

Cartafueyos Asturianos  
de Ciencia y Teunoloxía

Payares 2023 // Númeru 13

# Ciencias

## Quesos d'Asturies

/// CAMBEOS NA ZONACIÓN DE LES ALGUES ///

/// VENTI AÑOS DE XARDÍN BOTÁNICU ATLÁNTICU ///

/// ENERXÍA SOLAR NA METALURXA ///

/// L'APNEA DEL SUEÑU INFANTIL ///



Universidad de Oviedo  
Universidá d'Uviéu  
University of Oviedo



---

**REDAICIÓN**

////// **Conseyu de redaición**  
 Presidenta: Ana María Cano González  
 Direutor: Carlos Lastra López

////// **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**  
 Amuesa de quesos asturianos  
 Cedida por Tierra Astur - Crivencar  
 ©Alejandro Braña Fotografía

////// **EDITA**  
 ////// **Academia de la Llingua Asturiana**  
 C/ L'Águila, 10  
 Apartáu de Correos 574  
 33080 Uviéu  
 Tfnu. 985 211 837  
 www.alladixital.org  
 edicion@alladixital.org  
 f AcademiadelaLlinguaAsturiana  
 x @ALLA\_ast

////// Depósitu 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 / **Xuba na temperatura l'agua y cambeos na zonación  
 de les algues nun pedreru del occidente asturianu  
 (Campieñlos, Valdés)**  
 Por Fabián RODRÍGUEZ LÓPEZ



16 / **Venti años del Xardín Botánicu Atlánticu de Xixón**  
 Por Tomás Emilio DÍAZ GONZÁLEZ



32 / **Efeutos de l'autotomía y la rexeneración en llacértidos**  
 Por Irene FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ



46 / **El síndrome d'apnea del sueñu n'edá infantil**  
 Por Xesús GONZÁLEZ RATO



60 / **Usu de la enerxía solar nel ámbitu de la metalurxa  
 y la ciencia de los materiales**  
 Por Daniel FERNÁNDEZ GONZÁLEZ



80 / **De la que tábemos faciendo un quesu...**  
 Por Ismael MARCET, Manuel RENDUELES y Mario DÍAZ



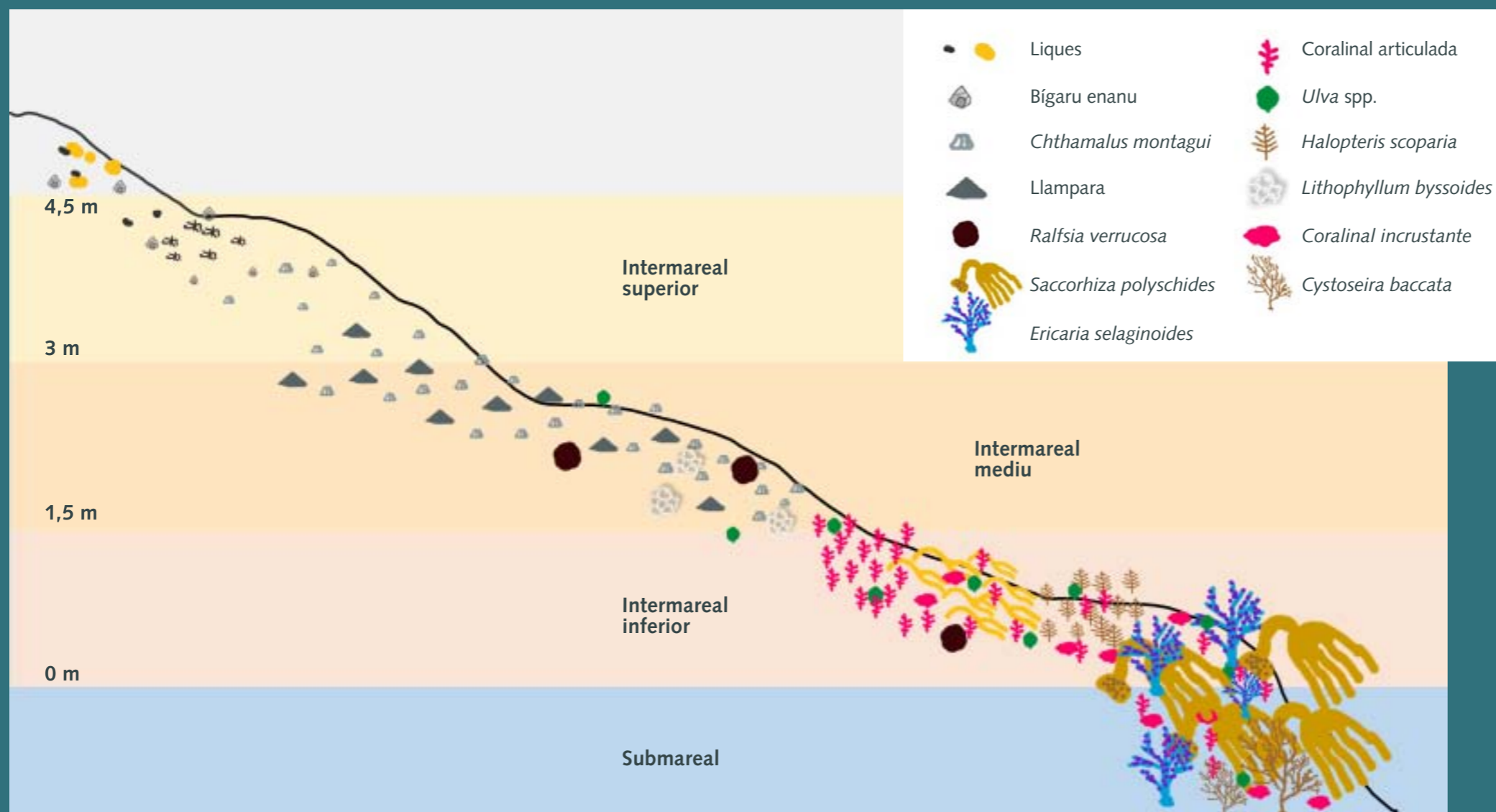


Figura 1. Patrón de zonación de Campieļlos

# Xuba na temperatura l'agua y cambeos na zonación de les algues nun pedreru del occidente asturianu (Campieļlos, Valdés)

Por **Fabián Rodríguez López**  
 Biólogo  
 fabianrimg@gmail.com

N. del editor: nel número 8 de Ciencias, José M. Rico informaba de la regresión de les algues nel occidente asturianu (pp. 20-29).

Una particularidá d'El Mar Cantábricu ye que calienta según nos movemos hacia l'este. Esto fai qu'en Galicia heba una mayor proporción d'algues d'agua frío y que na costa vasca heba mayor presencia d'algues de clima óptimu templáu. Pola mor de la diferencia de temperatura de 2 °C ente l'estremu occidental y l'oriental, n'Asturies atopábase una zona de transición, ello ye, l'occidente asturianu tenía una flora d'algues mui asemeyada a la gallega, de clima óptimu frío, y, na zona oriental, había una flora con representantes d'especies templeaes (Cires & Cuesta Moliner 2010). Na primer década del 2000, la zona de transición treslladóse a Galicia, produciéndose una homoxenización de la flora marina de la costa asturiana con una flora típicamente templada (Voerman *et al.* 2013).

La composición florística d'estes comunidaes depende de dellos factores: temperatura del agua, esposición al folaxe, nutrientes disponibles, nivel de radiación solar o morfoloxía del sustratu rocosu. Les comunidaes resguardaes de l'acción de les foles y les que tán mui espuestes tienen menor bayura que les que tienen una esposición intermedia (Juanes *et al.* 2008, Piñeiro Corbeira 2018). Pela so parte, les comunidaes que medren sobre roques procedentes d'argayos son menos riques que les que medren sobre plataformas rocoses de gran tamaño (Puente *et al.* 2017, Ramos *et al.* 2016).

Nos últimos trenta años el número d'episodios de calor estremu medró nos océanos, amenorgando, pela cueta, los episodios de frío estremu (Lima & Wethey 2012, Stocker *et al.* 2013). Venceyao a esa tendencia mundial, ente los años 1987 y 2012, Asturias careció d'un incrementu de la temperatura superficial del agua d'ente 0,3 y 0,8 °C por década (González-Taboada & Anadón 2012). Les costes non

solo sufren cambeos relacionaos col aumentu la temperatura, otros factores, como la introducción d'especies invasores, la explotación de les comunidaes, la sobrepesca o la contaminación, tamién producen cambeos nes comunidaes del intermareal (Moy & Christie 2012, Poloczanska *et al.* 2016). Amuesa d'ello son les comunidaes de *Fucus serratus*, que desaparecieron de la costa occidental d'Asturies al emprincipiar el sieglu XXI. Sicasí, en delles llocalidaes nun se vio un incrementu de la temperatura superficial del agua nesa dómina. Nel mesmu tiempu, les foles de calor y los díes de calor intensu aumentaron nos

meses de branu, lo que pudo producir una seca mayor de les algues mientras taben al bentostate (Losada *et al.* 2020).

Les especies de fucoideas, como *F. serratus*, *F. vesiculosus* o *Saccorhiza polyschides*, tán ente los taxones más afectaos pol aumentu la temperatura. Estes especies, amás, son especies formadores, especies que son dominantes nes comunidaes y que, pol so tamañu, tienen un papel na estructura de les comunidaes. La so desaparición conduz, irremediabilmente, a la perda de función de la comunidá (Fernández 2016, Losada *et al.* 2020).



ARRIBA

Figura 2. La playa de Campie!!os ta allugada ente los cabos Bustu y Vídiu, a 43°33' N, 6° 23' O.

PATRÓN DE ZONACIÓN DE LES COMUNIDAES D'ALGUES NA PLAYA DE CAMPIE!!OS

Al traviés de recoyíos de muestres feches ente la seronda del 2021 y el branu de 2022, esti trabayu quier amosar el patrón de zonación de les comunidaes de la playa Campie!!os (Figura 1) y analizar los efectos de la xuba de la temperatura del agua na antigua zona de transición.

La complexidá y función de cada comunidá d'algues depende de la so composición y

estructura, composición que varia a lo llargo l'añu por mor de los cambeos nes especies d'algues presentes y la so biomasa. Por exemplu, la especie d'alga parda con forma de llámina *Saccorhiza polyschides* ta presente dende los meses de mayu a payares. Pela so parte, *Lia-gora viscida* ye una especie de branu, mesmo que *Ceramium secundatum*, de la que tamién s'atopa la mayor biomasa nesa estación.

Nes comunidaes d'algues tenemos dellos estratos que puen comparase colos estratos d'una viesca. Per un llau, hai un sustratu formáu por especies que formen una capa sobre la roca base, por exemplu, les algues incrustantes *Lithophyllum incrustans* y *Mesophyllum lichenoides* o l'alga parda *Ralfsia verrucosa*. Per otu llau, ta'l sustratu formáu por algues de tamañu pequeñu y medianu, que sedría l'equivalente al sustratu arbustivu, con especies como les algues del orde Corallinales, que tán articulaes, o les del orde Ceramiales, como les especies de *Ceramium*. Nel postrer llugar, tán les especies de mayor cobertura, que son l'equivalente al sustratu arboreu, como *Saccorhiza polyschides* o *Treptacantha bacatta*.

Esiste otu nivel qu'amiesta complexidá a les clasificaciones, l'estilu de vida l'alga. Hai algues epilítiques (medren sobre la roca), epífitas (medren sobre otres algues) y epizoiques (medren sobre especies animales). Por exemplu, *Corallina ferreyrae*, una especie perestendida per charques y el nivel inferior del patrón de zonación, presenta una bayura d'especies epífitas. En Campie!!os cuntáronse 34 de fácil identificación,



ARRIBA

Figura 3. Algues nel nivel de marea de la formación d'*Halopteris scoparia*. Altura de marea 0,5 metros. Na semeya alcontramos a simple vista les especies *Halopteris scoparia*, *Mesophyllum lichenoides*, *Chondria coerulea*, *Chondracanthus acicularis* y *Lomentaria articulata*. Nesta altura de marea, nel sieglu pasáu atopábase una banda de *Chondrus crispus*.

pero la cifra ye, de xuru, más elevada. Otra especie, como la parda *Halopteris scoparia* suelen ser epilíticas, pero puen comportarse como epífitas en dalgunas ocasiones. Tamién se tien vistu n'*Ericaria selaginoides*, *Pterocladia capillacea* o sobre *Corallina ferreyrae*. Otra manera, como exemplu d'especie epizoica podría ponese'l casu de l'alga *Gelidium sphatulatum*, que medra bien de veces sobre les llámpares. Ente les algues típicamente epífitas tán representantes de la clase Phaeophyceae, como *Sphacelaria cirrosa* y *Sphacelaria rigidula*, dambes mui presentes nel llugar d'estudiu; representantes de la clase Chlorophyceae, como *Cladophora sericera*, *Cladophora lehmaniana* o *Chaetomorpha linum*; y representantes de la clase Rhodophyta, ente les que destaquen les pertenecientes al orde Ceramiales como *Gaillona gallica*, *Gaillona hookeri*, *Callithamnion tetragonum* o *Ceramium ciliatum*.

## PATRÓN DE ZONACIÓN DEL INTERMAREAL EN CAMPIELLOS

### Nivel inferior

**A)** Dende'l nivel inferior, de los 0 hasta los 0,3 metros, hai una comunidá que se detecta a simple vista dominada por *Ericaria selaginoi-des*, tamién conocida como *Cystoseira tamariscifolia*, y por *Saccorhiza polyschides*. Nel sustratu apaec un alga calcárea incrustante, *Lithophyllum hibernicum*, ocupando bastante superficie. Al empar, ye bastante abundante *Mesophyllum lichenoides*. Sobre esti sustratu o la roca descubierta apaecen especies de tamañu pequeñu (hasta 12 cm) como *Jania squamata*, *Corallina officinalis*, *Corallina ferreyrae* y *Ellisolandia elongata*, toes elles representantes de les especies corallinales calcárees articulaes. La más frecuente nesta altura de marea ye *Jania squamata*. Otra especie común ye l'alga pardaitho. Podemos alcontrar tamién delles especies de *Gelidium*, otres especies como *Halurus equisetifolius* y dalgún exemplar de *Chondrus crispus*. Les especies que más capa ocupen pol so tamañu son *Ericaria selaginoi-des* y *Saccorhiza polyschides*.

**B)** El siguiente nivel del intermareal inferior, dende los 0,3 a los 0,6 metros aproximadamente, ta domináu pol alga parda *Halopteris scoparia* (Figura 3). El sustratu d'esti nivel tien la mesma composición que nel nivel anterior, amás de tener una complexidá estructural inferior por nun haber sustratu d'algues de mediu o gran tamañu (Figura 4). Podemos decatanos de dalgún exemplar de *Chondrus crispus* (Figura 4-C) en zones más avesís del nivel, como nes fiendes. Les paredes verticales, charques y fiendes presenten una

composición diferente a la de les plataformes rocoses del mesmu altor.

**C)** El siguiente nivel abarca, aproximadamente, dende los 0,6 a los 1,2 m. Magar que podemos alcontrar les mesmes comunidaes n'altures inferiores y superiores, caracterízase por presentar diferentes manches de vexetación con diferentes composiciones. Existen comunidaes onde hai una espansión importante de *Bifurcaria bifurcata*, un alga d'un color mariello y tamañu mediu (Figura 4-D), pero siempres de menos estensión que nes llocalidaes del centru y oriente d'Asturies.

Dientro d'esta formación mantíense la mesma configuración de sustratu que nos niveles anteriores. Xunto a *Bifurcaria bifurcata* apaecen otres especies como *Jania rubens*, *Cladostephus spongiosus* o *Halopteris scoparia*, y son frecuentes les especies del orde Ceramiales como *Ceramium echionotum*, *Chondria coerulescens*, etc. Esti nivel de marea caracterízase por presentar un sustratu con una presencia d'arena importante que facilita la medra d'especies oportunistes de porte pequeñu, como *Rhodothamniella floridula*, *Sphacelaria* spp., *Ceramium ciliatum*, *Ceramium echionotum* o *Ulva clathrata*. Otres árees presenten roca con poca capa de vexetación o con algues incrustantes como *Ralfsia verrucosa*, que ye enforma abundante en dalgún área. Pue vese tamién una capa de la fase incrustante *Petrocelis cruenta* del ciclu de vida del macrófitu *Mastocarpus stellatus*, que, de cuando en vez, pue detectase medrando enriba. Nel mes de xunu, estrémase una capa importante de *Ceramium secundatum*, asina como un boom (español) d'algues verdes que surge nos meses de



### ARRIBA

**Figura 4.** Formaciones d'algues del nivel inferior. A: nivel inferior (0-0,3 metros) nel mes d'ochobre, final del ciclu de vida de *Saccorhiza polyschides*. B: detalle de la comunidá de 0-0,3 metros, especies detectaes a simple vista: *S. polyschides*, *Halopteris scoparia*, *Jania squamata* y *Jania rubens*. C: nivel inferior (0,6 metros), especie principal *Halopteris scoparia*. Hai exemplares de *Chondrus crispus* var. *filiformis*. D: nivel inferior (1 metru), parche de *Bifurcaria bifurcata*. E: nivel inferior (1 metru), comunidaes d'algues oportunistes, na semeya vese una banda de *Sphacelaria* spp. *Codium adherens*, *Osmundea pinnatifida*, *Ulva clathrata* y *Ralfsia verrucosa*. F: nivel inferior (1,3 metros) formación de *Corallina ferreyrae*.

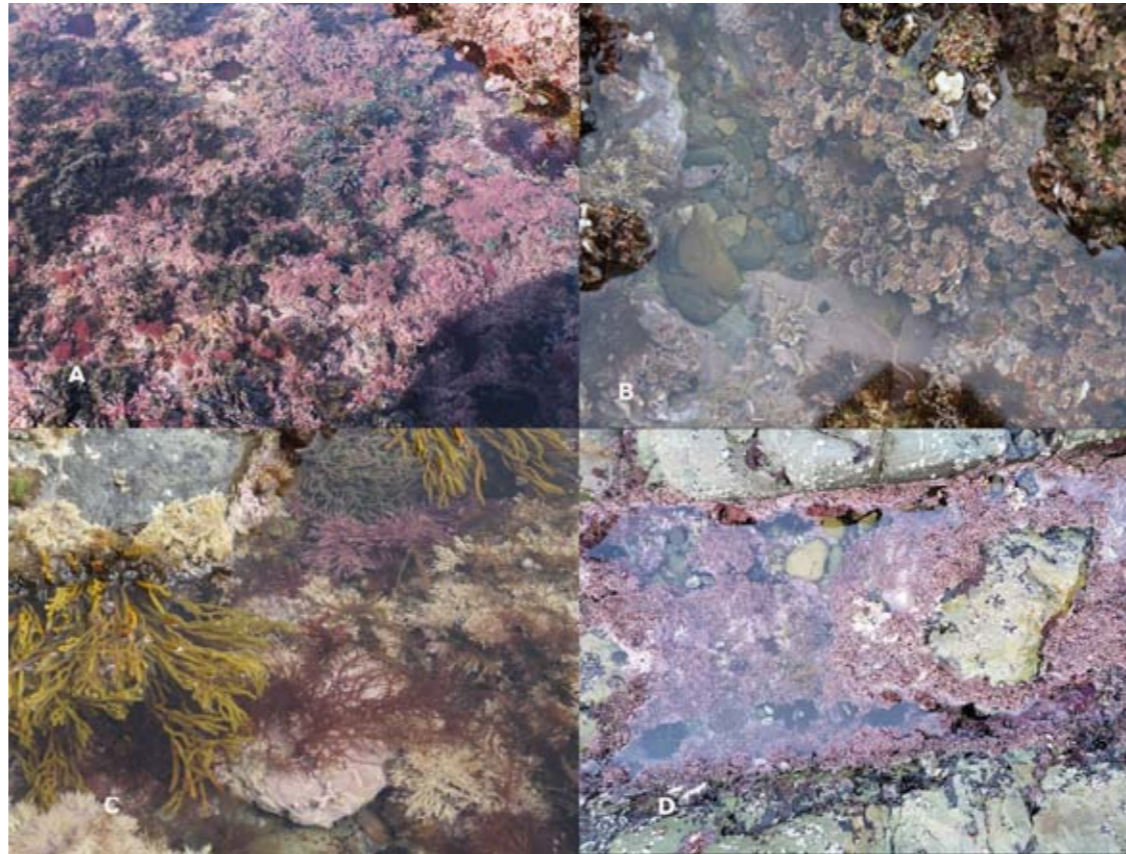
primavera, aumentando muncho la capa d'especies del xéneru *Ulva*. Esti español va dase en tolos niveles del intermareal. Nel branu hai un gran desarrollu de la especie *Leathesia difformis*, tanto nesti nivel como nel siguiente.

Nes paredes de la zona inferior son frecuentes *Callithamnion tetricum*, *Corallina ferreyrae* y *Mesophyllum lichenoides*, amás de *Pleonosporium borrei* y especies de *Gelidium*, como *Gelidium attenuatum*.

Nes zones estraplomaes del llitoral inferior atópense especies como *Ellisolandia elongata*, una especie corallinal articulada que destaca por tener mayor llargor que les parientes del so orde y pue apaecer cola esponxa *Grantia compressa*. Tamién s'atopen *Callithamnion tetricum*, especies del xéneru *Gelidium* o *Lomentaria articulata*, más frecuente a partir de 1 metru d'altura.

Nun área, a l'altura de 1 metru, había presencia de dellos talos de *Fucus* sp. en mal estáu pola acción de los herbívoros (Figura 5). Nesta altura de marea, a finales del sieglu XX, alcontrábase parches de *Fucus*

*serratus*. Anguaño, nel so llugar, hai parches de *Bifurcaria bifurcata* o de comunidaes de ceramiales oportunistes de porte pequeñu, conocies pol nome inglés de *turf*, que formen manches sobre la roca.



Esti cambiu ye un exemplu de perda de función ecosistémica.

**D)** Na siguiente altura de marea, ente 1,2 y 1,8 metros, hai una banda de vexetación dominada por *Corallina ferreyrae*, de *Ralfsia verrucosa* y parches de les formaciones oportunistes mentaes nel nivel anterior. Existen, amás, zones con un porcentaxe significativu de roca descubiertu onde s'atopen especies de cirrípedos, como *Chtamalus montagui*, y llámpares del xéneru *Patella*, xunto a una mayor o menor capa de *Ralfsia verrucosa*. Nes superficies más planes, la dominancia de *Corallina ferreyrae* ye mayor qu'en zones más irregulares. Nes formaciones de *Corallina ferreyrae* medren tamién *Bifurcaria bifurcata*, *Cladostephus spongiosus*, *Halopteris scoparia*, *Chondracanthus acicularis*, *Lomentaria articulata* y *Osmundea pinnatifida*, ente

**ARRIBA IZQUIERDA**

**Figura 5.** A l'altura d'un metru alcontrábense parches de *Fucus serratus* y parches de *Bifurcaria bifurcata*. Anguaño ta poblao por especies oportunistes y parches de *Bifurcaria bifurcata*. Na semeya puen vese tres exemplares mui rãñosos de *Fucus* sp. xunto a especies oportunistes.

**ARRIBA DERECHA**

**Figura 6.** Charques del intermareal. A: charca de nivel inferior (0,6 m d'altura). La especie de color azul intenso ye *Ericaria selaginoides*. B: charca de nivel inferior (1 m d'altura). Nel sustratu pue apreciase *Lithophyllum hibernicum* y, a la derecha, *Corallina ferreyrae*. C: charca de nivel inferior (1,5 m d'altura). D: charca de nivel mediu (2 m d'altura). Los oricios son comunes nes charques del nivel mediu.

otres especies. Sobre *Corallina ferreyrae* crecen dellos epífitos que tienen una contribución alta a la capa de la formación, como les especies de los xéneros *Gaillona* y *Callithamnion*, *Asparagopsis armata*, *Ceramium echinotum*, *Ceramium botryocarpum*, *Dictyota*

*dichotoma*, *Vertebrata thuyoides*, *Sphacelaria cirrosa* y *Sphacelaria rigidula*. Hai áreas dentro d'estes formaciones onde la extensión de *Lithophyllum hibernicum* ye alta. En xunu, mesmo que nel nivel anterior, hai un desarrollu importante d'especies d'algues verdes, xunto a una capa importante de *Leathesia difformis*.

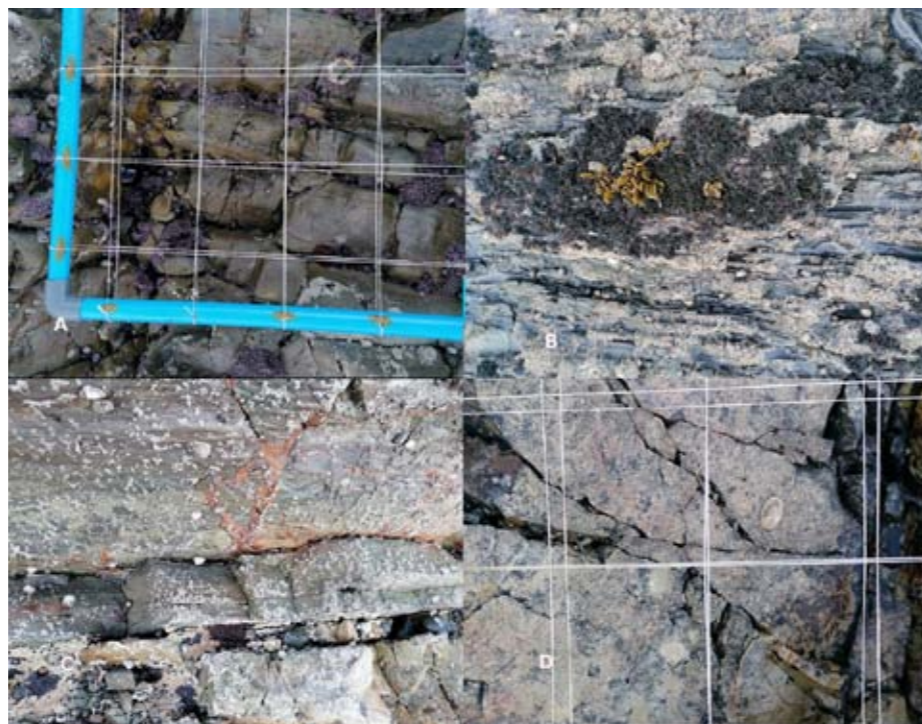
Nes paredes atópense *Corallina ferreyrae* y *Ellisolandia elongata* y, nes zones menos cubiertes, *Mastocarpus stellatus* y *Lithophyllum byssoides*. Ye frecuente alcontrar mesmo *Callithamnion tetragonum*, que *Gaillona gallica* como epífitos n'*Ellisolandia elongata*.

*Mastocarpus stellatus* ye común en paredes, fiendes y roques pequeños. Tamién s'alcuentra *Gymnogomgrus griffithsiae*, en fiendes pequeñas na piedra, en roques desnudes o sobre la superficie.

**E)** Nes charques de la parte más baxa del nivel inferior de marea alcontramos una flora compuesta por una capa base de *Lithophyllum hibernicum* y *Mesophyllum lichenoides*. Nes charques más inferiores hai *Saccorhiza polyschides* y *Ericaria selaginoides* y, a medida que se gana altor, va apaeciéndose *Bifurcaria bifurcata*, que sedrá un elementu presente tamién nes charques del marxe mediu. Nes charques, les especies de corallinales articulaes tienen una presencia importante, onde *Corallina ferreyrae* algama un mayor tamañu nestos medios y siendo la más frecuente. Nes charques alcuéntrase *Corallina officinalis*, que tien una presencia escasa nes plataformes de roca, y otres especies de corallinales articulaes mentaes anteriormente. *Halopteris scoparia* ye común y suel tar epifitada por *Jania rubens* (Figura 6). La invasora *Asparagopsis armata* ye frecuente tamién. De magar el metru d'altura, aproximadamente, *Amphiroa van-bossea* fai actu de presencia. Dalgunes especies con afinidá por estos medios son: *Ahnfeltiopsis devoniensis*, *Chondria dasyphylla*, *Gimnogongrus crenulatus*, *Lomentaria clavellosa*, *Dictyopteris polypodioides*, *Microcladia glandulosa*, *Schizymenia dubyi*, *Vertebrata fruticulosa*, *Peyssonnelia atropurpurea* o *Pterocladia capillacea*. Detéctase tamién *Chondrus crispus* nes zones más avesíes de les charques. Nos meses de branu apaecen *Chylocladia verticillata*, *Liebmanina leveillei*, *Asperococcus* spp., *Eudesme virescens* y *Gloiosiphonia capillaris*. A la flora xúntense especies comunes como'l bígaru rayáu o *Steromphala pennanti*, les estrelles de mar, el miaomiáu y los mexones.

### Nivel mediu

Esti nivel asítiase ente los 1,5 y los 3 metros d'altura. Na parte baxa d'esti nivel puen seguir les bandes d'algues del nivel anterior. La diferencia ente la parte alta y baxa del nivel ye que na zona inferior acompaña al restu d'especies l'alga *Lithophyllum byssoides*, con una forma mui reconocible, de celebru (Figura 7). Esti nivel ta caracterizáu pola dominancia del cirrípedu



#### ABAXO

Figura 7. A: nivel mediu inferior (2 metros d'altura), pue observase *Lithophyllum byssoides* característica d'esta altura. B: nivel mediu, formación con *Lichina pygmaea* y *Fucus spiralis*. C: nivel superior formación *Chthamalus-Phorcus*. D: nivel superior, formación *Verrucaria-Melarhaphe*.

*Chthamalus montaguui* y les llámpares, anque nes fiendes suel haber muxones. Tamién ye frecuente'l cascoxu tróquidu *Steromphala umbilicalis* y la especie *Littorina saxatilis*. En zones más avésies medren *Hildendrandia rubra*, *Caulacanthus ustulatus*, *Osmundea pinnatifida*, *Ralfsia verrucosa*, *Leathesia marina* y *Gelidium pusillum*, ente otres especies. *Ceramium shuttleworthianum* ye típica del nivel mediu y superior, asociada a zones más húmedes como les fiendes. *Catenella caespitosa* apaec en dalgunes fiendes de la parte superior del nivel mediu y del superior. Tamién medren parches formaos por *Vertebrata reptabunda*, *Vertebrata hypnoides*, *Ceramium gaditanum* y *Ulva clathrata*, principalmente. Hai otres mates compuestes por *Vertebrata reptabunda*. Una especie que se pue alcontrar nesti nivel en zones húmedes ye *Polysiphonia atlantica*, mui característica epifitando *Lithophyllum byssoides*. En zones acanalaes con bastante humedá desarróllase'l ceramial *Plocamium maggsiae*.

En branu, en zones seques, medra la cianobacteria colonial *Ribularia bullata*, que forma esferes de color verde escuro. Nestes mesmes zones, en primavera y branu, medra *Nemalion helminthoides*, un alga allargada con forma merucu.

La composición de les paredes ye asemeyada a la de les superficies planes. Alcontáronse parches de *Codium adherens*. La perceba, *Pollicipes pollicipes* pue alcontrase en fiendes y estraplomos d'esti nivel y del inferior.

De magar los 2 metros apaecen manches de *Lichina pygmaea* con exemplares pequeños de *Fucus spiralis* o *Fucus guiryi* sobre grandes plataformes de piedra, supuestamente menos afectaes pola acción del folaxe. Tamién dende esta altura, escomienza a aprucir el tróquidu *Phorcus lineatus*.

Les charques del nivel mediu tán cubiertes, principalmente, por *Lithophyllum hibernicum* y *Bifurcaria bifurcata*, y ye mui frecuente *Ulva intestinalis* y l'oriciu *Paracentrotus lividus*. Alcontamos tamién especies presentes nes charques y nos niveles inferiores como *Ericaria selaginoides*, *Halopteris scoparia*, *Gymnogongrus crenulatus*, *Peyssonelia atropurpurea* y *Schizymenia dubyi*. A estes súmense les corallinales articulaes yá atopaes nes charques de los niveles inferiores. *Dermocorynus dichotomus* ye una especie que se cría nes charques d'esti nivel, igual que *Gelidium pulchelum* y *Helminthocladia calvadosii* (apaec tamién nel nivel inferior a partir del 1,2 d'altura). Nestes charques apaecieron tamién les especies invasores *Sargassum muticum* y *Grateloupia turuturu*. Na llende ente la zona inferior y media desarróllase *Ahnfeltia plicata*.

### Nivel superior

Na parte baxa d'esti nivel, de magar los 3 metros d'altor, sigue la banda de vexetación anterior, dominada pol cirrípedu *Chthamalus montaguui*, xunto con manches de pequeñu tamañu d'un lique del xéneru *Verrucaria* (Figura 7). Hai exemplares de bígaros enanos, liques del xéneru *Lichina*, el bígaru *Phorcus lineatus* y llámpares. Na banda de *Lichina* asitiada a tres metros d'altor, ta la especie d'alga verde *Bliedingia chadefaudii*. N'iviernu surde *Porphyra linearis*.

Na parte superior del nivel atopamos

una banda formada pol gasterópodu de la familia *Littorinidae Melarhaphe neritoides* o bígaru enanu y por liques del xéneru *Verrucaria*, banda que sigue hasta'l nivel supramareal. Según se va ganando altura, los exemplares de *Melarhaphe neritoides* tienen un tamañu mayor y van acompañando coles llámpares.

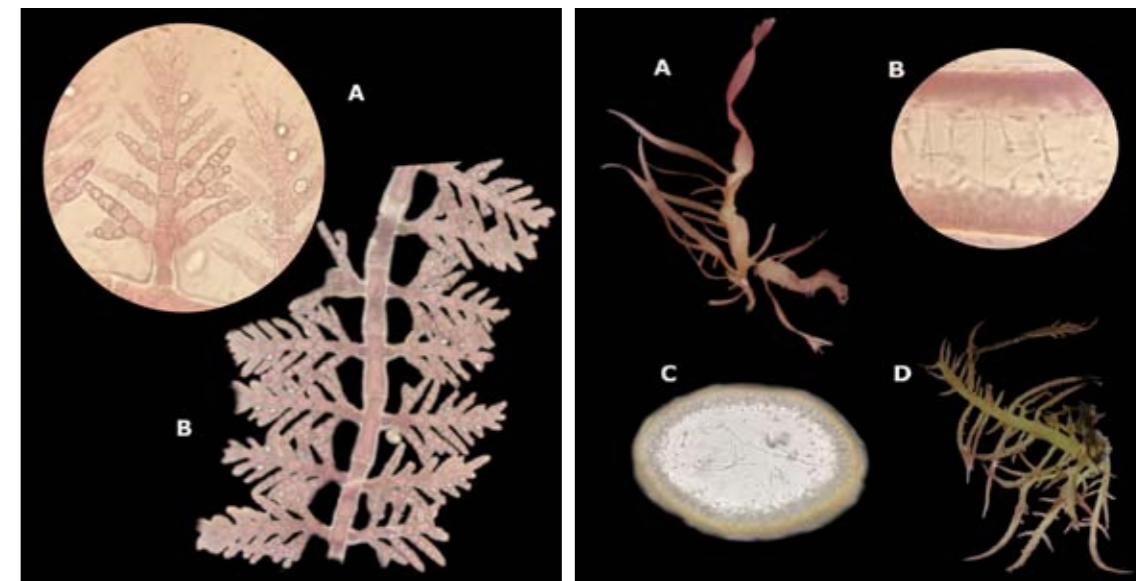
Nel nivel supramareal sigue la banda de *Verrucaria* y *Melarhaphe* y, darréu, una formación dominada por liques. Enriba apaecen comunidaes de plantes terrestres resistentes a la salitre y a la seca provocada por tar albuente, con especies como'l cenoyu de mar, *Crithmum maritimum*, *Limonium binervosum*, *Armeria pubigera* subsp. *depilata*, *Spergularia rupicola*, *Daucus carota* subsp. *gummifer* o *Festuca rubra* subsp. *pruinosa*.

#### ABAXO IZQUIERDA

Figura 8. A: *Antithamnion hubbsii*, detalle d'una caña al microscopiu (20x); B: detalle de la exa principal (10x).

#### ABAXO DERECHA

Figura 9. A: exemplar de *Grateloupia turuturu*, B: corte tresversal al microscopiu (40x) de *G. turuturu*, C: corte tresversal (20x) de *Grateloupia subpectinata*, D: exemplar de *G. subpectinata*.



## CONCLUSIÓN

Na playa de Campiellos (Cadavéu, Valdés) puen apreciase los cambeos qu'asocedieron na composición de la vexetación del intermareal na costa asturiana nesti sieglu. Pasóse d'una flora formada por especies d'agua frío a una flora do-

minada por especies de preferencia templada. Lo mesmo que nes otre playes del occidente asturianu. Les especies de fucoïdes, especies formadores, fueron de les más perxudicaes, produciendo una perda d'estructura de la comunidá.

## APÉNDIZ:

### ESPECIES ALÓCTONES PRESENTES NA PLAYA

#### Algues coloraes:

*Antithamnion hubbsii* E.Y Dawson, 1962 ye un alga colorada del orde Ceramiales y la familia Ceramiaceae. Vien de les costes d'El Xapón y Corea. Atopóse epífita sobre *Corallina officinalis* n'agostu de 2022 nel intermareal inferior a 0,3 metros d'altura (Figura 8).

*Antithamnionella ternifolia* (J.D. Hooker & Harvey) Lyle, 1922 pertenez al orde Ceramiales, a la familia Ceramiaceae. Proviene del hemisferiu sur. Epilítica na llocalidá a 1,1 metros d'altura.

*Asparagopsis armata* Harvey, 1855, especie del orde Bonnemaisoniales y la familia Bonnemaisoniaceae, orixinaria de la zona d'Australia. Nel área d'estudiu ye mui abundante na fase esporofítica y gametofítica. Atópase nesta llocalidá principalmente nel nivel inferior, pero tamién pue atopase nel nivel mediu en zones llenes y charques. Esta especie apaez na llocalidá epifitando munches especies, dende corallinales articulaes, como *Chylocladia verticillata* o *Ahnfeltiopsis devoniensis*, a feofícees, como *Ericaria selaginoides*, *Cladostephus spongiosus* o *Halopteris scoparia*. Nel intermareal hai abondo, tanto na forma esporofítica como gametofítica.

*Bonnemaisonia hamifera* Hariot, 1891 pertenez al orde Bonnemaisoniales y la familia Bonnemaisoniaceae, orixinaria d'El Xapón. Nel área d'estudiu atópase na so forma esporofítica nel nivel inferior epífita sobre *Corallina ferreyrae*.

*Caulacanthus okamurae* Yamada, 1933 ye del orde Gigartinales, familia Caulacanthaceae. Proviene de L'Océanu Pacíficu. Ta citada nes costes del norte de la península ibérica. Ye bien probable que tea presente, pero ye difícil d'estremar de la especie autóctona *Caulacanthus ustulatus*.

*Grateloupia subpetinata* Holmes, 1912 pertenez al orde Halymeniales y a la familia Halymeniaceae. Esta especie ye orixinaria del Pacíficu Occidental. Epilítica nesta llocalidá nel nivel inferior nel horizonte de *Bifurcaria bifurcata* (Figura 9).

*Grateloupia turuturu* Yamada, 1941 pertenez al orde Halymeniales y la familia Halymeniaceae. Proviene de la costa d'El Xapón y Corea. Alcuéntrase na zona d'estudiu epilítica en charques del nivel mediu (Figura 9).

*Melanothamnus harveyi* (Bailey) Díaz-Tapia & Maggs, 2017 ye del orde Ceramiales y la familia Rhodomelaceae. Nativa de la costa del Atlánticu Norte norteamericanu. Alcontrada na llocalidá nes charques del nivel inferior a l'altura del horizonte de *Corallina*. Epífita sobre *Cladostephus spongiosus*.

#### Algues pardes:

*Colpomenia peregrina* Sauvageau, 1927 ye del orde Ectocarpales, familia Scytosiphonaceae. Tendría'l so orixe na costa noroeste del Pacíficu. Ye una introducción antigua. Na llocalidá, nel nivel inferior, epífita sobre *Corallina ferreyrae*, *Corallina officinalis*, *Jania rubens*, *Cladostephus spongiosus*, *Ericaria selaginoides* y *Halopteris scoparia*.

*Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt, 1955 ye del orde Fucales y la familia Sargassaceae, provién del Pacíficu noroeste. La presencia na costa asturiana vien reduciéndose nes últimes décadas (Fernández, 2020). Na zona d'estudiu los exemplares son pequeños y nun abonden. Observada en charques del marxe mediu (Peteiro, 2014). Epilítica en charques del intermareal mediu.

#### Algues verdes:

*Codium fragile* subsp. *fragile* (Suringar) Hariot, 1889 pertenez al orde Bryopsidales, familia Codiaceae. Orixinaria d'El Xapón. Na llocalidá apaez epilítica nel intermareal inferior. Sobre un exemplar d'*Halopteris scoparia* crecía un brote de *Codium fragile* a 0,6 metros d'altura.

## Referencies bibliográfiques

- Cires Rodríguez, E. & Cuesta Moliner, C. (2010). Checklist of benthic algae from the Asturias coast (North of Spain) *Bol. Cien. Nat. RIDEA*, 51: 135-212.
- Fernández, C. (2016). Current status and multidecadal biogeographical changes in rocky intertidal algal assemblages: The northern Spanish coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 171: 35-40.
- Fernández, C. (2020). Boom-bust of *Sargassum muticum* in northern Spain: 30 years of invasion. *European Journal of Phycology*, 55(3): 285-295.
- González Taboada, F. & Anadón R. (2012). Patterns of change on sea surface temperature in the North Atlantic during the last three decades: beyond mean trends. *Climatic Change*, 117(2): 419-431.
- Juanes, J. A., Guinda, X., Puente, A., & Revilla, J. A. (2008). Macroalgae, a suitable indicator of the ecological status of coastal rocky communities in the NE Atlantic. *Ecological indicators*, 8(4): 351-359.
- Lima, F. P., & Wethey, D. S. (2012). Three decades of high-resolution coastal sea surface temperatures reveal more than warming. *Nature Communications*, 3(1): 1-13.
- Losada-Álvarez, O., Arrontes, J., Martínez, B., Fernández, C & Viejo, R. M. (2020). A regime shift in intertidal assemblages triggered by loss of algal canopies: A multidecadal survey. *Marine Environmental Research*, 160. DOI: 10.1016/j.marenvres.2020.104981
- Méndez-Sandín, M., & Fernández, C. (2016). Changes in the structure and dynamics of marine assemblages dominated by *Bifurcaria bifurcata* and *Cystoseira* species over three decades (1977-2007). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 175: 46-56.
- Moy, F. E. & Christie, H. (2012). Large-scale shift from sugar kelp (*Saccharina latissima*) to ephemeral algae along the south and west coast of Norway. *Marine Biology Research*, 8 (4): 309-321.
- Peteiro C. (2014). Macroalgas alóctonas en la demarcación marina Noratlántica de la costa española. Informe del Instituto Español de Oceanografía (IEO).
- Poloczanska, E. S., Burrows, M. T., Brown, C. J., Molinos, J. G., Halpern, B. S., Hoegh-Guldberg, O., Kappel, C. V., Moore, P. J., Richardson, A. J., Schoeman, D. S., & Sydeman, W. J. (2016). Responses of marine organisms to climate change across oceans. In *Frontiers in Marine Science*, 3:62.
- Puente, A., Guinda, X., Juanes, J., Ramos, E., Echavarrri-Erasun, B., De La Hoz, C. & Van Avesaath, P. (2017). The role of physical variables in biodiversity patterns of intertidal macroalgae along European coasts. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 97(3): 549.
- Ramos, E., Díaz de Terán, J. R., Puente, A., & Juanes, J. A. (2016). The role of geomorphology in the distribution of intertidal rocky macroalgae in the NE Atlantic region. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 179: 90-98.
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley P. M. (eds.), (2013). Resumen para responsables de políticas. En: Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge University Press, Cambridge.
- Voerman, S. E., Llera, E., & Rico, J. M. (2013). Climate driven changes in subtidal kelp forest communities in NW Spain. *Marine Environmental Research*, 90: 119-127.



# Venti años del Xardín Botánico Atlánticu de Xixón

---

Por **Tomás Emilio Díaz González**

Caderalgu de Botánica

Profesor Eméritu Honoríficu de la Universidá d'Uviéu

Exdireutor Científicu del XBAX y Asesor Científicu de la Institución

Presidente de la Comisión de Ciencia y Teunoloxía del RIDEA

Secretariu de la Sociedá Española de Xeobotánica (SEG)

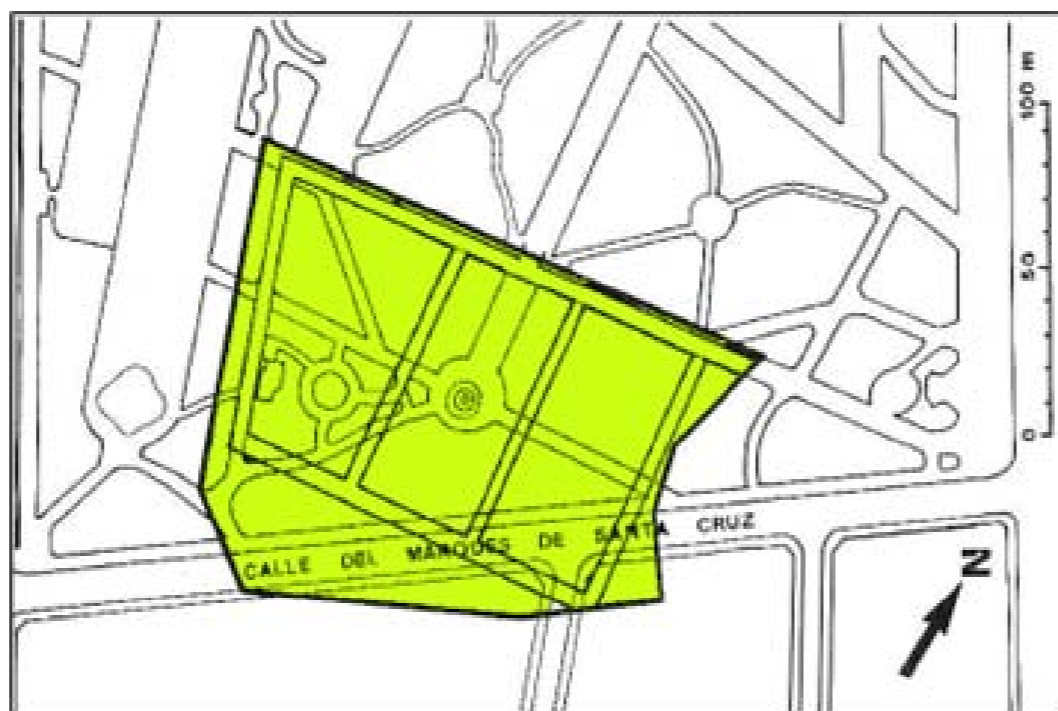


*Fila de plárganos nos xardinos de La Isla*

### L'EMPIEZU DEL XARDÍN BOTÁNICU

El mio compromisu científicu y profesional pa col Xardín Botánicu Atlánticu de Xixón (XBAX) entamó en 1998, cuando, en collaboración col direutor del Xardín Botánicu de Córdoba, J.E. Hernández Bermejo, obtuvimos una asistencia téunica pa la redaición del Anteproyeutu del Xardín Botánicu Atlánticu de Xixón, dempués de que, en 1996, el Conceyu de Xixón punxere en marcha, al traviés de la Conceyalía de Mediu Ambiente, un procesu destináu a crear un xardín botánicu. L'Anteproyeutu presentóse al Conceyu de Xixón en xunu de 1999, que lu usó como base a la hora de promover un concursu internacional que ganó l'equipu multidisciplinar constituyíu pol Institutu de Recursos Naturales y Ordenación del Territoriu de la Universidá d'Uviéu (INDUROT), responsable del Proyeutu Botánicu, l'estudiu d'arquitectura TAU-Noriega formáu por Ángel Noriega y colaboradores, responsable de l'arquitectura, la empresa Ingenia QED, responsable de la Museografía y el paisaxista Ricardo Librero, responsable de l'arquitectura del paisaxe. Esti equipu elaboró l'Esquema Global Direutor del Xardín Botánicu de Xixón (EGD) y los proyeutos básicos y d'execución de la primer fase. Les obres del XBAX entamaron n'avientu de 2002 tres tres años de desarrollu del proyeutu, onde participó na inversión el Principáu d'Asturies y la Xunión Europea al traviés del Fondu Social Européu xunto al Conceyu de Xixón.

El procesu acabó cola inauguración, el 25 d'abril de 2003, de la primer fase del XBAX. Dientro del procesu de desarrollu del xardín firmóse un conveniu ente'l Conceyu de Xixón y les Universidaes de L'Habana (Cuba) y Uviéu pa colaborar nel Proyeutu Botánicu del XBAX. Nel marcu d'esta collaboración, abordóse'l desarrollu del Proyeutu Botánicu Tropical Caribeñu per



ARRIBA

Figura 1. Llocalización del Xardín Botánicu de la Universidá d'Uviéu (zona verde) con respetu al actual Campo San Francisco d'Uviéu y la so redolada [Ilustración procedente de Martínez Álvarez & Lastra López, 1978].

parte de la Universidá de L'Habana (Xardín Botánicu Nacional) y del equipu científicu del XBAX, actividá que, por motivos económicos d'entamos de la década de 2010, nun se pudo algamar.

### LOS PRIMEROS AÑOS DEL XARDÍN BOTÁNICU Y EL DESARROLLU DE LA ESTRUCTURA

A dos kilómetros de Xixón, el XBAX foi y sigue siendo'l primer xardín botánicu del noroeste d'España, sucesor del históricu Xardín Botánicu de la Universidá d'Uviéu (1846-1871) instaláu nuna parte de lo qu'anguaño ye El Campo San Francisco d'Uviéu (Figura 1) y que desapareció dempués d'un quartu de sieglu d'actividá, por mor de discutinios económicos ente'l Conceyu d'Uviéu y la universidá.

Con una superficie inicial de 150.000 m<sup>2</sup> (aunque ta en proyeutu la espansión hasta los 250.000 m<sup>2</sup>), el Xardín Botánicu Atlánticu de Xixón tien más de 30.000 plantes, unos 3.000 taxones diferentes y, nos dos primeros llustros d'esistencia, contó con cerca de 1,7 millones de visitantes.

Nun principiu dividióse en cuatro entornos diferenciaos, que son l'Entornu Cantábricu, la Factoría Vexetal, el Xardín Históricu de La Isla y l'Itinerariu Atlánticu (Figura 2).

1. L'Entornu Cantábricu ye un espaciu grande onde se sinteticen los diferentes ecosistemas forestales y

preforestales d'El Cordal Cantábricu y les zones que tán na so llende. Nél reconstruyéronse los montes más representativos del territoriu, como fayeos, bidulares, carbayeres, carbayeres albares, rebollares, umerales, encinales, sufreres, etc. En cada tipu de bosque incluyóse la flora más singular, lo que permite que nesti espaciu tea la diversidá floral de les forestes del arcu cantábricu. Tamién tán representaos los ecosis-

temes de matos (piornu, gorbizu, xiniesta, etc.) y de praos. Otru área del Entornu Cantábricu destínase a la esposición de felechos cantábricos, a una recreación de los sistemas dunares, marismes y cantiles de la costa cantábrica (con una recreación del movimientu de les mareas marismes), turberes y llamargales, les charques y llagunes y los ecosistemas de monte altu, tou ello con una coleición de plantes rares, endémiques y amenazaes del territoriu.

2. Nel área destinada a la Factoría Vexetal preséntase la Tierra como una gran fábrica de naturaleza que proporciona al home materia prima vexetal pal desarrollu de la civilización d'anguaño. Esta zona ta dividida en cinco estayes (frutales, güertos, yerbes y simples, males yerbes de cultivu y nitrófiles, y plantes exótiques invasores) qu'amuesen la interrellación qu'hai ente l'home y el mediu que lu rodea. L'oxetivu de la zona de Frutales ye mostrar l'usu como alimentu de los qu'esisten na zona del Atlánticu, dende los que crecen de forma montesa hasta los que s'esploten per cultivos apropiaos.

ABAXO

Figura 2. Planu del Xardín Botánicu Atlánticu de Xixón.



**Los umerales ribereños orientales tán nel Anexu I de la Direutiva 92/43/CEE col códigu CORINE 44.3 y col 91E0 del Natura 2000. Los umerales de llamarga nun tán nes direutives 92/43/CEE nin 97/62/CE, pero, n'España, asimiláronse col códigu Natura 2000 91E0 como viesques aluviales residuales**

Nos Güertos espónense los cultivos de llegume, cereal y verdura más comunes, dende l'orixe hasta l'agricultura actual, poniendo interés tamién nes plantes que sirvieron, non solo como nutriente, sinón como materia prima pa la industria textil y de tintes. La seición Yerbes y simples ye una amplia coleición de plantes aromátiques, plantes melicinales, especies relixoses y simbólicas, que permite entender el valor que tuvo y tien esta flora peculiar nos diferentes ámbitos de la sociedá. P'acabar, dedicóse un área mui controlada pa esponder una coleición de males yerbes de cultivu y nitrófilas, xunto con un grupu de plantes exótiques invasores, yá que'l reconocimientu d'estes ye cada día más necesariu pa poder combatiles con garantía d'éxitu. Nesta parte de la Factoría Vexetal ta la llamada Quintana de Rionda, onde s'abrieron dellos espacios pa desenvolver los conteníos d'esta zona. Distribúyense nel interior de la casa, na cuadra y nel molín de la quintana, qu'agospien les esposiciones: «Dende siempre», «Plantes pa too», «La evolución de la dieta atlántica», «Los básicos», y «L'herbolariu». De la mesma manera, nel llagar ta otru espaciu de museografía dedicáu a «La domesticación de les plantes».

3. El Xardín Históricu de La Isla ye del sieglu XIX y correspuende a la Finca de La Isla, perteneciente al industrial xixonés Florencio Valdés. Nos 40.000 m<sup>2</sup> qu'abarca, puen alcontrase cedros maxestosos (*Cedrus atlantica*, *Cedrus deodara* y *Cedrus libani*), dellos ocalitos (*Eucalyptus globulus*) de di-

mensiones grandes y que son los que queden de los que se traxeron d'Australia y que se cultivaron con fines ornamentales a finales del sieglu XIX, una coleición escelente de camellies (*Camellia japonica*), numerosos y esbeltos plárganos (*Platanus orientalis* var. *acerifolia* [*Platanus x hispanica*, *Platanus hybrida*]), setos de boxe (*Buxus sempervirens*), un llaberintu de texos (*Taxus baccata*), una poza artificial, una piscina rústica y una llaguna de 1.300 m<sup>2</sup>. Esta zona destaca tamién polos complexos hidráulicos como l'Estanque de Baños (onde ta la Caseta de Baños del Xardín de la Isla, con un espaciu espositivu onde s'esplica la historia d'esti xardín románticu) y la poza de La Noria.

4. La superficie destinada al Itinerariu Atlánticu ta dividida en dellos espacios nos que destaca'l Bioma Templáu Européu (4.1), onde apaecen grandes mases de viesca, principalmente umerales ribereños (montes dominaos pol alisu o umeru [*Alnus lusitanica*]), umerales de llamarga (montes d'*Alnus lusitanica*, que se desarrollen n'árees d'agua parao), carbayeres (montes mestos presidíos por carbayos [*Quercus robur*] y con muchos castañares [*Castanea sativa*] y abedurios [*Betula celtiberica*] en suelos probes, o bien con ablanales [*Corylus avellana*]), fresnos (*Fraxinus excelsior*), tilares (*Tilia platyphyllos*) y llameres (*Ulmus scabra*) cuando'l sustratu ye rico en bases, y fayeos (montes presidíos casi namás que por faya [*Fagus sylvatica*]).

Nun habríamos olvidar que los **umerales ribereños orientales** (que son de l'asociación fitosociolóxica *Hyperico androsaemi-Alnetum glutinosae*) s'estienden bioxeográficamente pelos territorios d'Uviéu, serranu cueranu y sueveneses, y tamién peles zones cántabro-euskaldunes, aquitano-landeses y picoeuropeanes-ubiñenses, con poca penetración nos territorios más orientales galaico-asturianos septentrionales. Estos umerales ocupen los suelos de vega condicionaos pol tipu de roca sobre los que s'afiten, yá que nes roques caliares son, en munchos casos, dominantes los suelos ricos en bases. Los estratos arbóreos y arbustivos d'estes viesques tán constituyíos por *Alnus lusitanica*, *Fraxinus excelsior*, *Corylus avellana* y *Salix atrocinerea*, ente otros fanerófitos, mentanto que nel estratu herbáceu apaecen con relativa frecuencia *Lamiastrum galeobdolon*, *Equisetum telmateia*, *Saxifraga hirsuta*, *Helleborus viridis* subsp. *occidentalis*, *Stegnogramma pozoi*, *Hypericum androsaemum*, *Festuca gigantea*, *Carex remota*, *Carex pendula*, *Lathraea clandestina* y *Circaea lutetiana*, ente otros plantes. Estos umerales ribereños orientales tán nel Anexu I de la Direutiva 92/43/CEE (relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora monteses) col Códigu CORINE (CORINE BIOTOPES PROJECT) 44.3 (umerales riparios) y 91E0 del Códigu Natura 2000. De la mesma manera, ta consideráu hábitat prioritariu na direutiva 92/43/CEE y, al empar, estos umerales esistentes nes riberes d'El Ríu España (Xixón) y nel interior del Xardín Botánicu de Xixón, puen estimase como unos de los meyor conservaos y estructuraos.

Pela parte de los **umerales de llamarga** (que correspuenden a l'asociación fitosociolóxica *Carrici lusitanicae-Alnetum lusitanicae*) defínense como montes llamarguizos con umeros (*Alnus lusitanica*) de distribución astur-galaica y cantabro-

euskalduna, y tán caracterizaos florísticamente pola dominancia, soviesca, de macolles denses de *Carex paniculata* subsp. *lusitanica* y de dellos felechos (*Osmunda regalis*, *Thelypteris palustris*, *Athyrium filix-femina*, etc.), siendo relativamente frecuentes mofos del xéneru *Sphagnum* y otre plantes acuátiques o semiacuátiques como *Oenanthe crocata*, *Iris pseudacorus*, *Phragmites communis*, *Galium palustre*, *Mentha aquatica* o *Lythru salicaria*, etc.). El desarrollu d'umerales de llamarga precisa d'ambientes encharcaos con poca o nenguna circulación d'agua, lo qu'ayuda a la formación de suelos ammoriformes. Magar eso, entá queden fragmentos d'estos umerales de llamarga en dalgunes llagunes y meandros de cursos fluviales d'agües lentes de la franxa costera del norte peninsular, sometíos a una presión antrópica intensa porque tienden a eliminase por considerase como zones insalubres y peligroses. N'Asturies, estos umerales del Xardín Botánicu de Xixón son los más grandes y meyor conservaos, esistiendo fragmentos d'estos montes –que nunca ocupen grandes estensiones (ente 0,5 y 22 hectárees)– na zona de Salave (Tapia), La Barrea (Cuideiru) y, tamién, nes desembocadures de los ríos Negru, Esqueiru, Uncín y Nalón, yá que les coles de los ríos y regatos que muerren nos estuarios son ún de los biótopos onde ye más frecuente alcontralos. Esti tipu d'hábitats nun ta nel Anexu I de la Direutiva 92/43/CEE nin nel de la 97/62/CE. A pesar d'esto, n'España asimiláronse al tipu d'hábitat «viesques aluviales residuales» col Códigu Natura 2000 91E0. Poro, apaecen en *Codificación y Sintaxonomía de los tipos d'hábitats de la Direutiva 92/43/CEE esistentes n'España* (1994). Estos umerales de llamarga tán sistematizaos n'*Hábitats of the European Community* baxo'l códigu 44.91. La rareza y fraxilidá d'esti tipu d'hábitats fai aconsejable la proteición, como poco, nel ámbitu de la península ibérica.



**ARRIBA**

**Figura 3. Espacios dedicaos al Bioma Boreal Americanu y al Bioma Templáu Americanu nel XBAX.**

L'itinerariu Atlánticu tamién incluí casi la metá de la superficie (2,5 ha) de la Carbayera de Tragamón, declarada protexida en 2003 ya incluída nel Plan de Recursos Naturales d'Asturies cola denominación de Monumentu Natural de la Carbayera d'El Tragamón (Decretu 21/2003 de 13 de marzu. Plan d'Ordenación de los recursos Naturales d'Asturies [PORN]).



**ARRIBA**

**Figura 4. Aspeutu del interior del «Faru-tueru»**

**4.2.** Nel Bioma Boreal Européu destaquen, ente otros, les formaciones forestales d'abetos coloraos (*Picea abies*), les viesques d'abeduriu de monte (*Nothofagus cliffortioides*), los montes d'abeduriu pubescente (*Salix pubescens*) y los montes de pinu albar (*Pinus sylvestris*). Tamién tán representaes les turberes d'abeduriu enanu (*Betula nana*) y los matos y praos boreales. Como espaciu espositivu hai que destacar el Pabellón Carlos Linneo, onde se describe la espedición botánica y etnográfica del naturalista suecu Carlos Linneo nel sieglu XVIII peles tierres fríes del norte d'Europa.

**4.3.** Nel Bioma Boreal Americanu (Figura 3) recréense les formaciones forestales del norte d'América, con una estensa ambientación de la taiga dominada por coníferes, la llamarga pantanosa con plantes acuátiques norteamericanes, una llamativa turbera con arándanos coloraos

americanos (*Vaccinium oxycoccus*) y grandes buelgues onde los indios aborixenes cultivaben l'arroz montés.

**ESTRUCTURES NUEVES DEL XARDÍN BOTÁNICU ATLÁNTICU**

Como metáfora pa establecer de forma visual el diálogu ente'l mundu vieyu y el nuevu creóse'l Llaberintu de llores, un recursu prestosu y didácticu pa comunicar los cantiles costeros del Entornu Cantábricu col Bioma Boreal Americanu. La estructura y fisionomía recuerda y simula les foles de L'Océanu Atlánticu que nos separa y nos xune al mesmu tiempu. P'atopar el camín ente les dos orielles, el visitante tien que resolver dellos enigmes qu'apaecen en cada bifurcación del llaberintu.

Como complementu a esti llaberintu (constituyíu por *Laurus nobilis*) diseñóse un «Faru-tueru» como puntu de referencia y control ente

los biomes europeos y americanos. Respuende a un esquema tridimensional d'un tueru de lloréu (*Laurus nobilis*) de diez años nel que figuren tolos elementos histolóxicos estructurales que lu componen y que son visibles pal visitante: la médula, les faces vasculares (xilema primariu y secundariu y floema primariu y secundariu), el cambium (meristemu que permite'l crecimentu del grosor del tueru), el parénquima cortical y la corteya (Figura 4).

### OXETIVOS CIENTÍFICOS DEL XARDÍN BOTÁNICU ATLÁNTICU

Nos más de diez años de direición científica del XBAX (dende'l 9 d'ochobre de 2009 al 8 d'avientu de 2020), tuvi como misión, como se recoyía nel

conveni de 2005 de «Collaboración ente'l Principáu d'Asturies, el Conceyu de Xixón y la Universidá d'Uviéu pal sofitu al desarrollu y afitamientu del Xardín Botánicu de Xixón», la xestión científica y conservación de les coleiciones botániques de XBAX y el desenvolvimientu de les actividaes investigadores y divulgatives, acordies col protocolu d'actuación establecíu con esa fin ente los organismos ya instituciones citaes. Nel conveni marcábase que les aiciones preferentes oxetu del mesmu yeren el «Proyeutu de xeneración y puesta en funcionamientu del Bancu de Xermoplasma del Principáu d'Asturies, asitiáu nel Botánicu» y el «Proyeutu Flora Vasculu del Principáu d'Asturies». Consiguéronse dambos, non ensin bien de pilancos; anguaño, el primeru ta nuna fase d'afitamientu depués de la estroza que truxo una inundación de les primeres instalaciones. Pa llevar alantre los oxetivos fixaos de manera adecuada, conté, dende l'empiezu, cola valiosa ayuda y collaboración d'Álvaro Bueno Sánchez, conservador del xardín (*horti curator*), cesáu inxustamente en 2017 depués de catorce años d'una intensa y acertada actividá científica y profesional. La mesma tuvo'l niciu en 2003, cuando s'inauguró'l XBAX, de la mano del primer direutor científicu, el mio amigu y colega, recientemente desapaecíu, José Antonio Fernández

Prieto, caderalgu de Botánica de la Universidá d'Uviéu. Prieto dirixió impecablemente los primeros años de camín del, daquela, nuevu Xardín Botánicu, cola fin de consiguir un desarrollu correutu y estable. Nel añu 2019 nomaron, permediando un concursu, a Carlos García Verdugo, como nuevu *horti curator*, llevando alantre una xestión eficaz nos meses que tuvo nel cargu.

Igual que la meyor opción pa la conservación de la flora protexida ye'l caltenimientu en bon estáu y llibre d'amenaces del entornu nel que viven y evolucionen les especies (conservación *in situ*), tamién hai que tener en cuenta la conservación *ex situ*, un apoyu y complementu que, aunque nun sustitúi al anterior, permite'l mantenimientu de material reproductivo denomao de mou xenéricu «xermoplasma».

De manera sintética, el xermoplasma pue definise como cualesquier material capaz de tresmitir los carauteres hereditarios d'una xeneración a otra, y pue referise a distintes estructures vexetales (esporos, texíos o partes de plantes) incluyendo les sos célules y compuestos con información xenética (ADN, ARN, etc.). Con ello hai qu'incluir, especialmente, a la semiente, yá que constitúi una de les estructures más representativas y evolucionaes de les plantes superiores pa la so perpetuación por ser l'axente de dispersión más frecuente y eficaz, amás de tener una mayor capacidá de rexenerar una planta vascular nel plazu llargu. Los centros encargaos de la conservación de la biodiversidá contenida nel xermoplasma suelen llamase bancos de xermoplasma, y puen incluir tamién bancos de semiente, coleiciones vives, cultivos *in vitro* o bancos d'ADN. Les muestras de material atopao que se reciben nestos bancos conócense como accesiones.

Les téuniques de conservación *ex situ* constitúin ferramientes esenciales de conservación,

con una relevancia que ganó reconocimientu internacional cola so inclusión nel artículu 9 del Conveni de Diversidá Biolóxica y nel oxetivu 8 de la *Estratexa Global pa la Conservación Vexetal*. Pela so parte, la Llei 42/2007, del 13 d'avientu, del Patrimoniu Natural y de la Biodiversidá inclúi previsiones y especificaciones concretes sobre la conservación *ex situ*, especialmente de les especies protexies. N'España tolos bancos de xermoplasma especializaos en conservación de flora montesa agrúpanse na Red Española de Bancos de Germoplasma de Plantas Silvestres (REDBAG), que collabora coles alministraciones públiques col envís de completar la conservación de les especies *ex situ*.

En resume, los bancos de xermoplasma, na so conceición actual, constitúin sistemas esenciales pa prevenir la perda de biodiversidá xenética y garantizar, asina, un futuru a les especies en peligru d'estinción. Sicasí, la so función nun ye solo protexer la semiente de les especies en peligru, sinón tamién conservar, al traviés de téuniques de caltenimientu a plazu llargu, esporos, esquexes, texíos o cualesquier otru material que seya parte de la biodiversidá xenética del planeta. D'esta miente, nel Bancu de Xermoplasma del Xardín Botánicu Atlánticu, a fecha d'avientu de 2016, conservaben:

- a) Accesiones de ventiún especies de plantes protexies nel Principáu d'Asturies, según el Decretu 65/1995, del 27 d'abril pol que se crea'l Catálogu Rexonal d'Especies Amenazaes de la Flora del Principáu d'Asturies y se dicten normes pa la so proteición (Figura 5).
- b) Accesiones de nueve especies de plantes protexies en territoriu español, acordies a la Orde AAA/1351/2016, de 29 de xunetu, pola que se modifica l'anexu del Real Decretu 139/2011, de 4 de febreru, pal desarrollu



#### ARRIBA

Figura 5. *Centaurium somedanum* (centaura de Somiedu). Endemismu orocantábricu del oriente d'El Cordal Cantábricu, que crez nos conceyos de Somiedu, Miranda, Grau, y Proaza (Asturies) y nel municipiu leonés de Cabrillanes. Catalogada inicialmente como «sensible a l'alteración del hábitat», será declarada como «vulnerable» nel Catálogu Rexonal d'Especies en Réxime de Proteición Especial y Catálogu Español d'Especies Amenazaes (RD 139/2011). Ta considerada como «especie prioritaria» na Direutiva Hábitats (92/43/CEE). Los sos frutos consérvense nel Bancu de Xermoplasma del Xardín Botánicu Atlánticu de Xixón.

del Llistáu d'Espesies Silvestres en Réxime de Proteición Especial y del Catálogu Español d'Espesies Amenazaes (Figura 6).

c) Accesiones de doce especies de plantes protexíes a nivel européu, d'aluerdu a la Direutiva 92/43/CEE del Conseyu, de 21 de mayu de 1992, relativu a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora monteses.

d) Accesiones de trenta y seis especies de plantes amenazaes nel territoriu español, d'aluerdu a Moreno, J.C. –coord.– (2011). Llista colorada de la flora vascular española. Actualización colos datos de l'Adenda 2010 al Atlas y Llibru Coloráu de la Flora Vascular Amenazada y publicaos pola Dirección Xeneral de Conservación de la Naturaleza y Sociedá Española de Bioloxía de la Conservación de Plantes.

La coleición de plantes seques del Herbariu XBAX-Laínz ye ún de los tesoros qu'agospia la institución, na que s'alcuentren depositaos unos 40.000 pliegos d'herbariu d'un valor científicu incalculable, como lo demostró Luis Carlón Ruiz (miembru del equipu científicu y encargáu de la so conservación y revisión) na so tesis doctoral *El Herbariu JBAG-Laínz. Significado fitogeográfico e histórico y evaluación crítica de los taxones nuevos y las combinaciones nomenclaturales basados en sus materiales*. L'interés científicu del Herbariu XBAX-Laínz radica en que nes sos dependencias atrópense los tipos descriptivos (holotipos) de la mayoría de les plantes descrites pol P. (S.J.) M. Laínz d'El Cordal Cantábricu y d'otros territorios del norte de la península ibérica.

La xestión informática de les diverses coleiciones del Xardín (Herbariu, Coleición de planta viva, etc.) foi posible gracias a l'actividá de-

sarollada por Ignacio Alonso Felpete (miembru del equipu científicu del XBAX) arriendes de la instalación del Software Babilonia, creáu pa la xestión de coleiciones botániques de les redes de xardinos botánicos. Esti paquete informáticu desarrollólu l'Asociación Ibero-Macaronésica de Jardines Botánicos (AIMJB), pero foi'l citáu Ignacio Alonso Felpete'l que lu enveredó, constituyendo la primer ferramienta en castellanu y en códigu abiertu que se programó pa esti llabor. Ello fixo posible'l so usu per parte d'otres redes de xardinos botánicos, n'especial les iberoame-

#### ABAXO

**Figura 6.** *Aster pyrenaicus* (estrella de los Pirineos). Endemismu pirenaico-cantábricu que llega al Parque Nacional de los Picos d'Europa (Bulnes, Tielve y Poncebos). Declarada en peligru d'estinción nel Catálogu Rexonal d'Espesies Amenazaes de la Flora del Principáu d'Asturias (D.65/95), incluyida nel Llistáu d'Espesies en Réxime de Proteición Especial y nel Catálogu Español d'Espesies Amenazaes (R.D. 139/2011), considerándola como especie prioritaria na Direutiva Hábitats [92/43/CEE]. Los sos frutos consérvense nel Bancu de Xermoplasma del Xardín Botánicu Atlánticu de Xixón.



ricanes, yá que resultó enforma útil pa xestionar les coleiciones de planta viva, herbarios y bancos de xermoplasma de les mesmes.

Les peculiaridaes del XBAX (posesión d'herbarios del máximu interés científicu, coleiciones mui importantes de plantes vives, actividaes museístiques y de divulgación del mediu rural, etc.) sirvieron pa que la revista *Eroski Consumer* (22/09/2014) lu incluyera ente los catorce meyores xardinos botánicos d'España. Eses considerances truxeron tamién l'interés d'autoridaes académiques de les facultaes qu'impartien do-

cencia sobre'l mediu ambiente, lo que permitió que bien d'alumnos de les llicenciatures y graos de Bioloxía y Ciencies Ambientales de les universidaes d'Uviéu y Lleón fixeren práutiques esternes nel XBAX.

Un centru d'estes carauterístiques nun podría funcionar de manera eficaz si nun tuviere un sofitu activu d'entidaes como l'Asociación d'Amigos del Botánicu de Xixón, que siempres collaboró activamente nes numberoses actividaes del XBAX. Esta asociación, ensin ánimu de llucru, y qu'anguaño cuenta con cerca de 300 socios, creóse en 1999 col oxetivu de sofitar la misión cultural, educativa y científica del XBAX y difundir el so patrimoniu, asina como promover, en xeneral, la cultura científica rellacionada cola naturaleza y el mediu ambiente.

L'actividá del equipu científicu de XBAX quedó reflexada parcialmente nes dos publicaciones de la entidá: los *Cuadernos del Jardín Botánicu Atlánticu de Gijón* y los *Documentos del Jardín Botánicu Atlánticu (Gijón)*. Nesta última apaecieron contribuciones notables a la conocencia de la biodiversidá d'estos y otros territorios.

Parte enforma importante de la cadarma del XBAX ye'l llabor cultural, investigador y de divulgación que la entidá tien organizao a lo llargo la so existencia. Rescاملen dellos congresos de calter internacional, ente los que se puen nomar el II Congreso de Bioloxía de la Conservación de Plantes (21-23/09/2005), organizáu pola Sociedad Española de Bioloxía de la Conservación de Plantes y el XBAX, el XII Simposio de la Asociación Ibero-Macaronésica de Jardines Botánicos (AIMJB) (8-10/05/2013), les XXIV Jornadas de Fitosociología y el Congreso de la Sociedad Española de Geobotánica (9-11/07/2014), organizáu pola Asociación Española de Fitosociología (AEFA) y el XBAX, y



les Jornadas de Difusión y Defensa de la Naturaleza en Asturias (4-9/06/2019). Con oxetivos asemeyaos, organizáronse tamién bien de cursos y conferencias qu'atroparon gran interés per parte'l públicu en materies arreyaes al mediu ambiente (Figura 7). Exemplu de los cursos de Branu ye «El azabache: recurso natural y piedra mágica», organizáu pol Vicerrectoráu d'Estensión Universitaria, Cultura y Deportes de la Universidá d'Uviéu y el XBAX en 2009, que

**IZQUIERDA**

Figura 7. Cartel sobre «La Expedición de Humbolt en su 250 aniversario», conferencia impartida na Selmana de la Ciencia 2019 organizada pol Xardín Botánicu Atlánticu de Xixón y la Universidá d'Uviéu.

tuvo una gran acoyida ente'l gremiu d'artesanos y especialistas na materia y un gran reflexu nos medios de comunicación. Les conferencias organizaes ya impartíes pol XBAX trataron temas estremaos, pero siempre rellacionaos cola biodiversidá y la conocencia del mediu natural. Podemos mencionar dellos exemplos como «Las plantas invasoras: grave amenaza a la biodiversidad» (Semana de la Ciencia de 2009 nel XBAX), «Conservación de las plantas amenazadas» (Xornaes Científiques del XBAX nel Centru Cultural de Xixón, 2010), «Gaspar Melchor de Jovellanos, pionero de la Geobotánica Cantábrica» (Bicentenariu de la muerte de Xovellanos enmarcáu nel Solsticiu d'Inviernu del XBAX, 2010) y «Tejos y tejedas: un patrimonio natural y cultural que debemos conservar y proteger» (Xornaes sobre Xestión y Conservación de texos y otros árboles históricos. XBAX, 2012), ente otros.

La conocencia del mediu natural del nuevu entornu foi otru de los oxetivos del equipu científicu de XBAX, que se vertió nos

Cuadernos de campo y nes salíes organizaes pola entidá. Embaxo'l títulu de «Rutas Botánicas por el Cantábrico» editáronse publicaciones como *Las Marismas del Eo* y *Taramundi, El Paisaje Protegido de Cabo de Peñas, Los Lagos de Covadonga* y *Parque Nacional de los Picos de Europa* y *El Paisaje Protegido de la Costa Oriental*, cola fin d'interpretar el paisaxe vexetal y la flora d'esos territorios.

El reconocimientu a nivel internacional del XBAX tien llugar el 10 de mayu de 2013 en Xixón, cuando l'equipu científicu de XBAX asume la presidencia de l'Asociación Iberoamericana de Jardines Botánicos (AIMJB) (ratificada'l 23 de setiembre de 2014 nel congresu de Lisboa), ye dicir, de la Sociedá Profesional qu'agrupa a los xardineros botánicos d'España y Portugal. Esi cargu algamóse por unanimidá de l'Asamblea General de l'AIMJB, por mor de la gran actividá desendolcada dende'l XBAX, amás de pola puesta en marcha del programa Babilonia y de lliderar el grupu de trabayu alredu del Bancu de Xermoplasma de semiente, siendo uno de los pocos xardineros españoles que figuren na REDBAG. A esto súmase la participación activa como miembru del Botanic Gardens Conservation International (BGCI), dende 2005. La presidencia de l'AIMJB acabó en 2017 a raíz del cese del conservador del XBAX.

El prestixu que foi algamando'l XBAX foi mui atrayente pa investigadores nacionales y estranxeros que lu tienen visitao a lo llargo'l tiempu, como los téunicos del Kew Gardens de Londres, Nigel Paul Taylor y Carlos Magdalena. En 2009, visitó'l XBAX David Frederick Attenborough (Figura 8), científicu británicu y Premiu Príncipe d'Asturies de Ciencies Sociales y ún de los divulgadores naturalistes más conocíos de la televisión mundial.

**ABAXO**

Figura 8. David Frederick Attenborough, científicu británicu Premiu Príncipe d'Asturies de Ciencies Sociales 2009, visitando'l XBAX, acompañáu pol Direutor Científicu (Dr. Díaz González) y l'alcaldesa de Xixón (M<sup>a</sup> Paz Fernández Felgueroso) (Foto El Comercio, 20/10/2009)



### EL FUTURU DEL XARDÍN BOTÁNICU DE XIXÓN

El futuru del XBAX paez mui prometedor yá que cuenta col valir científicu y téunicu del máximu responsable del actual equipu científicu, el Dr. Borja Jiménez Alfaro (direutor científicu), amás de col Dr. Eduardo Fernández Pascual, que tuvo collaborando un tiempu como *horto curator*. La esperiencia de dambos investigadores nestes llabores ta avalada pola so eficaz y reconocida actividá profesional nel propiu Xardín y n'otros centros nacionales ya internacionales

d'investigación botánica. Al so bon facer queda'l consiguir una mejor ubicación física de los llaboratorios esperimentales, del bancu de xeromoplasma y de les importantes coleiciones de plantes que se guarden nos herbarios del XBAX.

P'acabar, nun quiero dexar ensin comentar el mio deséu de ver completáu l'equipamientu científicu y cultural del XBAX al traviés de la realización del Bioma Templáu Americanu y, n'especial, del Bioma Tropical Caribeñu. Esta última obra apaez desenvuelta nos *Cuadernos del Jardín*

*Botánico* (Xixón, 2005) col títulu de *Proyectu Botánicu del Bioma Tropical Caribeñu*, realizáu pol equipu científicu del XBAX y el Dptu. de Biología d'Organismos y Sistemes de la Universidá d'Uviéu, a comuña col Jardín Botánicu Nacional de la Universidá de L'Habana (Cuba).

Como s'indica na presentación del proyeutu, «ye ún de los elementos clave nel desarrollu del Itinerariu Atlánticu del XBAX y que, cuando se complete, constituirá'l noyu central del Xardín». Pa tal fin propúnxose la implantación d'un gran

vernaderu acondicionáu con procuru, que pueda recrear les condiciones ambientales nes que medren les plantes que conformen les formaciones vexetales tropicales. Asina, concebíase nel so interior la simulación de les viesques arquetípicas tropicales (viesques pluviales, mesófiles semicaduques, ribereños de galería, etc.) amás de los complejos de vexetación de pantanos llamarguizos qu'integren

viesques, terrén de yerba y comunidaes acuáticas. Asina mesmo, la recreación de la diversidá vexetacional d'estos territorios aconseyaba la representación, mesmo de los manglares costeros como del paisaxe de les llombes, mui típicu de zones cárstiques tropicales americanes

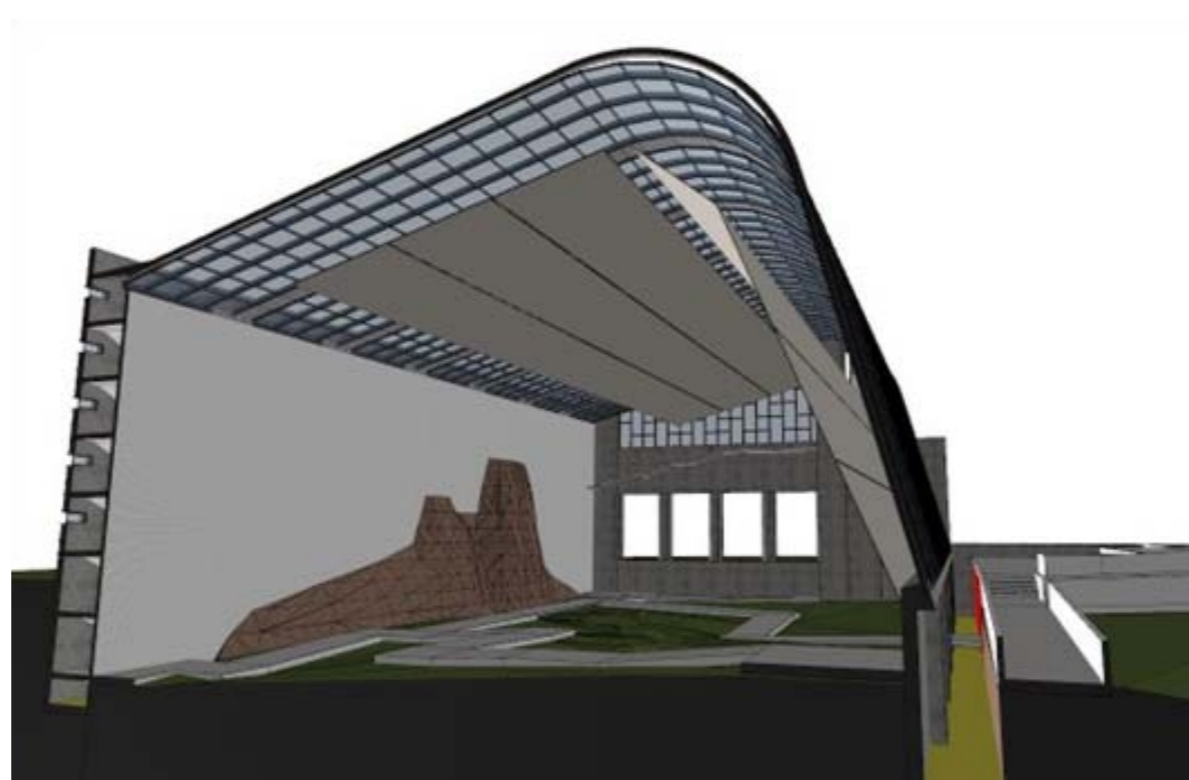
De la mesma manera, pol so interés fisionómicu y florísticu, representaríense nel vernaderu

los matos xeromorfos costeros y los matos de montaña tropicales.

Nel 2009 reformúlase'l Proyectu Botánicu del Bioma Tropical Caribeñu p'adautalu a los nuevos parámetros dau'l cambéu de parcela na que se pretendía edificar y nel cambéu de dimensiones del futuru vernaderu. Poro, esta construcción pasa de los 3.000 m<sup>2</sup> de superficie y 35 m d'altura, que se proyeutaben nel plan anterior, a 1.000 m<sup>2</sup> de superficie y 25 m d'altura, faciendo que seya inviable introducir nel mesmu los distintos tipos de viesques tropicales propuestes nel 2005. D'esta miente, propónse que seyan les selves pluviales lentes la coleición de referencia pal desarrollu del interior del vernaderu.

El Gobiernu del Principáu d'Asturies faise cargu del proyeutu y, el 10 de mayu de 2011, entámase colos trámites del espediente per parte de la Consejería de Mediu Ambiente, Ordenación del Territoriu ya Infraestructures, con un presupuestu de más de 3,5 millones d'euros. Sicasí, la crisis económica del empiezu de la década de los 2010 frustró les espeutatives y, col cambéu de Gobiernu del Principáu, la Consejería d'Agroganadería y Recursos Autóctonos del Principáu d'Asturies, na so resolución del 26/08/2011, arrenuncia a la contratación de les «obres de construcción d'vernaderu, tratamientu paisaxísticu, coleición botánica, acondicionamientu y museización del Bioma Tropical Caribeñu nel Xardín Botánicu de Xixón».

Pasaron yá doce años dende aquello y confío en que'l nuevu equipu científicu del XBAX retome de nuevo esa gran obra, la ponga en marcha y la complete cuando les condiciones económicas lo permitan pa, asina, poder zarrar el proyeutu de XBAX que, como yá indiquemos, ye un referente de la biodiversidá de los territorios que llenden col Atlánticu Norte.



#### IZQUIERDA

Figura 9. Portada del nuevu Proyestu Botánicu del Bioma Tropical Caribeñu de 2009.

#### ARRIBA

Figura 10. Simulación del Proyestu d'Vernaderu del Bioma Tropical Caribeñu.





# Efeutos de l'autotomía y la rexeneración en llacértidos

Figura 1. Podarcis muralis (semeya de l'autora)

---

Por Irene Fernández Rodríguez

Doctora en Biología pola Universidad d'Uviéu  
irefdezrguez@hotmail.com

Algunos de los factores más influyentes nos ciclos de vida de los organismos son la fenología de ciertos acontecimientos clave y la cantidad de recursos que se destinen a ellos. N'otres pallabres, por mor de lo siempre acotao de los recursos vitales, las decisiones sobre cuándo y a ónde se destinen van definir los ciclos de vida de los individuos (Roff, 1992; van der Meer, 2019). Nesti escenariu, la inver-

sión nel desarrollu d'un rasgu va implicar una menor cantidad de recursos disponibles pa otros rasgos, desencadenando conflictos d'asignación de recursos, tamién conocíos como *trade-offs* d'asignación de recursos (Stearns, 1992). Los *trade-offs* son mui comunes nos organismos y tienen consecuencias tanto a nivel fisiolóxicu como evolutivu, constituyendo hasta la base de delles teorías de ciclos de vida (Stearns, 1992).

Los conflictos d'asignación varien en función del factor acotante: puen surdir cuando la dedicación de tiempu a una actividá implica l'abandonu d'otres, cuando'l desarrollu d'un rasgu funcional compromete'l desarrollu o rendimientu d'otros (*trade-off* funcional), o cuando los factores qu'acoten son la enerxía y los recursos disponibles pal desarrollu de dellos rasgos (*trade-off* d'asignación de recursos). Dalgunos exemplos clásicos de *trade-offs* d'asignación de recursos n'animales ye la inversión na reproducción actual frente a la reproducción futura, nel crecimentu frente a la reproducción, que, n'organismos con crecimentu indetermináu, implica la decisión de cuándo alcanzar la madurez sexual o nel tamañu del güevu frente al tamañu de la puesta, etc. (Elliott, 1994; Roff, 2002).

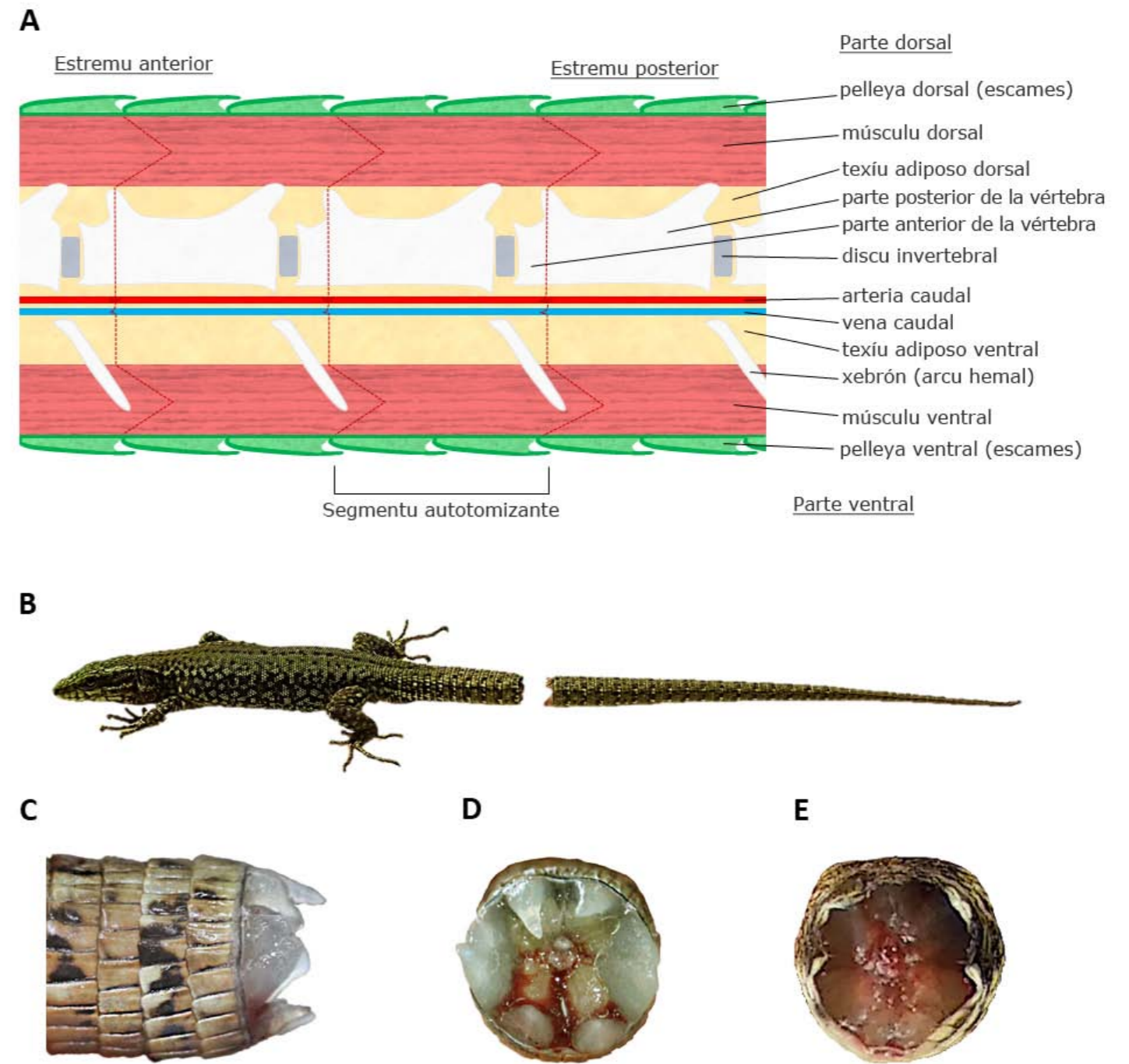
### ¿QUÉ YE L'AUTOTOMÍA?

Autotomía, del griegu aut(o)-(αὐτός), qu'actúa por o sobre sí mesmo, + -tomía (-τομία), corte, definióse, nun primer momentu, por Fredericq (1892) como la perda voluntaria (ye dicir, non traumática) d'una parte del cuerpu como un actu reflexu cuando l'animal se siente amezáu. Acordies con Emberts *et al.* (2019), l'autotomía evolucionó de manera independiente, pelo menos, nueve veces en dellos grupos animales, mesmo invertebraos que vertebraos. Los grupos animales capaces d'autotomizar partes del cuerpu son: cnidarios, anélidos, moluscos (gasterópodos, bivalvos y cefalópodos), platelmintos, nematodos, forónidos, artrópodos (insectos, arácnidos y decápodos), equinodermos, hemicordaos y vertebraos (anfibios, reptiles y mamíferos). L'autotomía suel dase al traviés de planos de partición predefiníos que faciliten la rotura, minimicen los costos asociaos a la firida reduciendo la perda de líquidos y la probabili-

dá de contrayer infeiciones y aceleren la curación de la firida (Maginnis, 2006). El beneficiu más común de l'autotomía ye sobrevivir a ataques non mortales de depredadores (Fleming *et al.*, 2007; Emberts *et al.*, 2019), pero, pa dellos animales, l'autotomía tamién ofrez otros beneficios, como solucionar complicaciones de la muda (Maginnis, 2008), eliminar toxines d'una parte del cuerpu (Moore *et al.*, 1989) o sobrevivir a daños físicos causaos por factores abióticos (Wulff, 2006).

Nos vertebraos, l'autotomía ye mui frecuente en reptiles y, sobre manera, en saurios, nos que ta perestendida en trece de les venti families de saurios (Clause & Capaldi, 2006). L'autotomía caudal en saurios ocurre al traviés de planos de partición presentes nes vértebres postpigales, que son con mayor frecuencia intravertebrales, por exemplu en llacértidos, escíncidos, geckos, cordílidos o teíidos, qu'intervertebrales, por exemplu en dalgunes especies d'agámidos. Los planos de partición intravertebrales altraviesen cada vértebra tresversalmente, pasando pel centru y pel arcu neural (ver Figura 1). Bellairs & Bryant (1985) revisaron dafechu les carauterístiques y mecanismos de l'autotomía caudal en saurios y, particularmente, en llacértidos.

En saurios, l'autotomía caudal úsase frecuentemente como estratexa d'antidepredación y tien una gran incidencia en poblaciones naturales de dalgunes especies, nes que más de la metá de la población adulta autotomizó la cola, a lo menos, una vez na vida (Arnold, 1988; Downes & Shine, 2001; Pafilis *et al.* 2008 pa llacértidos). L'autotomía caudal non solo permite al llagartu llibrase del depredador cuando lu agarra pela cola, sinón qu'amás crea una distraición efeutiva del depredador pa facilitar la fuxida al facer la cola movimientos complexos y saltos potentes al



#### ARRIBA

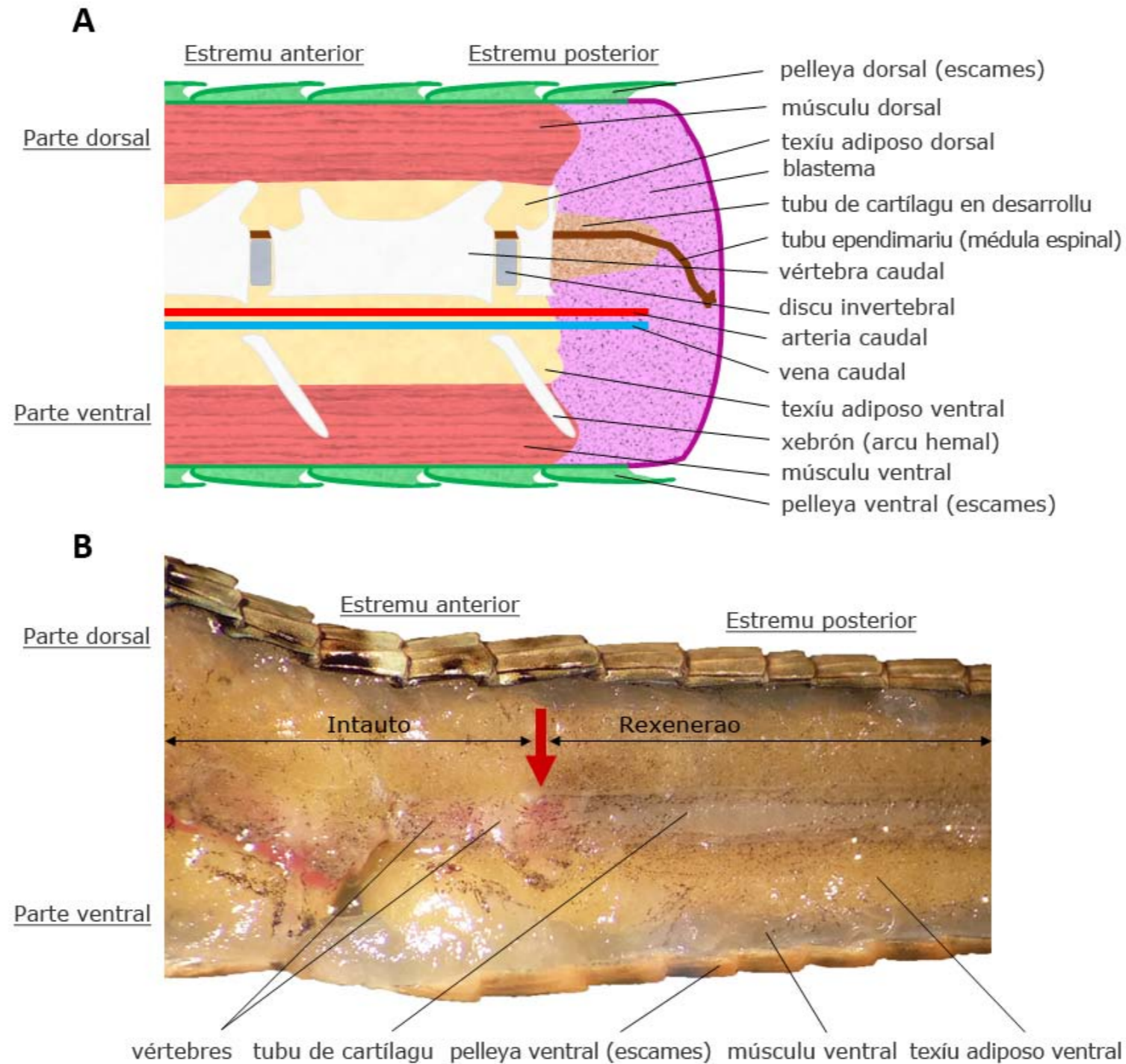
Figura 2. A, representación esquemática d'una seición llonxitudinal de la cola d'una llagartesa adulta, mostrando la zona de rotura por autotomía (*llinies coloraes*), altravesando'l músculu, la grasa, la vértebra y los vasos caudales. B, machu adultu de llagartesa de muria (*Podarcis muralis*) xusto dempués de l'autotomía caudal. C, D, vistas llateral y tresversal de la cola recién autotomizada d'un machu adultu de *P. muralis*. E, Vista tresversal del muñón de la cola d'un machu adultu de *P. bocagei* darréu de l'autotomía. Garrao de Fernández-Rodríguez [2021].

desprendese (Dial & Fitzpatrick, 1983; Arnold, 1988; Fernández-Rodríguez & Braña, 2020). Por embargu, en munches especies de saurios la cola tien un papel importante na llocomoción, na señalización social y na acumulación de reserves, y la perda d'esta pue tener consecuencias negativas a plazu curtiu, pudiendo inducir cambeos nel comportamientu del individu u disminuir la eficiencia d'otres funciones como l'alimentación, el empareyamientu o'l patrulléu.

### LA REXENERACIÓN N'ANIMALES

La rexeneración ye la restauración, parcial o completa, d'una parte del cuerpu perdida por una firida traumática o voluntaria (Maginnis, 2006), que permite'l reemplazu de les partes perdíes que nun son imprescindibles, pero que sí incrementen la probabilidad de sobrevivir o la capacidá d'inversión reproductora (Goss, 1969). La rexeneración orixinóse, probablemente, nos primeros animales col desarrollu de la multicelularidá (Bely & Nyberg, 2010), casi seguro que como un efeutu secundariu d'un accesu siguiu a los programes de desarrollu, que podríen ser reactivaos cada vez que s'amputaba una parte del cuerpu (hipótesis del epifenómenu, Goss 1992; Mani & Tlusty, 2021). Anguaño, la capacidá de rexenerar partes del cuerpu cambia considerablemente ente animales. Por exemplu, tolos llinaxes de metazoos basales (placozoos, poríferos, ctenófitos y cnidarios), xunto con dellos llofotrocozoos y deuteróstomos non craniaos, son quien a rexenerar cualesquier parte del cuerpu, mientras qu'esa capacidá de rexeneración completa nun ta en ecdisozoos y craniaos (pa una revisión completa, ver Bely & Nyberg, 2010).

En saurios, la rexeneración completa de la cola precisa de tres meses na mayor parte de les especies (Bellairs & Bryant, 1985) y ye un

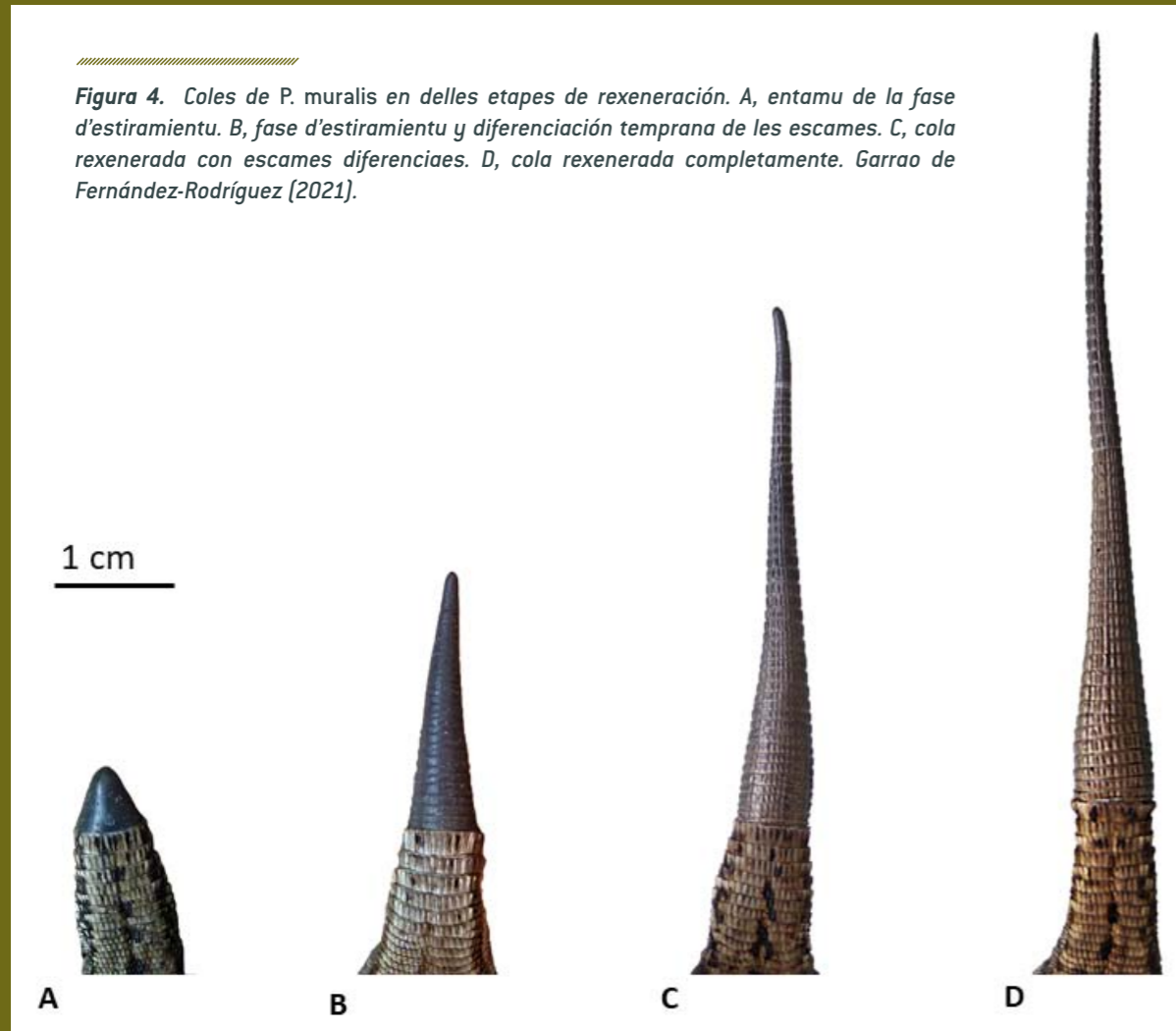


#### ARRIBA

**Figura 3.** A, representación esquemática d'una seición llonxitudinal d'una cola de llagartesa adulta dos o tres selmanes depués de l'autotomía, mostrando'l blastema poco depués del desprendimientu de la postielli. B, Seición llonxitudinal d'una cola de llagartesa de muria adulta (*P. muralis*), mostrando la porción intacta [izquierda] y la rexenerada [derecha]. El puntu onde'l tubu de cartilagu ta xuniu a los restos de vértebra ta marcáu con una flecha colorada. *Garrao de Fernández-Rodríguez (2021).*

procesu epimórficu, ye dicir, implica proliferación celular y la formación d'un blastema (Goss, 1969). La rexeneración dase en tres fases: I) recubrimientu y curación de la firida, II) desdiferenciación celular y formación del blastema, y III) proliferación celular y formación de la cola (Bryant *et al.*, 2002, Gilbert *et al.*, 2013). Les dos primeres fases tienen una duración curtia y considérense como un periodu llátente, nel que nun hai crecimentu evidente de la cola. Darréu de la perda de la cola, los restos de faces musculares y texíos epiteliales contráyen pa zarrar la firida, y, nes hores siguientes, sequen y amancen xunto colos restos de sangre pa formar una postielli que va protexer la firida na curación y na formación del blastema (McLean & Vickaryous, 2011). Nestos primeros díes ocurre una importante migración y desdiferenciación celular baxo la postielli pa formar el blastema, que ye una masa de célules desdiferenciaes derivaes del texíu preesistente del muñón (Bellairs & Bryant, 1985). Al cabu de, más o menos, una selmana, la postielli cai y entama'l periodu de crecimentu y estiramientu (McLean & Vickaryous, 2011; Fernández-Rodríguez & Braña, 2020). Nesta fase inicial la porción rexenerada tien un color violeta escuru y la queratinización, formación d'escames y pigmentación, nun va ocurrir hasta dempués d'unes tres selmanes tres de l'autotomía (Bellairs & Bryant, 1985).

La cola rexenerada nun ye una reproducción perfeutamente fiel, porque presenta delles diferencies estructurales. La mayor diferencia ye la exa esquelética, yá que, na cola rexenerada, esta exa ye un tubu continuu de cartilagu, en vez de vértebres ósees articulaes (Hughes & New, 1959 [ver Figures 2 y 3]). Esta diferencia tien importantes implicaciones funcionales, porque la exa continua de cartilagu non solo reduz



**Figura 4.** Coles de *P. muralis* en delles etapas de rexeneración. A, entamu de la fase d'estiramientu. B, fase d'estiramientu y diferenciación temprana de les escames. C, cola rexenerada con escames diferenciaes. D, cola rexenerada completamente. Garrao de Fernández-Rodríguez (2021).

la movilidad y la flexibilidad de la cola rexenerada, sinón qu'amás impide una nueva autotomía al traviés de la parte rexenerada, yá que la exa de cartílagu nun tien planos de partición. Poro, una nueva autotomía namás diba ser posible al traviés de les porciones anteriores de cola intautu. Amás, los paquetes musculares na cola rexenerada son variables en númeru y xúnense de manera irregular a la exa del cartílagu, mientras que los músculos de la cola intautu agrúpanse

regularmente en cuatro cuadrantes fixaos a la columna vertebral y participen tanto na movilidad de cada vértebra como na rotura nun puntu específicu na autotomía (Fischer *et al.*, 2012). A pesar d'estes diferencies morfolóxicas, la rexeneración permite la restauración de delles de les funciones perdíes tres l'autotomía caudal, proporcionando beneficios diversos qu'incrementen la probabilidad de sobrevivir y la continuidá xenética (*fitness*) del llagartu (Bateman & Fleming,

2009). Por embargu, la rexeneración implica una importante demanda d'enerxía y materiales, dalgo que pue torgar otros procesos con alta demanda enerxética, como'l crecimentu o la reproducción, con posibles consecuencias na sobrevivencia y la *fitness*. (Maginnis, 2006).

L'autotomía y la rexeneración de partes del cuerpu, magar los múltiples beneficios, puen provocar dellos *trade-offs* funcionales y d'asignación de recursos con una intensidá que pue variar en función del sexu, la fase del ciclu vital o les condiciones ambientales (Maginnis, 2006). El balance ente los costos y beneficios de l'autotomía y la rexeneración moldia la evolución y ye determinante pa la presencia o ausencia d'estos dos adautaciones nos animales. Poro, l'estudiu d'esti balance, incluyendo l'análisis de les implicaciones fisiolóxicas, funcionales y ecolóxicas, ye un enfoque apropiáu pa entender la evolución de l'autotomía y la rexeneración nos distintos grupos animales.

#### EFEUTOS DE L'AUTOTOMÍA CAUDAL NEL LLACÉRTIDU *Podarcis muralis* Efeutos na llocomoción

L'autotomía caudal ye común nel llacértidu *P. muralis*, nel que más del 50% de los individuos muestren signos d'autotomizar la cola a lo menos una vez na vida (Fernández-Rodríguez & Braña, 2020). L'autotomía caudal proporciona un beneficiu inmediatu pa sobrevivir al facilitar l'escape de la llagartesa distraendo al depredador (Arnold, 1988; Higham & Russell, 2010). Tres sobrevivir al ataque del depredador gracias al desprendimientu de la cola, la primer consecuencia inmediata de l'autotomía ta rellacionada cola capacidá de llocomoción del animal. La cola tien un papel importante na llocomoción de los saurios como contrapesu, ayudando a caltener

la estabilidad de la que cuerren o trepen, ya influyendo nes dinámiques del saltu (Arnold, 1988; Jusufi *et al.*, 2008), de manera que la perda pue alterar el centru de mases del animal y la biomecánica de la llocomoción. En particular, l'autotomía caudal perxudica dellos aspectos del rindimientu llocomotor de les llagarteses roques adultes, principalmente reduciendo la efeutividá de les dinámiques del saltu (Fernández-Rodríguez & Braña, 2020). Esti empeoramientu de la capacidá de llocomoción va afeutar probablemente a actividaes rutinaries de les llagarteses que dependen de la movilidad, como patrullar, consiguir alimentu, empareyase, etc. (Garland & Losos, 1944; Braña, 2003; Husak, 2006), amás de dificultar l'escape de nuevos ataques de depredadores. Nestes circunstancies, les llagarteses enfréntense de xuru a un mayor riesgu de depredación tres l'autotomía, incrementáu pola imposibilidad de recurrir a l'autotomía caudal de nuevu en futuros alcuentros con depredadores.

#### Cambeos de comportamientu tres l'autotomía

Por embargu, les llagarteses ensin cola munches veces recurren a comportamientos compensatorios, que reducen el riesgu de depredación. Acordies colos datos y análisis presentaos por Fernández-Rodríguez & Braña (2022b) sobre *P. muralis*, dalgunes d'estes alteraciones de comportamientu incluyen la intensificación de les fases tempranes de los mecanismos d'escape de depredadores (ver Putman *et al.*, 2015), pa reducir la probabilidad de detección por depredadores y disminuir la frecuencia d'ataques. Estos cambeos de comportamientu, como reducir la movilidad, incrementar l'usu del refuxu o disminuir la esploración (Fox *et al.*, 1981; Martín & Salvador, 1993b; Michelangeli *et al.*, 2020), probablemente incrementen la probabilidad inme-

### **L'autotomía caudal ye común nel llacértidu *Podarcis muralis*, nel que más del 50% de los individuos muestren signos d'autotomizar la cola a lo menos una vez na vida. L'autotomía caudal proporciona un beneficiu immediatu pa sobrevivir al facilitar l'escape de la llagartesa distraendo al depredador**

diata de sobrevivir de les llagarteses ensin cola, pero a costa de reducir el rindimientu d'otres actividaes relevantes, como conseguir alimentu o empareyase (Martín & Salvador, 1993a; Martín & Avery, 1997). La disminución del rindimientu d'estes actividaes relevantes podría, de manera secundaria, afeutar a les tases del crecimentu de los exemplares nuevos o al éxitu reproductor de los adultos, con un potencial efeutu global na *fitness* del individu.

#### **CONSECUENCIAS DE LA REXENERACIÓN CAUDAL EN *P. muralis***

##### **La restauración de les capacidaes perdíes**

Los costos funcionales y de comportamientu a curtiu-mediú plazu de l'autotomía caudal descritos enantes son, con una probabilidad grande, namás que temporales, de mou que desaparecen progresivamente a medida qu'avanza la rexeneración de la cola. En *P. muralis* l'estiramientu de la cola complétase en pasando dos o tres meses, y la diferenciación esterna de les escames tres trés o cuatro meses (observación personal de l'autora). La rexeneración dempués de l'autotomía permite la restauración de les funciones perdíes cola parte desprendida (Goss, 1969; Clause & Capaldi, 2006), como se demostró en *P. muralis* pa cola capacidá de llocomoción (Fernández-Rodríguez & Braña, 2020). Polo tanto, la rexeneración incrementaría la probabilidad de sobrevivir cola restauración de delles capacidaes funcionales del animal (Lin et

al., 2017). Por embargu, la cola rexenerada caltién poco del so valor proteutor en futuros alcuentros con depredadores onde necesitaría recurrir de nuevo a l'autotomía. En primer llugar, porque la capacidá d'autotomía queda restrinxida a la porción anterior de la cola qu'entá ta intacta, yá que l'ausencia de planos de partición na cola rexenerada impiden que se pueda romper al traviés d'ella. Y, en segundu llugar, porque dalgunes carauterístiques esenciales qu'aumenten la eficacia de l'autotomía, por exemplu incrementen el beneficiu (Emberts et al., 2019), son los movimientos violentos y saltos fechos pola cola desprendida, sobre manera intensos nos primeros segundos tres del desprendimientu (Dial & Fitzpatrick, 1983; Fernández-Rodríguez & Braña, 2020). Estos movimientos iniciales fuertes refuercen sustancialmente la distraición del depredador, aumentando les posibilidaes de la llagartesa de sobrevivir al ataque y escapar (Bellairs & Bryant, 1985; Higham & Rusell, 2010). Como demostraron Fernández-Rodríguez & Braña (2020) en *P. muralis*, les coles rexeneraes muévense bastante menos y un tiempu menor que les intactes, de forma que'l valor antidepredador ye, ensin dulda, considerablemente inferior. En conclusión, la rexeneración caudal incrementa la eficacia de l'autotomía gracias a la reducción de los costos (a curtiu-mediú plazu) de la perda de la cola, pero nun restaura dafechu la eficacia de futures autotomíes caudales.

#### **LOS COSTOS PAL CRECIMIENTU**

Como bien demostraron Fernández-Rodríguez & Braña (2022a) la inversión en rexeneración caudal provoca una disminución de les tases de crecimentu en críes de llagartesa de muria (*P. muralis*) cuando s'enfrenten a una situación de baxa disponibilidad d'alimentu. Ye casi seguro que les críes y los exemplares nuevos encaren con relativa frecuencia esta baxa disponibilidad de recursos en condiciones naturales, n'especial si consideramos que: I) les críes nun conocen el territoriu y nun perfeicionaron entá les habilidaes pa identificar, abordar y cazar a les preses (Iraeta et al., 2012); II) les llagarteses nueves tienen un abanicu menos ampliu de preses potenciales, restrinxíes mesmo en tamaño que n'espectru taxonómicu (ver Braña, 1981 pa *P. muralis*); III) les críes y los individuos nuevos entá nun tienen desarrollaes por completo les capacidaes de llocomoción (Iraeta et al., 2012), torga que ye tovía mayor pa los individuos ensin cola (Fernández-Rodríguez & Braña, 2020), que pue que tengan una eficiencia menor a la hora de conseguir alimentu.

Ensin dulda, el valor adautativu de l'autotomía y la rexeneración depende del balance ente los costos y los beneficios, determinante, en gran medida, de la seleición y mantenimientu (Arnold, 1988). Llegar a un tamaño corporal grande nos primeros meses de vida ye básico por dellos aspectos: incrementa l'espectru de preses potenciales, reduz el riesgu de depredación y permite enfrentar el primer periodu d'ivernación nuna condición física bona en términos de tamaño y reserves enerxétiques. Esto aumenta la probabilidad de sobrevivir de les llagarteses nueves y reduz el tiempu necesariu pa llegar a la madurez sexual (Bauwens, 1981; Peters, 1983; Brownikowski & Arnold, 1999). Por eso, invertir na

medra corporal abulta dalgo primordial, pero paez posible que la restauración plena de les capacidaes perdíes proporcione beneficios grandes a plazu llargu, mesmo a costa de reducir les tases de crecimentu corporal, yá qu'estes capacidaes funcionales son esenciales tamién na edá adulta.

#### **CONSECUENCIAS DE LA REXENERACIÓN NA REPRODUCCIÓN**

En rrellación a los costos de la rexeneración n'etapes adultes, demostróse que la rexeneración tien efeutos negativos na inversión reproductora de les femes adultes de llagartesa de muria (*P. muralis*) tanto a plazu curtiu como llargu, reduciendo'l pesu de la puesta de güevos (Fernández-Rodríguez & Braña, 2022c). Amás, esta reducción ye más severa cuando la rexeneración ocurre al empar que'l desarrollu de los güevos baxo una estratexa de cría acordies a los recursos esternos disponibles (*income breeding*). Magar que los costos en *P. muralis* nun son tan estremos como n'otres especies (como *Ctenotus taeniolatus*, que nun pon güevos nel so rexeneración, [Taylor, 1984]), estos costos nun son nada intrescendentes. Poro, pa entender el balance de los costos y beneficios de la rexeneración nes etapes adultes, ha considerase l'impautu tanto na reproducción actual como futura. Esto significa que, pese a que la rexeneración de la cola implique una reducción na inversión simultánea en reproducción, va facer que xuba la probabilidad de sobrevivir y la reproducción futura, qu'acaba por traducise nuna mayor *fitness* total del individu.

El crecimentu corporal ye ún de los procesos que más enerxía y recursos demanda nes etapes primeres, mientras que, na estación reproductora, les femes adultes invierten la mayor parte de los recursos nel desarrollu de los güevos,

### La inversión en rexeneración caudal provoca una disminución de las tasas de crecimiento en crías de llagartesa de muria (*P. muralis*) cuando s'enfrenten a una situación de baxa disponibilidad d'alimentu

polo que puede considerarse que la reproducción ye'l procesu que más enerxía demanda nes femes adultes nesos meses. Paga la pena destacar les diferencies ente crías y femes adultes nel impautu de la rexeneración: les consecuencias paecen más severes pa la inversión reproductora de les femes (Fernández-Rodríguez & Braña, 2022a). De fechu, según esti estudiu, los individuos nuevos de *P. muralis* namás desaceleren les tasas de crecimiento na rexeneración cuando tienen pocos recursos, mientras que, según Fernández-Rodríguez & Braña (2022c), les femes de *P. muralis* reduxeron la inversión reproductora hasta teniendo alimentu *ad libitum*. Les femes de llagartesa de muria desarrollen hasta tres puestas de güevos al añu con un intervalu d'un mes ente puestas, onde caúna representa'l

30-40% de la masa corporal (Saint-Girons & Duguy, 1970; Ji & Braña, 2000), lo qu'implica una inversión de recursos mui intensa nun periodu de tiempu curtiu. Por embargu, el crecimiento de les crías, magar de ser rápidu, ye un procesu más continuu nel que la inversión ta más estendida nel tiempu, poro, ye probable que la inversión en crecimiento seya más gradual y menos intensa que na formación de la puesta. L'alta demanda enerxética de la reproducción, y especialmente la concentración nun periodu curtiu de tiempu, pue explicar parcialmente'l fechu de que les femes adultes de *P. muralis*, al contrariu que les crías, fueren incapaces a satisfacer los requerimientos enerxéticos de la reproducción y la rexeneración a la vez, hasta con una gran disponibilidad d'alimentu.



Figura 5. Más del 50% d'estes llagarteses muestren seños d'autotomía [semeya I. Fernández].

### Referencies bibliográfiques

- Arnold, E.N. (1988). Caudal autotomy as a defense. In: Gans, C. & Huey, R.B. (Eds.), *Biology of the Reptilia*. Vol. 16, Ecology B, Defense and Life History. Alan R. Liss, Inc., New York, pp. 237–273.
- Bateman, P.W. & Fleming, A. (2009). To cut a long tail short: a review of lizard caudal autotomy studies carried out over the last 20 years. *Journal of Zoology*, 277: 1–14.
- Bauwens, D. (1981). Survival during hibernation in the European common lizard, *Lacerta vivipara*. *Copeia*, 1981: 741–744.
- Bellairs, A. & Bryant, S.V. (1985). Autotomy and regeneration in reptiles. In: Gans, C. Billett, F. & Maderson, P.F.A. (Eds.), *Biology of the Reptilia*. Vol. 15, Development B. John Wiley and Sons, New York, pp. 301–410.
- Bely, A.E. & Nyberg, K.G. (2010). Evolution of animal regeneration: re-emergence of a field. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(3): 161–170.
- Braña, F. (1981). Sobre la alimentación de *Podarcis muralis* (Reptilia: Lacertidae) en Asturias: espectro taxonómico y tamaño de las presas. Resúmenes de Comunicaciones de la V Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Oviedo: 179.
- Braña, F. (2003). Morphological correlates of burst speed and field movement patterns: the behavioral adjustment of locomotion in wall lizards (*Podarcis muralis*). *Biological Journal of the Linnean Society*, 80(1): 135–146.
- Brownikowski, A.M. & Arnold, S.J. (1999). The evolutionary ecology of life history variation in the garter snake *Thamnophis elegans*. *Ecology*, 80: 2314–2325.
- Bryant, S.V.; Endo, T. & Gardiner, D.M. (2002). Vertebrate limb regeneration and the origin of limb stem cells. *International Journal of Developmental Biology*, 46: 887–896.
- Clause, A.R. & Capaldi, E.A. (2006). Caudal autotomy and regeneration in lizards. *Journal of Experimental Zoology Part A Comparative Experimental Biology*, 305: 965–973.
- Dial, B.E. & Fitzpatrick, L.C. (1983). Lizard tail autotomy: Function and energetics of postautotomy tail movement in *Scincella lateralis*. *Science*, 219: 391–393.
- Downes, S. & Shine, R. (2001). Why does tail loss increase a lizard's later vulnerability to snake predators? *Ecology*, 82: 1293–1303.
- Elliott, J.M. (1994). *Quantitative Ecology and the Brown Trout*. Oxford Series in Ecology and Evolution, Oxford University Press.
- Emberts, Z.; Escalante, I. & Bateman, P.W. (2019). The ecology and evolution of autotomy. *Biological Reviews*, 94(6): 1881–1896.
- Fernández-Rodríguez, I. & Braña, F. (2020). The movement dynamics of autotomized lizards and their tails reveal functional costs of caudal autotomy. *Integrative Zoology*, 15(6): 511–521.
- Fernández-Rodríguez, I. & Braña, F. (2022a). Allocation costs of regeneration: tail regeneration constrains body growth under low food availability in juvenile lizards. *Oecologia*, 198(3): 853–864.
- Fernández-Rodríguez, I. & Braña, F. (2022b). Behavioural patterns in the early-stage antipredator response change after tail autotomy in adult wall lizards. *Journal of Experimental Zoology A: Ecological and Integrative Physiology*, 337: 250–257.
- Fernández-Rodríguez, I. & Braña, F. (2022c). Short-term and long-term consequences of regeneration on the reproductive investment of a multivoltine lizard. *Journal of Zoology*, 317(1): 56–67.
- Fernández-Rodríguez, I. (2021). Functional and trade-off conflicts in regenerating processes: consequences of autotomy in Lacertids (Squamata: Lacertidae). Ph.D. Thesis, University of Oviedo, Spain.
- Fischer, R.E.; Geiger, L.A.; Stroik, L.K.; Hutchins, E.D.; George, R.M.; Denardo, D.F.; Kusumi, K.; Rawls, J.A. & Wilson-Rawls, J. (2012). A histological comparison of the original and regenerated tail in the green anole, *Anolis carolinensis*. *The Anatomical Record*, 295: 1609–1619.
- Fleming, P.A.; Muller, D. & Bateman, P.W. (2007). Leave it all behind: a taxonomic perspective of autotomy in invertebrates. *Biological Reviews*, 82: 481–510.
- Fox, S.F.; Rose, E. & Myers, R. (1981). Dominance and the acquisition of superior home ranges in the lizard *Uta stansburiana*. *Ecology*, 62: 888–893.

- Fredericq, L. (1892). Nouvelles recherches sur l'autotomie chez le crab. *Archives de Biologie*, 12: 169–197.
- Garland, T. & Losos, J.B. (1994). Ecological morphology of locomotor performance in squamate reptiles. In: Wainwright, P.C. & Reilly, S.M. (Eds.), *Ecological morphology*. University of Chicago Press, Chicago, pp. 240–302.
- Gilbert, E.A.; Payne, S.L.; Vickaryous, M.K. (2013). The anatomy and histology of caudal autotomy and regeneration in lizards. *Physiological & Biochemical Zoology*, 86: 631–44.
- Goss, R.J. (1969). *Principles of Regeneration*. 2nd edition. Academic Press, USA.
- Goss, R.J. (1992). The evolution of regeneration: Adaptive or inherent? *Journal of Theoretical Biology*, 159: 241–260.
- Higham, T.E. & Russell, A.P. (2010). Flip, flop and fly: modulated motor control and highly variable movement patterns of autotomized gecko tails. *Biology Letters*, 6: 70–73.
- Hughes, A. & New, D. (1959). Tail regeneration in the geckonid lizard, *Sphaeridactylus*. *Journal of Embryology and experimental Morphology*, 7: 281–302.
- Husak, J.F. (2006). Does speed help you survive? A test with collared lizards of different ages. *Functional Ecology*, 20: 174–179.
- Iraeta, P.; Salvador, A. & Díaz, J.A. (2012). Effects of caudal autotomy on postnatal growth rates of hatchling *Psammotomus algirus*. *Journal of Herpetology*, 46(3): 342–345.
- Ji, X. & Braña, F. (2000). Among clutch variation in reproductive output and egg size in the wall lizard (*Podarcis muralis*) from a lowland population of Northern Spain. *Journal of Herpetology*, 34(1): 54–60.
- Jusufi, A.; Goldman, D.I.; Revzen, S. & Full, R.J. (2008). Active tails enhance arboreal acrobatics in geckos. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105: 4215–4219.
- Lin, J.-W.; Chen, Y.-R.; Wang, Y.-H.; Hung, K.-C. & Lin, S.-M. (2017). Tail regeneration after autotomy revives survival: a case from a long-term monitored lizard population under avian predation. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284(1847): 20162538.
- Maginnis, T.L. (2006). The costs of autotomy and regeneration in animals: a review and framework for future research. *Behavioral Ecology*, 17(5): 857–872.
- Maginnis, T.L. (2008). Autotomy in a stick insect (Insecta: Phasmida): predation versus molting. *Florida Entomologist*, 91: 126–127.
- Mani, S. & Tlustý, T. (2021). A comprehensive survey of developmental programs reveals a dearth of tree-like lineage graphs and ubiquitous regeneration. *BMC Biology*, 19(1): 111.
- Martín, J. & Avery, R.A. (1997). Tail loss affects prey capture 'decisions' in the lizard *Psammotomus algirus*. *Journal of Herpetology*, 31: 292–295.
- Martín, J. & Salvador, A. (1993a). Tail loss reduces mating success in the Iberian rock-lizard, *Lacerta monticola*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 32: 185–189.
- Martín, J. & Salvador, A. (1993b). Thermoregulatory behaviour of rock lizards in response to tail loss. *Behaviour*, 124: 123–136.
- McLean, K.E. & Vickaryous, M.K. (2011). A novel amniote model of epimorphic regeneration: the leopard gecko, *Eublepharis macularius*. *BMC Developmental Biology*, 11: 50.
- Michelangeli, M.; Melki-Wegner, B.; Laskowski, K.; Wong, B.B.M. & Chapple, D.G. (2020). Impacts of caudal autotomy on personality. *Animal Behaviour*, 162: 67–78.
- Moore, A.; Tabashnik, B.E. & Stark, J.D. (1989). Leg autotomy: A novel mechanism of protection against insecticide poisoning in diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Economic Entomology*, 82(5): 1295–1298.
- Pafilis, P.; Pérez-Mellado, V. & Valakos, E. (2008). Postautotomy tail activity in the Balearic lizard, *Podarcis lilfordi*. *Naturwissenschaften*, 95: 217–221.
- Peters, R.H. (1983). *The ecological implications of body size*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Putman, B.J.; Coss, R.G. & Clark, R.W. (2015). The ontogeny of antipredator behavior: age differences in California ground squirrels (*Otospermophilus beecheyi*) at multiple stages of rattlesnake encounters. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 69: 1447–1457.
- Roff, D.A. (1992). *The Evolution of Life Histories: Theory and Analysis*. Chapman & Hall, New York.
- Roff, D.A. (2002). *Life History Evolution*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- Saint Girons, H. & Duguy, R. (1970). Le cycle sexuel de *Lacerta muralis* L. en plaine et en montagne. *Bulletin du Muséum national d'histoire naturelle*, 42: 609–625.
- Stearns, S.C. (1992). *The Evolution of Life Histories*. Oxford University Press, London.
- Taylor, J.A. (1984). Ecology of the lizard, *Ctenotus taeniolatus*; interaction of life history, energy storage and tail autotomy. Ph.D. Thesis, University of New England, Armidale, Australia.
- van der Meer, J. (2019). Metabolic theories in ecology: the dynamic energy budget theory and the metabolic theory of ecology. *Encyclopedia of Ecology (Second Edition)*, 3: 463–471.
- Wulff, J.L. (2006). Resistance vs. recovery: morphological strategies of coral reef sponges. *Functional Ecology*, 20: 699–708.



# El síndrome d'apnea del sueño n'edá infantil

Por **Xesús González Rato**

Mélicu Neurofisiólicu

Unidá de Sueñu del Serviciu de Neurofisioloxía Clínica

Hospital Universitariu Central d'Asturies (HUCA)

## DEFINICIÓN Y PREVALENCIA

El síndrome d'apnea del sueño (SAS) na infancia vien definíu por una torga parcial y prullongada de la vía aérea superior o bien pola torga completa pero intermitente qu'encaboxa la ventilación normal del individuu mentes el sueño, trestocando tamién los patrones estructurales normales del mesmu. Suel asociase con síntomes ente los que s'alcuentren el ronquíu y los trestornos del sueño.

El SAS infantil tien un perfil bien diferenciáu del SAS nos adultos no tocante a la etiología, la presentación clínica y el tratamientu, polo que toes dos entidaes tán dafechamente dixebras y incluyes n'apartaos diferentes de la clasificación de los trestornos del sueño.

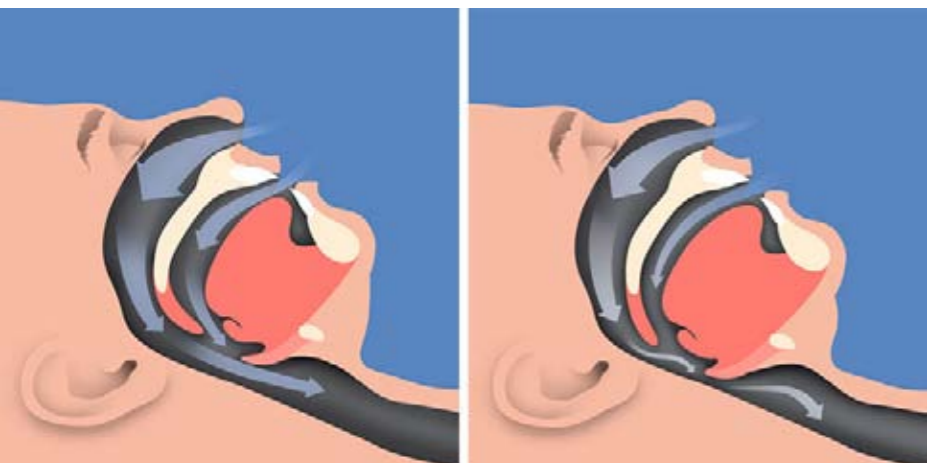
El SAS ye una patología mui prevalente na edá infantil. Estímase qu'afeuta a ente un 2 y un 4% de los neños d'ente 2 y 6 años. Pela cueta, el ronquíu afeuta a ente un 5 y un 15% de los neños.



## FISIOPATOLOGÍA

El mecanismu pol que se produz el SAS vien dau por un desequilibriu, nel procesu de la inspiración, ente la presión negativa xenerada, que favorez el colapsu de los texíos blandios pa contra l'interior de la vía respiratoria, y l'aición de los músculos dilatadores de la farinxe, que son los encargaos de contrarrestar esi colapsu (figura 1).

Na etapa la infancia hai una riestra de situaciones qu'alteren la función d'esa musculatura de la farinxe. Per un llau tán los factores anatómicos, que provoquen una xuba de la resistencia de la vía aérea. Ye'l casu de la hipertrofia amigdalal y adenoidea (les anxines y vexetaciones), les malformaciones craniofaciales y la obesidá. Pel otu llau tán los factores neurolóxicos, que torguen el funcionamientu normal de los músculos dilatadores. Talos son los casos del parális cerebral infantil, les enfermedaes neuromusculares y hasta'l refluxu gastroesofáxicu.



### ARRIBA

**Figura 1.** Anatomía de la farinxe nun paciente normal (manzorga) y nun paciente con SAS obstructivu (mandrecha). El paquete muscular de la farinxe tupe la entrada d'aire a les vías respiratorias, orixináu por un desequilibriu ente la presión del aire y la fuercia de la musculatura.

Por too esto, el SAS ye un cuadru comórbidu de diferentes trestornos crónicos que puen asoceder na infancia. En dellos el SAS pue ser mui prevalente, constituyendo, por casu, un 30-45% de los neños con síndrome de Down, un 27% de los neños con discapacidá física y hasta un 50% de los neños con obesidá.

## REPERCUSIONES MÉDIQUES DEL SAS NEL NEÑU

Les consecuencies d'esti trestornu agóspiense básicamente en trés esferes.

### 1) Alteraciones cardiovasculares

La hipoxa intermitente que produz cada eventuu respiratoriu y la torga de les vías aérees superiores provoca una riestra de fenómenos que causen les complicaciones cardiovasculares.

- Disfunción autonómica: Efectos sobre'l tonu arterial, la frecuencia cardiaca y la presión arterial sistémica. Esto xenera un aumentu na incidencia d'hipertensión arterial (HTA), qu'amás suel tar asociáu tamién a la presencia d'obesidá nestos neños.
  - Cambeos na función y na parede ventricular: La presencia d'HTA y de SAS induz una remodelación cardiaca y una disfunción ventricular na edá adulta, llegando a ser hasta un factor qu'empobine a desenvolver *cor pulmonale* por una xuba de les resistencies vasculares de l'arteria pulmonar y xenerar hipertensión pulmonar.
- Dañu endotelial: Per aciu de cambeos na producción de sustancias vasoactivas, una xuba de los mediadores d'adherencia inflamatorios, una activación simpática con dañu endotelial direutu y, xunío a posibles susceptibilidaes xenéticas, el SAS pue xenerar

mecanismos d'inflamación sistémica y llegar a causar aeroxénesis.

### 2) Complicaciones endocrinometabóliques

- Retrasu nel crecimentu: Anguaño nun supón más d'un 5% de los casos de neños con SAS, pero nun ye un númberu despreciable.
- Síndrome metabólicu: Defínese como la xuntanza de resistencia a la insulina (prediabetes o diabetes), dislipemia, hipertensión y obesidá, con tolos problemes qu'ello acarreta na edá adulta.

### 3) Repercusiones neuroconductuales

- Trestornos neurocognitivos: Pue xenerar inatención, trestornu por déficit d'atención con hiperactividá y baxu rindimientu escolar.
- Síntomes depresivos: Enritabilidá, cansanciu, ánimu depresivu y falta d'interés poles actividaes diaries.
- Escesu de sueñu diurnu: Lo mesmo que cuasi toles patoloxíes de sueñu.

## DIAGNÓSTICU

Tradicionalmente nunca nun se-y dio importancia abondo a esta patoloxía na edá infantil. Pero cola creciente apaición d'obesidá en pacientes pediátricos y la mayor concienciación de la población sobre la posible presencia d'apnea del sueñu, anguaño detéctense más neños con alteraciones respiratorias o con síntomes que puedan suxerir una presencia actual o futura d'esta patoloxía.

La clave ta nel diagnósticu lo más tempranu posible, pol mor de les sos consecuencies na calidá de vida del neñu y del so entornu (morbilidad cardiovascular, neurocognitiva, alteración del crecimentu...). Poro, hai un creciente interés nel perfeccionamientu de téuniques de peñeráu y el desendolcu d'erbíes más cencielles que permitan algamar los resultaos diagnósticos más precisos aforrando lo más posible l'usu de téuniques más

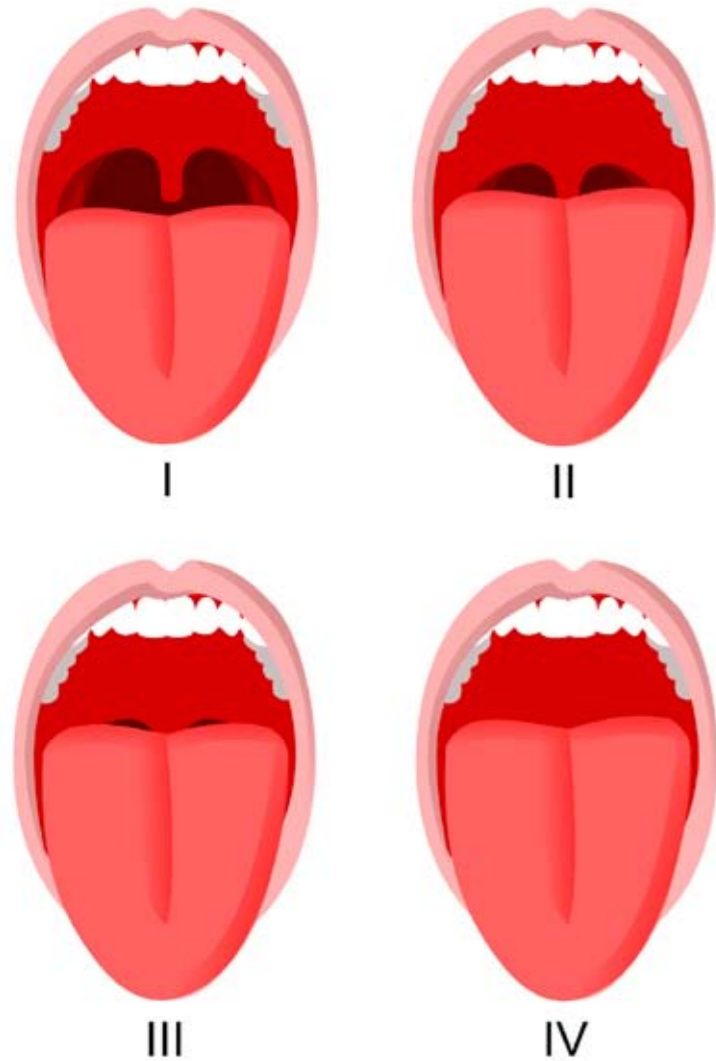
complexes y costoses como la polisomnografía o la poligrafía respiratoria, dexando estes últimes pa los neños nos que les primeres nun lleven a un diagnósticu seguru o pa los que seya importante'l resultáu por condicionar distintes actitúes terapéutiques (por casu, ventilación non invasiva frente a tratamientu quirúrxicu). D'esta manera llogramos una mengua na frecuentación futura de los servicios sanitarios y un amenorgamientu de la comorbilidad asociada.

L'atención sanitaria del SAS pue dividise en dos niveles: el de l'Atención Primaria y el de l'Atención Especializada, masque na práutica entrambos los dos niveles formen una continuidá nel procesu onde se suelen entemecer los procedimientos.

### 1) Atención Primaria

La detección inicial o la so sospecha correspuende-y, de xeneral, a los médicos d'Atención Primaria nel Centru de Salú. El diagnósticu al nivel del médicu de cabecera fínchase en dellos pegollos:

- **Historia clínica y anamnesis:** recalcar sobre manera nos antecedentes familiares (el SAS tien un claru componente xenéticu), nos asocedíos rellacionaos col sueñu y la respiración del neñu (posición de dormir, observación familiar de l'apnea, respiración pela boca, espertares frecuentes *de novo*, cambeos conductuales o nel rindimientu escolar, enuresis secundaria...) o la presencia d'un escesu de sueñu a lo llargo'l día. Ye mui recomendable incluyir na historia clínica'l test PSQ de Chervin pa trestornos respiratorios del sueñu, referente na sospecha de SAS en neños ente 2 y 18 años. Consta de 22 entruques orientaes a los trestornos respiratorios del sueñu y considérase patolóxicu (con una sensibilidá y especificidá superiores al 85%) nel puntu de corte del 33%.



**ARRIBA**

Figura 2. Clasificación del Índice de Mallampati: 1. Vense toles amígdalas, el pímpanu y el paladar duru y blandiu. 2. Vense'l paladar duru y blandiu, y la parte superior de les amígdalas y el pímpanu. 3. Vense'l paladar duru y blandiu, y la base del pímpanu. 4. Namás se ve'l paladar duru.

**DERECHA**

Figura 3. Esquema diagnósticu n'Atención Primaria. IVRS: Infeición de vías respiratorias superiores. TDAH: Trestornu por déficit d'atención con hiperactividá. PA: Presión arterial. PC: Percentil. IMC: Índice de masa corporal. HA: Hipertrufía adenoamigdalal. OM: Otitis media.

- **Esploración física:** a) Anatomía craniofacial y de les vías respiratorias altes: Respiración pela boca n'ausencia de procesos catarrales y presencia d'hipertrofia adenoamigdalal, retrognatia, índiz de Mallampati (figura 2); b) Esploración cardiopulmonar; c) Somatometría: pesu, talla, índiz de masa corporal, perímetru del pescuezu.
- **Pruebas complementaries:** al nivel d'Atención Primaria pue solicitase una radiografía llateral de farinxe, calcular l'índiz de Brouillette pal ronquiu o desaminar los vídeos domiciliarios aportaos polos padres, aunque son pruebas controvertíes pol duldosu rindimientu diagnósticu predictivu del SAS.

- **Criterios diagnósticos:** con tola información atopao nos pasos previos, afítense unos criterios mayores y menores pa conformar la indicación de derivación a una Unidá de Sueño. Considérense **criterios mayores** los problemas de deprendizaxe, que se duerma en clas más d'una vegada a la selmana, que presente una conducta del espectru del trestornu de déficit d'atención con hiperactividá, una presión arterial penriba'l percentil 85 pa la talla del neñu, que presente enuresis refractaria al tratamientu, un índiz de masa corporal penriba'l percentil 97 pa la edá o un índiz de Mallampati superior a 2 asociáu a hipertrofia adenoidea. Considérense **criterios menores** una hipercolesterolemia pa la edá,

presencia d'otitis medies o infeiciones de vías respiratorias superiores repetíes, l'asma o la rinitis alérxica, presencia d'história familiar (un proxenitor o trés familiares allegaos), arriendes d'una historia de prematuridá al nacer. Con 4 criterios mayores, o bien con 3 criterios mayores y 2 menores, el paciente ha derivase a la Unidá de de Sueño (figura 3).

**2) Atención Especializada: la Unidá de Sueño**

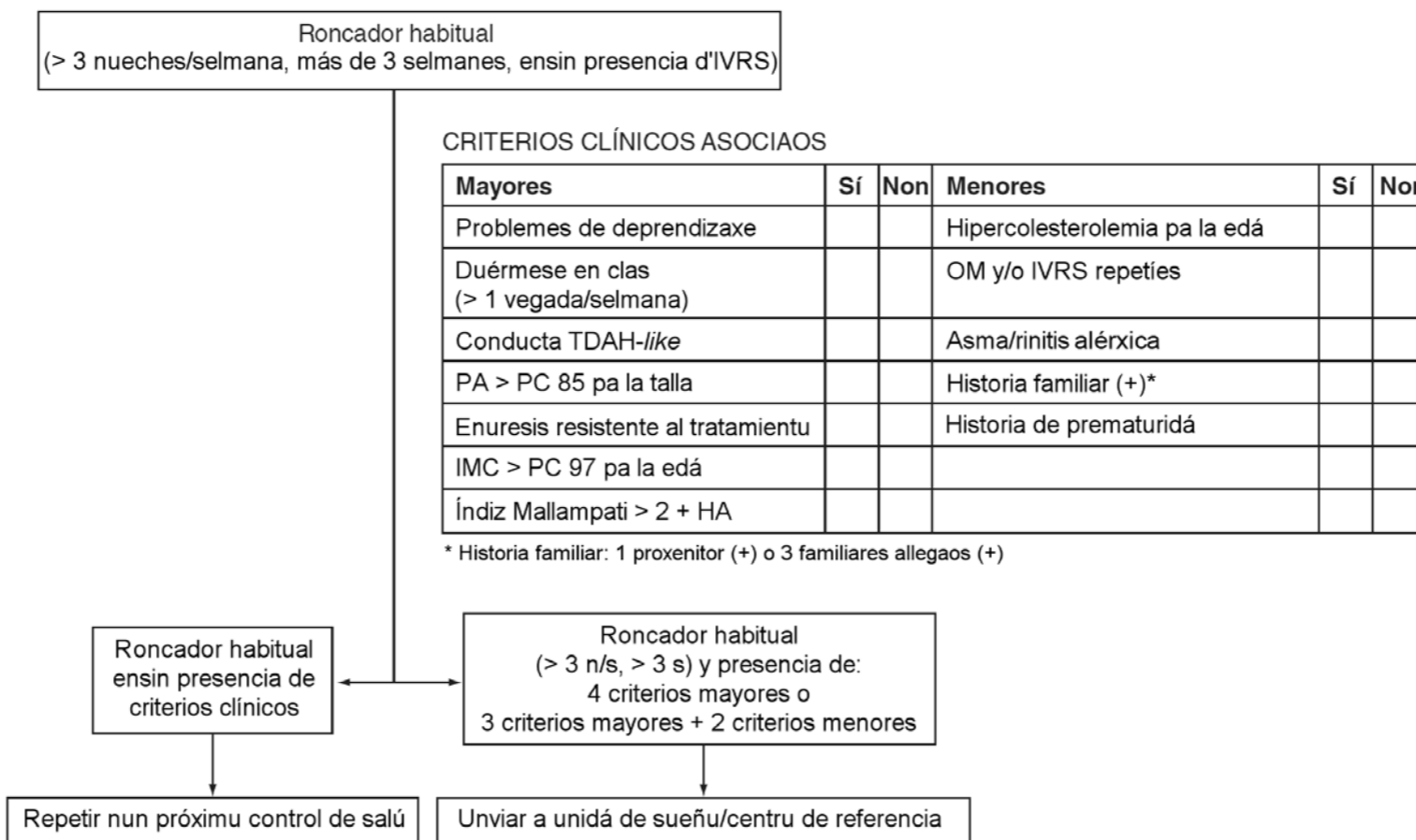
Énte la sospecha fundada d'un trestornu respiratoriu del sueño acordies cola estratexa diagnóstica realizada n'Atención Primaria, el neñu únviase a una Unidá de Sueño. Nesti nivel d'atención, amás de toles armes diagnóstiques comentaes, dispónense de delles téuniques adicionales.

- **Nasofibroscopia con endoscopi flexibile:**

permite ver l'estáu de la vía aérea superior, valorando les foses nasales, la presencia o non d'hipertrofia adenoidea, la permeabilidá de les coanes y posibles alteraciones de la llarinxe.

- **Poligrafía respiratoria:**

son sistemas portátiles diseñaos pal so usu nel llar del paciente, pero que namás inclúin la midición de variables cardiorrespiratorias, ensin valorar les variables neurofisiolóxiques (que son les que monitoricen l'actividá cerebral a lo llargo del sueño, analizándolo en conxuntu coles variables cardiorrespiratorias). Cola poligrafía respiratoria rexístrase: fluxu oronasal, esfuerciu respiratoriu, saturación d'osíxenu, posición corporal, ronquiu y frecuencia cardiaca. Ye una téunica non vixilada, de xeneral realizada nel llar del neñu, y que nun permite la intervención a lo llargo del procesu. Rexístrase l'actividá nel sueño nocherniegu, un sueño que tien que ser espontaneu (non inducíu por fármacos), normalmente ente les



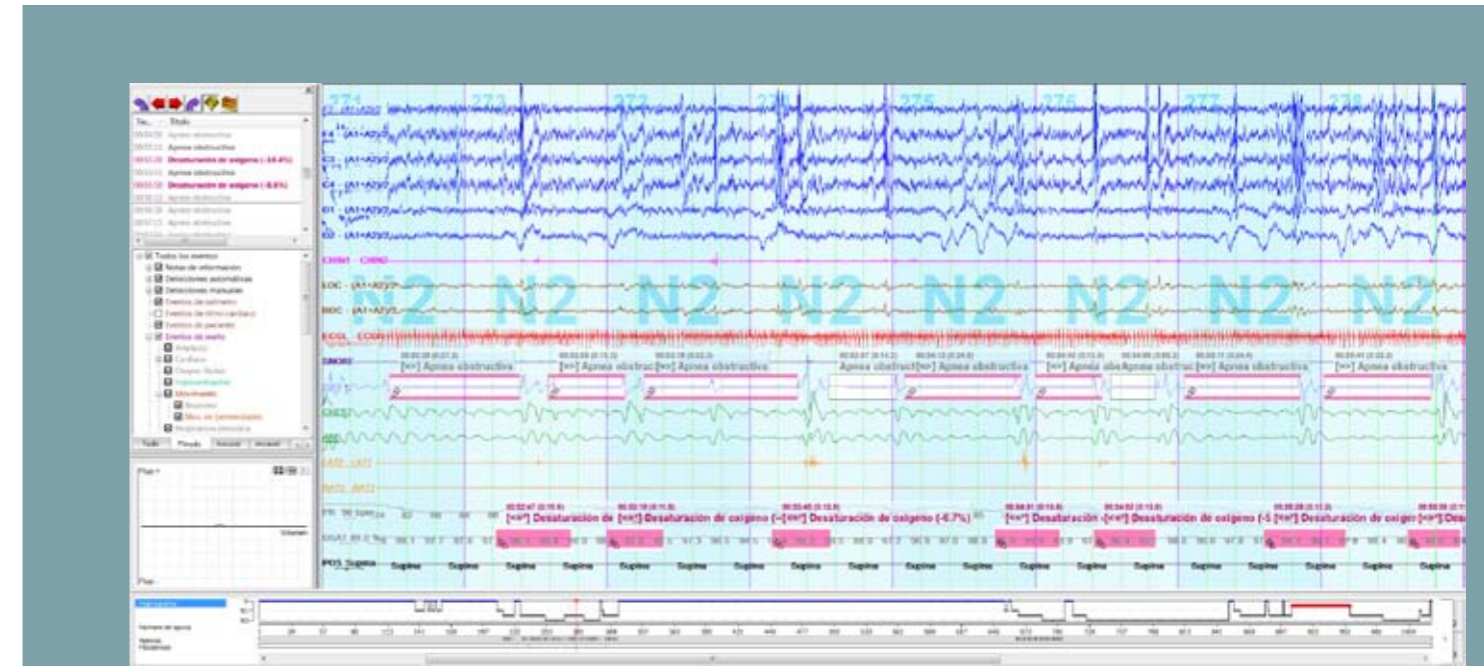


**IZQUIERDA**

**Figura 4.** Colocación de los electrodos de rexistru de la polisomnografía nun neñu.

**DERECHA**

**Figura 5.** Imaxe que corresponde a un total de 4 minutos del rexistru de sueño de la polisomnografía, onde se puen ver toles variables incorporaes. D'arriba p'abaxo, n'azul l'electroencefalograma, en rosa'l tonu muscular nel cazu, en marrón los movimientos oculares, n'encarnáu l'electrocardiograma, n'azul escuro los ronquíos, n'azul más claro'l fluxu aereu oronasal, en verde escuro l'esfuerciu respiratoriu del tórax y l'abdome, en naranxa los movimientos d'estremidaes, en buxu la frecuencia cardíaca y la saturación d'osíxenu y en prietu la posición corporal. Esta imaxe ta enllena d'eventos respiratorios marcaos como "Apnea obstructiva".



22 hores y les 8 hores del día viniente. Como nun rexistra variables neurofisiolóxiques, escápense los microespertares que se puedan producir, y nun permite rexistrar el tiempu real de sueño, polo que los datos calcúlense falsamente pol tiempu que se permanez na cama en cuenta de pol tiempu real de sueño (coses distintes, yá que nun se ta dormiendo tol tiempu que se ta na cama). Ta indicada en pacientes con alta o baxa sospecha de SAS. Si la sospecha ye media, o si la poligrafía respiratoria resultó negativa pero hai una alta sospecha clínica de carecer SAS, tien que se facer una polisomnografía completa.

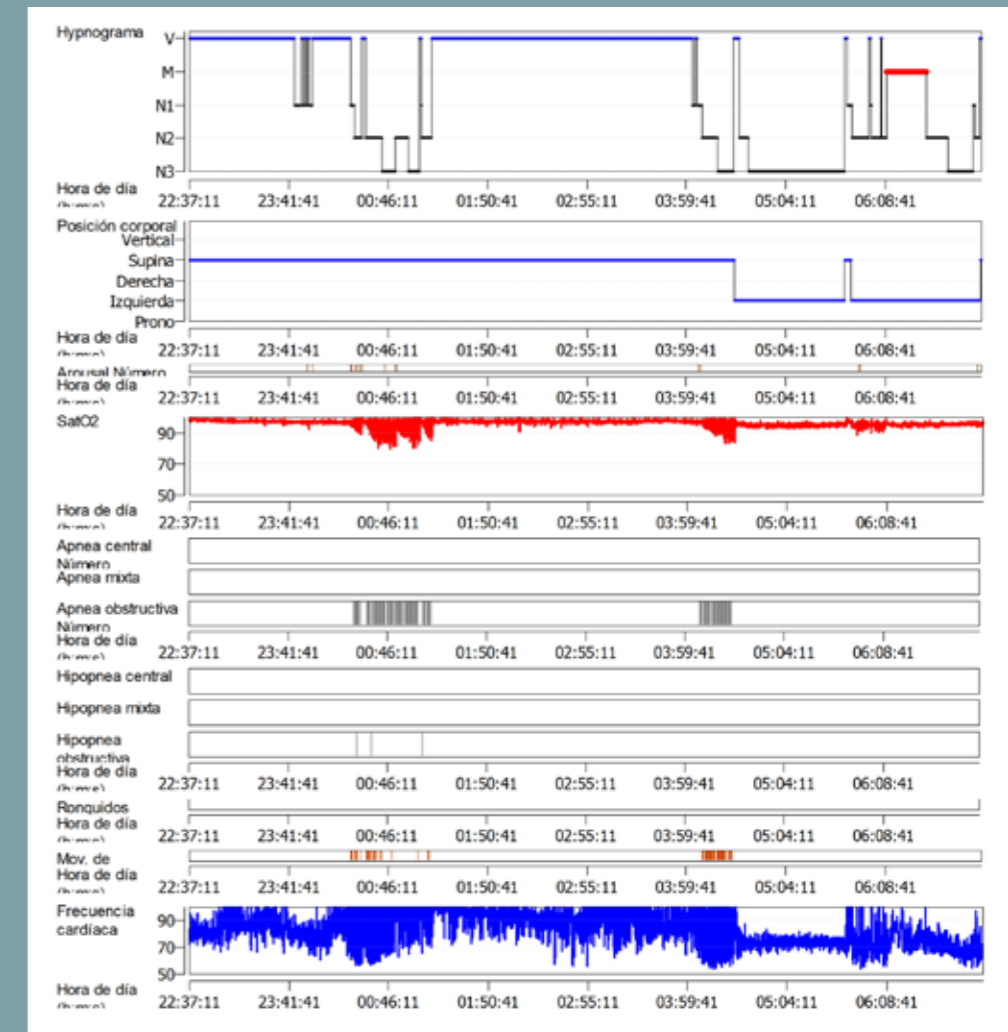
• **Polisomnografía nocherniega:** la polisomnografía nocherniega realizada nun llaboratoriu de sueño ye la téunica de referencia pal diagnósticu de SAS nos neños (figura 4). Consiste nel rexistru continuu y supervisáu del estáu de vixilia y de sueño espontaneu

(non inducíu farmacológicamente), per aciu de variables tanto cardiorrespiratorias como neurofisiolóxiques:

- Cardiorrespiratorias: les yá comentaes nel apartáu de la poligrafía respiratoria: fluxu oronasal (valora apnees, hipopnees y llimitaciones del fluxu), esfuerciu respiratoriu (clasifica les anomalíes respiratorias en centrales, obstructives o mistes), saturación d'osíxenu ( $O_2$ ) y de dióxidu de carbonu ( $CO_2$ ), frecuencia cardíaca, ronquíos, posición corporal y movimientos d'estremidaes (rexistruao nos músculos tibiales anteriores, allugaos nes espiniyes).
- Neurofisiolóxiques: L'electroencefalograma (actividá cerebral, pela que se rexistra la presencia y la fondura del sueño), y l'electrooculograma y l'electromiograma submentonianu (valoren los movimientos oculares y el tonu

**DERECHA**

**Figura 6.** Informe del resume de tola nueche d'una polisomnografía. D'arriba p'abaxo, l'hipnograma (la fondura del sueño, dende la vixilia [V], pasando peles fases N1, N2 y N3, hasta'l sueño REM [M]), la posición corporal, la saturación d'osíxenu, los eventos respiratorios, los ronquíos, los movimientos d'estremidaes y la frecuencia cardíaca.



muscular pa determinar la presencia de fase REM).

Per aciu de la polisomnografía (figures 5 y 6) rexístrense toles alteraciones respiratorias qu'asoceden a lo llargo la nueche, quedando determinao en qué fase del sueño se producen. Estes alteraciones puen ser:

**a) apnees:** una baxa nel fluxu respiratoriu de más d'un 90% de la basal (figura 7);



**ARRIBA**

Figura 7. Detalle de la figura 5 onde se ve a mayor aumentu una apnea obstructiva. La gráfica azul muestra que nun hai fluxu d'aire, mentes que les gráficas verdes indiquen que sigue habiendo esfuerriu respiratoriu. La duración total d'esti eventu concretu ye de 27,2 segundos.

**b) hipopnees:** una baxa nel fluxu respiratoriu d'ente un 50 y un 90% de la basal, asociada a un espertar (*arousal* n'inglés) y/o a una baxa de la saturación d'osíxenu d'un 3% o más de la basal;

**c) RERA** (*Respiratory Event Related with Arousal*, eventu respiratoriu rrellacionáu con un espertar): Una baxa nel fluxu respiratoriu de menos del 50% que s'acompaña de ronquíu, aumentu del dióxidu de carbonu y un espertar; **d) hipoventilación:** una xuba penriba del 50% del CO<sub>2</sub> nun mínimu del

25% del tiempu total del sueño de la nueche (tabla 1).

La duración d'estos eventos tien que ser igual o mayor de 10 segundos pa la edá adulta, pero pa la edá infantil síguese un criteriu más acutáu de 5 segundos, por cuenta de que ta demostrao que nos neños yá s'observen cayíes de la saturación d'osíxenu significatives nesi espaciu de tiempu tan curtíu.

Tanto les apnees como les hipopnees puen ser de trés clases diferentes: **a) obstructives**, si la cayida del fluxu ye por una torga de la vía aérea, polo que va haber un esfuerriu respiratoriu que va tentar de reestablecer el fluxu d'aire; **b) centrales**, si la cayida del fluxu se debe a una falta del impulsu de respiración del sistema nerviosu central, polo que

nesti casu nun va haber esfuerriu respiratoriu; **c) mestos**, cuando cai el fluxu nun habiendo esfuerriu respiratoriu al principiu, pero recuperando esti últimu na segunda metá del eventu.

Una y bones tipificaos tolos eventos respiratorios, cuantifíquense y rrellaciónense cola fase de fondura del sueño na que se producen. Col rexistru de polisomnografía tamién se calculen otre munches variables que puen indicar la presencia d'otres patoloxíes del sueño, pero que nun son el tema que tamos tratando.

**CLASIFICACIÓN DIAGNÓSTICA DEL SAS EN NEÑOS**

Colos datos atropaos na polisomnografía calcúlase, amás d'otros parámetros (tabla 2), l'índiz d'apnea-hipopnea (IAH), que nun ye otro que'l númeru d'eventos respiratorios qu'asoceden nuna hora de sueño.

<b>Apnea obstructiva</b>	Cayida de l'amplitú de la señal del fluxu aereu mayor o igual al 90% a lo llargo de más del 90% del total del eventu, comparao col nivel basal.	Persistencia o aumentu del esfuerriu inspiratoriu a lo llargo'l periodu de mengua del fluxu oronasal.
<b>Apnea mesta</b>		Ausencia d'esfuerriu inspiratoriu na primer parte del eventu, siguiu de resolución del esfuerriu inspiratoriu primero de la fin del eventu.
<b>Apnea central</b>		Ausencia d'esfuerriu inspiratoriu a lo llargo tol eventu.
<b>Hipopnea</b>	Cayida de l'amplitú de la señal del fluxu aereu mayor o igual al 50% del total del eventu, comparao col nivel basal.	La cayida de l'amplitú del fluxu oronasal tien que durar más del 90% de tol eventu respiratoriu, comparao cola amplitú precedente al eventu. L'eventu ta asociáu con un <i>arousal</i> o desaturación d'osíxenu superior al 3%.

**ARRIBA**

Tabla 1. Criterios pa la tipificación de los eventos respiratorios siguiendo les recomendaciones de l'AASM (American Academy of Sleep Medicine, Academia Americana de Medicina del Sueño).

**ABAXO**

Tabla 2. Valores normales de la polisomnografía en neños.

Parámetru	Valor normal	Comentarios
TTS (hores)	>6 h	Tiempu total de sueño
Eficiencia del sueño (%)	>85%	Tiempu del rexistru que ta dormíu
Sueño REM (%)	15-30%	Tiempu en REM sobre'l TTS
Sueño N3 (sueño fondu) (%)	10-40%	Tiempu en N3 sobre'l TTS
Índiz d'apnea (n <sup>u</sup> /hora)	<1	Eventos per hora
Picu CO <sub>2</sub> (mmHg)	<53	
Nadir saturación O <sub>2</sub> (%)	>92%	
Desaturación O <sub>2</sub> superior al 3% (n <sup>u</sup> /hora)	<1,4	Eventos per hora

Lo mesmo que la duración de los eventos respiratorios tienen criterios distintos según falemos de población adulto o infantil, la determinación del grau d'intensidá del SAS tamién ye más restrictivu nel grupu de los neños. Asina, acordies col *Grupo de Consenso Español del Síndrome de Apneas/Hipopneas durante*

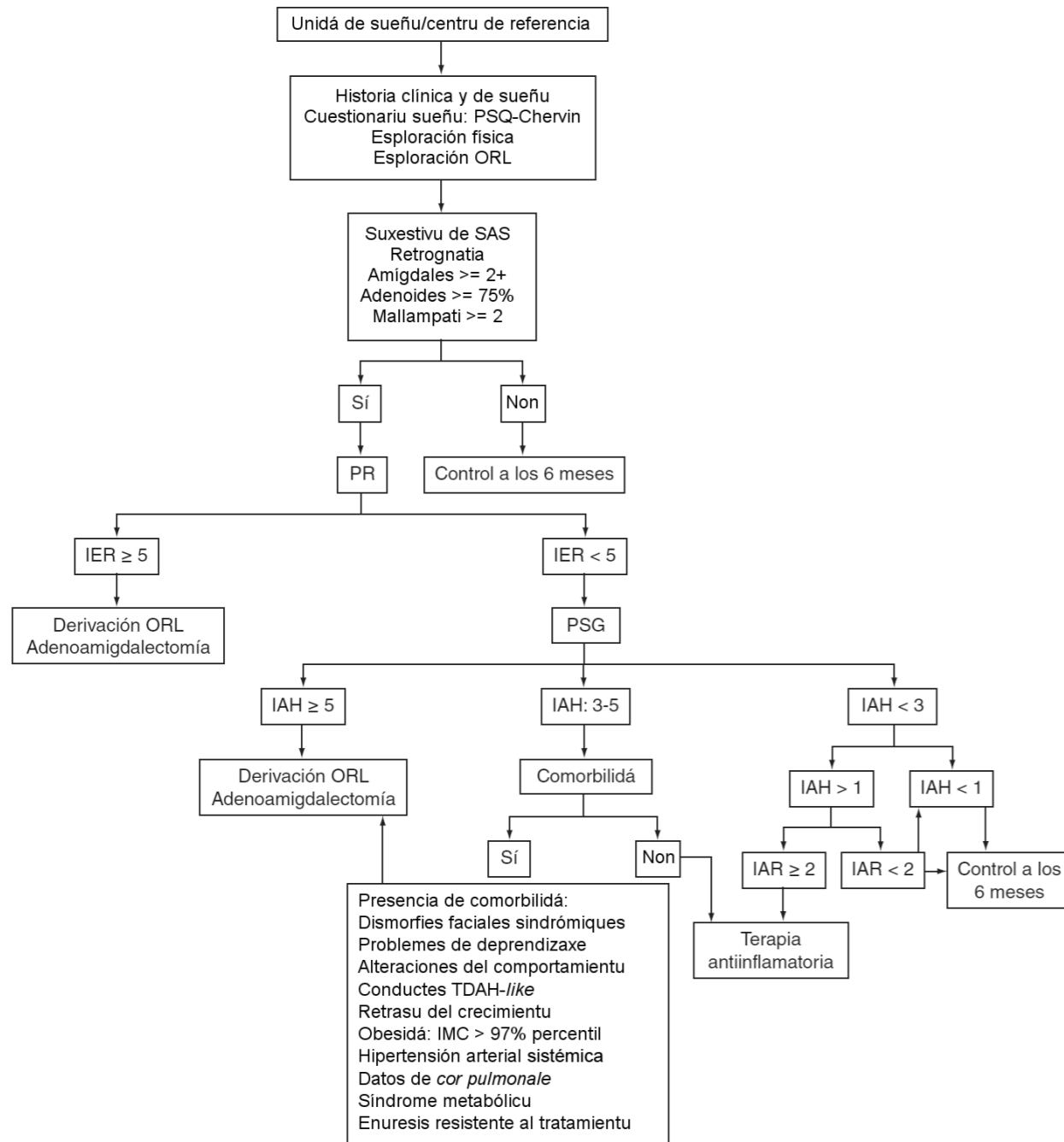
*el sueño*, podemos falar de **normalidá** cuando l'índiz d'apnees-hipopnees ye inferior a 3 (ye dicir, que'l neñu tenga menos de 3 eventos respiratorios per hora de sueño), d'un grau **leve** si l'índiz ye ente 3 y 5, d'un grau **moderáu** si l'índiz ye ente 5 y 10, y d'un grau **grave** si l'índiz ye mayor de 10.

**ABAXO**

**Figura 8.** Esquema diagnósticu nuna Unidá de Sueñu. *ORL:* Otorrin. *SAS:* Síndrome d'apnea del sueñu. *PR:* Poligrafía respiratoria. *IER:* Índiz d'eventos respiratorios. *PSG:* Polisomnografía. *IAH:* Índiz d'apnees-hipopnees. *IAR:* Índiz d'alteraciones respiratorias (inclúi les apnees-hipopnees y los RERA). *TDAH:* Trestornu por déficit d'atención con hiperactividá. *IMC:* Índiz de masa corporal.

**ESQUEMA DIAGNÓSTICO-TERAPÉUTICU DEL SAS EN NEÑOS**

Según el grau d'intensidá del SAS, la estratexa terapéutica ye distinta. Pue vese espeyada na figura 8, onde queda afitao que con un índiz d'eventos respiratorios (IER) igual o mayor de 5



na poligrafía respiratoria, o un IAH igual o mayor de 5 na polisomnografía (ye dicir, un grau moderáu o grave del SAS), el neñu precisa tratamientu. Nel casu d'un grau leve (índiz ente 3 y 5 na polisomnografía), únicamente precisen tratamientu los pacientes que presenten comorbilidad. El restu los neños que nun cumplan estos criterios tienen que pasar un control de los síntomas (y probablemente de les pruebes) a los 6 meses, reevaluando nesu momentu la necesidá o non de tratamientu.

**TRATAMIENTU**

Nesti apartáu tamién hai diferencies al respetu de los adultos. Al aviesu que nestos, onde'l tratamientu habitual ye la terapia de ventilación con presión positiva continua de les vías superiores (CPAP, *Continuous Positive Airways Pressure*), nos neños el tratamientu d'eleición ye'l quirúrxicu, quedando la CPAP como segunda llinia de tratamientu nel casu que nun se solucione col tratamientu quirúrxicu.

**1) Tratamientu quirúrxicu**

El tratamientu quirúrxicu habitual ye l'adenoamigdalectomía (quitar les anxines y les vexetaciones). Consigue la normalización del cuadru respiratoriu nocherniegu, de los síntomas diurnos y la reversión, en bien de casos, de les complicaciones cardiovasculares, les alteraciones neurocognitives, el retrasu del crecimientu y la enuresis. Los estudios asoleyen una eficacia mui variable, pero que pue llegar hasta'l 78% de los casos de SAS infantil.

Tolos neños tienen que se reevaluar depués de la ciruxía, pa comprobar la resolución del problema.

Otros procedimientos quirúrxicos que se puen aplicar yá en casos selesionaos, son:

- Septoplastia: Modificación del tabique la nariz.

- Uvulofaringopalatoplastia: Modificación del pímpanu y el paladar.
- Epiglotoplastia: Modificación de la epiglotis.
- Glosopexa: Fixación de la llingua na so base d'implantación.
- Ciruxía maxilomandibular: Modificación de la quexada y de los güesos maxilares.

**2) Presión positiva continua na vía aérea superior (CPAP)**

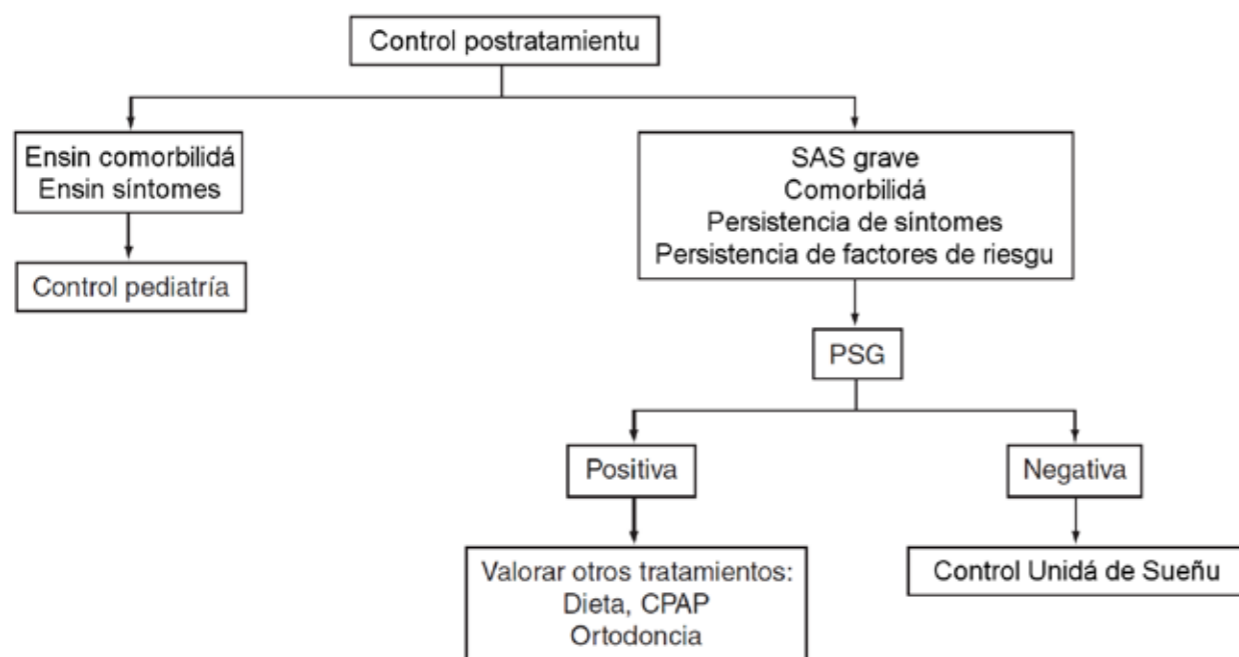
La CPAP consiste nel usu d'un dispositivu provistu d'una turbina que tresmite una presión determinada (manual o automáticamente) d'aire per aciu d'un mázcaru nasal o nasobucal fixáu con unes cinches a la cabeza'l paciente. El sistema xenera un fluxu y una presión d'aire a la vía aérea superior, torgando que se zarre'l conductu del sistema respiratoriu a lo llargo la nueche.

Corrige les apnees obstructives, les mestes y en dalgunos casos les centrales, desancia les hipopnees y quita'l ronquío. Evita la desaturación d'osíxenu, los espertares (*arousals*) que se producen polos eventos respiratorios y normaliza l'arquitectura del sueñu.

La CPAP nun ye un tratamientu curativu, polo que'l so usu ye continuáu, teniendo que se consiguir el cumplimientu afechiscu pa que seya efeutivu. Ta indicáu como segunda llinia de tratamientu del SAS en neños por cuenta de que los más d'ellos meyoren cola adenoamigdalectomía. Nun pequeñu grupu van precisar tratamientu con CPAP, siendo de xeneral neños que presenten obesidá, alteraciones craneofaciales o enfermedaes neuromusculares amás de la hipertrofia adenoamigdalar, o bien neños que nun tienen hipertrofia adenoamigdalar.

**3) Otros tratamientos**

Delles vegaes nun ye abondo con estes dos estratexes terapéutiques, teniendo que recurrir a otros tratamientos, ente los que tán:



- **Oxigenoterapia:** meyllora la saturación d'osíxenu pero nun muda nin la cantidá nin la duración de les apnees. Amás pue facer que xuban los niveles de CO<sub>2</sub>, polo que tienen que tar bien monitorizaos cuando reciben esti tratamientu.
- **Tratamientu conservador:** la dieta ye una de les primeres midies qu'hai qu'afitar nun neñu obeso, pero pue ser poco efeutivu. Con frecuencia, los neños con SAS puen tener un pesu normal. En neños obesos con hipertrofia adenoamigdalar la primer opción de tratamientu sigue siendo l'adenoamigdalectomía.
- **Tratamientu farmacolóxicu:** nos neños con SAS suel haber inflamación de la mucosa nasal y son más frecuentes les rinitis alérxiques. El tratamientu con corticoides tópicos nasales meyllora los síntomas d'obstrucción nasal nos neños con hipertrofia adenoidea moderada-grave, y puen menguar el tamañu de les adenoides.

**ARRIBA**

**Figura 9.** Control después del tratamientu quirúrxicu. SAS: Síndrome d'apnea del sueño. PSG: Polisomnografía. CPAP: Presión positiva continua de les vies aérees superiores.

- **Tratamientu ortodónticu:** pue ser útil nel tratamientu de los neños con alteraciones craniofaciales, un claru factor de riesgo del SAS. Como norma xeneral, la estratexa postratamientu quirúrxicu ye'l control pol pediatra d'Atención Primaria nel casu de nun presentar síntomas nin comorbilidad. De seguir presentándolos, hai que repetir la polisomnografía, de manera que si ye normal van continuase los controles al traviés de la Unidá de Sueño, y si sigue siendo patolóxica hai que valorar dalgún de los demás tratamientos comentaos (figura 9).

**CONCLUSIONES**

El SAS ye una patoloxía altamente prevalente nel grupu infantil y que ta siendo detectada cada vez más gracias a la mayor conocencia d'ello per parte de la población.

Hai diferencias na etiología, na presentación clínica, nel diagnósticu y nel tratamientu al respetive de la población adulto, siendo más

restrictivos los parámetros diagnósticos y más agresives les actuaciones terapéutiques (prevallez la ciruxía penriba'l tratamientu con CPAP).


La polisomnografía sigue siendo hasta'l momentu la prueba diagnóstica de referencia pa la so detección y cuantificación exautes.

**Referencies bibliográfiques**

American Academy of Sleep Medicine (2014). International classification of sleep disorders: diagnostic and coding manual, ICSD-3.

Alonso-Álvarez M.L. *et al.* (2011). Documento de consensu del síndrome de apneas-hipopneas durante el sueño en neños. *Arch Bronconeumol.* 47(Supl 5):1

Mediano O., González Mangado N., Montserrat J.M. *et al.* (2022). Documento internacional de consensu sobre apnea obstructiva del sueño. *Arch Bronconeumol.* 58:52-68



# Usu de la enerxía solar nel ámbitu de la metalurxa ya la ciencia de los materiales

*Pintura de Giulio Parigi onde s'amuesa l'emplegu d'espeyos pa fundir barcos nel Asediu de Siracusa. (Fonte: Dominiu públicu, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9007560>)*

Por **Daniel Fernández-González**

Investigador Juan de la Cierva Formación  
Centru d'Investigación en Nanomateriales ya Nanoteunoloxía (CINN)  
CSIC, Universidá d'Uviéu, Gobiernu del Principáu d'Asturies  
*L'Entregu (Samartín del Rei Aurelio, Asturias)*

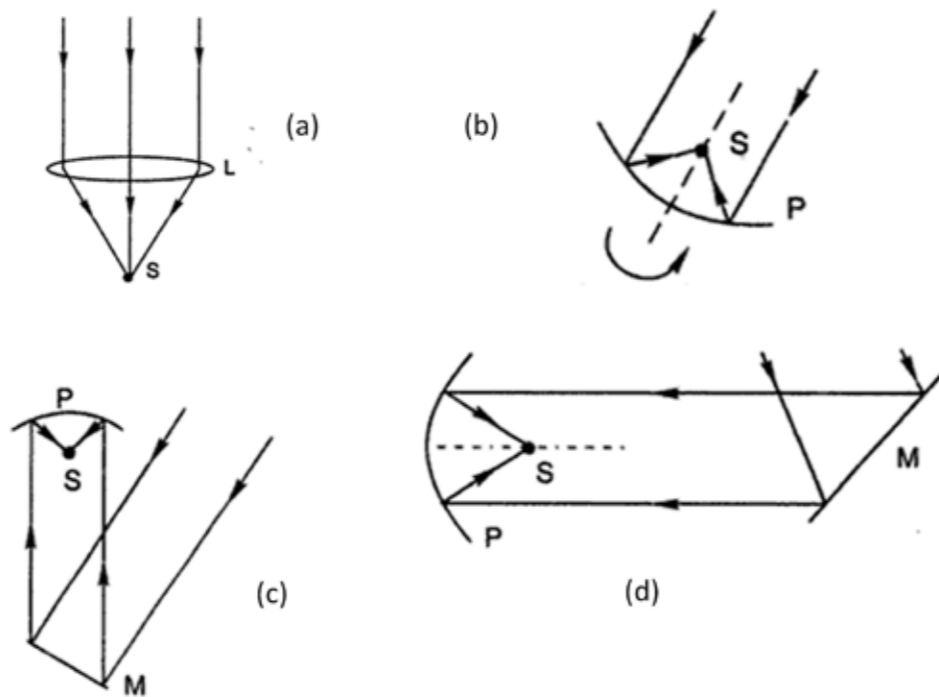
Esti trabayu ye un resume de la tesis doctoral *Aplicaciones de la enerxía solar concentrada en Metalurxia ya Ciencia de los Materiales* defendida en 2019 y que pue atopase en <http://hdl.handle.net/10651/54017>

El consumu d'enerxía ye una de les midies del progresu ya'l bienestar de les sociedaes modernes. Ye, por esti motivu, qu'en cuantes hai una guerra, cambeos nel mercáu o cualesquier otra torga nel afluyir socioeconómicu, xurden crisis enerxétiques o de materiales con consecuencies mui significatives. Un exemplu claru foron les crisis del petroleu de 1973 ya 1979, responsables del esporpolle de la investigación na enerxía solar, n'especial nel ámbitu del aprovechamientu enerxéticu, ya, por esti motivu, de la construcción de numberoses instalaciones solares nesti periodu.

Güei, los conceutos «transición enerxética», «economía circular» o «eficiencia enerxética» tán en boca de persones de tolos campos, amás d'en polítiques d'investigación de países, especialmente nos desarrollaos, ya n'empresas. Nestes últimes apaecen col envís d'aforrar perres ya enerxía, asina como p'ameyorar la salú ya calidá de vida de la xente que vive na redolada de les industries. Busquen tamién amenorgar el volume de residuos xeneraos nos procesos industriales, mesmo qu'atopar nuevos materiales que puean reemplazar otros nuna xera determinada.

Munches son les formes d'enerxía nomaes renovables por atopase en cantidaes escomanaes, que les faen cuasi inacabables o que se puen rexenerar d'un mou natural. Esto fai que seya posible falar de biocombustibles, biomasa, xeotermia, enerxía hidráulico, solar o eólico, ente otres formes d'enerxía renovable. Sicasí, la enerxía solar ye la más interesante nel ámbitu de la metalurxa ya na ciencia de materiales, yá que, pola mor de la concentración d'esta enerxía, puen algamase temperatures mui altes col usu de lentes o espeyos.

Les lentes concentren la radiación gracias a mecanismos de refracción, mientras que los es-



**ARRIBA**  
**Figura 2.** (a) Forno solar de tipu direutu ya una sola lente. L, lente; S, muestra; (b) Reflector parabólicu. P, espeyu parabólicu; S, muestra; (c) Concentrador parabólicu d'ixa vertical; (d) concentrador parabólicu d'ixa horizontal. P, espeyu parabólicu; M, heliostatu; S, muestra.

peyos, basaos en dellos planos o curvos, puen ser direutos, si la radiación cambia de direición namás una vegada, como por exemplu nos reflectores parabólicos, los discos Stirling o los reflectores parabólicos lliniales, o indireutos, si lo fai más d'una vez, xeneralmente dos. Pa esti últimu casu, los espeyos empleguen un heliostatu, ye dicir, un reflector planu ya un concentrador parabólicu que faen converxer la radiación nuna superficie d'unos centímetros cuadraos. Na Figura 2 resúmense los principales tipos de concentradores o fornos solares.

### DELLES NOTES HISTÓRIQUES

Primero d'entamar coles aplicaciones modernes nel campu de la metalurxa ya la ciencia de materiales, vamos establecer los oríxenes del emplegu de la enerxía solar con estes aplicaciones. Dende'l puntu de vista históricu, el primer usu pue atopase nel periodu romanu, concretamente nel asediu de Siracusa (Segunda Guerra Púnica, 215 enantes de Xesucristu), nel que, cuenta la lleenda, Arquímedes emplegó espeyos pa destruir la flota Romana (Rossi, 2010): ver portada del artículu.

Sin embargu, la primer ya más importante aplicación de la enerxía solar nel tratamientu de materiales foi, ya ye, el secáu al sol de los lladriyos d'adobe, que se fai dende

va polo menos 10.000 años (Revuelta-Acosta *et al.*, 2010, Rodríguez & Soroza, 2006). No que cinka a la investigación de llaboratoriu, los primeros trabayos son del xermanu E. W. Von Tschirnhaus. El matemáticu diseñó, construyó ya trabayó con lentes ya espeyos pa concentrar la enerxía solar ya asina fundir fierro ya fabricar cerámica. Otros investigadores tamién trabayaron con espeyos ya lentes na Edá Moderna ya Contemporánea (Fernández-González *et al.*, 2018a):

- Cassini, nel sieglu XVII, diseñó una lente d'un metru de diámetru cola qu'algamó temperatures penriba de los 1.273 K ya fundió fierro ya plata.
- Lavoisier, nel sieglu XVIII, tamién fundió fierro ya averóse al puntu de fusión del platin. Esti mesmu investigador amosó que ye posible'l tratamientu de metales emplegando atmósferes especiales como, por exemplu, el nitróxenu.
- Félix Trombé, tres de la Segunda Guerra Mundial, foi quien a algamar el puntu de

fusión de cerámiques refractaries (alúmina, óxidu de cromu, zirconia, hafnia ya toria).

Foi precisamente Felix Trombé, xunto con Marc Foex ya Charlotte Henry La Blanchetais, el que siguió coles investigaciones de Lavoisier nel periodu 1946-1949 en Meudon (Francia). Ellí construyeron un fornu solar de concentrador parabólicu de 2 kW qu'emplegaron na química ya metalurxa d'altas temperatures pa dempués construir otru en Mont-Louis (Figura 3) de 50 kW. Poro, pue dicise qu'estos fornos foron los precursores del llevantáu más alantre n'Odeillo, que supón el centru francés de referencia pa la investigación nel ámbitu de la enerxía solar. Por embargu, la mayor parte de los fornos solares



**ARRIBA**  
**Figura 3.** Forno de Mont-Louis. El que fora la primer instalación solar tres de la Segunda Guerra Mundial, ya precursora del fornu solar d'Odeillo, ye güei un llugar d'interés turísticu que se pue visitar.



foron construyíos dempués de la primer crisis del petroleu nos años 70 (Fernández-González *et al.*, 2018a):

- PSA, Plataforma Solar de Almería (entamos de los 80, fornu solar de 60 kW, torre solar de 3.360–7.000 kW), dedicada, sobre too, a la investigación nel campu de l'aplicación enerxética.
- CENIM-CSIC ya UCLM (años 90, equipu de lente de Fresnel de 0,6 kW).
- PROMES (Procédés, Matériaux et Énergie Solaire, CNRS), centru d'investigación principal dedicáu a la pareya enerxía solar-materiales, que tien el so orixe en Mont-Louis, aunque'l fornu solar d'Odeillo ye la instalación que s'emplega anguaño (finales de los 60, diferentes fornos de 0,9 kW, 1,5 kW, 6 kW ya 1.000 kW) (Figura 4).
- Fornu solar de L'Uzbequistán (construyíu en 1981, 1.000 kW).
- DLR (Centru Aeroespacial Xermanu), fornu solar d'altu fluxu en Colonia-Porz (1994, potencia > 22 kW) onde tienen abonda esperiencia na prueba de materiales.
- Llaboratoriu de Teunoloxía Solar nel Paul Scherrer (PSI), entamáu en 1988 en Villigen (Suiza). Nesti centru ye posible atopar un fornu solar d'altu fluxu (1997, 40 kW), ya una planta pilotu solar de 300 kW (encargada en 2005, proyeutu de la EU SOLZINC) pa facer la reducción carbotérmica del óxidu de cinc. Cuenta tamién con una planta solar pilotu de 100 kW (encargada en 2011, proyeutu BFE Solar2Zinc) pa llograr la disociación térmica del óxidu de cinc y, d'esta manera, producir cinc ya gas de síntesis.
- Weizmann Institute of Science d'Israel (torre solar de 3.000 kW, de finales de los 80 ya fornu solar de 50 kW d'entamos de los 80).

- National Solar Thermal Test Facility (NSTTF) del Departamentu d'Enerxía de los Estaos Xuníos (1979, fornu solar de 16 kW).
- National Renewable Energy Laboratory (NREL) (1977), tien un fornu solar d'altu fluxu de 10 kW en funcionamientu dende 1990 en Golden (Colorado, Estaos Xuníos).
- Korea Institute of Energy Research (KIER) (d'entamu del sieglu XXI, fornu solar de 40 kW ya concentrador de tipu discu de 10 kW), dedicáu a aplicaciones de la enerxía solar nel campu de la xeneración enerxética.
- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) (entamu del sieglu XXI, torre solar de 500 kW), que, amás de con materiales, trabaya les aplicaciones de la enerxía solar na xeneración enerxética.

Dalgunos d'estos llaboratorios entamaron delles investigaciones nel campu de los materiales cola prueba de materiales baxo condiciones de mui alta temperatura, por exemplu, el sistema de proteición térmica del tresbordador espacial Hermes probóse na Plataforma Solar d'Almería al empiézu de los 90. Sicasí, aliances como Solab (Alliance of European Laboratories for Research and Technology on Solar Concentrating



#### ARRIBA

**Figura 4.** El Fornu Solar d'Odeillo, asitiáu na llocalidá de Font Roméu-Odeillo-Via (Francia), ye ún de los más grandes centros d'investigación nel campu de la enerxía solar. Pertenez al PR0cédés Matériaux et Énergie Solaire del Centre National de la Recherche Scientifique (PROMES-CNRS). Ellí puen atopase bien de fornos más pequeños dedicaos a la investigación básica nos campos de la enerxía ya los materiales.

Systems, 2004) ya programes d'investigación de la Xunión Europea (SFERA, Solar Facilities for the European Research Area, 2009–2023) dieron un emburrión, sobre too nel continente européu, a la investigación nel campu. Nesti artículu van presentase delles investigaciones d'enerxía solar venceyaes al ámbitu de la metalurxa ya la ciencia de materiales.

### DESENVOLVIMIENTU DE LA ENERXÍA SOLAR PA COLA METALURXA YA LA CIENCIA DE MATERIALES

Darréu van desplicase dalgunes de les aplicaciones de la enerxía solar nel ámbitu de la metalurxa ya la ciencia de materiales:

- Siliciu: esti elementu emplégase en bien de campos, por exemplu, na electrónica, la metalurxa (aleaciones) ya na industria fotovoltaica. El siliciu fabricase anguaño por reducción carbotérmica de siliz en fornos llétricos. Existen distintes calidaes dependiendo del usu al que tean destinaes; el grau electrónicu (99,99999% Si), el metalúrxicu (99% Si), ya'l solar, de calidá intermedia ente los otros dos. Sicasí, toos ellos comparten l'emplegu de procesos enerxéticamente intensivos, ye dicir, necesiten muncha enerxía p'algamar l'elementu. Esti material foi oxetu d'estudiu de dellos investigadores que trataron de producilu al traviés d'enerxía solar concentrao. Exemplu d'esto ye la propuesta de Murray *et al.* (2006), que trabayó nun procesu basáu en dos etapes. Na primera produciríase nitruru de siliciu ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) per aciú de la reducción del óxidu de siliciu ( $\text{SiO}_2$ ) emplegando carbonu 4 hores a temperatures perriba los 1.173 K n'atmósfera de nitróxenu. Na segunda disociaríase'l nitruru de siliciu en siliciu ya nitróxenu. Otru exemplu d'investigación ye'l de Lotzenhiser *et al.* (2010), que fai la reducción carbotérmica del  $\text{SiO}_2$  a temperatures nel rangu de 1.997-2.263 K en condiciones de vacíu ya emplegando enerxía solar. Aunque l'emplegu de la enerxía solar podría tener sentíu na producción de siliciu por mor de les altes temperatures que se requieren anguaño pa producilu, entovía nun ye

posible algamar los valores de calidá que demanden les industries.

- *Aluminiu*: la producción d'esti metal tamién ye enerxéticamente intensiva ensin qu'importe la teunoloxía que s'emplegue. Industrialmente, el procesu Halt-Hérault ye'l más importante pa la producción del aluminiu, aunque hai bien d'investigaciones qu'entá nun salieron del llaboratoriu. Nesti ámbitu tamién s'emplegó la enerxía solar concentrao, por exemplu, Murray (2001) fizo dellos trabayos nel fornu solar d'Odeillo col envís de producir aluminiu ya aleaciones d'aluminiu-siliciu por reducción carbónica d'óxidos d'aluminiu ya siliciu. Otru trabayu d'importancia ye'l del investigador Lytvynenko (2013), onde, gracias al procesu Halt-Hérault, s'algamó aluminiu por electrólisis. Gracias a esti estudiu, los costes enerxéticos podríen reducise cuasi un 40% asina como les emisiones de gases d'efeutu iverneru venceyaes a la xeneración enerxética.
- *Cinc*: de la mesma manera que nos otros metales, la producción d'esti metal tamién ye enerxéticamente intensiva, por exemplu, como informaba'l diariu *La Nueva España*, Asturiana de Zinc consume tanta enerxía llétrica como la comunidá autónoma de La Rioja (La Nueva España, 2020). Nesti casu, aparte de la producción del metal, la pareya cinc-enerxía solar tien interés en cuantes al almacenaxe d'enerxía. El cinc pue emplegase pa dixebrar la molécula d'agua ya, asina, xenerar hidróxenu, o tamién como material pa bateríes. D'esta miente, les investigaciones nesti campu xurden nos años 80 ya siguen anguaño (Fletcher & Noring, 1983, Fletcher *et al.*, 1985, Palumbo & Fletcher, 1988). En dellos casos, la inves-

tigación aportó al nivel de planta pilotu, como'l casu de la investigación d'Osinga *et al.* (2004), qu'estudió la reducción carbónica del ZnO con carbonu sólidu nun fornu solar de 5-10 kW emplegando un dispositivu de dos cámares, una como absorbedor solar ya otra como cámara de reacción. L'equipu tenía un dispositivu pa recoyer los gases ya'l cinc que condensaba n'otra parte por separao. Los esperimentos duraben ente 30 ya 75 minutos con 20 o 30 minutos p'algamar les condiciones estacionaries, que yeren de 1.350 a 1.550 K de temperatura, ya, d'esta manera, llograr un rindimientu del 80%. Pa reducir l'óxidu de cinc empléguense materiales estremaos como'l grafitu (Adinberg & Epstein, 2004), gas natural (Steinfeld *et al.*, 1998) o feroreducción (Epstein *et al.*, 2004). Como comentaba al empiézu del párrafu, dellos proyeutos consiguieron nivel de planta pilotu (Wieckert *et al.*, 2006), como'l EU-SOLZINC, de 0,3 MW, una producción de 50 kg Zn/h, un 95% de pureza algamáu con 2,5-5  $\mu\text{m}$  de tamañu de partícula ya un reactor de dos cámares. Al emplegu d'óxidu de cinc xúntase la posibilidá del recicláu d'óxidu Waelsz, que ye un polvu que se xenera nos fornos llétricos emplegaos nel reciclaxe d'aceros galvanizaos ya que contién un 55-65% de cinc (Tzouganatos *et al.*, 2013).

- *Fierro*: nel campu de la producción de fierro ya aceru tamién hai delles investigaciones, magar que venceyaes a la reducción d'óxidos de fierro, como, por exemplu, el trabayu de Sibieude *et al.*, (1982). Esti estudiu céntrase nel efeutu de la temperatura, la presión d'oxíxenu ya la velocidá de calentamientu nel rindimientu de la descomposición de la magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Ruiz-Bustanza *et al.*,

(2013) investigaron el desenvolvimientu d'un procesu basáu n'enerxía solar col envís de reciclar la cascariella de llaminación, que ye un residuu xeneráu na producción de llámines d'aceru. Ellos emplegaron un fornu de llechu afluyíu calentáu per aciú de la enerxía solar (4 hores a 1.023 K) onde algamaron *pellets* de magnetita que podríen emplegase na soldadura aluminotérmica.

- *Procesáu de materiales*: referímonos equí al tratamientu de materiales, sobre too de los metálicos, qu'inclúin la soldadura, la pulvimetalurxa o l'aplicación de tratamientos superficiales pa, asina, incluir los primeros estudios basaos na fusión de materiales mentaos al entamu d'esti trabayu. Siguieron esta llinia delles investigaciones de los años 80 col oxetivu de fundir metales como l'aluminiu, l'estañu o'l cinc (Gopalakrishna & Seshan, 1984, Suresh & Rohatgi, 1979, 1981). Sicasí, existen otros trabayos qu'estudien la deposición química en fase vapor de  $\text{NbB}_2$  ya  $\text{TaB}_2$  emplegando enerxía solar concentrao (Armas *et al.*, 1976).

Quedando afitaos los materiales que podríen ser receptores del usu de la enerxía solar concentrao, entramos agora nes metodoloxíes ya trabayos venceyaos al procesamientu d'esos materiales con esta práutica renovable.

- *Espluma d'aluminiu*: esti ye un material poroso que s'emplega nel campu del aisllamientu sonoru. García-Cambronero *et al.* (2008) ya García-Cambronero *et al.* (2010) emplegaron enerxía solar concentrao pa fabricar estes esplumes.  $\text{AlSi}_{10}$  con  $\text{TiH}_2$  como axente esplumante foron les materíes primes que se trataron nun

fornu de llechu afluyíu calentáu con enerxía solar ente 923 ya 1.023 K. El procesu d'esplumáu duraba ente 2 ya 5 minutos, un tiempu muncho más curtiu que'l que se precisa nos fornos llétricos con temperatures más baxes. Los mesmos autores ficiéron trabayos con otres mestures como  $\text{Al}_3\text{Si}$  ya mármole como axente esplumante (García-Cambronero *et al.*, 2004).

- *Sinterización*: nesti casu, l'oxetivu de los investigadores yera emplegar enerxía solar concentrao col envís d'algamar un productu aglomeráu ya, d'esta mena, amenorgar el tiempu de tratamientu ya'l coste enerxéticu. La investigación más destacada nesta dómina ye la sinterización de ferrites de Ni-Zn; un material blandio ya magnético emplegao n'equipos electrónicos. Nesti casu, la reducción de tiempu al respetive del fornu solar foi del 90%, algamando un productu con mayor densidá ya meyores propiedaes magnétiques (Gutiérrez-López *et al.*, 2010). Tamién ye posible falar de la sinterización d'aceros rápidos, un tipu d'aceru que s'emplega pa facer ferramienta p'arrincar virutes de metal xirando a gran velocidá. Herranz *et al.* (2013) trabayaron con polvos d'aceros rápidos AISI M2 tratándolos nun fornu solar de la Plataforma Solar de Almería ya nuna lente de Fresnel na Universidad de Castiella-La Mancha. El material tratóse n'atmósferes de  $\text{N}_2$ -5% $\text{H}_2$  a temperatures de 1.388-1.473 K con velocidaes de calentamientu de 323 K/min ya permanencies de 30 minutos a la temperatura máxima. Esti estudiu permitió llograr pieces sinterizaes a temperatures 423 K más baxes que nun fornu llétricu en tiempos mun-

cho más curtios, en concreto 90 minutos en fornu solar, 30 minutos emplegando lente de Fresnel ya 10 horas nun fornu convencional. Otru aspeutu positivu foi l'endurecimientu del material, consiguíu gracias a les altes velocidaes de calentamientu ya enfriamientu que torgaron que nitruros de vanadiu somicroscópicos se tresformaren de la qu'esfrecía.

- Soldadura: l'emplegu de la enerxía solar na soldadura ye un campu d'estudiu afitáu dende va munchos años. Asina, Kaddou & Abdul-Latif (1969) trabayaron con lentes de Fresnel pa soldar diferentes materiales (aceru dulce, llatón o cobre) emplegando material d'aporte ya estudiando diferentes xeometrías. Hai dellos trabayos más de recién nel campu de los polímeros (Kim *et al.*, 2004), de les aleaciones d'aluminiu (Karalis *et al.*, 2005) o de los aceros (Romero *et al.*, 2013).
- Tratamientos superficiales: l'aplicación de películes superficiales de materiales duros ye mui habitual p'ameyorar les propiedaes superficiales de les pieces como la resistencia a la corrosión o al desgaste. Nesti campu tamién s'emplegó la enerxía solar concentrao como fonte de calor pa llograr les altes temperatures necesaries. L'emplegu d'esta fonte d'enerxía permitió, en tiempos muncho más curtios, consiguir les mesmes propiedaes qu'usando fornos llétricos. Asina, por exemplu, Rodríguez *et al.* (2013) nitruraron superficialmente pastilles de titaniu en 15 minutos pa lo que sedrien necesaries 8 horas nel casu d'emplegar un fornu llétricu. Na llinia d'ameyorar les propiedaes superficiales de los metales, el temple su-

perficial d'aceros ye un ámbitu d'interés dende fai cuasi cuarenta años (Yu *et al.*, 1982) nel que s'estudien diferentes tipos de fornos solares, xeometrías o aceros.

- *Cerámiques*: ye posible atopar investigaciones nel campu de la sinterización de cerámiques dando-y usu a la enerxía solar, como ye'l casu de la sinterización de cordierita. Esti cerámicu emplégase por mor del baxu coeficiente d'expansión térmicu ya pola resistencia al choque térmicu en filtros de partícules en motores térmicos, en fornos o como aislante térmicu. Nel campu de la cordierita, Costa-Oliveira *et al.* (2009) ficeron sinterización reactiva de polvos comerciales de magres, talcu, feldspatu, alúmina ya síliz en fornu solar a temperatures penriba los 1.573 K en tiempos muncho más curtios (60 minutos) qu'emplegando métodos convencionales (24 horas), algamando propiedaes que yeren bien asemeyaes. De toles maneres, ya, anque la sinterización de cerámiques emplegando enerxía solar podría tener interés, ye la síntesis de cerámiques refractaries dures la que tien mayor relevancia na dómina de la enerxía solar ya'l material cerámico.

Estos carburos ya nitruros d'eleváu puntu de fusión ufren gran dureza, resistencia a la corrosión o baxu coeficiente d'expansión térmica. Estes propiedaes apurren a les cerámiques refractaries dures numerosos campos d'aplicación qu'inclúin turbinas, partes de motores o recubrimientos proteutores. No que cinca a la investigación qu'emplega enerxía solar concentrao, pue falase de dos árees: la síntesis o la sinterización. Darréu van citase dalgunes de les investigaciones nesti campu:

- Carburu de siliciu (SiC): Cruz-Fernandes *et al.* (1998) sintetizaron SiC nun fornu solar de la Plataforma Solar d'Almería emplegando siliciu ya carbonu amorfo nuna rellación C/Si:1,5. El compuestu calentó hasta la temperatura máxima (1.893 K) en 3 minutos ya mantúvose asina 30 minutos.
- Nitruru de siliciu (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>): Zhilinska *et al.* (2003) sinterizaron polvos de Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> na Plataforma Solar d'Almería con velocidaes de calentamientu perrápidas ya permanencies a la temperatura máxima (1.873-2.023 K) de 10 a 60 minutos. Les propiedaes del material sinterizao yeren mui paecies a les del productu algamáu emplegando téuniques convencionales, anque en tiempos muncho más curtios.
- Carburos de titaniu: Cruz-Fernandes *et al.* (2002) investigaron diferentes carburos de titaniu, estequiométricos ya non estequiométricos, consiguíos en forma de discos. Pa ello emplegaron como materia prima polvos de titaniu ya grafitu. Los trabayos foron fechos na Plataforma Solar d'Almería 30 minutos baxo atmósfera d'argón a 1.773 K. Asina algamaron un productu con bona cristalinidá en tiempos que, como n'otros casos yá comentaos, foron muncho más curtios ya ensin consumir enerxía llétricu.
- Carburu de tungsteniu: nesti casu, ya como s'apuntaba al entamu, puen atopase trabayos basaos na sinterización. Un exemplu d'esto ye'l de Guerra-Rosa *et al.* (2002), que sinterizó polvos de WC con cobaltu como aditivu a altes temperatures (1.773 K) en tiempos de 5 minutos. Esta téunica consiguíu que'l productu tuviere propiedaes iguales a les esperables nuna

fabricación convencional. Por embargu, tamién hebo dellos trabayos basaos na síntesis del productu a partir de polvos de tungsteniu ya carbonu a temperatures averaes a los 2.173 K baxo atmósfera d'argón (Dias *et al.*, 2007; Costa-Oliveira *et al.*, 2008).

- Carburu de tantaliu: esti carburu tamién se fabrica por calentamientu a temperatures bien altes (>1.873 K) baxo condiciones de vacíu o d'atmósfera d'argón a partir de mestures d'óxidu de tantaliu ya carbonu. Como alternativa, tamién se pue reducir emplegando hidróxenu. Cruz-Fernandes *et al.* (2006) ficeron trabayos emplegando enerxía solar col envís d'algamar esti carburu.
- Carburu de molibdenu: esti carburu, amás d'emplegase como inxertu pa ferramientes de corte, pue usase tamién como catalizador col envís de fabricar hidróxenu. La enerxía solar plantégase como una de les alternatives pa la fabricación d'esti carburu por mor de les altes temperatures que son necesaries pa la so síntesis (Shohoji *et al.*, 2007; Granier *et al.*, 2008; Granier *et al.*, 2009).

– *Fulerenos ya nanotubos de carbonu*: el fulerenu ye una forma alotrópica de carbonu na que'l carbonu tien forma de balón de fútbol. Reparóse na so esistencia en 1985 ya sintetizáronse per primer vegada en 1989. Dende esi momentu, adquirieron interés científicu por mor de les sos propiedaes químiques ya físiques que permitien aplicaciones potenciales nel ámbitu de la nanoteunoloxía (semiconductores, usos en medicina, superconductores, etc.). Asina, amás d'otros

**L'emplegu d'enerxía solar concentrao podría consiguir les altes temperatures necesaries na metalurxa o la ciencia de los materiales ensin xenerar gases d'efeutu ivernaderu y otros contaminantes**

munchos métodos (Fernández-González *et al.*, 2018a), la enerxía solar emplegóse col envís d'algamar fulerenos (Laplaze *et al.*, 1996), dende cantidaes de miligramos a primeros de la década de 1990 hasta decenes de gramos nel empiezu del sieglu XXI. Foi xusto nos nicios del sieglu XXI cuando Andre Geim ya Konstantin Novoselov aislaron grafenu per primer vegada. Esto acabó cola investigación na dómina de los fulerenos por mor de les interesantes propiedaes del grafenu, especialmente nel campu de la electrónica. Asemeyáu foi'l casu de los nanotubos de carbonu, que tamién se produxeron emplegando enerxía solar concentrao (Fernández-González *et al.*, 2018a).

– *Producción de cal*: esti ye ún de los procesos que s'estudió dende'l puntu de vista económicu emplegando una teunoloxía basada na enerxía solar. La descomposición térmica del carbonatu de calciu o del yelsu foi un tema estudiáu dende cuantayá cola fin d'amenorgar el consumu enerxéticu nel ámbitu de la producción de cal (Salman 1988, Flamant *et al.*, 1980; Imhof 1997). Por embargu, los trabayos más destacaos nesti sentíu foron los de Meier ya colaboradores (Meier *et al.*, 2004, 2005a, 2006), que diseñaron un fornu calcinador calentáu indireutamente con enerxía solar gracias a un sistema de tubos rotatorios. Pa ello, emplegaron un fornu solar de 15 kW que tardaba 1,5-2 hores n'algamar condiciones estacionaries.

El tratamientu duraba 30 minutos (1.200-1.400 K de temperatura) ya emplegaba una velocidá de rotación ente 8 ya 18 rpm, con una alimentación de 36-136 g/min y con un tamañu de partícula de 2-3 mm. El resultáu d'esti procedimientu foi un rindimientu de calcinación del 98,2% ya una productividá de 64,2 g/min a una temperatura de 1.395 K. Les emisiones de CO<sub>2</sub> podríen reducise un 20-40% nuna fábrica de cementu, asina como'l preciu de la cal, que yera dos vegaes el coste del procesu fechu por mor de métodos convencionales en 2004, 128-157 dólares por tonelada (Meier *et al.*, 2005b).

Como se pue ver en tolos trabayos d'investigación descritos nes llinies anteriores, los procesos de la metalurxa ya la ciencia de los materiales necesiten d'altas temperatures p'algamar l'ésitu. Antaño, el mou d'algamar eses temperatures yera cola quema de combustibles fósiles o emplegando enerxía llétrico, xenerao, a la fin, usando combustibles fósiles o nucleares. Asina, la producción de metales, la síntesis ya sinterización de cerámiques o l'aplicación de tratamientos térmicos faen usu d'altas temperatures algamaes xenerando grandes cantidaes de dióxidu de carbonu u otru tipu de residuos. L'emplegu d'enerxía solar concentrao podría sustituyir les téuniques convencionales pa consiguir les altes temperatures necesaries na metalurxa o la ciencia de los materiales ensin xenerar gases d'efeutu ivernaderu u otros contaminantes.

**INVESTIGACIÓN NEL CAMPU DE LA ENERXÍA SOLAR FECHO N'ASTURIES**

Nes llinies anteriores faciase un resume de les diferentes investigaciones que se desenvolvieron a lo llargo de los años nos diferentes llaboratorios qu'esisten nel mundu. Nesi ámbitu, Asturias inxértase con trabayos activos anguaño de gran interés.

Estos trabayos entamen con un proyeutu SFERA (Solar Facilities for the European Research Area) de la Xunión Europea, una convocatoria añal que permite a investigadores poder

industria del aceru (Fernández-González *et al.*, 2019a); l'algame de siliciu-manganesu, que ye una aleación d'interés na metalurxa del fierro ya l'aceru (Fernández-González *et al.*, 2019b); los trabayos entamaos col envís d'estudiar les posibilidaes de la enerxía solar concentrao na reducción d'óxidos de fierro, na sinterización o na fabricación d'arrabiu (Fernández-González *et al.*, 2018b) o nel tratamientu d'escories de convertidor siderúrxicu (Fernández-González *et al.*, 2019c). Pue atopase un estudiu más detalláu nes referencies que s'inclúin no cabero d'esti artículu.

**Hai bien de trabayos espublizaos n'Asturies pol equipu del autor a lo llargo d'estos años venceyaos a la metalurxa: la síntesis de siliciu-calciu, l'algame de siliciu-manganesu o los trabayos pa estudiar les posibilidaes de la enerxía solar concentrao na reducción d'óxidos de fierro, na sinterización o na fabricación d'arrabiu y nel tratamientu d'escories de convertidor siderúrxicu**

desarrollar el so trabayu nel campu de la enerxía solar concentrao en materiales ya metalurxa con una estancia de dos selmanes nun país européu que tenga un fornu solar. Desafortunadamente, entavía nun hai un fornu solar d'estes carauterístiques n'Asturies que posibilite la investigación nesta área.

La nuesa investigación xébrase en delles llinies de trabayu estremaes, sicasí vamos centranos en dos en concreto, la síntesis de los componentes que formen el cementu d'aluminatu de calciu ya'l tratamientu d'escories, nel que busca la forma de recuperar elementos de valor d'escoria de procesos metalúrxicos, como son, por exemplu, el fierro ya'l cobre nos residuos de cobre.

Hai bien de trabayos espublizaos n'Asturies a lo llargo los últimos siete años venceyaos a la metalurxa, como foron la síntesis de siliciu-calciu, que tien interés como desoxidante na

Faise referencia darréu a dos exemplos de les llinies d'investigación entamaes n'Asturies nos últimos años.

**Síntesis de los componentes del aluminatu de calciu: cementos refractarios**

El cementu ye ún de los materiales más producidos nel mundu, namás que de la variedá Portland (Figura 5) yá se producen más de 4.000 millones de tonelaes. Podríen destacase munchos problemes alreor d'esta industria, anque los más importantes son el consumu enerxéticu: el combustible ya la lletricidá representen aproximadamente un 40% de los costes de producción, ya la xeneración de dióxidu de carbonu, onde un 5% del CO<sub>2</sub> xenerao pol ser humanu correspuende a esta industria, con un 50% resultáu del procesu químico ya'l 40% restante de la quema de combustibles. Nesi sen, pensóse



**ARRIBA**

Figura 5. Antiguu anunci del cementu Portland de la cementera de Tudela Veguín, asitiáu na estación del Norte d'Uviéu.

que la enerxía solar pue ser una vía potencial d'amenorgar los costes de producción ya reducir les emisiones de CO<sub>2</sub>, especialmente les venceyaes a la quema de combustibles fósiles.

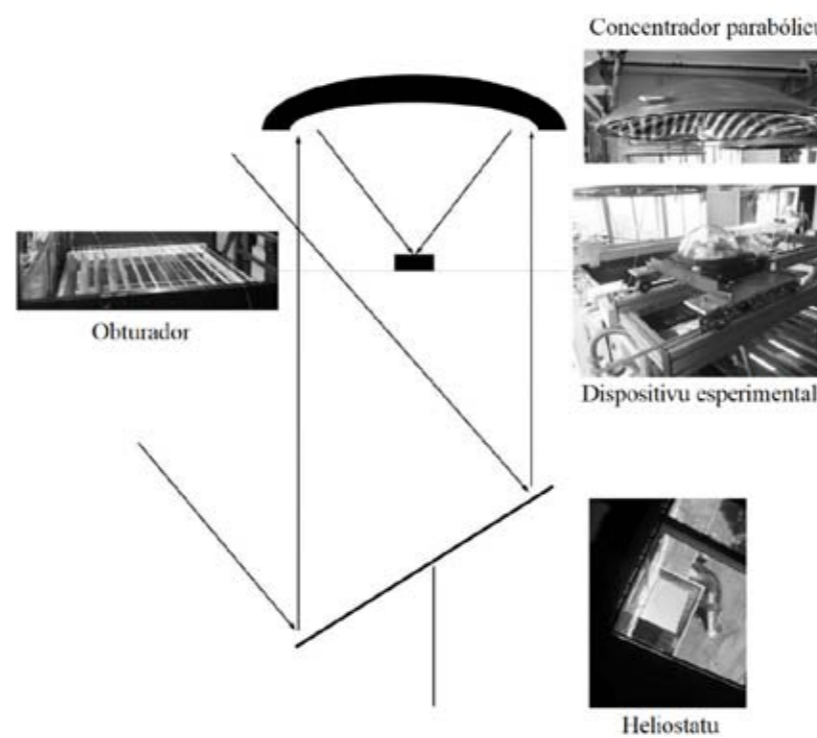
Nuna primer etapa trabayóse con una variedá de cementu que tamién tien usu na industria metalúrxica, el d'aluminatu de calciu. Esta variedá de cementu ye cara poles sos propiedaes d'endurecimientu rápidu ya pola so resistencia a altes temperatures, a cambeos d'esta, al ataque químicu, al impautu ya a la corrosión. Toes estes carauterístiques faen d'él el segundu tipu de cementu más emplegáu tres del Portland.

Hai diferentes variedaes de cementos d'aluminatu de calciu dependiendo de les impureces y del conteníu de los sos principales constituyentes (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ya CaO). El mecanismu

emplegáu pa fabricar el cementu ye la fundición de mestures de carbonatu de calciu ya bauxites en fornos de reverberu a temperatures de 1.500-1.873 K, too ello emplegando lletricidá o combustibles fósiles (carbón pulverizao, fuel, gas natural u otros combustibles). Nel casu de les variedaes más pures de cementu d'aluminatu de calciu fai falta emplegar combustibles de baxu nivel d'impureces o, direutamente, lletricidá. Desta manera, la enerxía solar concentrao pue tener interés nel calentamientu pa llograr cementu d'aluminatu de calciu (Fernández-González *et al.*, 2018c).

No que cinca a los espermentos, ficiéronse nun fornu solar de 1,5 kW, nes instalaciones del PROMES-CNRS (PROcédés Matériaux et Energie Solaire-Conseil National de la Recherche Scientifique) allugaes en Font Roméu-Odeill-Via (Francia). Ye'l mesmu llugar onde s'atopa'l fornu solar que s'amuesa na Figura 4, aunque ye un fornu más pequeñu, como'l que se pue ver na Figura 6.

El funcionamientu d'esti tipu de fornos ye cenciellu (Figura 6). Consiste nun espeyu planu nomáu heliostatu que sigue'l sol ya dirixe los sos



**ARRIBA SUPERIOR**

Figura 6. Imáxenes del funcionamientu del fornu solar.

**ARRIBA INFERIOR**

Figura 7. Imáxenes del crisol dellos segundos dempués de zarrar l'obturador.

rayos hacia un espeyu parabólicu de 2 metros de diámetru que fai converxer la radiación nuna superficie d'unos 15 milímetros de diámetru. D'esta miente, ye posible algamar una concentración máxima de 15.000 vegaes la radiación incidente, que ta alredor de los 700-1.000 W/m<sup>2</sup> nun bon día col cielu escampláu. Pue controlase la radiación na superficie emplegando un obturador daqué asemeyáu a les persianes venecianes.

Nesti experimentu, de mano, preparáronse mestures formaes por 74,5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 24,5% CaCO<sub>3</sub> ya 1% Na<sub>2</sub>O (1,7% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O emplegóse col envís d'aidar nel procesu de fusión) col oxetivu de consiguir la variedá blanca de los cementos d'aluminatu de calciu asemeyada a les calidaes que s'atopen nel mercáu. Les mestures cargáronse en recipientes ya allugáronse debaxo d'onde impauta'l feixe d'enerxía concentrao.

El tiempu d'ensayu foi de 15-30 minutos dependiendo de los valores de la radiación incidente. Les muestras resultantes tres del tratamientu consistien, sobre too, en CaOAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ya CaO6Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (determinaes por difraición de rayos X) como se deducía de los diagrames de fases enantes de los ensayos. Existen tamién dellos reactivos d'entamu que correspuenden a zones alloñaes del feixe. Asina, ye posible dicir que les temperatures foron abondo altes pa llograr la síntesis de los componentes principales de los cementos refractarios d'aluminatu de calciu.

Polo tanto, pue deducise d'esti trabayu esperimental que l'emplegu de la enerxía solar concentrao permite llograr la temperatura necesaria pa la síntesis de los componentes del cementu d'aluminatu de calciu. Poro, si'l procesu fore escaláu industrialmente, podríen reducirse los costes enerxéticos ya les emisiones de gases d'efeutu ivernaderu na industria'l cementu.

**Tratamientu d'escories de la metalurxa del cobre:**

El cobre ye un metal vanceyao al ser humanu dende va miles d'años, emplegándose a lo primero en ferramienta, armamentu ya oxetos decorativos. Anguaño, el cobre emplégase, sobre too, nel tresporte de lletricidá a baxa ya media tensión. Úsase tamién en conducciones d'afluyíos ya na industria naval por mor de la so resistencia a la corrosión, n'especial si ta aleáu.

Hai delles teunoloxíes pa producir cobre, sicasí, munches d'elles tán basaes na fusión a mata, que xenera dos fases llíquides que nun son a mezclase ente elles: la mata, que ye más pesada ya concentra'l cobre, ya la escoria, que ye la fase oxidada, formada en gran parte de silicatu de fierro.

Anque l'estudiu de los procesos d'extraición ye perinteresante, lo que de verdá queremos tratar equí ye lo que resulta d'esi procesu, la escoria (Fernández-González *et al.*, 2021).

La escoria, amás de fierro, contién cantidaes variables de cobre, >40 % de fierro ya 1-2% de cobre. P'asitiase na importancia del estudiu del material resultante del procesu d'extraición del cobre, convién apuntar que, añalmente, prodú-

cense 20 millones de tonelaes de cobre, ya que por caúna delles prodúcense ente 2,2 ya 3 tonelaes d'escoria. Esto quier dicir que se manden más de 20 Mt de fierro ya 0,5-1 Mt de cobre a les escombreres. Poro, amás de los problemes d'ocupación de tierres o riesgos de llixiviación de metales, ta, lliteralmente, tirándose munchu dineru a la escombrera.

Foron munchos los investigadores que trabayaron col envís d'atopar aplicaciones pa les escories de cobre, pero entá nun s'atopó una d'usu masivu. Dalgunes de les potenciales aplicaciones de les escories de cobre incluyen l'usu como mediu abrasivu pa llimpiar estructures (Kambham *et al.*, 2007) o la fabricación de cementu (Coursol *et al.*, 2012). Hubo bien d'investigaciones col oxetivu de recuperar el fierro de les escories de cobre, como, por exemplu, un procesu basáu na reducción aluminotérmica (Heo *et al.*, 2016) o la reducción con polvos de coque ya una separación magnética (Li *et al.*, 2013).

La enerxía solar concentrao nun s'emplegare entavía cola fin del reaprovechamientu de la escoria hasta esta investigación. Lo mesmo que nos otros dos estudios d'esta parte del artículu,

entamó en 2016-2017 col trabayu de carauterización de les escories d'una mina de cobre chilena. La escoria emplegao tenía un 42,82% de fierro ya un 1,84% de cobre, determinao por fluorescencia de rayos X, siendo la fase mineralóxica principal la fayalita ( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ ) (cuasi un 86%), demientres que la magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) (cuasi un 8%) ya un óxidu doble de fierro ya cobre ( $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ ) (cuasi un 6%) yeren fases secundaries.

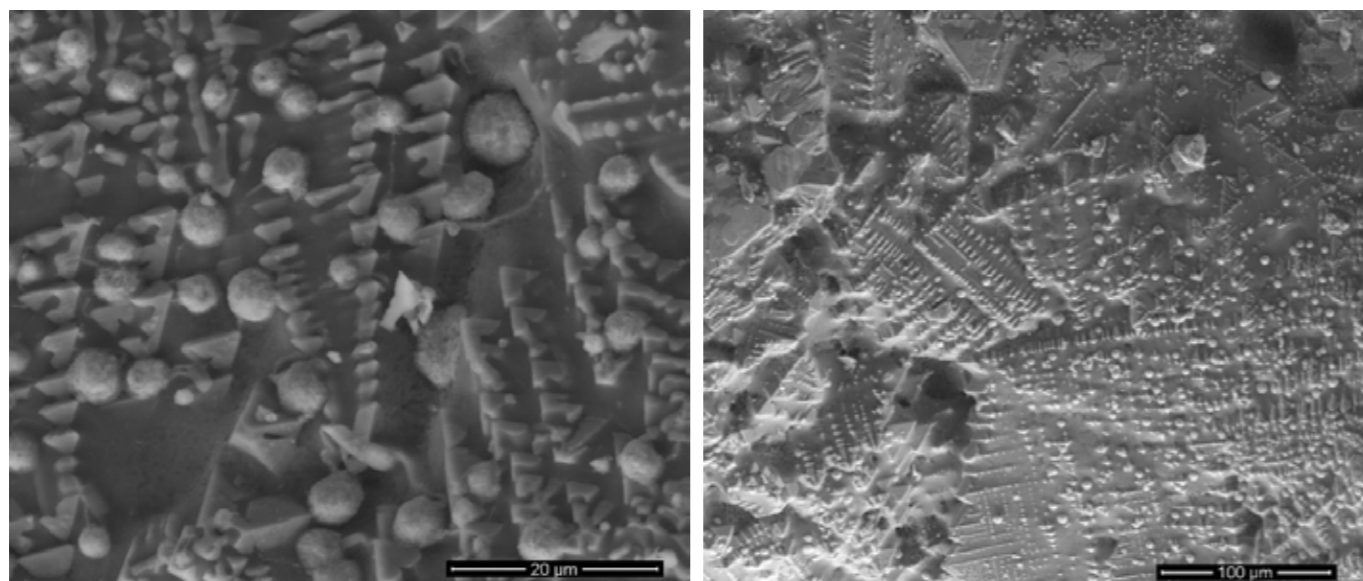
El problema que tien la fayalita ye que, amás de ser un óxidu difícilmente reducible, nun ye magnético, torgando asina la recuperación del fierro de les escories de cobre, mientres que la magnetita, pela so parte, sí lo ye. Asina, emplegando de baldre una fonte d'enerxía como lo ye la enerxía solar concentrao, ye posible algamar la descomposición térmica de la fayalita en magnetita ya síliz ya, d'esta mena, facilitar la separación de dambos óxidos emplegando métodos basaos nel magnetismu.

D'esta miente, fízose un esperimentu al aire llibre que duró ente 15 ya 30 minutos dependiendo de la radiación incidente (870-975 W/m<sup>2</sup>) ya l'apertura del obturador. Pa facelu emplegóse un fornu solar d'exa vertical asitiáu n'Odeillo (Francia) de 1,5 kW, mesmo que'l de la Figura 4, onde s'algamaron temperatures penriba los 1.973 K.

Tres de los ensayos, analizáronse les muestres emplegando delles téuniques (microscopiu electrónicu, difraición de rayos X ya fluorescencia de

rayos X). Foi posible, entós, ver que parte de la fayalita tresformare en magnetita o n'espineles del so grupu, (vistes al microsopiu con forma de pica), ya que'l cobre de la escoria (qu'entró como óxidu ya como sulfuru) camudare nun grupu de *pellets* ricos en cobre (65-85 % en pesu de Cu; 5-10 % en pesu de Fe; 2-10 % en pesu d'O; <3 % en pesu de S) como los que s'amuesen na Figura 8. Tres del tratamientu con enerxía solar concentrao, moliéronse les muestres ya peñeráronse a 40  $\mu\text{m}$ , dixebrándose en dos fraiciones, la magnética ya la non magnética. Observóse que na fraición magnética concentrábase fierro en forma de magnetita, demientres que la non magnética tenía 3-6,5 vegaes (5,3-11,2% Cu) más cobre que l'escoria cola que s'entamó (1,8% Cu). Con esti métodu, les escories de cobre podríen convertise nuna fonte secundaria de cobre emplegando enerxía solar concentrao, contando too ello con unos beneficios económicos ya ecolóxicos bultables. Pasaría lo mesmo col fierro, esta metodoloxía aplicada a la escoria podría ser tamién una fonte importante d'esti metal (Fernández-González *et al.*, 2021).

Ello ye, namás que con una fonte enerxética barata como la que tratamos tien sentíu entamar un procesu de tratamientu d'un residuu que requier d'altas temperatures ya d'un gran consumu enerxéticu pa recuperar los sos componentes de valor.



IZQUIERDA

Figura 8. Imáxenes de la escoria de cobre tratada con enerxía solar concentrao.

## Referencias bibliográfiques

Adinberg, A. & Epstein, M. (2004). Experimental study of solar reactors for carboreduction of zinc oxide. *Energy*, 29, 757–769. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(03\)00182-8](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(03)00182-8)

Armas, B., Combescure, C. & Trombe, F. (1976). Chemical vapor deposition of NbB<sub>2</sub> and TaB<sub>2</sub> through heating by concentration of solar radiation. *J. Electrochem. Soc.*, 123 (2), 308–310. <https://doi.org/10.1149/1.2132811>

Costa-Oliveira, F.A., Granier, B., Badie, J.M., Cruz-Fernandes, J., Guerra-Rosa, L. & Shohoji, N. (2008). Surface singularity upon solar radiation heating of graphite/tungsten powder mixture compacts to temperatures in excess of 1600°C. *Mater. Sci. Forum*, 587–588, 993–997. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.587-588.993>

Costa-Oliveira, F.A., Rosa, L.G., Fernandes, J.C., Rodríguez, J., Cañadas, I., Martínez, D. & Shohoji, N. (2009). Mechanical properties of dense cordierite discs sintered by solar radiation heating. *Mater. Trans.* 50, 2221–2228. <https://doi.org/10.2320/matertrans.MRA2008369>

Coursol, P., Cardona, N., Mackey, P., Bell, S. & Davis, B. (2012). Minimization of copper losses in copper smelting slag during electric furnace treatment. *JOM*, 64, 1305–1313. <https://doi.org/10.1007/s11837-012-0454-6>

Cruz-Fernandes, J., Guerra, L., Martínez, D., Rodríguez, J. & Shohoji, N. (1998). Influence of gas environment on synthesis of silicon carbide through reaction between silicon and amorphous carbon in a solar furnace at PSA (Plataforma Solar de Almería). *J. Ceramic Soc. Japan*, 106, 839–841. <https://doi.org/10.2109/jcersj.106.839>

Cruz-Fernandes, J., Anjinho, C., Amaral, P.M., Guerra-Rosa, L., Rodríguez, J., Martínez, D., Almeida Costa Oliveira, F. & Shohoji, N. (2002). Characterization of solar-synthesised TiC<sub>x</sub> (X=0.5, 0.625, 0.75, 0.85, 0.90 and 1.0) by x-ray diffraction, density and Vickers microhardness. *Mater. Chem. Phys.* 77, 711–718. [https://doi.org/10.1016/S0254-0584\(02\)00131-1](https://doi.org/10.1016/S0254-0584(02)00131-1)

Cruz-Fernandes, J., Costa-Oliveira, F.A., Granier, B., Badie, J., Guerra-Rosa, L. & Shohoji, N. (2006). Kinetic aspects of reaction between tantalum and carbon material (active carbon or graphite) under solar radiation heating. *Sol. Energy*, 80, 1553–1560. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.01.001>

Dias, S., Costa-Oliveira, F.A., Granier, B., Badie, J., Cruz-Fernandes, J., Guerra-Rosa, L. & Shohoji, N. (2007). Nano-meter size WC whiskers grown over a compacted pellet of graphite/tungsten powder mixture heated with an ultra-fast heating rate by a concentrated solar beam. *Mater. Trans.* 48(5), 919–923. <https://doi.org/10.2320/matertrans.48.919>

Epstein, M., Ehrensberger, K. & Yogev, A. (2004). Ferro-reduction of ZnO using concentrated solar energy. *Energy*, 29, 745–756. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(03\)00181-6](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(03)00181-6)

Fernández-González, D., Ruiz-Bustanza, I., González-Gasca, C., Piñuela-Noval, J., Mochón-Castaños, J., Sancho-Gorostia-ga, J. & Verdeja, L. F. (2018a). Concentrated solar energy applications in materials science and metallurgy. *Sol. Energy* 170 (8), 520–540. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.05.065>

Fernández-González, D., Prazuch, J., Ruiz-Bustanza, I., González-Gasca, C., Piñuela-Noval, J. & Verdeja, L. F. (2018b). Iron metallurgy via concentrated solar energy. *Metals* 8(11), 873. <https://doi.org/10.3390/met8110873>

Fernández-González, D., Prazuch, J., Ruiz-Bustanza, I., González-Gasca, C., Piñuela-Noval, J. & Verdeja, L. F. (2018c). Solar synthesis of calcium aluminates. *Sol. Energy*. 171(9), 658–666. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.07.012>

Fernández-González, D., Prazuch, J., Ruiz-Bustanza, I., González-Gasca, C., Piñuela-Noval, J. & Verdeja, L. F. (2019a). Transformations in the Si-O-Ca system: Silicon-calcium via solar energy. *Sol. Energy*. 181(3), 414–423. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.02.026>

Fernández-González, D., Prazuch, J., Ruiz-Bustanza, I., González-Gasca, C., Piñuela-Noval, J. & Verdeja, L. F. (2019b). Transformations in the Mn-O-Si system using concentrated solar energy. *Sol. Energy*. 181(5), 148–152. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.04.004>

Fernández-González, D., Prazuch, J., Ruiz-Bustanza, I., González-Gasca, C., Piñuela-Noval, J. & Verdeja, L. F. (2019c). The treatment of Basic Oxygen Furnace (BOF) slag with concentrated solar energy. *Sol. Energy*. 180(3), 372–382. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.01.055>

Fernández-González, D., Prazuch, J., Ruiz-Bustanza, I., González-Gasca, C., Gómez-Rodríguez, C. & Verdeja, L. F. (2021). Recovery of Copper and Magnetite from Copper Slag Using Concentrated Solar Power (CSP). *Metals*. 11(7), 1032; <https://doi.org/10.3390/met11071032>

Flamant, G., Hernandez, D. & Traverse, J. (1980). Experimental aspects of the thermochemical conversion of solar energy; Decarbonation of CaCO<sub>3</sub>. *Sol. Energy*, 24 (4), 385–395. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(80\)90301-1](https://doi.org/10.1016/0038-092X(80)90301-1)

Fletcher, E.A. & Noring, J.E. (1983). High temperature solar electrothermal processing- Zinc from zinc oxide. *Energy*, 8, 247–254. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(83\)90100-7](https://doi.org/10.1016/0360-5442(83)90100-7)

Fletcher, E.A., Macdonald, F.J. & Kunnerth, D. (1985). High temperature solar electrothermal processing-II. Zinc from zinc oxide. *Energy*, 10, 1255–1272. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(85\)90136-7](https://doi.org/10.1016/0360-5442(85)90136-7)

García-Cambronero, L. E., Ruíz-Román, J. M., Cañadas, I. & Martínez, D. (2004). Características de la estructura celular en espumas d'Al-7Si con mármol obtenidas mediante energía solar concentrada, Memorias del IX Congreso Nacional de Materiales, Vigo, España, pp. 499–502.

García-Cambronero, L.E., Cañadas, I., Díaz, J.J., Ruíz-Román, J.M. & Martínez, D. (2008). Tratamiento térmico de espumación de precursores de aluminio-silicio en horno solar de lecho fluidificado, Memorias del X Congreso Nacional de Materiales, San Sebastián, España, pp. 261–264.

García-Cambronero, L.E., Cañadas, I., Martínez, D. & Ruíz-Román, J.M. (2010). Foaming of aluminium-silicon alloy using concentrated solar energy. *Sol. Energy*. 84, 879–887. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2009.11.014>

Gopalakrishna, K.R. & Seshan, S. (1984). Solar furnace for small scale metallurgical applications in Energy Developments: New Forms, Renewables, Conservation (Curtis, F.A. (Ed.)), Ontario, Canada: Ed. Pergamon Press, pp. 585–593.

Granier, B., Badie, J., Costa-Oliveira, F.A., Magalhaes, T., Shohoji, N., Guerra-Rosa, L. & Cruz-Fernandes, J. (2008). Carbide synthesis from graphite/molybdenum powder mixtures at sub-stoichiometric ratios under solar radiation heating to 1900 °C. *Mater. Trans.* 49 (11), 2673–2678. <https://doi.org/10.2320/matertrans.MRA2008202>

Granier, B., Shohoji, N., Costa-Oliveira, F.A., Magalhaes, T., Cruz-Fernandes, J. & Guerra-Rosa, L. (2009). Carbide phases synthesised from C/Mo powder compacts at specified sub-stoichiometric ratios by solar radiation heating to temperatures between 1600 °C and 2500 °C. *Mater. Trans.* 50 (12), 2813–2819. <https://doi.org/10.2320/matertrans.M2009167>

Guerra-Rosa, L., Miguel-Amaral, P., Anjinho, C., Cruz-Fernandes, C. & Shohoji, N. (2002). Fracture toughness of solar-sintered WC with Co additive. *Ceram. Int.* 28, 345–348. [https://doi.org/10.1016/S0272-8842\(01\)00099-2](https://doi.org/10.1016/S0272-8842(01)00099-2)

Gutiérrez-López, J., Levenfeld, B., Várez, A., Cañadas, I. & Rodríguez, J. (2010). Solar sintering of Ni-Zn ferrites: Densification and magnetic properties, PM2010 World Congress-Alternative Sintering Processes. Florencia (Italia) 230–237.

Heo, J.H., Chung, Y. & Park, J.H. (2016). Recovery of iron and removal of hazardous elements from waste copper slag via a novel aluminothermic smelting reduction (ASR) process. *J. Clean. Prod.* 137, 777–787. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.154>

Herranz, G., Romero, A., de Castro, V. & Rodríguez, G.P. (2013). Development of high-speed steel sintered using concentrated solar energy. *J. Mater. Process. Technol.* 213, 2065–2073. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2013.06.002>

Imhof, A. (1997). Decomposition of limestone in a solar reactor. *Renew. Energy*. 10 (2/3), 239–246. [https://doi.org/10.1016/0960-1481\(96\)00072-9](https://doi.org/10.1016/0960-1481(96)00072-9)

Kaddou, A.K. & Abdul-Latif, A. (1969). The feasibility of joining metal using a solar furnace. *Sol. Energy*, 12, 377–378. [https://doi.org/10.1016/0038-092x\(69\)90051-6](https://doi.org/10.1016/0038-092x(69)90051-6)

Kambham, K., Sangameswaran, S., Datar, S.R. & Kura, B. (2007). Copper slag: Optimization of productivity and consumption for cleaner production in dry abrasive blasting. *J. Clean Prod.* 15(5), 465–473. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.024>

Karalis, D.G., Pantelis, D.I. & Papazoglou, V.J. (2005). On the investigation of 7075 aluminum alloy welding using concentrated solar energy. *Solar Energy Mater. Solar Cells.* 86, 145–163. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2004.07.007>

Kim, I.S., Prasad, Y.K.D.V. & Stoyanov, L.A. (2004). A study on an intelligent system to predict the tensile stress in welding using solar energy concentration. *J. Mater. Process. Technol.* 153–154, 649–653. <https://doi.org/10.1016/j.jmatproc.2004.04.111>

Laplaze, D., Bernier, P., Flamant, G., Lebrun, M., Brunelle, A. & Della-Negra, S. (1996). Solar energy: Application to the production of fullerenes. *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* 29, 4943–4954. <https://doi.org/10.1088/0953-4075/29/21/008>

La Nueva España (2020). Asturiana de Zinc consume tanta electricidad como la comunidad de La Rioja. <https://www.lne.es/aviles/2020/02/06/asturiana-zinc-consume-electricidad-comunidad-20399948.html#:~:text=La%20empresa%20Asturiana%20de%20Zinc,525.794%20toneladas%20de%20cinc%20metal>

Li, K., Ping, S., Wang, H. & Ni, W. (2013). Recovery of iron from copper slag by deep reduction and magnetic beneficiation. *Int. J. Min. Met. Mater.* 20, 1035–1041. <https://doi.org/10.1007/s12613-013-0831-3>

Loutzenhiser, P.G., Tuerk, O. & Steinfeld, A. (2010). Production of Si by vacuum carbothermal reduction of SiO<sub>2</sub> using concentrated solar energy. *JOM*, 62, 49–54. <https://doi.org/10.1007/s11837-010-0137-0>

Lytvynenko, Y.M. (2013). Obtaining aluminum by the electrolysis with the solar radiation using. *Appl. Solar Energy.* 49 (1), 4–6. <https://doi.org/10.3103/S0003701X13010088>

Meier, A., Bonaldi, E., Cella, G.M., Lipinski, W., Wullemmin, D. & Palumbo, R. (2004). Design and experimental investigation of a horizontal rotary reactor for the solar thermal production of lime. *Energy.* 29, 811–821. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(03\)00187-7](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(03)00187-7)

Meier, A., Bonaldi, E., Cella, G.M. & Lipinski, W. (2005a). Multitube rotary kiln for the industrial solar production of lime. *J. Sol. Energy Eng.* 127 (3), 386–395. <https://doi.org/10.1115/1.1979517>

Meier, A., Gremaud, N. & Steinfeld, A. (2005b). Economic evaluation of the industrial solar production of lime. *Energy Convers. Manage.* 46, 905–926. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2004.06.005>

Meier, A., Bonaldi, E., Cella, G.M., Lipinski, W. & Wullemmin, D. (2006). Solar chemical reactor technology for industrial production of lime. *Sol. Energy.* 80, 1355–1362. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2005.05.017>

Murray, J.P. (2001). Solar production of aluminum by direct reduction: Preliminary results for two processes. *J. Sol. Energy Eng.* 123, 125–132. <https://doi.org/10.1115/1.1351809>

Murray, J.P., Flamant, G. & Roos, C.J. (2006). Silicon and solar-grade silicon production by solar dissociation of Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. *Sol. Energy*, 80, 1349–1354. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2005.11.009>

Osinga, T., Frommherz, U., Steinfeld, A. & Wieckert, C. (2004). Experimental investigation of the solar carbothermic reduction of ZnO using a two-cavity solar reactor. *J. Sol. Energy Eng.* 126, 633–637. <https://doi.org/10.1115/1.1639001>

Palumbo, R.D. & Fletcher, E.A. (1988). High temperature solar electrothermal processing-III. Zinc from zinc oxide at 1200–1675 K using a non-consumable anode. *Energy*, 13, 319–332. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(88\)90027-8](https://doi.org/10.1016/0360-5442(88)90027-8)

Revuelta-Acosta, J.D., García-Díaz, A., Soto-Zarazua, G.M. & Rico-García, E. (2010). Adobe as sustainable material: A thermal performance. *J. Appl. Sci.* 10 (19), 2211–2216. <https://doi.org/10.3923/jas.2010.2211.2216>

Rodríguez, M.A. & Soroza, B. (2006). Determination of the optimum composition of adobe brick for a school in Cuba. *Materiales de Construcción* 56 (282), 53–62. <https://doi.org/10.3989/mc.2006.v56.i282.27>

Rodríguez, G.P., Herranz, G. & Romero, A. (2013). Solar gas nitriding of Ti6Al4V alloy. *Appl. Surf. Sci.*, 283, 445–452. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.06.128>

Romero, A., García, I., Arenas, M.A., López, V. & Vázquez, A. (2013). High melting point metals welding by concentrated solar energy. *Sol. Energy*, 95, 131–143. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.05.019>

Rossi, C. (2010). Archimedes' cannons against the roman fleet?, en *The Genius of Archimedes-23 Centuries of Influence on Mathematics, Science and Engineering*, Proceedings of an International Conference held at Syracuse, Italia, 8-10 Xunu, 2010 (editores Stephanos A. Paipetis, Marco Ceccarelli), Londres: Springer, pp. 113–132.

Ruiz-Bustanza, I., Cañadas, I., Rodríguez, J., Mochón, J., Verdeja, L.F., García-Carcedo, F. & Vázquez, A. (2013). Magnetite production from steel wastes with concentrated solar energy. *Steel Res. Int.* 84, 207–217. <https://doi.org/10.1002/srin.201200145>

Salman, O.A. (1988). Thermal decomposition of limestone and gypsum by solar energy. *Sol. Energy.* 41 (4), 305–308. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(88\)90025-4](https://doi.org/10.1016/0038-092X(88)90025-4)

Shohoji, N., Badie, J., Granier, B., Costa-Oliveira, F.A., Cruz-Fernandes, J. & Guerra-Rosa, L. (2007). Formation of hexagonal η-MoC<sub>1-x</sub> phase at a temperature lower than 1660 °C by solar radiation heating under presence of excess free carbon. *Int. J. Refractory Metals Hard Mater.* 25 (3), 220–225. <https://doi.org/10.1016/j.jrmhm.2006.05.004>

Sibieude, F., Ducarroir, M., Tofighi, A. & Ambriz, J. (1982). High temperature experiments with a solar furnace: The decomposition of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, CdO. *Int. J. Hydrogen Energy*, 7, 79–88. [https://doi.org/10.1016/0360-3199\(82\)90209-9](https://doi.org/10.1016/0360-3199(82)90209-9)

Steinfeld, A., Brack, M., Meier, A., Weidenkaff, A. & Wullemmin, D. (1998). A solar chemical reactor for co-production of zinc and synthesis gas. *Energy*, 23, 803–814. [https://doi.org/10.1016/S0360-5442\(98\)00026-7](https://doi.org/10.1016/S0360-5442(98)00026-7)

Suresh, D. & Rohatgi, P.K. (1979). Melting and casting of alloys in a solar furnace. *Sol. Energy*, 23, 553–555. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(79\)90084-7](https://doi.org/10.1016/0038-092X(79)90084-7)

Suresh, D. & Rohatgi, P.K. (1981). Heat transfer analysis on metal-melting in a foundry solar furnace. *Sol. Energy*, 26, 87–90. [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(81\)90116-X](https://doi.org/10.1016/0038-092X(81)90116-X)

Tzouganatos, N., Matter, R., Wieckert, C., Antrekowitsch, J., Gamroth, M. & Steinfeld, A. (2013). Thermal recycling of Waelz oxide using concentrated solar energy. *JOM*, 65 (12), 1733–1743. <https://doi.org/10.1007/s11837-013-0778-x>

Wieckert, C., Frommherz, U., Kräupl, S., Guillot, E., Olalde, G., Epstein, M., Santén, S., Osinga, T. & Steinfeld, A. (2006). A 300kW solar chemical pilot plant for the carbothermic production of zinc. *J. Sol. Energy Eng.* 129 (2), 190–196. <https://doi.org/10.1115/1.2711471>

Yu, Z.K., Zong, Q.Y. & Tam, Z.T. (1982). A preliminary investigation on surface hardening of steel and iron by solar energy. *J. Heat Treat.* 2, 344–350. <https://doi.org/10.1007/BF02833201>

Zhilinska, N., Zalite, I., Rodríguez, J., Martínez, D. & Cañadas, I. (2003). Sintering of nanodisperse powders in a solar furnace, EUROPM2003. Sintering 423–428.



# De la que táremos faciendo un quesu...



*Quesos asturianos nel paisaxe de la costa oriental @Alejandro Braña Fotografía*

Por **Ismael Marcet, Manuel Rendueles**  
y **Mario Díaz** (Caderalgu y Profesor Eméritu)  
Departamentu d'Inxeniería Química  
Universidá d'Uviéu

*¡Salud, queso picón, el más rico del mundo;  
orgullo de Cabrales y del país astur;  
por el sabor, divino, por el olor, jocundo;  
alabado en el Norte y ensalzado en el Sur!*  
Celso Amieva

*A country producing almost 360 different  
types of cheese cannot die*  
Winston Churchill, sobre Francia

**E**l binomiu mar-monte, condicionó ya iguó la forma de vida de los asturianos, la so cocina tradicional y los productos autóctonos. Nun paisaxe perafayadizu pa la cría de vaques, cabres y oveyes, la ganadería estensivo ye ún de los pegollos principales pa la sofítancia de la identidá asturiana, nun siendo chocante que les comunidaes tradicionales punxeren el bienestar animal per delante de too y de toos, porque'l ganáu sustentaba una parte importante de les necesidaes de ropa y alimentu.

En particular, la composición en cuantes a macro y micronutrientes d'ún de los principales productos alimenticios que da'l ganáu rumiante, el lleche, ye colosal. El lleche ye un alimentu abundante en minerales y vitamines, amás de proteínes y grasas.

Magar que los sos nutrientes conviértenlo nun súper alimentu, la so mayor incomenencia

de tan cencielles operaciones, yera un productu untosu, de golor y tastu ácidu, que podía almacenase y tresportase con muncha más facilidá que'l lleche crudo.

### ...PASABEN LOS SIEGLOS

Nel añu 29 e.C. los romanos finalmente dieron el pasu y trevesaron el Duero, conquistando la rexón cantábrica en diez años. Anque pudiere suponese que los primeros quesos astures yeren de cuayáu ácidu, los romanos yá entendien que meciendo'l lleche con daqué parte de les coraes del cabritu, el lleche cuayaba volao y, amás, al final, el quesu llograo tenía una testura y un tastu más delicaos.

En condiciones naturales, si nun hai nengún procesu d'esterilización previu, les bacteries láctiques del ambiente y les del caldar del mesmu animal yá tán presentes nel lleche dende'l

**Los primeros quesos astures yeren de cuayáu ácidu, pero los romanos yá entendien que meciendo'l lleche con daqué parte de les coraes del cabritu, cuayaba volao y el quesu llograo tenía una testura y un tastu más delicaos**

ye qu'en condiciones naturales y ensin refrixeración, desíguase fácil, pudiendo mudar nun productu de colonización cenciella pa los microorganismos patóxenos, colos riesgos qu'ello supón pa la salú. Masque la conservación del lleche foi siempre un retu, esti retu solventóse bien n'Asturies dende tiempos prerromanos poles propies tribus autóctones. Nun momentu que se pierde na historia d'esta tierra, dalgún avezáu pastor decatóse de qu'esi productu d'aspeutu xelatinosu, bañáu en líquidu verde, que resultaba cuando'l lleche posaba dellos díes nun caçiu al abrigu'l sol, podía rescatase y recudise en trapu de llinu, y que lo que resultaba, después

momentu primeru de catalo. Estes bacteries, afayándose nun mediu tan nutritivu, van crecer ensin midida, consumiendo la lactosa y provocando un aumentu de l'acidez d'esi alimentu. Cuando l'acidez del lleche ye lo alta que fai falta pa ello, les proteínes láctees, ye dicir, les caseínes que s'atopen arrexuntaes iguando esferes, desestabilicen, desenróllense y axúntense entós en forma de maya, produciéndose un xel, lo que conocemos como **cuayada ácidu**. Esta cuayada, que ta mui hidratada y ye malpenes elástico, yá ye untoso y de tastu y arume asemeyaos a los del yogur. Sicasí, si la cuayada xurde d'amesta-y dél cuayu animal (sustancia que pue estrayese



del quartu estómagu d'un rumiante non este-táu) al lleche, les proteínes desestabilicen sobre manera porque ruempen y, asina, ye que pue formase una cuayada dientro d'un tipu de lleche que ye muncho menos ácidu. Esta cuayada va poder deshidratase más fácil y ye muncho más elástico y consistente: el quesu que produz pue ser más denso y saborgoso.

Nesi sentíu, los romanos del altu imperiu (27 e.C. – 476 d.C.) foron los primeros en producir quesu sólido daveres, prensao, asemeyao al manchegu d'anguaño; por eso, ente la so cacía, pudieron recoyese preseos como l'arrallador de quesu, ellaboráu con bronce o fierro. En xeneral, los romanos reconocien de manera oficial la esistencia de dos tipos de quesu, el *caseus mollis*, o quesu blandio, y el *caseus aridus*, o quesu seco.

Estos dos quesos podien tresnase con lleche de cabra y oveya indistintamente, siendo quesos de cuayu, ensin cocinar, llixeramente primíos y salaos na superficie. Non obstante, nel casu de la versión del quesu seco la presión exercida yera superior y duraba más tiempu. D'esta miente, al romanu prestába-y consumir esti productu artesanal, y faciálo de manera afanosa, darréu que yera un alimentu baratu y al algame de cualquier ciudadanu d'a pie.

Na Edá Media, la mayor actividá cultural produciáse dientro los monesterios y abadíes y foi precisamente nos monesterios onde se desendolcaron los mayores avances no tocante a la producción de vinu y quesu. Los monesterios reciben diezmu de los llabradores y de los señores feudales, munches veces en forma d'alimentos

**Ye nos sieglos XVI y XVII cuando empieza a llantase equí'l maíz y la pataca provinientes de Les Amériques; entós multiplícase'l rindimientu agrícola y espoxiga la presencia de ganáu vacuno n'Asturies**

qu'habien conservase y almacenase. Nesta dómina empiecen a desendolcase los quesos cu-raos y azules: n'Asturies yá apaecen variedaes que recuerden a los actuales cabrales, gamonéu y afuega'l pitu. A estes altures, los quesos produciense cuasiqúe exclusivamente con lleche de cabra y d'oveya.

Na Edá Moderna y hasta primeros del sieglu XVIII, el marcu orográficu d'Asturies, esto ye, El Cordal y El Mar Cantábricu, dexó a la so xente nel aislamientu y nel desarrollu d'una economía de caltendencia, na que se consumía tolo que se producía y na que los escedentes de lleche, al nun poder vendese darréu, procesábense y almacenábense

en forma de quesu y mantega, aprovechándolos pa los mercaos locales. Nel sieglu XV los quesos más carauterísticos asturianos yá podien estremase bien y dende'l XVI y XVII, cuando empieza a llantase equí'l maíz y la pataca provinientes de Les Amériques, multiplícase'l rindimientu agrícola y espoxiga la presencia de ganáu vacuno n'Asturies. Morriendo'l sieglu XVIII puen identificase ente trenta y siete y setenta y dos mercaos selmanales, espacios onde podien aprovecharse los escedentes ganaderos y agrícolas de les cases. A lo llargo d'esta dómina existen nicios de quesos artesanos en tolos conceyos asturianos, magar que los detalles escritos de la so producción malpenes

llegaron hasta los nuestos díes. La estensión de la producción de quesu n'Asturies xustificase, igual que n'otros ámbitos ibéricos, na esistencia del diezmu al párrocu en forma de quesu y mantega yá dende tiempos medievales, cosa que demuestra qu'estos productos formaron parte de la vida llabriegu dende amunchayá, resaltando, de nueves, el calter popular de la so producción y, poro, del so consumu.

A finales del sieglu XVIII yá hai ordenances que contienen, pela primer vegada nun documentu públicu, una mención al quesu cabrales, considerándolu productu de la zona no tocante a la so fiscalidá. Nel sieglu XIX asocede la industrialización d'Asturies gracias a los depósitos de carbón atopaos. El mineral estrayío ha trespertase, y esta xera potencia les comunicaciones cola meseta y l'aislamientu asturianu redúzse. La industria minera atrayía entós los primeros negocios bancarios, la inversión de capital y el desarrollu económicu; los centros urbanos crecien y l'agricultura entamaba la so intensificación, lo que supunxo un afitamientu del sector ganaderu. La comunicación con otruas ciudaes españoles supunxo la creación d'un mercáu estatal, especializándose la rexón cantábrica nel sector ganaderu pol so escelente pastu, pasando a

ser Asturies una comunidá compradora de cereales y esportadora de carne y, en mayor medida, de lleche, especialmente de vacuno. Polo tanto, nesi sieglu XIX y sobre manera na so segunda metá, Asturias desarróllase como un territoriu especializáu na producción de ganáu vacuno y lleche, teniendo'l mayor censu de vacunu d'España no postrero del XIX. A lo llargo'l

**A lo llargo del XIX empezaron a biltar les primeres industries de quesu y mantega asturianas, que recoyien el lleche de les ganaderíes y lo procesaben de manera artesanal, ensin afitase la mecanización de la producción hasta mui a finales del sieglu. Fuera d'Asturies, el quesu que yá tenía daqué mercáu estatal yera'l cabrales**

sieglu XIX, el quesu que se producía yera principalmente blandio, cosa que-y torgaba'l tresperte y la conservación aculló d'un mercáu local. Por embargu, a lo llargo d'esti sieglu empezaron a biltar les primeres industries de quesu y mantega asturianas, que recoyien el lleche de les ganaderíes y lo procesaben de manera artesanal, ensin afitase la mecanización de la producción hasta mui a finales del XIX. Fuera d'Asturies, la mena de quesu asturiano más conocida y que yá tenía daqué mercáu estatal yera'l cabrales, mentanto que, en términos xenerales, el comerciu español taba domináu pol quesu manchego, quesu duro y madurao, que tenía meyor treslláu y venta en llugares alloñaos.





Yá nel sieglu XX la pasteurización y la refrixeración allargaron en bona medida la vida útil del lleche, les canales de distribución modernizáronse y potenciáronse, el conocimientu sobre cómo facer quesu compartióse y los meyores métodos impunxéronse. La industrialización del quesu amenorgó los costes y popularizó l'alimentu aculló del productu llabriegu que solía ser. Con too, Asturias sigue siendo una de les comunidaes con mayor númeru de queserías yá nel sieglu XXI, teniendo agora l'artesanía un caráuter cultural y de distinción.

### ... Y TRESFORMÁBASE LA NATURALEZA

La humanidá sabe cómo facer quesu dende cuantismayá y, poro, el consumu de quesu siempres

foi una actividá de sobrevivencia, una manera d'aprovechar el lleche que, d'otra miente, diba perdesse. De toles maneres, cola llegada de la industrialización, la profesionalización na producción y el comerciu internacional, el consumu de quesu camudó enforma. Yá nun ye aquel procedimientu qu'aprovechaba con apremiu los ruinos recursos de los que se disponía, sinón que ye un productu romantizáu llantáu nes coraes de la propia identidá de los pueblos; dalgo que, en definitiva, pasó a ser un símbolu definitoriu de les cultures au se produz. Asina, cada tipu de quesu necesita ser una sinfonía, un conxuntu de notes que se combinen con gracia y de mou únicu, magar que'l resultáu pueda inxertase en dalguna tipoloxía según la so semeyanza a unes carauterístiques definitories.

No que se refier a esto, anque los quesos puen estremase estudiando les sos variaciones en milenta parámetros diferentes (como, por exemplu, el tipu y l'orixe del lleche o si la cuayada ye ácida o de cuayu), al final, el tastu, la traza y la testura son les variables que nun puen cayer embaxo pa definir cualquier alimentu. Anque'l tastu y la traza son peores de categorizar, la testura remanez como ún de los parámetros que más impautu tienen sobre'l consumidor, pudiendo apreciase nesti tipu de productos col mesmu tayu d'un cuchellu. Teniendo esto en consideranza, dende'l puntu de vista de la so testura, los quesos podíen ordenase en dos grandes grupos: de pastia blandio y de pastia duro.

Los quesos de pastia blandio algamen la so forma final por aición de la gravedá, riquiendo les pieces volteos constantes nel periodu de moldiar y madurecer. Nestos quesos, el conteníu n'agua del productu final va ser relativamente altu y la so caducidá va ser rápida. Per otru llau, los quesos de pastia duro prénsense exerciendo una presión esterna reforciada, yá seya con peses cencielles o con prenses más complexes, diseñaes a costafecha. Amás, nestos quesos, puede esbirase la cua-

**Los quesos de pastia blandio algamen la so forma final por aición de la gravedá, riquiendo volteos constantes nel periodu de moldiar y madurecer. Nestos quesos, el conteníu n'agua va ser relativamente altu y la so caducidá va ser rápida. Los de pastia duro prénsense exerciendo una presión esterna reforciada, yá seya con peses cencielles o con prenses más complexes.**

yada a temperatures superiores a les ambientales primero de prensalos o, inclusive, en dellos casos, llega a llavase la cuayada con agua caliente enantes de da-y el moldu. Per otra parte, hai un factor que-y da un caráuter únicu al quesu de cada rexón o productor: **la maduración**. La maduración del quesu ta mediada por bacteries que provienen de la inyeición primera y por otres bacteries presentes nel ambiente, amás de les enzimes conteníes nel cuayu y de les que yá contién el lleche de manera natural. Nesti sentíu, les bacteries del quesu presenten la capacidá de metabolizar les proteínes y les grases pa xenerar otros compuestos que dan golor y tastu.

Dientro'l lleche crudo puen atopase un gran númeru de bacteries. Delles puen ser dañibles, pero otres, como les bacteries láctiques, son fundamentales pal procesu de maduración de los quesos. Estes bacteries atópense de manera natural nel lleche o, como contaminantes, na superficie del caldar de la vaca, l'equipamientu llechero, el mediu ambiente, nel tresporte del lleche, nes operaciones d'enllena o, mesmo, nes superficies d'almacenamientu. Les primeres bacteries láctiques que s'atopen na cuayada formenten la lactosa rápida, produciendo una concentración curiosa d'ácidu láctico. Darréu, estes bacteries empiecen a morrer por falta de lactosa y espoxiguen otres, que son propies del ambiente au tea madurando'l quesu. Esti últimu grupu de bacteries ye bien heteroxeneu, puen alimentase de les proteínes y aminoácidos presentes nel mediu y la so población, que malpene va poder controlar l'artesanu, aumenta a lo llargo de les selmanes y meses de maduración. Estes bacteries son, xusto, les qu'introducen variabilidá nel productu final y faen que puedan atopase diferencies ente quesos producidos na mesma quesería, en llores estremaos. Tamién

son les responsables de que, exautamente col mesmu lleche y siguiendo'l mesmu procedimientu, quesos produciós en llugares alloñaos tengan propiedaes sensoriales diferentes. A medida que'l quesu va madureciendo, va tresformándose nun mediu progresivamente más gafu pal crecimentu de los microorganismos, pero siempres habrá dalgún tipu de bacteria que seya quien a espoxigar y seguir desenvolviendo les carauterístiques organoléptiques del productu. Por supuestu, delles d'estes bacteries son capaces a producir una degradación non deseada de la testura y del golor del quesu, polo que tienen que tar controlaes.

Xeneralmente, los quesos de pastia blandio tienen un periodu de maduración curtiu, que pue ser de díes o dellos meses, mentanto que los quesos de pastia duro puen tener procesos de maduración muncho más llargos, d'hasta dellos años.

Un quesu de pastia blandio y que tien un periodu de maduración d'ente cinco díes y seis meses, y que ye de gran raigañu n'Asturies, ye **l'afuega'l pitu**. Esti quesu díóse en numerosos conceyos asturianos, magar que güei la denominación d'orixe céntrase na xuntura de les cuenques de los ríos del Caudal, Nalón y Narcea. L'afuega'l pitu tien la particularidá de que la so cuayada, parcialmente esbirao, amásase pudiendo inxerta-y o non pimentón, lo que, en resultes, ufierta dos variedaes: blanca y roxa. Esti nome tan célebre vien-y de la testura porque, anque de pastia blandio, ye un quesu con enclín a apegase no fondero'l gargüelu, siendo difícil de tragar ensin asociase a la toma de dalguna bebida.

Un quesu asturianu semiduru o duru, qu'esmigaya fácil y tien un periodu de maduración mínimu de venti díes, ye'l quesu **Los Beyos**, propiu de los conceyos d'Amieva y Ponga. Esti quesu carauterízase por poder incluyir una eta-

pa d'afumiáu y un procesu de maduración onde ye importante que nun quede cubiertu de fungos, yá que puen adultera-y el tastu. Esti nun ye un aspeutu corriente na teunoloxía quesera, yá que los quesos de pastia blandio son los que se manifiesten más sensibles a ser colonizaos por fungos, igual nel exterior que nel interior de cada pieza, dando llugar a quesos azules.

Precisamente, el quesu más emblemáticu d'Asturies, **el cabrales**, ye un quesu de pastia blandio que madura en cueva, onde se dan les condiciones ambientales acionaes pa que'l fungu se multiplique. La tradición del quesu cabrales piérdese na Asturies medieval más remota y, magar que'l so orixe nun quedara per escrito, ye fácil imaxinalu: los quesos de pastia blandio estropien con relativa rapidez y, nun intentu por aumentar la so vida útil, los antiguos vecinos de Cabrales y del Valle Baxu de Peñamellera decidieron almacenalos a techu y a baxa temperatura al abellugu de les cueves caliares de la zona. Estes cueves, con una humidá relativa cercana al 95%, una bona altitú y una ventilación particular, resultaron la cuenta pa que'l fungu del xéneru *Penicillium*, ubicuu en suelu y aire, se multiplicare sobre y dientro de cada pieza almacenada. En xeneral, los quesos maduraos con fungos tienen un sabor muncho más intensu que los maduraos namás con bacteries. Esto ye porque los fungos son organismos muncho más galafres que les bacteries, con una capacidá especial pa les proteínes y les grasas del lleche, lliberando na so dixestión compuestos, dalgunos d'ellos volátiles, que son responsables de la intensidá del sabor de los quesos azules.

Per otru llau, l'otru quesu emblemáticu de la nuesa tierra, **el gamonéu**, tamién se produz na zona oriental d'Asturies, nos conceyos d'Onís y Cangues d'Onís, pero, nesti casu, amestando

una etapa d'afumiáu primero de la maduración en cueva. L'afumáu crea una corteza superficial que depués restrinxe enforma l'espoxigue del fungu dientro la pieza y qu'alteria la so testura y, asina, mentes el quesu cabrales ye untoso, el gamonéu ye duru y rompedizo.

Otru quesu de tastu perintensu, pero que tien la particularidá de que nun madura con fungos, ye'l **quesu casín**, qu'anguaño se produz nos conceyos de Casu, Sobrescobiu y Piloña. Esti quesu ye ún de los más antiguos d'España, de pastia duro y, por eso, de llarga duración; tien la singularidá de que la cuayada rabíase de lles vegaes, ensugándolo y facilitando la descomposición de la grasa del lleche. Esta descomposición revélase con intensidá al olfatu y al paladar, apreciándose notes picantes na so preba.

Evidentemente, amás d'estos quesos emblemáticos, existen decenes, si non centenes, d'otres variedaes n'Asturies, que formen parte del so patrimoniu cultural.



*Un quesu de pastia blandio y que tien un periodu de maduración d'ente cinco díes y seis meses, ye l'afuega'l pitu. El quesu más emblemáticu, el cabrales, ye tamién de pastia blandio y madura en cueva; el gamonéu, tamién ye de la zona oriental, pero amesta una etapa d'afumiáu primero de la maduración en cueva. Otru quesu de tastu perintensu, pero que nun madura con fungos, ye'l quesu casín que ye ún de los más antiguos d'España. Un quesu semiduru o duru, qu'esmigaya fácil y tien un periodu de maduración mínimu de venti díes, ye'l quesu Los Beyos, d'Amieva y Ponga: carauterízase por poder incluyir una etapa d'afumiáu y un procesu de maduración onde ye importante que nun quede cubiertu de fungos. Esti quesu tien Indicación Xeográfica Protexida (IXP), los otros 4, Denominación d'Orixe Protexida (DOP).*

#### LLEVANDO'L PRODUCTU A LA PERFEICIÓN

El quesu enxamás fora tan popular como ye güei: cada español consume unos ocho quilos de quesu, tando Asturias ente les comunidaes más consumidores *per cápita* del estáu. A nivel continental, estímase que cada européu consume de media diecisiete quilos de quesu al añu, siendo Europa'l mayor consumidor d'esti productu lacteu del mundu. Pa poder llegar a esti momentu duce foi indispensable la mecanización del sector, xenerándose un productu gradualmente más baratu, algamable y seguru, emplegándose en munchos casos lleche estandarizao ya hixenizao acordies.

Sicasí, según el sieglu XXI va desendolcándose, pue apreciase como, tovía viviendo nuna sociedá teunificada y desaxeradamente estandarizada, la vuelta a los orixenes vese como un viaxe hacia lo auténticu y natural. El quesu industrial percíbese como daqué baratu, ensin munchu valor, y lo gastronómico camudó n'esperiencia. Nesti contestu, les que-

series artesanales volvieron a florecer, teniendo qu'axustase a una normativa mui precisa y desendolcada pa evitar precisamente los problemas propios de les elaboraciones artesanales primixenies, ye dicir, pa evitar l'emplegu de lleches adulteraes o de téuniques y costumes d'elaboración poco hixéniques. Agora'l quesu artesanal, el verdaderu corazón d'esta industria nel sieglu XXI, tien un marcu sanitariu pel que se mover, de manera tala que puede centrarse n'estremase faciendo un productu artesanal diferenciáu de la competencia, variando la calidá del lleche, los formientos lácticos emplegaos o inclusive la formulación o'l procesu de maduración de los quesos producíos.

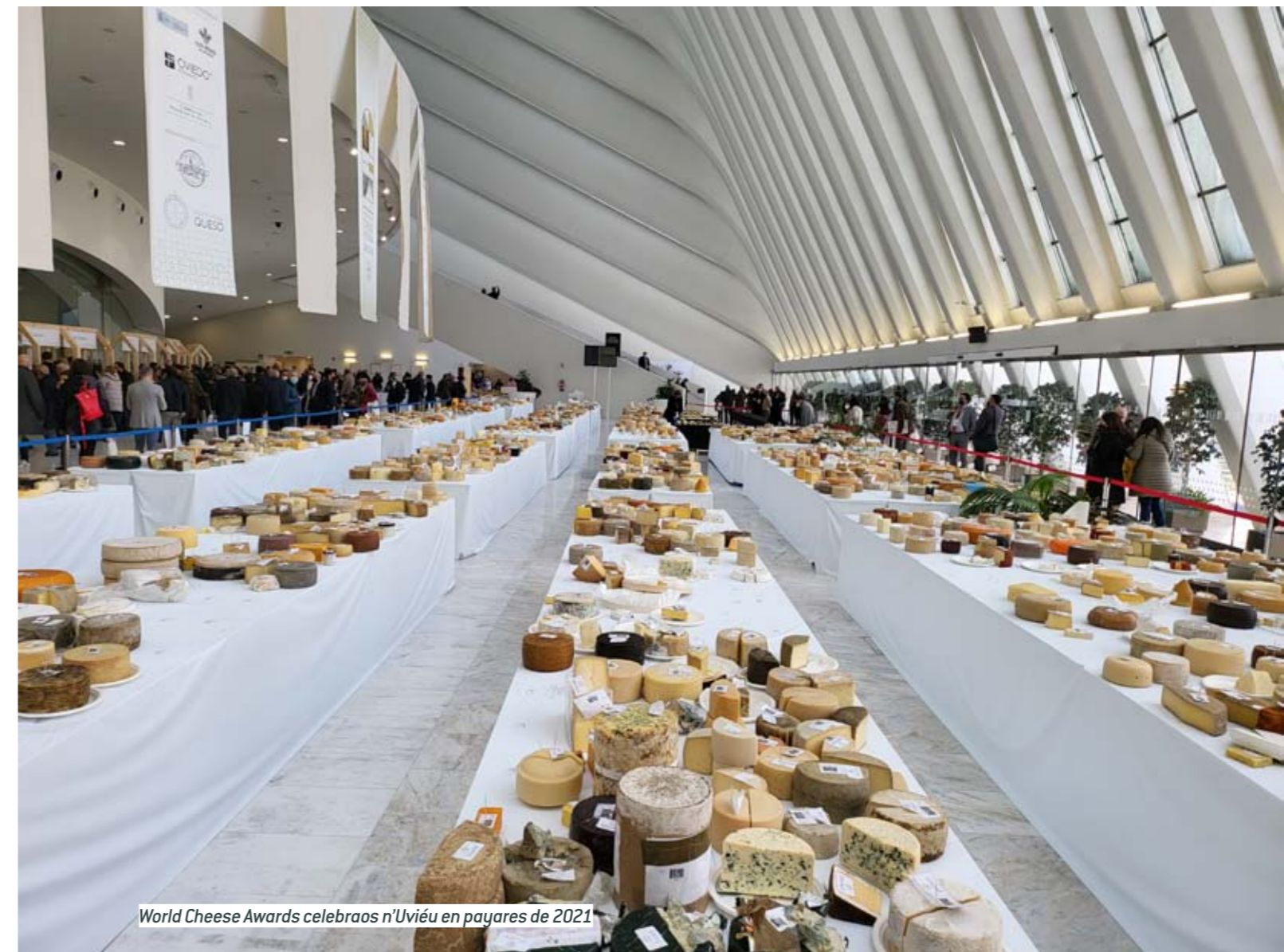
#### ENSEÑANDO Y VENDIENDO'L PRODUCTU

Facer quesu siempre foi dalgo relativamente sencillu, namás se necesita cuayar el lleche, esbirar la cuayada y moldialo. Por embargu, facer bon quesu ye daqué muncho más complicaos, y el puxu de lo artesanal pue tener la incomenencia

de la desigualdá na calidá inclusive ente distintos llores producíos pola mesma quesería.

Nun intentu d'homoxeneizar producciones y que'l consumidor sepa a qué atense cuando compra un productu, dellos quesos reciben una marca de calidá d'aluerdu cola llexislación europea. Estes marques de calidá puen ser de **Denominación d'Orixe Protexida (DOP)**, d'**Indicación Xeográfica Protexida (IXP)** o d'**Especialidá Tradicional Garantizada (ETG)**, que denoten quesos producíos conforme a una normativa propia que

garantiza la calidá d'el productu elaboráu. Esta normativa pue tener en cuenta factores como'l tipu d'alimentación de los animales, la so raza, el tipu de lleche o lleches a emplegar y en qué proporción, l'allugamientu xeográficu de la quesería y el pastu, asina como'l métodu d'elaboración. Anque, por cuenta del gran raigañu cultural que tien la quesería n'Asturies, enumerar les distintes variedaes de quesos asturianos podía ser una xera titánica, ye bastante más sencillu nomar les cuatro variedaes con un sellu DOP: afuega'l



### Podemos imaxinar un futuru n'Asturies nel qu'heba queserías que lleven al estremu los análisis y la calidá, tanto del lleche como del quesu final producío y que tengan llicencia pa tresnar quesos de baxa maduración con lleche crudo

pitu, gamonéu, cabrales y casín, tando amás el quesu Los Beyos protexíu baxo la marca IXP. Los productores qu'imprenten estes marques nos sos productos garanticen al consumidor un nivel de calidá y unes carauterístiques organoléptiques concretes, definitories y especiales, bones d'estremar pa los consumidores y que protexen a los productores énte otre variedaes asemeyaes, pero que tán ensin regular.

Amás de los diferentes sellos, el consumidor tien siempre la oportunidá de conocer la calidá de los quesos producíos na tierra nes diferentes ferries, certámenes y congresos, que n'Asturies son mui numerosos. Facemos especial mención a la celebración del World Cheese Awards en payares del 2021 n'Uviéu, ún de los congresos internacionales más distinguíos qu'esisten anguaño y, que na so edición asturiana, acoyó a más de 4.000 variedaes de quesu diferentes, axuntando más de 10.000 visitantes a lo llargo de los cinco díes de duración que tuvieron les actividaes.

#### **MUNCHES COSES POR FACER**

Col análisis retrospectivu que s'intentó facer nesti artículu, la evolución de lo que ye'l quesu n'Asturies foi descomanada, yá que, aunque siempre foi un productu de mases, agora amás, por raigañu, significáu na so xente y mou de vida asociáu, ye un productu que trescien de lo esperable nun alimentu, pa llegar a ser una categoría en sí mesmu. Sicasí, queden por identificar les munches coses qu'hai por facer, non con ánimu de crítica, sinón con espíritu constructivu.

El denomináu *packaging* o embalaxe, que caltién y presenta cualquier alimentu anguaño, ellabórase principalmente con plásticos malos de reciclar y qu'avaguen siglos en degradar ellí onde queden depositaos. Fai namás 50 años, el quesu cabrales sirvíase al públicu envuelto en fueya de pláganu. Sicasí, güei les sos propiedaes caltiénense de manera esceicional en raciones de cualquier tamañu, en cuñes d'un plásticu más o menos ríxido, plásticu que supón un problema mediuambiental de primer orde y que la comunidá internacional ta intentando sustituyir, o polo menos simplificar, a marches forcies. Al respetu d'esto, la futura normativa en materia de reciclax esixe que los nuevos envases contengan un altu porcentaxe de plásticu yá emplegao y amás tan investigándose materiales sustitutivos con cualidaes asemeyaes, como los elaboraos con proteínes, ácidu poliláctico o polihidroxicanoatos, masque la so aplicabilidad en quesería tea tovía por demostrar. Tamién nel ámbitu de la investigación, produxéronse intentos d'aumentar el valor nutricional del quesu amestándu-y probióticos encapsulaos, unos probióticos de mal accesu pa les bacteries láctiques del propiu alimentu, de manera que pueda caltenese'l so llabor beneficiosu sobre la flora intestinal del consumidor. Nesti sentíu, tamién se modelizó'l crecimentu de bacteries patóxenes como la *Listeria monocytogenes*, tanto nel interior como nel exterior del quesu, de mou que pueda predicise cuáles son les carauterístiques más amañoses pa torgar el crecimentu del patóxenu.

Per otru llau, el sector artesanal sufre un problema al respetu de la teunificación de los sos profesionales. Les queserías artesanales son pequeñes, munches vegaes d'herencia y explotación familiar, qu'ellaboren un productu calidable, pero que podíen tener marxe d'ameyoramientu en cuanto al perfeicionamientu de los recursos y, poro, del rindimientu económicu en cada pieza producida.

Nesti sector, el perfeicionamientu de la producción rique un conocimientu fondu de la bioquímica del lleche y del quesu, asina como l'accesu a foros internacionales que tán fundamentalmente teunificaos y que son difíciles d'entender si nun se compriende con precisión cuál ye la ciencia qu'hai detrás de la producción quesera. Anguaño existen cursos de formación profesional n'Asturies que son escelentes plataformes p'adquirir esos conocimientos. Amás, la comunidá universitaria ta comprometiéndose más, esistiendo inclusive un Institutu de Productos Lácteos que realiza investigaciones d'alcance internacional sobre esti tema.

Finalmente, hai que destacar el conflictu, malu d'evitar, qu'esiste ente lo tradicional y lo moderno. Magar que munches vegaes la llexislación mira por caltener la producción tradicional de delles variedaes de quesu, otre vegaes esa mesma llexislación va al aldu de la seguridad alimentaria, que ye d'importancia capital pa la sostenibilidad de la industria en términos xenerales. Sicasí, la necesaria seguridad alimentaria torga en dellos casos la elaboración tradicional, como ye'l casu de la obligatoriedá d'usu de lleche pasteurizao en cualquier productu queseru con un periodu de maduración inferior a los sesenta díes. Teniendo en cuenta que la pasteurización comporta dellos cambeos fisicoquímicos nel lleche y qu'esta téunica nun se popularizó hasta'l sieglu XX, va ser difícil qu'un productu ellaboráu con lleche pasteurizao pueda considerase xenuinamente tradicional. En cualquier casu, hai qu'imaxinar un futuru n'Asturies nel qu'heba queserías que lleven al estremu los análisis y la calidá, tanto del lleche como del quesu final producío y que tengan llicencia pa tresnar quesos de baxa maduración con lleche crudo.

#### **Referencies bibliográfiques**

- Langreo, A. (1995). Historia de la industria láctea española: una aplicación a Asturias. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Noriega, E., Laca, A., & Díaz, M. (2008). Modelling of diffusion-limited growth for food safety in simulated cheeses. *Food and bioproducts processing*, 86(2), 122-129.
- Papademas, P., & Bintsis, T. (2017). *Global cheesemaking technology: cheese quality and characteristics*. John Wiley & Sons.
- Sáez-Orviz, S., Camilleri, P., Marcet, I., Rendueles, M., & Díaz, M. (2019). Microencapsulation of calcium lactobionate for protection from microorganisms in a solid phase food. *Biochemical engineering journal*, 150, 107281.
- Weng, S., López, A., Sáez-Orviz, S., Marcet, I., García, P., Rendueles, M., & Díaz, M. (2021). Effectiveness of bacteriophages incorporated in gelatine films against *Staphylococcus aureus*. *Food Control*, 121, 107-666.

# Ciencias



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



ACADEMIA  
DE LA LLINGUA  
ASTURIANA

---