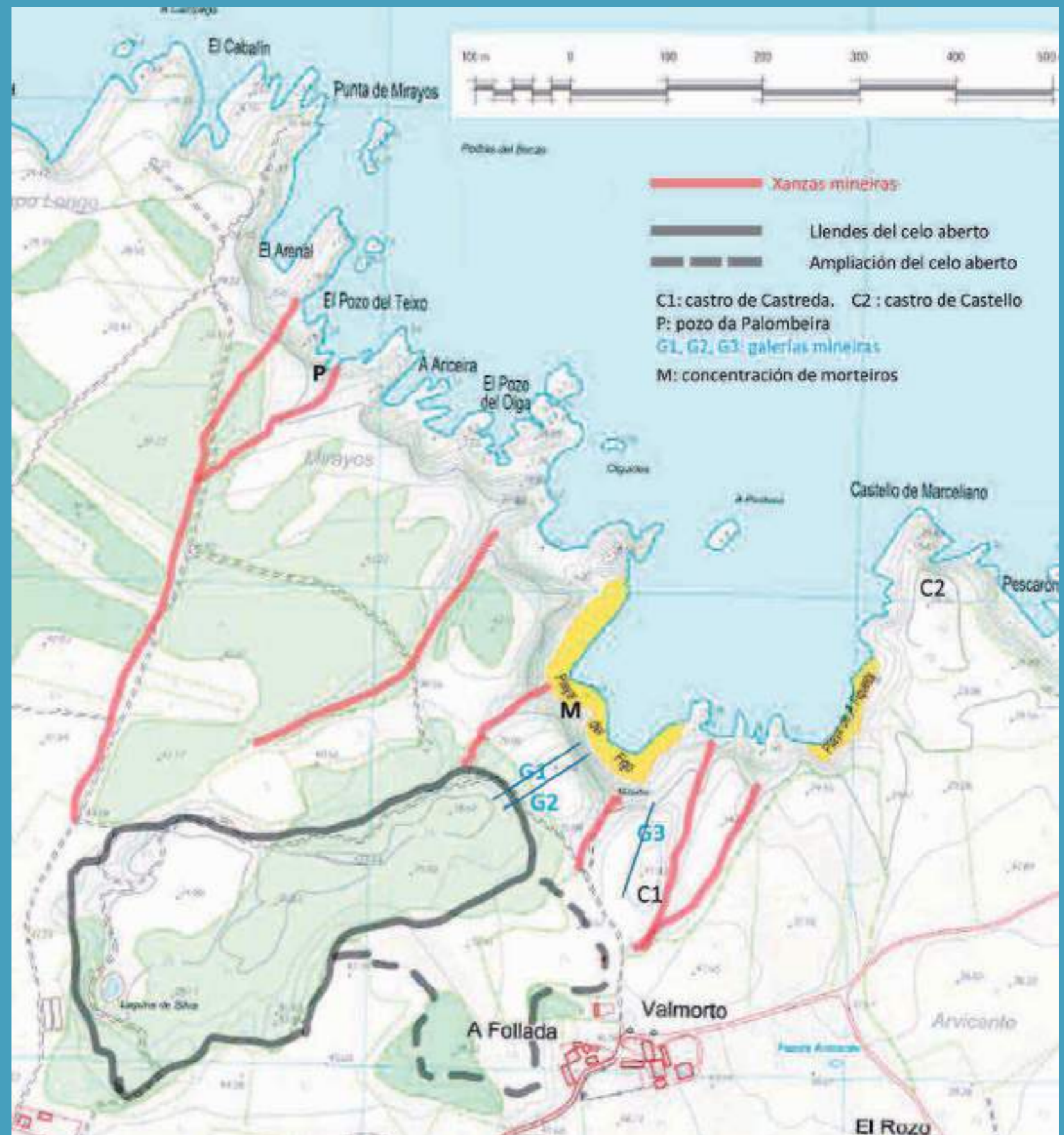
# A franxa costeira del xacemento de Salave (Tapia): dos testos antigos al estao actual Os morteiros mineiros da Ribeiría del Figo

Por **Evaristo Álvarez Muñoz**<sup>[1]</sup>  
y **Beatriz González Fernández**<sup>[2]</sup>

[1] Xeólogo y Doctor en Filosofía  
Direutor de la Biblioteca d'Humanidades  
Facultá de Filosofía y Letras

[2] Doctora en Xeoloxía  
Profesora Contratada Dr.  
Departamento d'Esplotación y Prospección de minas  
Universidá d'Uviéu

Con noso agradecimento polla súa axuda a Eduardo Cando, Beatriz Pérez Bugedo, Jesús Tamargo y a Germán Yanes, autor da maioría das fotos. Muchas gracias



Llámina 1. Plano xeneral del xacemento mineiro de Salave.

A pesar del sou renome secular, el llugar de Salave (Tapia), nel noroccidente d'Asturias, foi pouco explorao y mui maltratao nos últimos anos. Inda así, el antiguo xacemento preserva elementos arqueo-mineiros que poderían fer d'él un importante referente, —d'interés cultural, paisaxístico y turístico— con repercusiós mui positivas na actividá sostible da comarca.

Sin embargo, dende fai décadas, a investigación arquelóxica encóntrase estancada y reducida a informes pouco entusiastas encargaos por empresas mineiras, lóxicamente máis interesadas en ocultar qu'en desvelar el patrimonio.

El intento nel ano 2006 da Sociedá Ameicer de qu'el llugar fora reconocido como *Ben d'Interés Cultural* foi desestimao en xunio de 2009 pola Consejería de Cultura «por considerar qu'os Llagos de Silva xa cuntaban cun réxime de protección patrimonial adecuado» coa súa inclusión nel Inventario de Patrimonio Cultural d'Asturias, «a segunda categoría de protección máis alta das previstas pral Patrimonio Cultural Asturiano». En paralelo, a Administración Rexonal veu autorizando proyectos d'investigación mineiros qu'alimentan as pretensiós extractivas dous mil anos despóis dos antiguos llabores romanos. Todos y cada ún dos informes qu'acompañan as solicitudes de tales proyectos reconocen afecciós anteriores infrinxidas al patrimonio por actividades prospectivas precedentes das que, inefablemente, se desvinculan. El último atentado al patrimonio de Salave foi a tala brutal e indiscriminada contratada pola

empresa titular da concesión mineira qu'arrasóu camíos, llagúas y zonas de monte en abril de 2022 y que nin siquiera merecéu a repulsa del gobierno autonómico: tan solo úa multa de 300 € imposta pola Confederación Hidrográfica del Cantábrico. Ante tal estao de cousas, parece obvio qu'el réxime de protección al qu'aludía a Consejería de Cultura nun ta garantizando en absoluto a salvaguarda del patrimonio.

Refutando el «moderao interés arquelóxico da zona» referido en dalgún informe arquelóxico dos qu'acompañan as solicitudes de permisos d'investigación, dende 2019 y sin mediar campaña arquelóxica algúa, aparecieron y describíronse na Ribeiría del Figo más de cincuenta pezas de morteiros mineiros (Alvarez Muñoz *et al.* 2020), inmediatamente denunciaos ante a Consejería de Cultura en 2019 y 2020 e incluídos pola Comisión Permanente del Consejo de Patrimonio Cultural d'Asturias en sesión de febreiro de 2020 nel Conxunto arquelóxico da explotación minera de Salave.

El obxetivo del presente trabayo é divulgar y añadir dalgús datos inéditos, planos y fotografías, ás descripciós dos antiguos llabores mineiros, principalmente subterráneos. Todos os elementos que s'incluyen aquí son visibles na estreta franxa costeira (os últimos metros del cantil y das calas) del conxunto de Salave. Nun s'abondarán, pollo tanto, outros elementos como a canle d'abastecimiento, os de distribución y llaboreo, el celo aberto das llagúas, nin os demás restos de minería antigua que —por buscar a cara máis positiva da traxedia—

## A tala brutal e indiscriminada contratada pola empresa titular da concesión minera que arrasóu camíos, llagúas y zonas de monte en abril de 2022, nin siquiera merecéu a repulsa del gobierno autonómico: tan solo úa multa de 300 € imposta pola Confederación Hidrográfica del Cantábrico

ofrécese agora, tras a salvaxe tala, en condiciós óptimas pra ser investigaos dende el punto de vista arquelóxico.

Na franxa costeira referirémolos a dous sectores mineiros: el máis conocido del Ribeiro del Figo y da Ribeiría del Figo, na que siguen apareciendo (y desapareciendo pola acción da mar) morteiros de cazoletas múltiples, y un segundo sector, merecedor d'estudio aparte, qu'incluiría a minería dos ribeiros del Arenal, El Pego y El Teixo, y del qu'aquí solo citaremos el pozo del Teixo o da Palombeira.

Cuatro serán entós os elementos de minería subterránea analizaos: tres galerías del Figo y el pozo del Teixo. Os dous primeiros son túneles con entrada y salida —sumideiros d'evacuación del socavón mineiro coas súas respectivas surxencias á praya, ademáis de ser galerías d'esplotación de mineral—, que foron descritos pol Conde de Toreno en 1783 (Queipo de Llano, 1785) y por Guillermo Schulz nel sou cuaderno de campo de 1832 (Schulz, 1832). El conde refírese ás galerías como covas artificiales, el xeólogo como canos de desaugüe.

A terceira galería que describiremos foi mencionada núa comunicación á Société Géologique de France de Schulz & Paillette de 1849. Durante muito tempo el augua arsenicada que mana d'ella

foi considerada medicinal (Fernández Fernández, 1932). Máis abaxo presentamos úa topografía da mesma: a cavidá é ascendente y explorable hasta úa distancia de 110 m en que resulta interrumpida por bloques y derrubios. Superposta al plano de superficie púidose comprobar qu'el final da galería accesible encóntrase baxo el suposto castro de Castreda (Camino Mayor, 1995).

Completando os elementos mineiros del sector, añadiremos dalgús fotografías dos morteiros o bases de molíos d'impacto encontraos na Ribeiría del Figo.

El cuarto trabayo subterráneo que presentamos é el conocido como pozo da Palombeira o pozo del Teixo, que comunica úa cova marina da cala da Palombeira cua canle o xanza mineira del Teixo mencionado pol investigador llocal Labandera Campoamor en 1997 y que s'usó pra sacar algas hasta mediados del siglo pasao (véxase Lámina 1, al empezo d'este artículo).

Nel siguiente apartao cítanse referencias al descubrimiento y exploración d'estos cuatro antiguos llabores subterráneos col obxetivo de contextualizalos e ilustrar el sou interés histórico.

## REFERENCIAS HISTÓRICAS ÁS GALERÍAS MINEIRAS DE SALAVE

### *As dúas covas del Conde de Toreno (1783)*

Seguramente, a segunda referencia histórica ás minas de Salave —tras a mui probable de Plinio en *Historia Natural*, XXXIII, 76— seña a del conde de Toreno que, en 1785, publicóu os sous

*Discursos pronunciados en la Real Sociedad de Oviedo entre los años 1781 y 1783* y, nel apartao XLIII dedicao al conceyo de Castropol (pp.46-48), describelas asina:

En este Concejo se hallan las grandes Cuevas de Salábe en el sitio titulado los Lagos de Silva, Parroquia de Salábe, distantes como dos leguas de la Villa de Castropol, y tres quartos de legua de la citada ya del Franco. Son estas dos Cuevas en las que, como ántes dixen citando á Plinio, se manifiestan bien aquellos antiguos y asombrosos trabajos de nuestros Asturianos: barrenando el monte, y rotas á pico sus peñas, forman dos bóvedas subterráneas, que tienen comunicación con el mar entrambas.

Para poder registrar la una se necesitan llevar escalas, que arrimadas á las peñas (donde baten las olas quando el mar crece), se reconoce en estando baxo la entrada de la Cueva, que en declive hácia el suelo pasa de la otra parte de la montaña.

La otra inmediata á esta atraviesa rectamente el monte hasta el mar de parte á parte, y ambas se hallan al Poniente.

Todo aquel terreno, que es de bastante extensión, está cortado por muchas partes, reconociéndose bien que en él había cinco grandes pozos, ó lagos, de los que aun se mantienen dos con agua: el uno muy profundo, que tiene mas de doscientas varas de largo, y poco menos de ancho; el otro no es tan grande, pero bastante.

Se reconocen desde el Lugar de Salábe, que está más alto, y de sus inmediaciones los cauces por donde se conducían las aguas, que descendían á aquellos estanques, no ofreciendo por lo mismo dificultad alguna de que allí se sacaría gran cantidad de oro; cuyo mineral hoy está muy difícil de encontrarse, y no podría verificarse sin un costo exorbitante. Toda la capa de la montaña es un quarto molar de color roxo.

### *As dúas galerías ou canos de desaugüe de Guillermo Schulz (1832)*

*La Memoria sobre las minas y explotaciones antiguas de Salave* (1829) de R. Fernández Reguero —manuscrito llamentablemente perdido del que se cita un resume de 93 folios del que s'inora tamén a llocalización— atrouxo sin duda a atención del sou amigo, el mozo Guillermo Schulz. Nel sou cuaderno de campo dedicao principal-

mente a Galicia —unde acababa d'incorporarse como inspector de minas con residencia en Ribadeo— el mozo Guillermo Schulz apunta úa excursión de Ribadeo a Tapia feita el 13 de xuyín de 1832. Nella describe e interpreta a antigua minería de Salave poñendo toda a súa atención en dúas galerías que brotan na cala del Figo:

Las cuevas de Salabe que están como 1,¾ leguadas de Figueras al levante inmediato al mar y como ¼ de legua más allá de Tapia, son unas grandes escabaciones a tajo abierto sin presentar por ninguna parte terreno desecho o escombro sino todo lo escabado que es una masa inmensa lo sacaron de allí; Esta escabacion está hecha en varios terrenos como pórfido granítico, una especie de pizarrón azulado, más abajo hacia el mar en un granito de grano pequeño con algún aspecto porfideo además está la pizarra muy cerca como se ve bien en la costa porque por la tierra llana está cubierta de acarreo antiguo. Todas estas rocas mencionadas de Pórfido, granito, pizarras, etc. están impregnadas de pyrita marcial en cristales pequeños y además llevan en sus juntas mucha molybdena; parece pues que la pyrita marcial debe ser aurífera o argentífera de lo que yo creo lo primero y supongo que toda la estension de la escabacion abraza un gran cúmulo de rocas ígneas que se hallan intercaladas en la masa general de pizarra de transición que por aquí es también muy cuarzosa; para dar una idea muy escasa de esta antigua abrasión el siguiente diseño:



Croquis de G. Schulz (1832) coas dúas galerías de desaugüe a y b (as nosas G1 y G2 de Láms. 1 y 2).

a y b son dos caños de desaugüe hacia el mar, el 2º queda como 4 varas sobre las mareas. b aprovecha la mayor profundidad y está aterrado.

La profundidad de las escabaciones no escederá de 10 a 13 varas aunque el suelo actual no es el primitivo si no tiene una cubierta de arcillas margas y turba de al menos unas 4 á 5 varas de espesor que se han formado debajo de lagunas que cubrían el fondo y que se desaguaron modernamente.

Dixitalizao a partir del cuaderno orixinal en RUO, Repositorio da Universidad d'Uviéu, <https://digibuo.uniovi.es/dspace/handle/10651/44550>.



#### Úa terceira galería descuberta despóis por Schulz y Paillette (1849)

[...] A antiga explotación de Salabe (sic) na costa del mar Cantábrico, llega y media al E. de Ribadeo, foi aberta, mui probablemente, sobre un xacemento d'estaño situado entre rocas plutónicas (granito, pórfido, sienita, anfibolita) arrodiadas d'esa enorme extensión d'esquistos pizarrosos que Sedgwick y Murchison denominaron hai moitos anos Cámbrico. Creemos qu'a escavación del xacemento a celo aberto afondóu máis de 20 metros y el volume explotado, en forma mui irregular, podería estimarse en 4 millóns de metros cúbicos, sin que queden nel lugar trazas de ganga o de filón non utilizado.

Tres galerías de desaugüe furadas a distintos niveles valiron socesivamente pra sacar el agua que podía incomodar el campo d'explotación. A máis fonda ta al nivel actual del mar, que nos temporales d'inverno cubrío a entrada principal de cantos rodados. (...)

El mineral rompíase a mao y a continuación molíase a mao (rota trusatilis) en bloques de cuarzo como lo proban dalgús que s'atoparon qu'atestiguan este uso [traducción dende el orixinal en francés].

É posible qu'el aspecto metalífero (véase foto G3.3) d'esta terceira galería indujera a Schulz a pensar qu'el material extraído fora el estaño,

frente á opinión de Fernández Reguero y, posteriormente, de Martínez Alcívar de qu'era ouro lo que fora explotado.

#### A terceira galería según Valentín Fernández (1932, p. 13)

... Existe en Salave, conocida con el nombre de Fuente del Figo, en el acantilado de la costa y en plena cueva subterránea, un manantial muy abundante, que goza de gran renombre en todos los concejos limítrofes y al que acuden numerosos agüistas en verano. El vulgo atribuye propiedades terapéuticas a este manantial en las siguientes dolencias: anemia, clorosis, enfermedades del estómago y tuberculosis incipiente. Realmente, nada tiene de particular que muchos enfermos que a estas aguas acuden logren una total curación o un notable alivio, si tenemos en cuenta que la mayor parte de los que a esta fuente vienen son gentes del campo, que abandonan por un mes o más sus penosos trabajos; que comen mejor en estos días y que aprovechan al mismo tiempo los efectos generales, tan beneficiosos precisamente en estas dolencias, del clima marítimo.

Hace diez y ocho o veinte años, un americano mandó hacer un análisis cualitativo de dicha agua, dando por resultado: excelente de mesa y ligeramente arsenical.

#### A descripción de Domergue (1987)

A referencia máis completa hasta el momento da minería antigua dos Llagos (de Silva) débese al investigador francés Claude Domergue (1987) que

nel seu catálogo de minas antigas da Península Ibérica fai a seguinte descripción del celo aberto y as tres galerías:

A escavación principal ten 500 m de llargo y allárgase de SO a NE perpendicularmente á costa por detrás del acantilado que la bordea. (...) Nun abre directamente al mar, senón que ta separada por úa especie d'escudo de tarrén de cen metros que se mantuvo nel seu lugar sendo simplemente rebaxado por úa entalladura hasta media altura. Por debaixo d'este nivel dito escudo de tarrén foi atravesado por tres galerías que comunican a escavación coa praya.

Da máis oriental brota un filo d'agua teñida de ferrumbre y nunca se ye puido atopar saída.

A galería máis profunda ta al nivel del fondo da escavación y bascula hacia a praya. Fai us anos, desdexáronse aproximadamente 150 m, pero úa crecida d'agua paróu os traballos.

A transversal intermedia, de 150 m de llargo, ta 5 o 6 m por derriba da anterior y en certos puntos del seu recorrido, parece haber tado apuntalada o entibada [traducción dende el orixinal en francés].

#### El pozo occidental de Labandera Campoamor (1997)

El investigador llocal Labandera Campoamor (1997), nun artículo máis estenso, menciona outro dos elementos qu'aquí describimos e

interpretamos como minería romana, aunque Labandera mantéñese reservado al respecto:

El Pozo de la Palomera dista unos veinticinco metros del Canal, otros tantos del borde de la costa; es de sección cuadrada, de unas 2,5 varas de lado y 10 ó 12 m. de profundidad; cae perpendicularmente sobre el final de una cueva, cuya boca se abre en la misma playa, y al nivel del mar. Este accidente y su origen darían materia suficiente para escribir un extenso trabajo, así que me abstengo de más comentarios sobre el mismo.



ARRIBA

Llámina 2. Franxa costeira entre A Ribeira del Figo y a explotación a celo aberto con superposición dos desenvollos subterráneos das tres galerías G1, G2 y G3.

### ACTUALIZACIÓN DOS ELEMENTOS MINEIROS: PLANOS Y FOTOGRAFÍAS

#### G1. Galería de desaugüe actual

Das tres galerías descritas máis enriba (mirar lámina / lámina 2), dous proceden del socavón o celo aberto dos Llagos y a súa función principal, anque non el única, foi a evacuación del auga das llagúas. De feito, a máis elevada d'estas dúas (G1, el caño a de Schulz) sigue funcionando como sumideiro d'un regueiro procedente da llagúa principal (foto G1.1) que conduce á cala

del Figo, unde brota a us dez metros sobre el nivel del mar y cinco sobre el da praya (foto G1.2). Pódese recorrer sin dificultá, ten exactamente 100 metros (non 150 como supón Domergue), sendo a súa anchura mínima d'un metro. A súa altura varía de 1,10 a seis metros y na súa trayectoria descende algo máis de cinco. En inverno y primavera xurde en cascada sobre a cala del Figo (véxase lámina 3).

Escavada nas areniscas y pizarras cambro-ordovícicas da Serie d'Os Cabos en dirección 60° N, sigue aproximadamente a orientación principal das estruturas tectónicas variscas, a F1 ou fase primeira da deformación, que sole coincidir *grosso modo* cúa estratificación. El sou trazo é rectilíneo, de xeito qu'a pouca distancia da entrada pode observarse xa a lluz da surxencia. En varios puntos del sou recorrido sigue filóis especialmente metalíferos (foto G1.3) que suxeren un obxectivo d'esplotación mineral primordial, tal vez anterior al sou uso como desaugüe. Nel tramo máis elevado y ancho, obsérvanse señales d'apuntalamento (foto G1.4), asina como de transporte pol interior da mina.



Sin embargo, os seus tramos finais son de perfil máis regular y angosto (foto G1.5), respondendo probablemente a úa finalidade xa exclusivamente evacuadora das auguas, lo que tamén demostra qu'a galería foi escavada na dirección que vai dende a zona das llagúas hacia a praya y non al rovéis.

### G2. Galería inferior taponada

Na cala del Figo, 20 metros al Este y 5 por debaixo da surxencia de G1 (véxase foto G2.1) tópase a saída da segunda galería ou cano b de Schulz. Na actualidá ta totalmente taponada por cantos rodados, aínda qu'inda hai testigos que poderon exploralla a finais dos anos sesenta del pasao siglo, en concordancia col señalao por Domergue.

En conto á entrada, é mui probable qu'haxa que busca nún pozo cegao a outros 20 metros del sumideiro del arroyo en G1 (véxase Lámina 3), lo qu'invita a pensar nun trazo inferior y paralelo, d'apertura posterior, pra desauguar a mina a celo aberto. Presenta análogas características petrolóxicas y ta sometida al mesmo control tectónico da dirección que G1, isto é, en dirección 60° N.



IZQUIERDA

Lámina 3. Perfil transversal vertical da Galería de desaugüe dos Llagos de Silva al Ribeiro del Figo.

### G3. Galería da Fonte del Figo

A conocida como Fonte del Figo é en realidade a surxencia d'úa galería minera que pasou desapercibida pra Toreno y incluso pra Schulz durante a súa primeira visita. Da fonte (véxase foto G3.1), brota y caye pol cantil un augua antano mui apreciada pol sou contido mineral. Tópase nel sector máis oriental da cala del Figo, a un centenar de metros das anteriores y a 15 metros sobre el nivel medio del mar, é por tanto a máis alta das tres descritas. Colgada da arriba y cun acceso difícil, é case inaccesible dende embaxo, aínda que se pode chegar a ella dende Valmorto recorrendo úa gran xanza ou foso que bordearía el suposto castro de Castreda, nunca explotao nin escavao.

Pra este trabayo exploróuse y erguéuse el plano da galería da Fonte del Figo (véxanse Láminas 4 y 5), a súa llargura máxima é de 110 metros dende a entrada hasta un derrumbe qu'impide el paso. Ta igualmente escavada nas areniscas y pizarras cambro-ordovícicas da Serie de Los Cabos. A súa dirección xeneral é SSO, ou lo qu'é lo mesmo, 20° N (NNE) en sentido descendente, dirección tamén compatible con F1. Entre esta y as outras dúas galerías (G1 y G2, con una dirección qu'era 60° N), pese á súa

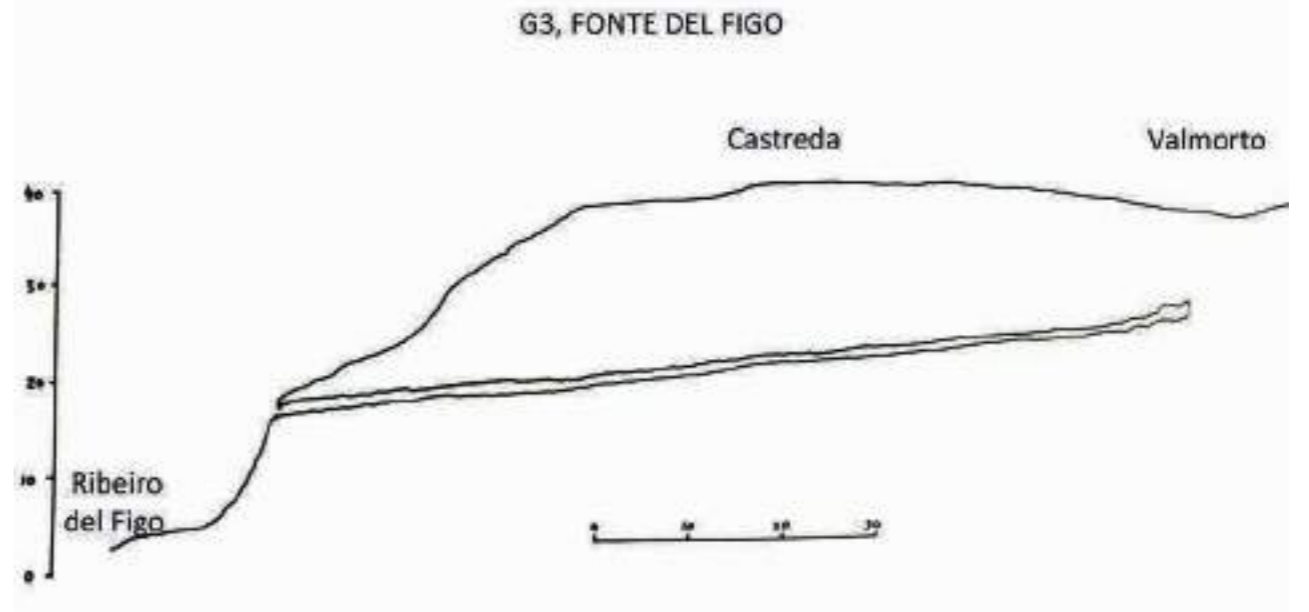
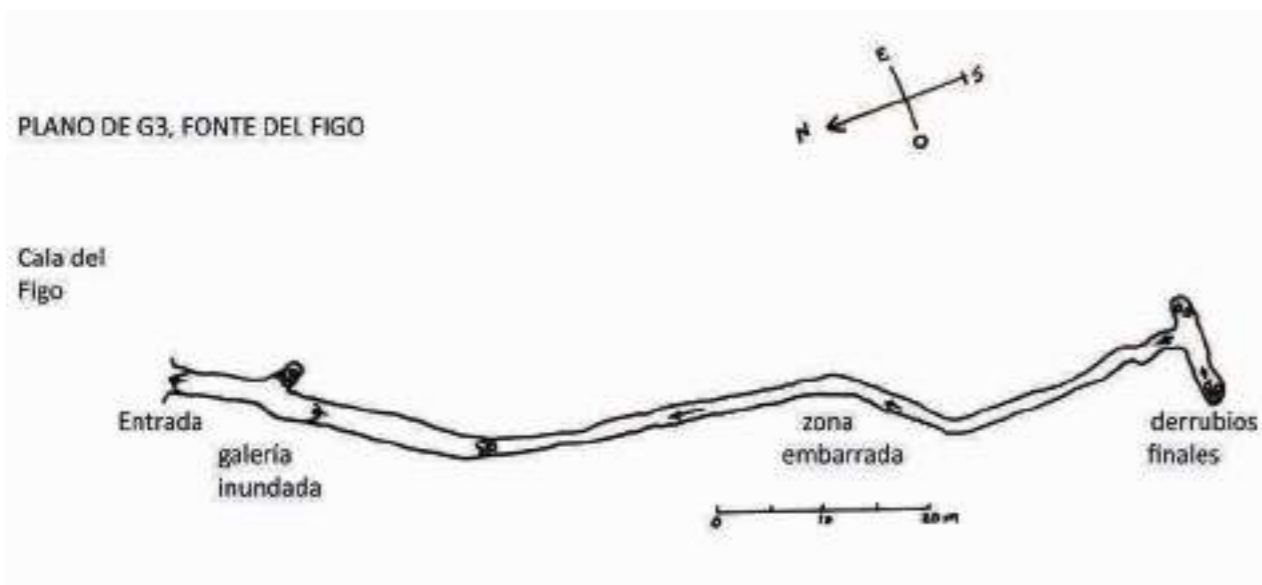


ABAXO IZQUIERDA

Lámina 4. Plano horizontal da Galería da Fonte del Figo.

ABAXO DERECHA

Lámina 5. Perfil transversal vertical da Galería da Fonte del Figo.



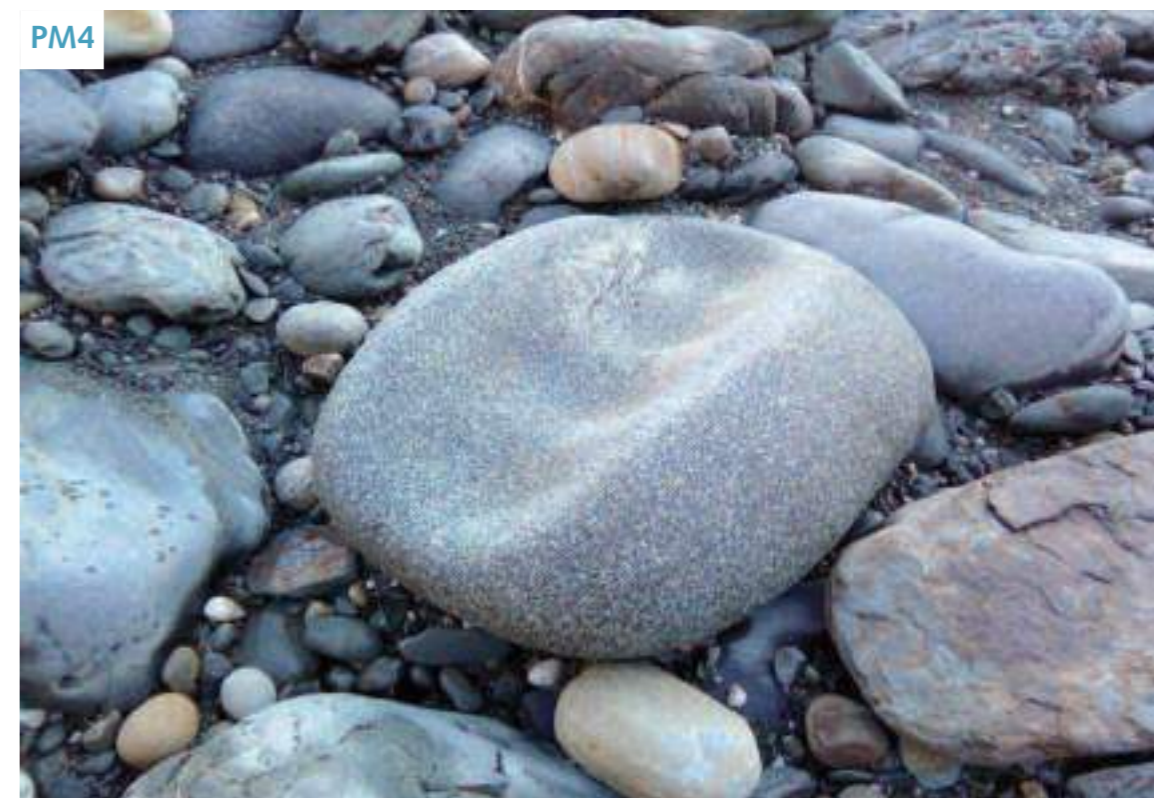
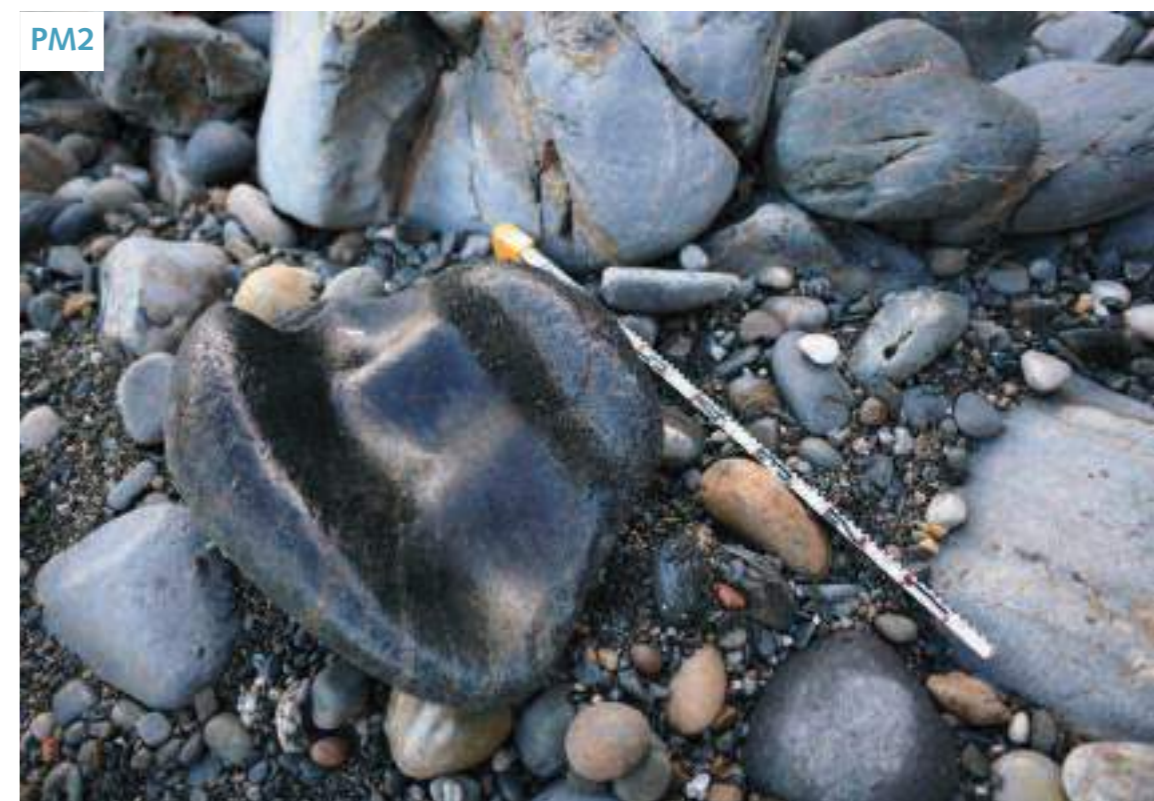
cercanía, nun hai continuidade estratigráfica, senón qu'aflora en medio d'un pequeno paquete de granodioritas. El llateral este da galería G3 ta bordeado por un macizo gabroico muito máis duro y potente.

De trazao en xeneral recto, aínda qu'algo máis sinuosa qu'a galería G1, ascende us 8 metros hasta el sou abrupto final. Na zona máis próxima á entrada, el augua retenida alcanza úa altura de máis de 50 cm hasta rebasar el orificio de salida da fonte. Hacia a mitá y el final da cavidad el tarrén ta con barros marellos mui finos (foto G3.2). En varios puntos del sou desarrollo os marxes conservan sedimentos del qu'el sou estudio podería arrojar datos interesantes.

Superposto al mapa de superficie, el sou trazao topográfico diríxese hacia el SSO, é dicir, que, caso de que se tratase d'un desaugüe como os dous anteriores, sería da ampliación del celo aberto hacia a zona de Valmorto y A Follada y non hacia Os Llagos como G1 y G2. Pero ademáis, el final del tramo practicable tópase us 10-15 metros por debaxo da superficie del suposto castro de Castreda (véxase Llámina 5), lo qu'incrementa el interés por explorar ese castro y as súas canles, fosos ou xanzas. Con independencia da súa posible función como aliviadeiro ou desaugüe, nun cabe duda de que foi aberta col obxeto d'esplotar un mineral que, tanto na bóveda como puntualmente en hastiales y derrumbes móstrase metalífero (foto G3.3).

#### M. El campo de morteiros da Ribeiría del Figo

A cala del Figo y a súa ensenada occidental ou Ribeiría del Figo arrojaron nos últimos anos decenas de pezas d'antiguos morteiros mineiros d'impacto d'úa a cuatro cazoletas. Todos ellos tópanse na zona intermareal, sometidos á acción das mareas pollo que presentan alto grao



d'erosión y peligro de desaparición. A importante concentración de morteiros nesta cala ta relacionada col llaboreo metalúrxico dos materiais extraídos das minas antigas descritas. Sobre os morteiros publicáronse outros traballos anteriores (Álvarez Muñoz *et al.*, 2020, 2021), aquí tan solo se presentan algúas fotos dos mesmos (fotos PM1 a PM4 y portada da revista).

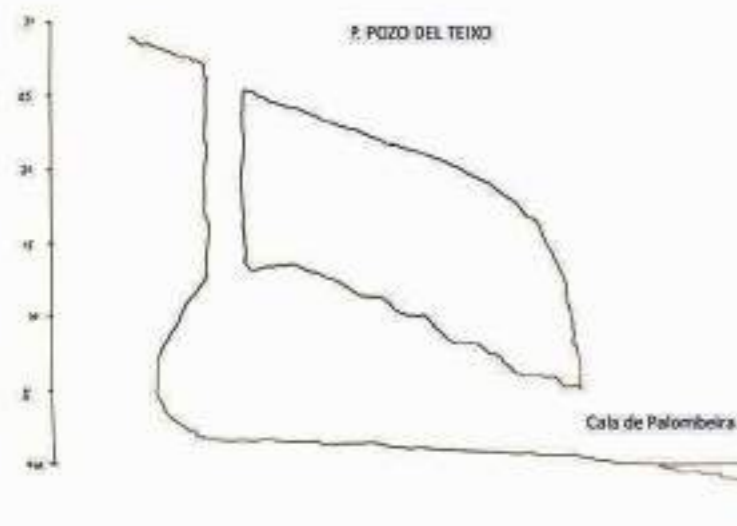
#### P. Pozo del Teixo ou da Palombeira

A enigmática cita de Labandera Campoamor á que se fai referencia máis enriba invita á exploración d'esta cova marina (véxanse Lláminas 1 y 6). A cova ábrese al pé da arribada y al nivel da baxamar na ribeira da Palombeira (foto PT1). A súa boca é ampria d'hasta seis metros, y outros tantos d'altura. Con trenta metros de longo y case quince d'ancho na súa parte final, na súa bóveda elevada máis de dez metros (PT2) foi artificialmente aberta úa chaminía cuadrangular de 2 x 2,40 metros y outros 12 ou 14 máis d'altura (PT3) hasta chegar á superficie en cota 28 (PT4), cerca da desembocadura da canle final dos Moros ou, máis precisamente, d'úa bifurcación del mesmo conocida como canle del Teixo. El tarrén da cova é de cantos rodados cuarcíticos.



Ta escavada nas pizarras y areniscas cambro-ordovícicas da Serie dos Cabos.

El pozo da Palombeira presenta formas y dimensións características d'outros pozos mineros verticales romanos como os da Corta del Valladar en Trueitas (Lleón) ou El Fojo de Valeira na llocalidá portuguesa de Valongo (Matías Rodríguez, 2006; 2014). El sou parecido asombroso y ubicación xunta a canle apoyan a tesis sobre el sou orixe romano, pero a súa función nel contesto mineiro é obxecto de controversia.



IZQUIERDA

Llámina 6. Perfil transversal vertical del Pozo del Teixo.

## CONCLUSIÓIS

Nesta pequena aportación reseñáronse úa serie d'elementos del antigo xacemento mineiro de Salave presentes núa estreitísima franxa del borde litoral. Aparte del sou orixe y antigüedad, todos ellos tein úa característica en común: nunca nun foron axeitadamente investigaos.

Aquí limitámonos a recordallos, convencidos de qu'á verdadeira riqueza da nosa comarca, a que debería perdurar por xeneracióis, reside nel noso patrimonio cultural y non nun metal espoliable que nun é abondo pra satisfacer a codicia d'us poucos durante úa década.

**El Patrimonio Mundial é úa pedra angular da paz y del desarrollo sostible. É úa fonte d'identidá y dignidá pras comunidades locais, úa fonte de conecemento y forza pra compartir.**  
**UNESCO**

## Referencias bibliográfiques

- Alvarez Muñoz, E., González Fernández, B., & Menéndez Casares, E. (2020). Morteros mineros antiguos de la cala del Figo (Salave, Asturias). *Nailos, Estudios Interdisciplinarios de Arqueología*, 7: 35–55. Recuperao de: <https://nailos.org/index.php/nailos/article/view/214>
- Alvarez Muñoz, E., Gonzalez Fernandez, B., & Menendez Casares, E. (2021). Nuevos datos y reinterpretación de las antiguas labores mineras de Salave (Tapia de Casariego, Asturias). *El Patrimonio Geológico y Minero Minero Como Instrumento de Desarrollo Territorial*: 53–64. Recuperao de: <https://mega.nz/file/Wg9nAChT#4t3seQSnNsuxY6GA051Nzfn3LzdjR78GRIPgChn0A30>
- Camino Mayor, J. (1995). *Los castros marítimos en Asturias*. Uviéu: Real Institutu d'Estudios Asturianos.
- Domergue, C. (1987). *Catalogue des mines et des fonderies antiques de la Péninsule Ibérique*. Paris: D. Bocard.
- Fernandez Fernandez, V. (1932). *Topografía médica del concejo de Tapia de Casariego*. Madrid: Julio Cosano.
- Labandera Campoamor, J. A. (1997). Informe sobre las excavaciones de los lagos de Silva. *Boletín Del Real Instituto de Estudios Asturianos*, 51(149): 227–239. Recuperao de: <https://acceso.uniovi.es/servlet/,DanalInfo=dialnet.unirioja.es+articulo?codigo=667035>
- Matias Rodriguez, R. (2006). La minería aurífera romana del Noroeste de Hispania: Ingeniería minera y gestión de las explotaciones auríferas romanas en la Sierra del Teleno (León-España). In *Nuevos Elementos de Ingeniería Romana. III Congreso de las Obras Públicas Romanas (Astorga, 2006)* (pp. 213–263). Recuperao de: <http://traianus.rediris.es>
- Matias Rodriguez, R. (2014). La investigación de la minería aurífera romana en España: planteamientos del pasado y nuevas perspectivas. In *Paisagens mineiras antigas na Europa ocidental. Investigação e Valorização Cultural* : 27–62.
- Queipo de Llano, C. de T. (1785). [Extracto relativo a minas del occidente de Asturias]. EN *Descripción de varios mármoles, minerales, y otras diversas producciones del Principado de Asturias : Discursos pronunciados en la Real Sociedad de Oviedo en los años de 1781 y 1783* (pp. 12, 44–49). Madrid: Joachin Ibarra.
- Schulz, G. (1832). Cuaderno de campo: Salave, 13 de julio de 1832. In *RUO*. Uviéu.
- Schulz, G., & Paillette, A. (1849). [Notice sur une pyrite stannifère (ballestéosite) et sur quellques gisements, d'estain en Espagne]. *Bulletin de La Société Géologique de France* II–7: 16–25.

# Ciencias



Universidad de Oviedo  
*Universidá d'Uviéu*  
*University of Oviedo*



ACADEMIA  
DE LA LLINGUA  
ASTURIANA

---