

DÍA DA CIENCIA EN GALICIA



CONSELLO
DA CULTURA
GALEGA

2019

O QUÍMICO E A MEDIDA

TOMÁS
BATUECAS
MARUGÁN

Creator da
química física
en Galicia

*Manuel R. Bermejo Patiño
Ramón Cid Manzano*

UNIDADE DIDÁCTICA



Edita

© Consello da Cultura Galega
Pazo de Raxoi · 2º andar · Praza do Obradoiro
15705 Santiago de Compostela
T 981 957 202 Fax 981 957 205
correo@consellodacultura.gal
www.consellodacultura.gal

Colaboran

Real Academia Galega de Ciencias
Secretaría Xeral de Política Lingüística - Consellería de Cultura e Turismo

Autores

Manuel R. Bermejo Patiño (USC)
Ramón Cid Manzano (IES de Sar/USC)

Revisión lingüística

Cristina Río López
Begoña Tajés Marcote
Paulo Vilar Millán

Deseño e maquetación

Mabel Aquayo, CB

ISBN 978-84-17802-07-3

Depósito legal: C 1815-2019



DÍA DA CIENCIA EN GALICIA

2019











O QUÍMICO E A MEDIDA

TOMÁS
BATUECAS
MARUGÁN

Creator da
química física
en Galicia

Índice

- Presentación • páx. 6
- Introducción • páx. 8
- Obxectivos • páx. 12
- Competencias clave • páx. 16
- Metodoloxía. Desenvolvemento da unidade • páx. 20
- Avaliación • páx. 26
- ▶ Contido 1. Batuecas:
apuntamentos biográficos • páx. 30
- ▶ Contido 2. Batuecas e a excelencia • páx. 36
- ▶ Contido 3. A evolución da Facultade
de Química no tempo de Batuecas • páx. 40

-  Contido 4. Batuecas
e a súa escola en química física • páx. 46
-  Contido 5. Antecedentes da IUPAC • páx. 50
-  Contido 6. Que é a IUPAC • páx. 56
-  Contido 7. O profesor Batuecas e a IUPAC • páx. 62
-  Contido 8. Batuecas e a masa atómica.
A táboa periódica • páx. 66
-  Contido 9. Batuecas: profesor e divulgador • páx. 72
-  Contido 10. Batuecas e a experimentación • páx. 78
-  Referencias bibliográficas • páx. 82
-  Sitios web (actividades) • páx. 85
-  Créditos das imaxes • páx. 86

Presentación

A UNESCO declarou 2019 como Ano Internacional da Táboa Periódica para conmemorar o 150 aniversario da publicación, por Dmitri Mendeleev, dunha táboa periódica que permitía ordenar os elementos químicos ata entón coñecidos. Ao fío desta efeméride, a Real Academia Galega de Ciencias elixiu como figura do Día da Ciencia en Galicia outro químico, Tomás Batuecas, polas súas contribucións no campo das masas atómicas.

O Día da Ciencia en Galicia, instituído e promovido pola Real Academia Galega de Ciencias, ten como obxectivo traer á memoria colectiva e á homenaxe pública unha figura destacada da nosa historia científica, focando sobre ela a atención con actos tanto de índole académica coma de carácter social. Trátase en última instancia de retribuír dalgún xeito, coa lembranza e co recoñecemento presente, as persoas que uniron o nome de Galicia á ciencia nos diversos campos, e aí atopamos tanto galegos e galegas de nación coma eminentes figuras vindas de fóra que escolleron quedar connosco e facer ciencia desde Galicia. Esta celebración sitúase nunha liña de traballo ben transitada no Consello da Cultura Galega, que desde a súa creación entendeu a cultura científica como un pilar destacado do seu amplo campo de actividade e desde entón traballou a prol da creación, consolidación e divulgación dunha cultura científica galega; valla como mostra, polas súas potencialidades no ámbito do ensino, o *Álbum da Ciencia*, un auténtico I+D histórico do país. Engádase, ademais, o compromiso —baseado nun firme convencemento e no parecer da ciencia lingüística— con que a divulgación da ciencia galega se faga en galego, superando vellos prexuízos e tópicos absurdos.

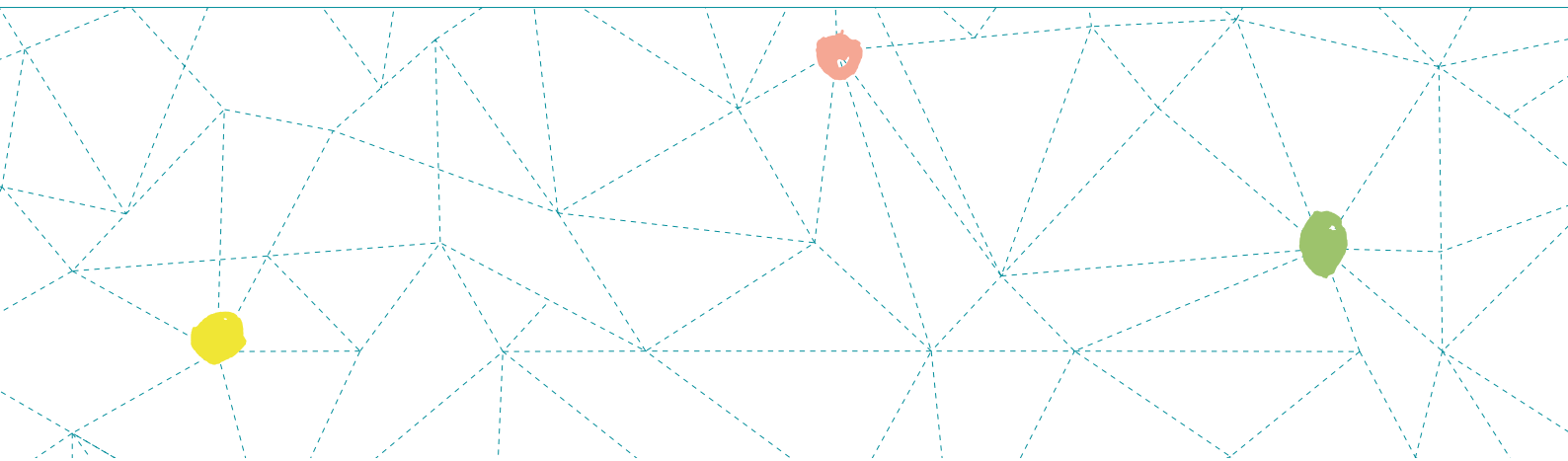
Nese camiño non foi difícil tecer un acordo entre a Secretaría Xeral de Política Lingüística, a Real Academia Galega de Ciencias e o Consello da Cultura Galega para a colaboración na elaboración e edición desta unidade didáctica. En nome das tres institucións, vaia o sincero agradecemento a Manuel R. Bermejo Patiño e Ramón Cid Manzano, personalidades recoñecidas como investigadores, como docentes incansables na defensa e promoción do uso da lingua galega na aula e no laboratorio, e como divulgadores científicos; somos conscientes de que a súa xenerosidade e compromiso coa causa os obrigaron a apartar outras actividades para atender a nosa demanda: beizón.

A obra que vos ofrecemos permite coñecer, de xeito ameno e con rigor científico, as achegas que Tomás Batuecas fixo desde Galicia á ciencia. Vai moito máis alá dun documento con datos biográficos, pois permite acceder ao coñecemento científico co mesmo rigor e humildade que presidiu a práctica docente e investigadora de quen foi discípulo dos mellores científicos españois de principios do século xx e amigo persoal de recoñecidas figuras internacionais. Pretende dar a coñecer a quen foi o gran creador da química física no noso país, cun formato atractivo e no ronsel doutras iniciativas encamiñadas a proporcionar recursos para, con calidade e rigor, colocar no acervo cultural da sociedade galega as persoas, os feitos e os logros que, tamén desde a ciencia, nos dan identidade e nos sitúan en frutífero diálogo co mundo.



Introducción

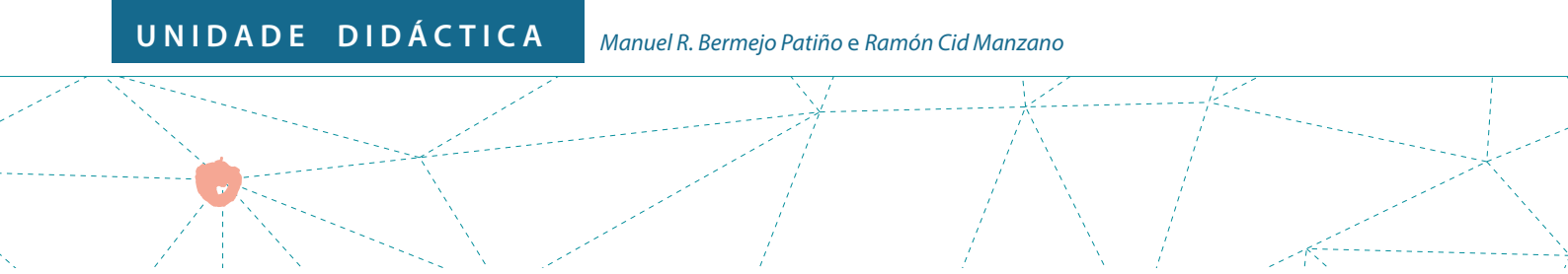
Día da ciencia
en Galicia
2019



Este ano 2019 é un tempo de múltiples celebracións no mundo da química. Conmemóranse os 150 anos da publicación da primeira táboa periódica dos elementos químicos por Dmitri Mendeleev, os 100 anos da creación da IUPAC (Unión Internacional de Química Pura e Aplicada) e os 230 anos da publicación do *Traité élémentaire de chimie*, obra cimeira de Antoine Lavoisier. Por todo o que queda dito, a UNESCO declarou o 2019 como Ano Internacional da Táboa Periódica.

Este mesmo ano a Real Academia Galega de Ciencias decidiu dedicar o Día da Ciencia en Galicia á figura de Tomás Batuecas Marugán. Tivo este personaxe algo que ver con tantas celebracións como se están a facer neste ano? Garda algunha relación a súa obra científica coa táboa periódica ou coa IUPAC? Por que se lle dedica a Batuecas o Día da Ciencia en Galicia? A estas preguntas queremos dar resposta ao longo desta unidade didáctica.

Falar da química galega nos seus inicios como ciencia moderna, durante o século XIX, implica inevitablemente mencionar a Antonio Casares Rodríguez. Do mesmo xeito, se queremos falar da química galega no século XX, debemos necesariamente citar a Ignacio Ribas Marqués na química orgánica, a Francisco Bermejo Martínez na química analítica e a Tomás Batuecas Marugán na área de química física.



Batuecas Principios do século xx

Na Facultade de Ciencias, situada no edificio central da universidade (hoxe actual Facultade de Xeografía e Historia), coincidiu Tomás Batuecas con figuras como Ramón Otero Pedrayo, Ramón María Aller, Abelardo Moralejo, Ignacio Ribas, Antonio Fraguas, Casimiro Torres... Estamos a falar dun grupo de profesores e investigadores probablemente irrepertible e que, con diferentes compromisos, levou a cultura galega a unha grande altura.

Iniciou Batuecas a súa vida científica con dous dos mellores científicos españois de principios do século xx, Enrique Moles e Blas Cabrera, e continuou a súa especialización en Xenebra cun dos químicos europeos máis importantes na química física, o suízo Philippe-Auguste Guye. Mantivo contacto, ao longo da súa vida académica e investigadora, con algúns dos máis insignes especialistas europeos en química física e publicou nas revistas especializadas máis destacadas da área, nun tempo en que o país estaba practicamente illado do resto do mundo. Pero ademais, nese tempo de illamento, foi membro da Comisión Internacional de Táboas de Constantes e presidente, de 1960 a 1963, da Comisión Internacional de Pesos Atómicos. Baixo a súa presidencia, precisamente, e con gran protagonismo de Batuecas, esta comisión propuxo tomar como unidade de masa atómica a doceava parte da masa do isótopo 12 do carbono, que segue a estar vixente.

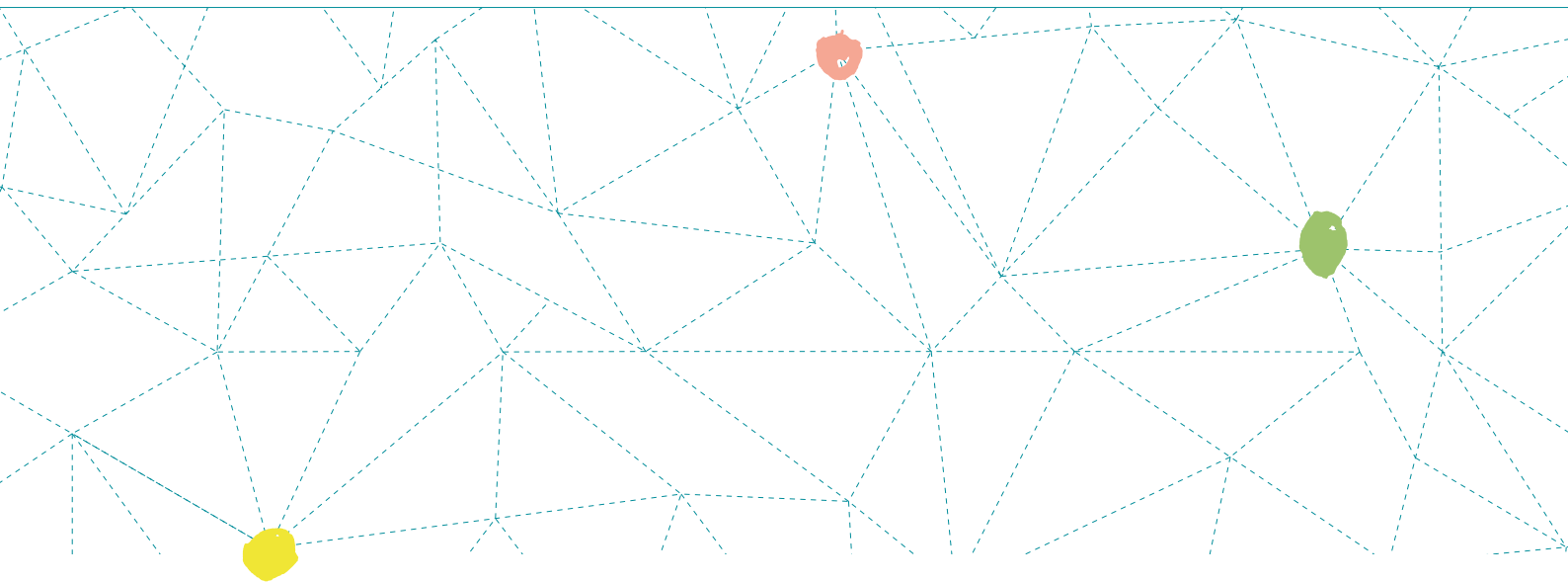
Tomás Batuecas mantívose ligado durante practicamente corenta anos, ata a súa morte en 1972, á universidade galega e creou, co seu maxisterio, a chamada Escola de Química Física compostelá. Xa que logo, por todo o que acabamos de expoñer, está máis que xustificada a decisión da Real Academia Galega de Ciencias (RAGC) de lle dedicar o Día da Ciencia en Galicia 2019. Esta unidade didáctica responde ao interese do Consello da Cultura Galega e mais da RAGC de dar a coñecer no mundo do ensino a súa obra científica. Aproveitamos esta aproximación para nos achegarmos tamén á historia da Facultade de Ciencias da Universidade de Santiago, que será xermolo, en maior ou menor medida, de todas as áreas científicas das universidades galegas actuais, e ás celebracións dos aniversarios da primeira táboa periódica e da creación da IUPAC.

Corenta anos
dedicados
á ciencia



The background features a complex, irregular grid of dashed teal lines. Scattered across this grid are several colored dots: a black dot in the top right, a green dot in the upper middle, an orange dot in the middle left, a red dot in the middle center, a teal dot in the middle left, and a dark blue dot in the bottom right. The word "Objetivos" is centered in a teal, sans-serif font, with the 'O' and 'o' containing the black and teal dots respectively.

Objetivos



A historia da ciencia segue a aparecer de xeito case insignificante como recurso nos procesos de ensino-aprendizaxe dos nosos alumnos e alumnas. Ás veces utilízanse breves biografías ou algunhas anécdotas sobre científicos como elementos secundarios e, habitualmente, ao final dunha unidade didáctica. Con frecuencia, estas anotacións teñen un carácter pouco relacionado cos contidos científicos que se pretende ensinar e, xa que logo, están lonxe de servir como verdadeiro recurso educativo. A esta situación súmase unha presenza case que inexistente de científicos e científicas de Galicia ou daquelas persoas que sen nacer no noso país desenvolveron unha parte importante da súa obra nel. Porén, a historia da ciencia pode converterse nunha excelente ferramenta na aula, pois axuda a que o alumnado entenda en que consiste verdadeiramente facer ciencia. En efecto, o emprego de recursos históricos no ensino das materias de ciencias está amplamente recomendado tanto na educación primaria como na secundaria e superior (Álvarez González e Manzano, 2018). Isto é debido a que permite que o alumnado perciba o traballo científico como algo verdadeiramente humano, próximo e contextualizado e, polo tanto, está a favorecer o interese cara ao seu estudo.

En principio, non se encadra o uso desta unidade didáctica en ningunha etapa en particular do ensino non universitario e pódense levar a cabo varias das actividades propostas na educación infantil, na primaria ou na secundaria, en función da orientación e profundidade que se lles queira dar.

De forma concreta, podemos resumir as intencións deste traballo nos seguintes obxectivos:



Dar a coñecer ao noso alumnado a figura de Tomás Batuecas Marugán, clave na creación do Departamento de Química Física da Universidade de Santiago.



Axudar a desterrar a idea de que a ciencia é unha creación intelectual feita sempre por outros e noutros países, sempre lonxe de nós.



Dar maior visibilidade á actividade que desenvolveron e desenvolven as mulleres nos ámbitos científicos e tecnolóxicos.



Recoñecer a repercusión do traballo científico da universidade galega como motor fundamental para o desenvolvemento do noso país.



Propoñer actividades para celebrar o Ano Internacional da Táboa Periódica e o centenario da creación da IUPAC.



Presentar a actividade científica de forma contextualizada mediante as múltiples iniciativas nas que Tomás Batuecas participou ao longo da súa vida.



Valorar a importancia da figura do ensinante na sociedade por medio da dimensión docente deste ilustre químico.



Dar a coñecer institucións académicas do noso país que, como a Real Academia Galega de Ciencias e o Consello da Cultura Galega, promoven actividades, actos e recoñecementos que fan visible o desenvolvemento científico en Galicia.



Axudar a situar o traballo científico nun contorno cultural, social e histórico concreto, lonxe da imaxe estereotipada dunha ciencia allea ao que a rodea.



Tomar conciencia da transcendencia do coñecemento científico como parte inseparable da cultura que debe posuír cada persoa.



Asumir que é con esforzo e compromiso como podemos contribuír á mellora das condicións de vida da nosa sociedade.



Establecer puntos de motivación para introducir determinados contidos científicos, históricos, filosóficos etc.



Promover espazos de interdisciplinariedade entre o ensino das ciencias experimentais e outros ámbitos do coñecemento.



Achegarse a novos contidos científicos a partir do traballo desenvolvido por Batuecas no seu campo de actividade científica.



Utilizar sitios web, blogs e outros recursos como ferramentas para a adquisición de coñecementos científicos.



Mellorar no traballo colaborativo mediante as accións propostas en grupos.





Competencias

clave

Aínda hoxe en día segue a existir, en certos sectores da sociedade e en determinadas áreas do ensino, unha falta de toma en consideración do protagonismo que as ciencias naturais en xeral, e a química en particular, deben presentar no que chamamos cultura. De forma máis concreta, téndese a asociar a conciencia cultural e as súas expresións co ámbito artístico, nas súas múltiples manifestacións, e aparecen de xeito en xeral escaso as achegas científicas, que tamén “fan país”. Os case corenta anos en que Tomás Batuecas estivo relacionado coa Universidade de Santiago, poñendo a ciencia galega en contacto coa ciencia internacional e creando unha escola de discípulos, forman parte da historia da nosa universidade e, polo tanto, da cultura de Galicia.

As intervencións de Batuecas en varias liñas de investigación na área da química, así como a súa presenza na toma de decisións en asuntos de gran transcendencia nesta ciencia, axudan a contextualizar certos contidos químicos, permiten achegarse ao carácter tentativo e creativo do traballo científico, proporcionan exemplos moi claros de relación entre a ciencia básica e a tecnoloxía e, xa que logo, contribúen a difundir como se xeran este tipo de coñecementos. Ademais, a química axuda a acadar competencia matemática porque a medida e a súa expresión numérica son a base para a análise e comprensión dos fenómenos e dos feitos naturais. Son moi numerosos os exemplos de cuantificación numérica que atopamos nos traballos de Batuecas. As actividades con eses datos numéricos, a súa representación gráfica e a realización de exercicios de conversión das unidades aos sistemas de unidades actuais constitúen unha estratexia que mellora a competencia matemática do alumnado.

Conciencia
e expresións
culturais

Competencia
matemática e
competencias
básicas en
ciencia e
tecnoloxía



Competencias sociais e cívicas

A historia da ciencia vista por medio dun caso tan próximo axúdanos a saber como a actividade científica contribuíu ao desenvolvemento social, á mellora das condicións de vida e á igualdade entre as persoas. Pero tamén hai implicacións negativas no desenvolvemento científico e a evolución da sociedade nos últimos cen anos permite comprender a intervención da ciencia nos cambios producidos. Isto facilita a alfabetización científica do alumnado, que constitúe unha parte fundamental da súa cultura e, polo tanto, da súa dimensión como cidadáns. Por outra parte, promovemos deste xeito o interese polo coñecemento científico relacionado co contorno.

Competencia dixital

As actividades propostas implican fundamentalmente a busca, recollida, selección, procesamento e presentación de información, que se pode mostrar, ademais, en moi diferentes formas: verbal, numérica, simbólica ou gráfica. Melloramos, así, as destrezas asociadas, utilizando as tecnoloxías da información e a comunicación na aprendizaxe das ciencias, pero tomando como centro de interese un persoeiro que levou a cabo a súa obra científica nun contorno moi próximo ao do estudantado.

Comunicación lingüística

A química posúe a súa propia linguaxe, que non é doada de aprender. As actividades que nos permitan achegarnos a ela, desde textos escritos sinxelos que aborden diferentes aspectos desta ciencia, axudarán a introducir dun xeito máis amable a terminoloxía específica. Por outra parte, na dimensión fundamentalmente divulgadora, podemos propoñer actividades de análise comprensiva de documentos científicos en diversos formatos, para contribuímos, así, á mellora das destrezas lingüísticas.

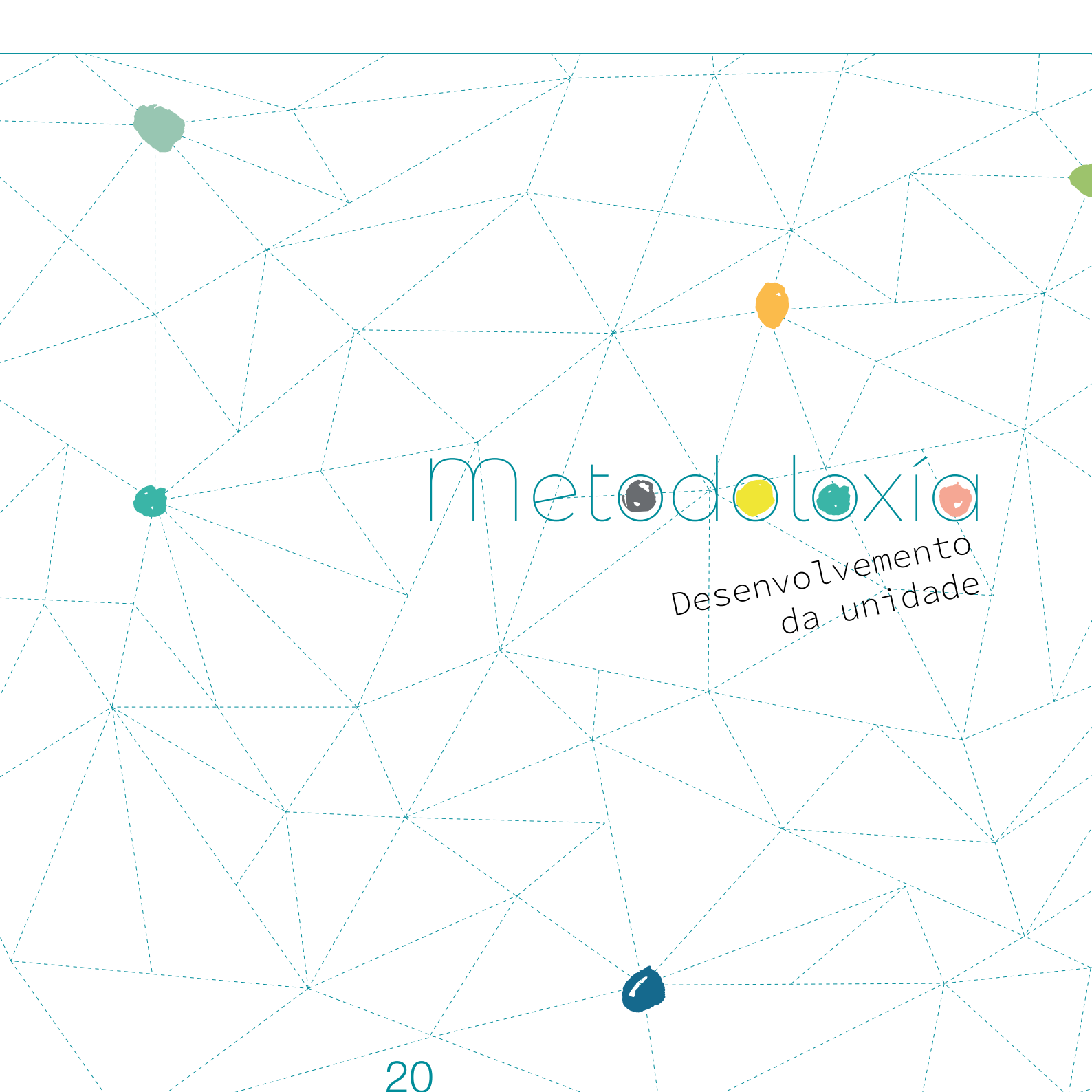


Algunhas actividades que incluímos axudan a transmitir o coñecemento científico, incorporando e integrando informacións provenientes de diferentes medios na estrutura do coñecemento de cada persoa. A contextualización de conceptos científicos, a asunción do carácter tentativo e creativo da ciencia a partir de casos específicos e a concreción de situacións que ligan o traballo científico co contorno social e cultural axudarán aos alumnos e alumnas a procesar mellor a información no sentido de crear unha verdadeira aprendizaxe, máis aló da simple memorización.

Na obra de Batuecas atopamos moitos exemplos de capacidade de análise; de planificación, organización, xestión e toma de decisións. Tamén mostra o valor da habilidade para traballar, tanto individualmente como dentro dun equipo, e a capacidade de liderado. Non menos importante foi a súa predisposición a actuar dunha forma creativa e imaxinativa, cunha determinación clara á hora de cumprir os obxectivos científicos, tanto no ámbito persoal como no caso dos establecidos en común con outros.

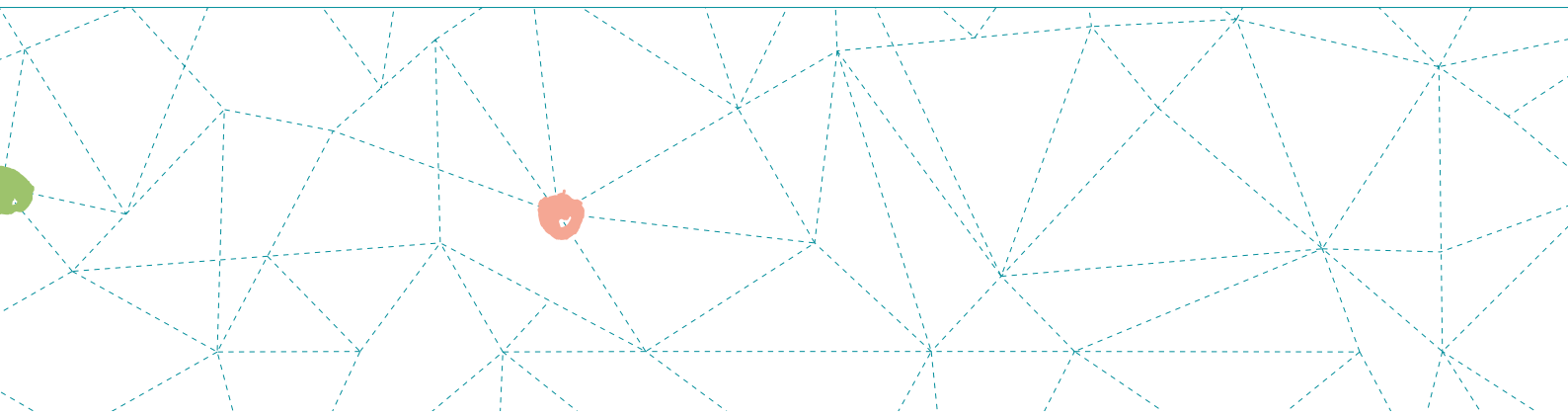
Competencia
para aprender a
aprender

Sentido de
iniciativa
e espírito
empresarial



metodoloxía

Desenvolvemento
da unidade









Os contidos desta unidade didáctica están desenvolvidos ao longo de dez apartados, nos que se pretende, por unha parte, presentar aspectos importantes da obra científica de Tomás Batuecas e, pola outra, abordar as dúas celebracións deste ano 2019 das que este químico é protagonista no marco da química galega: o Ano Internacional da Táboa Periódica e o centenario da fundación da IUPAC. As actividades propostas poden ser levadas á aula coa correspondente adaptación segundo o caso, tendo como obxecto o traballo nas competencias que indicamos na epígrafe anterior, pero non deixan de ser orientativas e será a profesora ou profesor quen, obviamente, estableza a súa idoneidade e realice os cambios precisos segundo considere axeitado. Aínda que en conxunto dan unha imaxe bastante completa deste científico, tales actividades son, en principio, independentes entre si e poden ser utilizadas na secuencia que se considere mellor e tamén de xeito individual. De maneira intencionada, repítese ás veces determinada información co fin de lle dar certa autonomía ao apartado correspondente. Con todo, o uso da introdución que se fai nesta unidade e o primeiro apartado permiten situar inicialmente o persoeiro e, xa que logo, deben ser os contidos que utilizar antes.

Ademais dos aspectos que se presentan, son moitos outros os que poderían tamén ser tratados, pero os contidos elixidos posibilitan que nos achegemos suficientemente, e agardamos que axeitadamente, á dimensión científica do químico Tomás Batuecas.

Dez apartados

Estes son os apartados de contidos que presentamos:

- 1  Batuecas: apuntamentos biográficos
- 2  Batuecas e a excelencia
- 3  A evolución da Facultade de Química no tempo de Batuecas
- 4  Batuecas e a súa escola en química física
- 5  Antecedentes da IUPAC
- 6  Que é a IUPAC
- 7  O profesor Batuecas e a IUPAC
- 8  Batuecas e a masa atómica. A táboa periódica
- 9  Batuecas: profesor e divulgador
- 10  Batuecas e a experimentación

Como xa se indicou, pode utilizarse este recurso en calquera nivel educativo coas conseguíntes adaptacións, pero, en primeiro lugar, esta unidade quere chegar a obra de Tomás Batuecas a todo o profesorado do ensino non universitario, para que despois, nos diferentes niveis e áreas, poida ser levada á aula. En segundo lugar, non está deseñada para ser traballada unicamente nas materias relacionadas coas ciencias da natureza. Mentres que en educación infantil e primaria a interdisciplinabilidade forma parte da propia esencia destas etapas educativas, na secundaria esta unidade pode permitir campos de colaboración entre materias que habitualmente non establecen este tipo de estratexias didácticas. Falamos, por exemplo, da historia, da filosofía, das linguas, das artes plásticas e da tecnoloxía.

Con todo, é aconsellable que tales actividades se leven a cabo en diferentes momentos ao longo do curso e segundo a secuencia normal da materia o permita, pois deste xeito non se converterán nunha especie de “acto litúrxico” que se circunscribe a un momento moi concreto no tempo —por exemplo, co gallo da celebración do Día da Ciencia en Galicia— e que vai ir perdendo valor didáctico se non se reforza durante o resto do curso escolar. Estas propostas poden ser realizadas de xeito individual ou en grupos pequenos, adaptándose á situación concreta. Xa que logo, a profundidade coa que se aborden esas actividades dependerá das especificidades da aula en cuestión e da secuenciación da materia e non teñen por que ser elaboradas nin na súa totalidade nin de xeito seguido. Na maioría das propostas fuxiuse intencionadamente de actividades que presentasen contidos de carácter científico complexo e tamén

Achegar
a obra de
Tomás Batuecas

Propostas
individuais
ou en grupos
pequenos

Ensino secundario e últimos cursos de primaria

da realización de exercicios matemáticos, para tentar chegar ao maior número posible de alumnado e para que as actividades poidan ser desenvolvidas en cantas áreas sexa viable. Con todo, será a profesora ou profesor quen, en función da aula, estableza o grao de dificultade, a extensión e a profundidade a partir da proposta. Deste xeito, todas as accións teñen cabida dentro do marco da atención á diversidade.

Así, para o ensino secundario e últimos cursos de primaria, citamos algunhas propostas que teñen como base a estratexia da didáctica dos “traballos por proxectos”. Por exemplo: un achegamento aos traballos de investigación do profesor Batuecas dá a oportunidade de explorar como se desenvolve o labor científico; a relación deste químico coa determinación das masas atómicas pode servir de base para un traballo por proxectos dedicado á táboa periódica; o seu paso pola presidencia da Comisión de Pesos Atómicos permítenos coñecer a importancia desta institución científica en particular e doutras moitas en xeral, tanto científicas como doutros ámbitos do coñecemento; a biografía científica de Batuecas proporciona un bo recurso para indagar en como se leva a cabo o traballo da xente dedicada á investigación científica; o seu paso pola universidade galega dá pé para coñecer dun xeito máis próximo como son a estrutura e o funcionamento desta; unha aproximación ás liñas de traballo de Batuecas no Departamento de Química Física da Universidade de Santiago permitirá achegar o alumnado dos últimos cursos da secundaria a como se desenvolve a realidade docente e investigadora na universidade.












En educación infantil e primeiros cursos de primaria, ademais de nos serviren para comezar un traballo por proxectos, podemos utilizar a figura e a obra de Batuecas para realizar algunhas das actividades habituais nas diferentes áreas destes niveis escolares. Por medio da obra deste químico podemos presentarllas ás nenas e aos nenos que é a ciencia e en que consiste o traballo dun científico ou dunha científica; as actividades de lecto-escritura poden ter como eixe aspectos relativos á figura deste investigador, pero tamén doutras personalidades senlleiras, mulleres e homes, da ciencia galega; en particular, pódese facer construción de relatos ou contos que garden conexión coa súa biografía científica, co seu traballo ou coa universidade galega, e é posible tamén debuxar o persoeiro a partir das diferentes imaxes que posuímos del. Finalmente, traballando as partes do corpo baseándonos nunha foto concreta, podemos inicialos na práctica da ciencia por medio do método científico: observación, hipóteses, experimentación, comprobación e conclusións, tomando como centro de interese algún asunto que na propia aula poida ser iniciado.





Educación infantil e primeiros cursos de primaria



Avoliación

Dado o carácter aberto das propostas e as diferentes etapas educativas en que estas se poden levar a cabo, non cabe determinar unha fórmula pechada neste ámbito. No entanto, pódense considerar, de xeito orientativo, **os seguintes criterios xerais de avaliación en relación co alumnado e co desenvolvemento completo desta unidade:**

-  Entenden a importancia da figura de Tomás Batuecas Marugán na química moderna en Galicia e o seu papel fundamental na incorporación desta á ciencia internacional.
-  Achéganse correctamente ao significado do traballo en ciencia mediante a obra deste químico.
-  Aprecian o desenvolvemento científico como o resultado dun traballo tanto individual como colaborativo que se estende no tempo.
-  Valoran a contribución de científicos como Batuecas na construción da ciencia galega durante o século xx.
-  Coñecen institucións galegas de carácter académico que axudan a mostrar a ciencia galega e realizan accións de carácter científico para promover a ciencia en Galicia.
-  Perciben axeitadamente a dimensión da universidade galega como motor fundamental para o desenvolvemento do noso país.
-  Sitúan o traballo científico nun contorno cultural, social e histórico concreto e próximo, lonxe da imaxe estereotipada dunha ciencia allea á súa contorna.
-  Asumen que o coñecemento científico é unha parte inseparable da cultura que debe posuír cada persoa.
-  Comprenden que o esforzo e o compromiso son elementos imprescindibles para contribuír desde o ámbito persoal ao desenvolvemento social.

-  Realizan axeitadamente as actividades propostas seguindo as indicacións realizadas.
-  Entenden correctamente o significado dos contidos científicos que están presentes nos respectivos apartados.
-  Presentan adecuadamente informes, resumos e resultados a partir dos documentos que se amosan nas actividades.
-  Traballan con responsabilidade de xeito individual ou en grupo segundo as tarefas asignadas en cada caso.

Se consideramos a avaliación por apartados, habería que deseñar criterios e estándares particulares para cada situación e tamén desagrupalos por etapa e curso, limitando, por outra parte, a liberdade de uso por parte do profesorado. Con todo, **podemos establecer catro posibles categorías para valorar a competencia curricular:**

- 1 **Alcanza ou supera o previsto no criterio de avaliación.**
- 2 **Aparecen nun grao significativo, aínda que non completo, as capacidades e contidos aos que se fai referencia no criterio.**
- 3 **Posúe nalgún grao, aínda que sexa escaso, ou manifesta esporádica ou espontaneamente trazos das capacidades e contidos previstos no criterio.**
- 4 **Non acada nin sequera parcialmente o desenvolvemento previsto no criterio de avaliación.**

Por outra parte, o traballo elaborado desde a perspectiva das competencias marca o outro campo de valoración das actividades desta unidade. En cada un dos dez apartados propostos trabállase case a totalidade das competencias indicadas, aínda que, dependendo do caso, unhas están máis presentes que outras. Entendemos que as valoracións que se acaban de indicar nos puntos anteriores desta epígrafe permiten avaliar con suficiente precisión o grao de adquisición das competencias.

Os instrumentos de avaliación dependerán da actividade en cuestión, pero non son diferentes dos habituais que se utilizan na aula para o resto das actividades.

Non se trata, obviamente, de avaliar só desde a perspectiva do profesorado. Ademais, unha unidade deste tipo presenta unha forte dimensión de carácter actitudinal. O alumnado ha de intervir ao comezo do proceso, durante este e ao final. Debe mostrar certo grao de interese, opinar e emitir valoracións no tocante ás actividades propostas e reflexionar sobre os resultados obtidos. Por iso, facemos fincapé nalgúns instrumentos que non adoitan ser tan frecuentes, como a autoavaliación, a avaliación mutua e a coavaliación. Así, contribúese de xeito moi importante ao desenvolvemento dunha aprendizaxe máis autónoma e proporciónaselle ao profesorado unha información imprescindible para a análise completa das aprendizaxes adquiridas.

Finalmente, os profesores e profesoras participantes, en diferentes áreas ou materias, deberán avaliar o traballo realizado. A unidade didáctica ha de ser obxecto de análise e valoración (metaavaliación), de forma que se fagan propostas de mellora para o seu posible uso en cursos vindeiros.

Contido 1

Batuecas:

apuntamentos biográficos

Tomás Batuecas Marugán naceu o día 7 de marzo de 1893 en Aldeanueva del Camino, unha vila moi pequena e rural da provincia de Cáceres, onde o seu pai era médico. Os problemas económicos familiares levárono a ter que estudar toda a vida con bolsas de diversas institucións. Graduouse de bacharel en Cáceres, con premio extraordinario, no ano 1909 e cursou a licenciatura en Química en Salamanca, tamén con premio extraordinario outorgado no ano 1913. Realizou os estudos de doutoramento en Química na Universidade de Madrid, baixo a dirección do insigne científico Enrique Moles, e iniciouse na investigación traballando no Laboratorio de Investigacións Físicas (pertencente á Xunta para Ampliación de Estudos e Investigacións Científicas [JAE]), que dirixía o eminente físico Blas Cabrera.

O seu primeiro gran traballo científico foi o estudo e a determinación da densidade normal do etileno. Este traballo fora iniciado en Xenebra, baixo a dirección de Moles e do eminente químico suízo Philippe-Auguste Guye, cando foi pensionado polas JAE; posteriormente constituiría a súa tese de doutoramento, con el xa de retorno en España, e foi cualificado coa máxima nota.

Volveu a Madrid en agosto de 1917 e alí ficará, ata o ano 1920, traballando como axudante no departamento do profesor Moles. En outubro de 1920 o profesor Guye contrátao como *1^{er} assistant de Chimie Physique* na Universidade de Xenebra; continuará alí ata decembro de 1922 e cesará tras a morte de Guye. Neste dous anos non só impartiu a docencia que lle correspondía, senón que ademais acadou a *venia legendi* que o acreditaba para traballar como *privat-docent* da universidade xenebrina. Nestes anos comezou a publicar nas revistas máis prestixiosas da súa especialidade.

De volta en Madrid, en decembro de 1922, incorporouse ao grupo de investigación do profesor J. Palacios, no seo do cal elaborou importantes traballos na nova liña de determinación das “densidades límites gasosas” rigorosas de gases reais; algúns destes traballos serán publicados co seu xefe, Guye, despois da morte deste.



Fig. 1. Tomás Batuecas na década de 1920

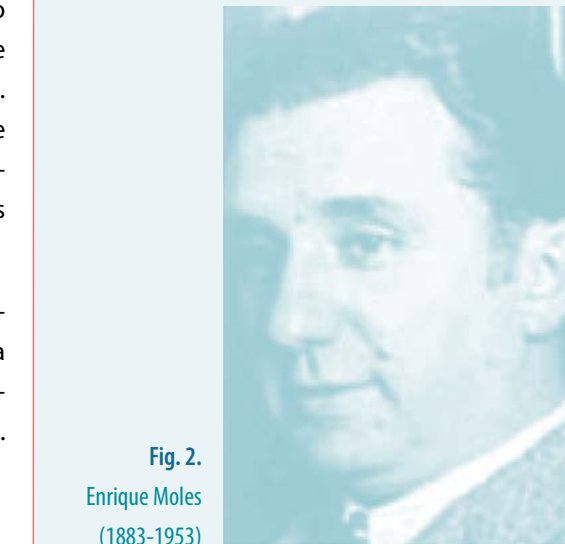


Fig. 2. Enrique Moles (1883-1953)



Fig. 3. Blas
Cabrera
(1878-1945)

Fíxate

Cando Batuecas chegou a Galicia en 1932, só existía a Universidade de Santiago. Hai trinta anos estableceuse unha estrutura universitaria nova que daría lugar aos tres centros actuais: a Universidade de Santiago (repartida nos campus de Santiago e Lugo), a Universidade de Vigo (con campus en Vigo, Pontevedra e Ourense) e a Universidade da Coruña (con centros na Coruña e Ferrol).

Algunhas figuras prominentes daquela época foron Alejandro Rodríguez Cadarso, Luis Iglesias, Parga Pondal, Montequi, Sauras, Calvet etc.

Entre os anos 1924-32 ocupou diferentes cargos docentes na Facultade de Ciencias madrileña, onde chegou a desempeñar entre 1928-32 a xefatura do laboratorio de combustibles vexetais no Instituto de Investigacións e Experiencias de Madrid.

No ano 1931, logo da creación da Fundación Rockefeller en Madrid, foi nomeado profesor agregado do Instituto Nacional de Física e Química da tal fundación.

En xullo do ano 1932 gañou, por oposición, a cátedra de Química Física da Facultade de Ciencias da Universidade de Santiago de Compostela. Chegou a ela coa intención de non quedar, pensando en volver a Madrid ao cabo duns meses; de feito, nin piso alugou e solicitou unha licenza de estudos para continuar traballando en Madrid. Confiaba en que axiña se convocase unha praza para esta cidade e en gañala el. Mais a tal praza estaba destinada a ser ocupada por Miguel Crespí, un discípulo máis recente de Moles. Por todo o que queda dito, logo de facer outra curta estada de traballo no estranxeiro, radicou en Santiago ata a súa morte no ano 1972.

Cando Batuecas chegou a Santiago, decatouse de varias cousas, unhas negativas e outras moi positivas. Entre as negativas, que non dispoñía de laboratorio no seu departamento: a cátedra era de nova creación e nunca tivera nada, a diferenza do que ocorría en Química Orgánica e Química Inorgánica, equipadas cuns laboratorios modernos, moi ben dotados e con moito persoal auxiliar e de bolseiros. Entre os aspectos moi positivos estaban un moi bo ambiente entre o profesorado e o alumnado da facultade, unhas ganas enormes de facer ciencia moderna, a existencia de bolsas económicas para saír formarse no estranxeiro e a cooperación entre os distintos departamentos. Ademais, toda a facultade apoiaba o equipo reitoral da Universidade, que fora elixido no ano 1930 e que presidía Alejandro Rodríguez Cadarso, chamado o reitor da modernidade. Era un equipo comprometido coa idea de facer unha ciencia moderna e experimental, para o que cumpría dotar axeitadamente os laboratorios.

Batuecas axiña sintonizou con estas ideas e apostou por montar, o antes posible, o seu laboratorio. Tardaría un par de anos en conseguir que lle enviasen, desde Madrid, todo o seu material e logo aínda algún tempo máis en montalo e poñelo en funcionamento ata poder obter medidas. Con todos estes problemas, produciuse a sublevación militar de 1936 e Batuecas e o seu novo equipo non comezaran daquela os seus traballos.

Durante estes anos anteriores á guerra e namentres non puido traballar nas súas investigacións, colaborou na marcha do centro axudando os catedráticos en activo no seu labor e tratando de que se fixese facultade por parte do profesorado e alumnado. Entre os catedráticos e profesores citemos os seguintes: Juan Martín Sauras, catedrático de Química Inorgánica, en plena produción; Fernando Calvet, catedrático de Química Orgánica, cunha liña moi europea desde a súa chegada no ano 1930; Luis Iglesias, catedrático de Bioloxía, especialista en pragas do campo e preocupado por toda a xea galega; Isidro Parga Pondal, profesor de Xeoloxía e de Química Analítica, que tentaba dotar e montar un laboratorio moderno que atendese tanto á química como á xeoquímica que estaba aprendendo nas súas estadias de formación en Zürich; finalmente, debemos citar o laboratorio de física, que dirixía o catedrático Álvarez Zurimendi e que se estaba a equipar neses anos.

Batuecas decatouse deste bo ambiente e pensou en montar o seu laboratorio axudado polos seus compañeiros e polo mesmo reitor, que cría na ciencia moderna e experimental, ata o punto de que se presentou como deputado ás Cortes de España con obxecto de conseguir cartos para dotar a súa universidade do material científico máis moderno.



Fig. 4.
Alejandro
Rodríguez
Cadarso
(1887-1933)



Fig. 5. Luis
Iglesias
(1895-1977)



Fig. 6. Isidro
Parga Pondal
(1900-1986)

 Fíxate

A **Universidade de Santiago** conta, entre outras, coas seguintes facultades: Bioloxía, Ciencias da Educación, Ciencias da Comunicación, Ciencias Económicas, Ciencias Políticas, Dereito, Farmacia, Humanidades, Filosofía, Física, Xeografía e Historia, Matemáticas, Medicina e Odontoloxía, Psicoloxía e Química.

A **Universidade da Coruña** imparte, entre outras, as carreiras de Bioloxía, Ciencias Económicas e Empresariais, Dereito, Filoloxía, Ciencias da Educación, Enxeñaría Informática, Enxeñaría Naval e Oceánica, Arquitectura, Fisioterapia, Enxeñaría de Camiños, Canles e Portos, Química e Socioloxía.

A **Universidade de Vigo** conta coas facultades de Filoloxía e Tradución, Ciencias, Ciencias Económicas e Empresariais e Dereito. Alberga as escolas técnicas de Enxeñaría Industrial, Enxeñaría de Minas, Enxeñaría en Telecomunicación, Enxeñaría Técnica Industrial, Estudos Empresariais, Enfermaría, Profesorado e Relacións Laborais. No Campus de Pontevedra están as facultades de Belas Artes, Ciencias Sociais e Ciencias da Educación e as escolas universitarias de Enxeñaría Técnica Forestal, Fisioterapia e Enfermaría. No Campus de Ourense ofrécense estudos nas seguintes áreas: Humanidades, Ciencias, Dereito, Ciencias Empresariais e Enxeñaría Informática, entre outras.

Desgraciadamente, Cadarso morreu en decembro do ano 1933 cando ía a unha sesión das Cortes do Estado e non puido xa axudar a Batuecas nas súas intencións de equipar e montar o novo laboratorio. Batuecas recibiu o material que tiña en Madrid sobre mediados de 1934 e axiña se dedicou a levantar o seu valioso laboratorio, o que lle levará uns anos. Nesta época iniciou a dirección da súa primeira tese de doutoramento, que realizará Francisco López Casado.

Cómpre insistir no bo ambiente que presidía a vida da Facultade de Ciencias nestes anos anteriores á sublevación militar, de modo moi especial entre o profesorado intermedio e os bolseiros. Moitos profesores sénores ían ao estranxeiro completar a súa formación e establecer contactos internacionais importantes para o seu alumnado: Calvet, Sauras, Batuecas, Iglesias, Parga, Zapata etc. saían con frecuencia. Doutores como Seijo, Couceiro, Espiñeira etc. tamén saían para aprenderen novas técnicas que incorporaren aos seus estudos. Comezaron a publicarse traballos de nivel internacional en revistas de elevado prestixio, nos que traballaban tanto alumnos como alumnas; tal é o caso e Natividad Mejuto e Concepción Carneiro, a primeira muller galega que publica un traballo científico de nivel. Batuecas únese a este ambiente e dá ao prelo tanto os traballos que tiña rematados en Madrid e en Xenebra pero pendentes de publicar —por exemplo, no 1933-34, tres que viron a luz no *Journal de Chimie Physique*— como os novos que van derivando da tese de López Casado, que saían na mesma revista e no *Zeitschrift für Physikalische Chemie*.

Como se pode deducir do que queda dito, antes da rebelión militar do trinta e seis, o nivel científico e académico da Facultade de Ciencias de Santiago era moi elevado. Esta xeración de profesorado, entre o que se atopaba Batuecas, non só xeneralizará a experimentalidade na Facultade, senón que lles dará un nivel de modernidade e de excelencia tanto á docencia como á investigación que, logo do desastre da Guerra Civil, se tardaría moitos anos en recuperar.

Actividades

- 1 . Busca información en Internet sobre a localidade de Aldeanueva del Camino e sobre a comunidade autónoma de Extremadura.
- 2 . Na biblioteca do teu centro, busca en enciclopedias e noutros libros de historia de Galicia información sobre a figura de Tomás Batuecas. Fai un pequeno estudo comparativo de como se trata a súa figura en relación con outros persoeiros galegos do século xx.
- 3 . Obtén información sobre Tomás Batuecas na web do Consello da Cultura Galega: <<http://culturagalega.gal/albumdaciencia/detalle.php?id=452>>.
- 4 . Fai un breve estudo sobre algunhas das figuras científicas nomeadas no texto (Parga Pondal, Rodríguez Cadarso, Fernando Calvet, Enrique Moles, Blas Cabrera...).
- 5 . María José Alonso Fernández, primeira muller premiada co Founders Award da Controlled Release Society. Busca información sobre esta científica da universidade galega e sobre o premio co que foi galardoada.
- 6 . Recolle nunha breve descrición cronolóxica os feitos históricos máis salientables que aconteceron en España en vida de Tomás Batuecas.
- 7 . Tomás Batuecas coincidiu como profesor universitario con persoeiros como Otero Pedrayo, Ramón M. Aller, Abelardo Moralejo, Ignacio Ribas, Antonio Fraguas e Casimiro Torres. Elixo unha destas persoas e fai un breve informe sobre a súa importancia.
- 8 . Como é o sistema universitario actual en Galicia? Como se elixen o reitor e os decanos? Cales son as súas funcións? Que outros órganos de goberno ten a universidade?
- 9 . A relación que se dá dos centros universitarios que hai nas universidades galegas non é completa. Busca información nos portais destas universidades e tenta atopar as facultades, escolas e outros centros que faltan.
- 10 . Busca información sobre o etileno, substancia obxecto de estudo polo profesor Batuecas.

Fíxate

M^a José Alonso Fernández, catedrática de Tecnoloxía Farmacéutica da USC, foi galardoada en 2018 co prestixioso premio Founders Award, a máis alta distinción que outorga a Controlled Release Society (CRS), considerada a sociedade científica máis relevante do mundo en sistemas de liberación de fármacos e nanomedicina.



Fig. 7. M^a José Alonso Fernández (1958-)

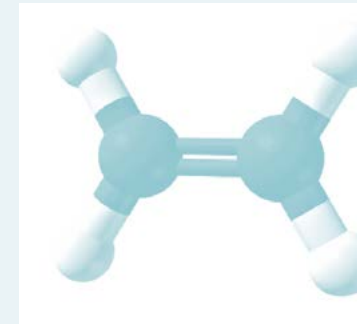


Fig. 8. O etileno (eteno)

Contido 2

Batuecas

e a excelencia

A medida da calidade científica dun investigador vén dada polo nivel das súas publicacións. Un estudo da produtividade científica de Batuecas ao longo da súa dilatada vida condúcenos aos seguintes números:

1º) Publicou 139 traballos recoñecidos, sen presentar lagoas nos 56 anos da súa vida científica e a pesar da reiniciación da súa investigación no novo laboratorio en Santiago e da Guerra Civil. Os traballos foron de diferente calidade, como corresponde a todo científico e como veremos seguidamente.

2º) O 50 % da súa produción son traballos de calidade media, publicados en revistas nacionais, segundo era a tónica das publicacións do tempo na ciencia española. As revistas eran os *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química* e a *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* (a máis antiga revista de publicacións científicas de España). Nelas publicou un total de 69 traballos, o que representa unha produtividade elevada para esa época da ciencia española.

3º) O 15 % son publicacións de carácter menor, publicadas en revistas locais como o *Boletín de la Universidad de Santiago*, as *Memórias das Ciências de Lisboa*, a revista *Selecta Chimica* do Brasil etc. Son uns 25 traballos.

4º) Un 10 % das súas publicacións versan sobre temas científicos do máis diverso, con ánimo de divulgación; ven a luz en revistas do tipo *Medicamenta*, *Revista de Aeronáutica*, *Investigación y Progreso*, *Scientia*, *Cuadernos de Ciencia Española* etc. Representan 12 traballos.

5º) Finalmente están os traballos máis relevantes, publicados en revistas de primeirísimo nivel. Son 39, que representan o 30 % da súa produtividade e se atopan en revistas como *Nature*, a revista de máis alto nivel científico aínda hoxe; *Comptes Rendus*, publicada desde o ano 1666; *Zeitschrift für Physikalische Chemie* (creada no século XIX por Ostwald, Van't Hoff e Arrhenius); *Journal de Chimie Physique*; *Monatshefte für Chemie*; *Helvetica Chimica Acta* etc.

Do anterior subliñamos a gran cantidade de traballos que se deron ao prelo e a enorme calidade das publicacións (non é normal neses tempos da ditadura publicar tanto e de tanta calidade). Nesa dura época da historia de España,

Fig. 9.
O profesor
Batuecas na
década de
1930

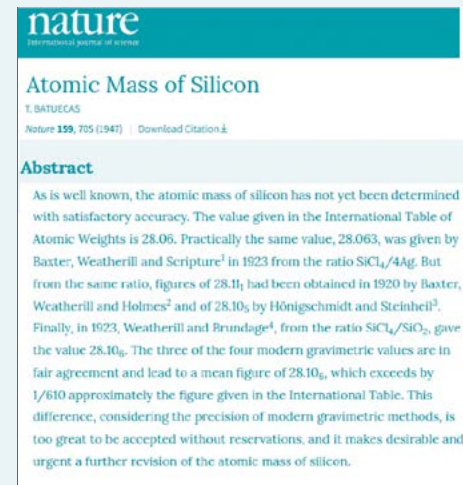


Fig. 10. Publicación en *Nature*

Fíxate

Cando se publica un traballo nunha revista científica, faise un resumo inicial no que se indica a intención principal do artigo. Deseguido vai o resumo do artigo “Atomic Mass of Silicon”, publicado por Batuecas en *Nature* en 1947:

As is well known, the atomic mass of silicon has not yet been determined with satisfactory accuracy. The value given in the International Table of Atomic Weights is 28.06. Practically the same value, 28.063, was given by Baxter, Weatherill and Scripture¹ in 1923 (...). But (...) 28.11, had been obtained in 1920 by Baxter, Weatherill and Holmes² and of 28.10₅ by Hönlenschmidt and Steinheil³. Finally, in 1923, Weatherill and Brundage⁴ (...) gave the value 28.10₆. The three of the four modern gravimetric values are in fair agreement and lead to a mean figure of 28.10₆ (...). This difference, considering the precision of modern gravimetric methods, is too great to be accepted without reservations, and it makes desirable and urgent a further revision of the atomic mass of silicon.

sen axudas económicas de ningún tipo, sen ambiente científico, sen acceso á bibliografía máis recente, sen conexións co exterior por non poder saír, Batuecas é quen de publicar todo o indicado e, por riba do demais, tres traballos en *Nature*. O primeiro, con título “Atomic Mass of Silicon”, na páxina 705 do número 159 do ano 1947; o segundo, con título “The Pykno-X-Ray Method for Determining Atomic Masses”, na páxina 61 do número 165 do ano 1950; o terceiro, con título “Determination of Atomic Masses by the Pykno-X-Ray Method”, na páxina 345 do número 173 do ano 1954.

Con todo o anterior abonda para comprender a excelencia investigadora de Tomás Batuecas. Tamén entenderemos a razón de el ser proposto, por elección, como membro da Comisión Internacional de Pesos Atómicos e de chegar a ser o seu presidente.

Sinalamos finalmente, para deixar constancia da súa excelencia investigadora e da súa consideración internacional, que a Real Sociedad Española de Física y Química lle dedicou un número especial dos seus *Anales* no ano 1964, logo da súa xubilación; na realidade son dous números —o 2 e o 3 do tomo LX (B) do ano 1964.

Este número especial consta de 197 páxinas e contén 22 traballos do máis diverso no tocante tanto a temas como a autores participantes:

— Toman parte autores estranxeiros de nome ben coñecido: Linus Pauling, Louis de Broglie, o americano Wichers, os italianos J. Dejace e Mustacchi, os brasileiros Mathias e Cecchini etc., todos eles amigos persoais e, algúns, membros da Comisión Internacional de Pesos Atómicos.

— Antigos alumnos e colaboradores: F. López Casado, J. I. Fernández Alonso, M. Carreira.

— Catedráticos de Química Física de diversas universidades e organismos españois: Valladolid, Sevilla, Valencia, Madrid, Zaragoza, o CSIC.

Este número especial de *Anales* conta cunha presentación do persoeiro, que realiza o seu alumno e discípulo José Ignacio Fernández Alonso.



Fig. 11.
Portada de
J. Chim. Phys.

Actividades

- 11 . Fai un breve traballo sobre como se publica nas revistas científicas e como se mide a súa importancia. A partir desa información, busca, en particular, datos sobre *Nature*, *Comptes Rendus* e *Journal de Chimie Physique*, revistas en que Batuecas publicou algúns dos seus traballos.
- 12 . Pedídelles ás vosas profesoras e profesores que vos mostren na aula revistas propias (en papel ou en liña) das materias ou áreas que vos imparten e mantede un breve debate sobre a importancia das publicacións científicas.
- 13 . Con axuda da túa profesora ou profesor, investiga sobre como funcionan as facultades na universidade: decanato, departamentos, liñas de investigación, programas de doutoramento. . .
- 14 . Busca información sobre algúns dos científicos citados neste apartado (como os premios Nobel Linus Pauling e Louis de Broglie) e valora a súa importancia no desenvolvemento da ciencia na historia.
- 15 . Traduce o resumo do artigo de Batuecas en *Nature* de 1947, que aparece na columna da dereita deste apartado, e sinala cales son a temática e a intención do traballo presentado.
- 16 . Busca información sobre Manuela Barreiro Pico, primeira licenciada en Farmacia na universidade galega.
- 17 . Na actualidade a investigación científica española está nunha situación de gran precariedade. Entrade en <http://www.cosce.org/pdf/2012_carta_abierta_esp.pdf>, lede na aula a “Carta abierta por la ciencia en España”, con axuda do voso profesor ou profesora, e mantede un pequeno debate sobre o seu contido.
- 18 . Son varias as áreas de investigación nas universidades galegas nas que se dan casos de excelencia internacional. Coa axuda da túa profesora ou profesor, busca información a este respecto e facede unha posta en común sobre tales cuestións.
- 19 . Os contidos relativos ás ciencias experimentais poden ser abordados en calquera etapa educativa. Entra en <<http://cienciaeducacioninfantil.es>> e fai un percorrido polas iniciativas propostas no submenú “Ciencia na aula”. Elixe unha desas propostas e, en pequenos grupos, deseñade e realízade unha das actividades adaptada ao voso nivel educativo.
- 20 . Un dos xeitos de definir unha proposición científica é considerar que debe presentar as tres seguintes calidades: *obxectiva*, *intelixible* e *refutable*. Mantede un debate na aula que teña como punto de partida esas calidades que acabamos de dar para a ciencia.

Fíxate

Manuela Barreiro Pico converteuse en 1896 na primeira muller matriculada na Universidade de Santiago e foi a primeira muller galega en lograr unha licenciatura universitaria (Facultade de Farmacia).



Fig. 12.
Manuela
Barreiro Pico
(1877-1953)

Fíxate

A química galega Elena Pazos, investigadora da Universidade da Coruña, obtivo en 2019 a prestixiosa Starting Grant do Consello Europeo de Investigación para o seu proxecto de investigación centrado no estudo de novos materiais que a moi longo prazo poderán ter aplicacións en electrónica e biomedicina.



Fig. 13.
Elena Pazos
(1983-)

Contido 3

A evolución da

Facultade de Química

no tempo de Batuecas

Indicamos deseguido algúns aspectos históricos de como se desenvolveu a vida da Facultade de Química ao longo do século xx, centrándonos principalmente na época en que Tomás Batuecas foi profesor nela.

A Facultade de Ciencias da Universidade de Santiago de Compostela fora creada por decreto, o 13 de decembro de 1922, xunto coa Facultade de Letras. Non era a primeira vez que se creara a dita facultade, pois a Lei Moyano de 1857 decretara a súa instauración como facultade maior. Como tal funcionou ata o ano 1875, no que o ministro Orovio decretou a súa desaparición e peche, ao igual que os de moitas outras facultades doutras universidades españolas. Á Facultade de Ciencias de Santiago permitíuselle seguir impartindo o primeiro curso como introdutorio para a Facultade de Medicina.

Desde o ano 1922 e ata a Lei xeral de educación do ano 1970, os estudos da Facultade de Química —unha das seccións integrantes da Facultade de Ciencias— non experimentarían practicamente variacións.

A modo de resumo do nacemento das distintas facultades derivadas das seccións que se foron creando na Facultade de Ciencias, indiquemos os seguintes datos:

— A Facultade de Química instaurouse, como xa se indicou, no curso 1922-23 e continúa a funcionar na actualidade integrada por catro departamentos: Química Analítica, Química Física, Química Inorgánica e Química Orgánica.

— A Facultade de Matemáticas comezou a funcionar como unha sección de Ciencias Exactas, no curso 1960-61, dentro da Facultade de Ciencias. Por Orde ministerial do 14 de outubro de 1977 (BOE do 11-XI-1977), sería transformada na Facultade de Matemáticas e tería como primeiro decano a don Enrique Vidal Abascal.

Fig. 14. A Facultade de Ciencias en construción en 1958 (hoxe Facultade de Química)



Fíxate

Cando falamos dos estudos de química en Galicia, debemos inevitablemente considerar a figura de Antonio Casares Rodríguez.



Fig. 15.
Antonio
Casares
(1812-1888)

Naceu en Monforte en 1812 e en 1840 comezou a súa carreira docente universitaria na Universidade de Santiago, onde foi nomeado profesor substituto da cátedra interina de Historia Natural. En 1845 obtivo en propiedade a cátedra de Química Xeral da mesma universidade e, a partir da súa entrada na institución, a súa actividade docente e investigadora foi imparable ata a súa morte. Destaca o seu protagonismo na introdución en España, na práctica médica, tanto da anestesia como da análise espectroscópica e realizou un dos primeiros usos públicos en España da iluminación eléctrica. Publicou máis dun cento

— A Facultade de Bioloxía iniciará os seus estudos no curso 1966-67, como unha nova sección da Facultade de Ciencias e continuando os estudos sobre Historia Natural e Bioloxía que creara don Luis Iglesias. No ano 1977 estes cursos serían considerados unha nova titulación e o centro pasaría a recibir o nome de Facultade de Bioloxía.

— O día 21 de xullo de 1976, a Xunta de Facultade da Facultade de Ciencias decidiu solicitar a creación dunha nova sección, a de Físicas, para o que acordou a dotación de dúas prazas de profesor agregado da materia de Física. No ano 1987 foi instaurada a nova Facultade de Física.

— Finalmente, indiquemos que o Departamento de Química Técnica solicitou da Xunta de Facultade da Facultade de Química, a principios da década dos noventa, a creación dunha nova titulación de Enxeñaría Química, por transformación do seu departamento. Nacería así, no curso 1994-95, a Facultade de Enxeñaría Química como sección nova da Facultade de Química, coa que compartiu profesorado e instalacións ata comezos do século XXI, no que tomará vida propia. Actualmente os estudos de Enxeñaría Química impártense na Escola Técnica Superior de Enxeñaría (ETSE) da USC. Tamén se imparten estudos de Enxeñaría Química Industrial na Universidade de Vigo.

Cando Tomás Batuecas se incorporou á Facultade de Ciencias, como catedrático de Química Física —lembramos que é a primeira cátedra que se dota—, aínda se lle chamaba Química Teórica e esta facultade atopábase case ao completo de profesorado. Indicamos deseguido como estaban a funcionar as cátedras:

— A cátedra de Química Inorgánica estaba dirixida por Juan Martín Sauras e contaba cun importante grupo de colaboradores, pois el era xa catedrático desde 1930. Dispuñan dun completo laboratorio de investigación, dotado polo reitorado de Rodríguez Cadarso.

— A cátedra de Química Orgánica tiña á fronte a Ferran Calvet i Prats e contaba con adxunto, axudantes e bolsellos. A súa investigación era de relevancia para a época, pois Calvet viña de se formar en Oxford.

— A cátedra de Química Física estaba dirixida por Tomás Batuecas Marugán e, por ser de recente dotación, non contaba con laboratorio, mais, coa dilixencia e o traballo do novo catedrático, axiña conseguiría os medios para poder facer a investigación de altura que a ía caracterizar.

— A cátedra de Historia Natural e Bioloxía estaba dirixida por don Luis Iglesias, que xa era profesor desde había anos e tiña un ben dotado laboratorio dedicado a investigacións en enfermidades e pragas do campo; a súa axuda e ditames eran moi solicitados polos labregos galegos para resolveren moitos dos seus problemas.

— A cátedra de Física Fundamental era dirixida por Álvarez Zurimendi e encargábase da docencia de toda a física da Universidade. Estaba moi ben dotado o seu laboratorio e tamén contaba con persoal de apoio.

— A docencia de Química Técnica iniciouse no ano 1935 e, no principio, a docencia foi impartida polos distintos profesores das diferentes cátedras, ao non se atopar dotada aínda a cátedra propia.

Cando Batuecas se incorporou á Facultade de Química, o plan de estudos constaba de catro cursos nos que se ensinaban Matemáticas e a súa ampliación; Física Xeral con complementos de Mecánica, Termodinámica, Electricidade e Óptica; un curso de Historia Natural e Bioloxía; un curso de Xeoloxía; dous cursos completos de Química Inorgánica; dous cursos de Química Orgánica; dous cursos de Química Analítica; Química Física, que se imparte nun só curso, e, posteriormente, Química Técnica. Batuecas ha puxar e conseguir que a Química Física se imparta durante dous cursos, como as outras materias de química; no segundo curso impartiranse Electroquímica e Cinética.

de artigos científicos, un *Tratado de química elemental* e un *Manual de química general* (con catro edicións), así como a tradución de varias obras científicas. Foi o primeiro decano da Facultade de Farmacia e da de Ciencias e licenciouse en Medicina en 1872. No mesmo ano foi nomeado reitor da Universidade de Santiago e permaneceu nese posto ata a súa morte, en Santiago, en 1888.

Fíxate

María Inmaculada Paz Andrade é unha científica, física e investigadora galega de proxección internacional. Foi a primeira catedrática da Facultade de Física da USC e constitúe unha referencia internacional en microcalorimetría. Realizou traballos sobre termodinámica aplicada, estudos calorimétricos e determinacións de calor específica de sólidos e de líquidos. En 1999 creou o grupo THOR, no cal empezou a desenvolver ferramentas informáticas para loitar contra o lume en Galicia.



Fig. 16.
Inmaculada
Paz Andrade
(1928-)

Fíxate

Nos anos transcorridos entre a década de 1930 e o 1955, as teses de doutoramento eran realizadas na Facultade de Ciencias baixo a dirección de doutores da universidade galega, pero tiñan que se ir defender á Universidade Central, en Madrid. O 18 de xuño de 1956 defendeuse a primeira tese de química na Universidade de Santiago. O primeiro doutor foi Antonio Prieto Bouza, cunha tese titulada *Molibdeno total y asimilable en suelos de prado gallegos*, baixo a dirección de Francisco Bemejo Martínez.

Na actualidade, só na USC se defenden máis de duascenas teses cada ano.

As tres universidades galegas levan a cabo unha grande actividade de investigación no campo da química.

Fíxate

Así, na **Universidade de Santiago** e a título de exemplo, podemos destacar en Química Inorgánica as investigacións en compostos organometálicos en síntese orgánica, compostos ciclometalados na síntese química e química supramolecular, entre outras. Especial mención merece o CIQUS, que centra os seus obxectivos científicos na aplicación

Durante a vida científica de Batuecas, as liñas de investigación que se cultivaban eran moito máis reducidas e de tipo moito máis teórico; sinalemos algunhas desas liñas practicadas:

- En química física, Batuecas traballaba na determinación rigorosa de masas atómicas utilizando dous métodos, como xa indicamos noutras partes.
- En química orgánica, Ignacio Ribas Marqués dedicábase ao illamento, caracterización e estudo dos alcaloides. Estes compostos eran extraídos da cortiza das árbores (como o sabugueiro), das algas, das esponxas etc.
- En química analítica, Francisco Bermejo Martínez traballaba no estudo das complexonas (AEDT e similares) e na determinación de metais nos máis diversos medios.
- En química técnica, Joaquín Ocón García estudaba a separación de mesturas binarias e ternarias de distintos alcois en columnas de recheo.
- En física, Inmaculada Paz Andrade estudaría o comportamento teórico das mesturas líquidas e iniciaría os estudos calorimétricos.
- En química inorgánica, José Ramón Masaguer Fernández dedicábase ao estudo da formación de complexos metálicos con distintos dadores en disolventes non acuosos e iniciaba o estudo da química en sales fundidas.

Actividades

- 21 . Facede un estudo en pequenos grupos sobre a aparición das facultades de ciencias experimentais na universidade galega no século xx.
- 22 . Segundo en que distrito universitario se atope o voso centro escolar, fai un pequeno informe de cales son os estudos universitarios que se imparten na universidade correspondente.
- 23 . Tomás Batuecas conectou a química galega coa química internacional. Actualmente hai grupos científicos en Galicia que están na primeira liña mundial nos seus campos de investigación. Busca información sobre grupos ou institutos de investigación sobranceiros no campo da química nas tres universidades galegas.
- 24 . Seguindo instrucións da túa profesora ou profesor, busca información sobre grupos de investigación sobranceiros noutras áreas do coñecemento na universidade galega (física, bioloxía, química, farmacia, ciencias do mar, ciencias sociais, filoloxía, medicina etc.).
- 25 . Recolle nunha breve descrición cronolóxica os feitos históricos máis salientables que aconteceron en Galicia en vida de Tomás Batuecas.
- 26 . A situación da muller na ciencia non foi, nin moito menos, a que hoxe en día existe. Entra en <http://www.culturagalega.org/album/detalle_especial.php?id=121> e prepara un pequeno traballo sobre esta cuestión.
- 27 . Entra en <<https://www.diariodepontevedra.es/tags/inmaculada-paz-andrade>> e fai un resumo da información recollida nas novas sobre Inmaculada Paz Andrade.
- 28 . Coa axuda da túa profesora ou profesor, fai un mapa conceptual que recolla as áreas de investigación na química.
- 29 . Facede un pequeno traballo sobre a tese de doutoramento: quen a pode realizar, quen a dirixe, como se elixe a súa temática, o tempo que leva realizala, como se avalía. . .
- 30 . Busca información sobre cales son os procedementos para acceder aos graos universitarios.

de estratexias transdisciplinares para a resolución de problemas cientificamente relevantes no ámbito da química biolóxica e no desenvolvemento de novos materiais funcionais.

Na Universidade de Vigo destacamos, entre outros, os seguintes programas de investigación: Química Teórica e Modelización Computacional, Ciencia e Tecnoloxía de Coloides, Nanomedicina, e Ciencia e Tecnoloxía Química.

Na Universidade da Coruña indicamos os seguintes grupos de investigación: Grupo de Investigación de Química Analítica Aplicada, que leva a cabo investigación básica e aplicada en diversas liñas de interese en diferentes campos (ambiental, industrial e agroalimentario); o grupo RA (Radioactividade Ambiental), con liñas de investigación no estudo do efecto da mitigación do gas radon, e o grupo Reactividade Química e Fotorreactividade, que traballa, entre outros, en métodos avanzados de oxidación para a redución ou eliminación de contaminantes persistentes en augas.

Contido 4

Batuecas

e a súa escola en

química física

A valía científica dun investigador non se mide soamente pola súa produtividade científica e pola calidade dos seus resultados, senón tamén pola escola que é quen de crear e que ha permitir nun futuro que o seu alumnado continúe coas liñas de traballo iniciais e mesmo as melloras se é o caso.

Tomás Batuecas creou unha escola que foi denominada “escola compostelá de determinación rigorosa de masas atómicas” e que representou unha continuación da creada por Guye en Xenebra e por Moles en Madrid. O profesor Batuecas foi o continuador desta escola ao longo do tempo, desde 1935 (cando o laboratorio de Santiago se puxo en funcionamento) ata o momento da súa morte.

Batuecas pasou á historia pola creación e continuación desa escola de determinación de masas atómicas, no marco da cal desenvolveu dous métodos de determinación que constituíron as súas liñas de investigación. Facemos deseguido uns moi breves comentarios sobre estes dous procedementos, para os abordarmos nos dous apartados últimos con máis extensión.

1º) Estudo rigoroso de masas atómicas polo método das chamadas densidades límites gasosas

Este método baséase no feito de que a densidade sexa unha función da temperatura. Por iso se determinan as densidades, para logo determinarse a masa atómica con gran precisión, a distintas presións. O método é tremendamente complicado, pola precisión con que cómpre realizar todas as medicións e pola liña de alto baleiro que é preciso controlar e medir.

Fig. 17. Batuecas nunha conmemoración oficial da USC





Fíxate

Mediante a determinación rigorosa de masas atómicas, Batuecas e o seu equipo conseguiron medir con precisión as de varios elementos: o aluminio, o magnesio, o silicio, o sodio, o potasio, o arsénico e o chumbo.

Con motivo da súa xubilación, a Real Sociedad Española de Física y Química dedicoulle en 1964 unha sesión extraordinaria e, logo do seu pasamento, esta mesma sociedade homenaxeouno cun número especial da súa revista.

Esta liña de traballo tróuxoa de Xenebra e Madrid e continuou nela toda a súa vida. Foron discípulos de Batuecas Francisco López Casado, o primeiro, no ano 1935, e que traballaría na Universidade de Leeds; Gerardo García Malde; Eugenio García-Rodeja, quen sería adxunto del no departamento e, logo, catedrático da Escola Universitaria do Profesorado en Santiago; María Concepción Varela e, finalmente, José Manuel Pereira Cordido, quen chegou a ler a súa tese logo da morte de Batuecas e sería catedrático de Química nun instituto en Santiago de Compostela.

2º) Estudo rigoroso de masas atómicas utilizando o método chamado picnoroentgenométrico

Este método utilizaba as medidas de densidades (picnometría) e das constantes reticulares de substancias puras cristalizadas (raios X) para a determinación das masas atómicas. Foi proposto por Hutchinson e Johnson e, posteriormente, foi perfeccionado polo equipo formado polo profesor Batuecas en Santiago de Compostela. Utilizábase un picnómetro de precisión, aplicado aos corpos puros (sólidos ou líquidos) e ás disolucións; as constantes das substancias puras determinábanse cristalográficamente (primeiro utilizando a calcita como referente e, logo, usando carbono diamante).

Nesta liña traballaron os doutorandos José Ignacio Fernández Alonso, iniciador da liña e, máis adiante, catedrático de Química Física na Universidade de Valencia e na Autónoma de Madrid; Celso Gutiérrez Losa, o segundo do grupo, que chegaría a ser catedrático en Zaragoza; Manuel Carreira Vázquez, quen traballaría na Xunta de Enerxía Nuclear de Madrid; Cándido Magdalena Castiñeiras e, finalmente, María del Carmen Meijón Mouriño, que sería catedrática de ensino secundario na Coruña.

Actividades

- 31 . O profesor Batuecas foi o primeiro catedrático da especialidade de Química Física. Fai unha breve descrición das diferenzas entre fenómenos físicos e químicos e busca cal é o campo de investigación da especialidade de química física.
- 32 . Axudado pola túa profesora ou profesor, busca información sobre as áreas de investigación que son propias da especialidade de química física.
- 33 . Traballando en grupo, propoñede un procedemento experimental para calcular a densidade de corpos sólidos.
- 34 . Entra no portal da Real Academia Galega de Ciencias en <<https://www.ragc.gal/gl>> e fai un pequeno informe sobre esta institución.
- 35 . Fai un resumo sobre a figura de Alfred Nobel e a súa relación cos Premios Nobel.
- 36 . Buscade información sobre os Premios Nobel e facede un estudo comparativo sobre as institucións onde realizaron os seus traballos os premiados e premiadas nas áreas científicas nos últimos dez anos. Despois mantede un debate sobre esta cuestión.
- 37 . Valéndote da Rede, obtén información sobre o traballo científico desenvolvido pola química Frances H. Arnold.
- 38 . Valéndote da Rede, obtén información sobre o traballo científico desenvolvido pola física Donna Strickland.
- 39 . Como complemento á actividade 36, facede unha análise da presenza de muller nos Premios Nobel, para manter un debate crítico sobre esa cuestión.
- 40 . A inmensa maioría das persoas premiadas co Nobel acadaron un título universitario de doutoramento. Busca información sobre as teses de doutoramento que foron presentadas o ano pasado nas facultades de Química das tres universidades galegas.

Fíxate

No texto deste apartado podemos ver que a contribución de mulleres nesa escola compostelá foi minoritaria. Non era máis que un reflexo do que acontecía noutras universidades, sobre todo na área das ciencias experimentais.

Afortunadamente, co paso das décadas a situación mudou moito e o ano 2018 foi especialmente importante a este respecto, co recoñecemento a dúas mulleres nas áreas da química e da física.



Fig. 18.
Frances
H. Arnold,
Premio Nobel
de Química
2018



Fig. 19.
Donna
Strickland,
Premio Nobel
de Física 2018

Contido 5

Antecedentes

da IUPAC

O ano 2019 foi declarado pola ONU Ano Internacional da Táboa Periódico, para conmemorar numerosas efemérides no mundo da química. Entre outros acontecementos, celébranse os 230 anos da publicación do coñecido libro de Lavoisier *Tratado elemental de química*, no que aparece por vez primeira unha táboa na que están recollidos os elementos químicos coñecidos na época; os 150 anos da publicación da famosa táboa periódica por Dmitri Mendeleev e os 100 anos da creación da IUPAC (sigla en inglés da chamada Unión Internacional de Química Pura e Aplicada).

Como veremos máis adiante, o profesor Batuecas tivo unha relación directa coa IUPAC e coa táboa periódica no que atinxe a un dos parámetros que son transcendentais: a masa atómica. Por iso, tal como xa foi sinalado ao comezo, parécenos de todo pertinente conectar o traballo científico deste químico con dúas das conmemoracións que se están a celebrar neste ano 2019.

Para nos situarmos na historia da ciencia e nestes acontecementos, cómpre dicir que no xermolo desta relación (a da IUPAC co sistema periódico) está o Congreso de Karlsruhe do ano 1860, que daría lugar tanto á aparición da actual táboa periódica como, no futuro, á constitución da IUPAC e á súa presenza continua na denominación dos elementos químicos.

Empecemos por sinalar que o Congreso de Karlsruhe foi o primeiro da historia da ciencia moderna; nel reuníronse os científicos de máis sona do momento,

Fig. 20.
Batuecas na
década de
1950



Fig. 21.
Antoine de
Lavoisier
(1743-1794)





Fíxate

Como se cita neste apartado, en 1860 tivo lugar o Congreso de Karlsruhe e, nese tempo, o catedrático de Química da Universidade de Santiago, Antonio Casares Rodríguez, citado nun apartado anterior, constituía xa unha referencia incuestionable na química española; o seu *Manual de química general* era libro de texto en varias universidades do país.

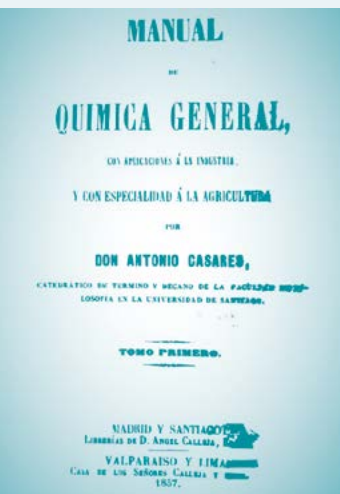


Fig. 22.
O *Manual de química* de Antonio Casares

incluídos os españois, para debateren e poñeren orde sobre o tremendo caos no que se atopaba a química da época. Esta reunión non só pretendía dilucidar moitas das cuestións científicas que enfrontaban as distintas escolas da época, senón que, ademais, tentaba sentar as bases científicas necesarias para que os químicos máis novos e intuitivos do momento (Mendeleev, Lothar Meyer, Borodin etc.) chegasen a crer na posibilidade de ordenar os elementos químicos existentes e construír unha táboa periódica nova. Este sentimento derivado do congreso levaría a Mendeleev e Lothar Meyer a deseñar os seus sistemas periódicos.

O Congreso de Karlsruhe foi convocado polos máis reputados químicos da época: Kekulé, Wurtz e Weltzien. A reunión tivo lugar na cidade de Karlsruhe, situada no suroeste de Alemaña, os días 3, 4 e 5 de setembro do ano 1860. No dito encontro pretendíase debater e aclarar aspectos da química do tempo; por exemplo, resolver definicións importantes e controvertidas como as de átomo, molécula, peso equivalente, peso atómico e básico; examinar cuestións relativas aos conceptos de peso equivalente e fórmulas químicas; establecer unha notación e unha nomenclatura axeitadas para os elementos e os compostos coñecidos etc.

Neste congreso, xunto cos convocantes, estaban todos os científicos importantes do tempo. Pero unicamente citaremos a Cannizzaro, quen non só sentaría as bases para comprender o concepto de molécula, senón que, ademais, levaría a soñar aos químicos máis novos (como Mendeleev e Lothar Meyer) coa posibilidade de crear os seus sistemas periódicos dos elementos químicos. Tamén debemos lembrar que a química española estaba representada por Ramón Torres Muñoz de Luna, nese momento catedrático da Universidade de Madrid e cunha idade de 38 anos. O Congreso de Karlsruhe foi, entre moitos outros acontecementos, o xermolo do que sería a Asociación Internacional de Sociedades Químicas, que ía aparecer no século seguinte.

Iniciado o século xx, no ano 1910, a empresa química Solvay decidiu financiar, para celebrar os 50 anos do Congreso de Karlsruhe, outra reunión de química co obxectivo de debater sobre os problemas importantes e aínda non resoltos da química nesa época. A dita reunión chamouse Primeira Conferencia de Solvay e a celebración tivo lugar en Bruxelas no ano 1911. Nela reuníronse os científicos máis destacados do momento e producíronse os máis acendidos debates sobre os temas que quedaran pendentes do século anterior. Como colofón, decidiuse crear unha Asociación Internacional de Sociedades Químicas. Esta decisión daría lugar, no ano 1919, á constitución da citada Unión Internacional de Química Pura e Aplicada.

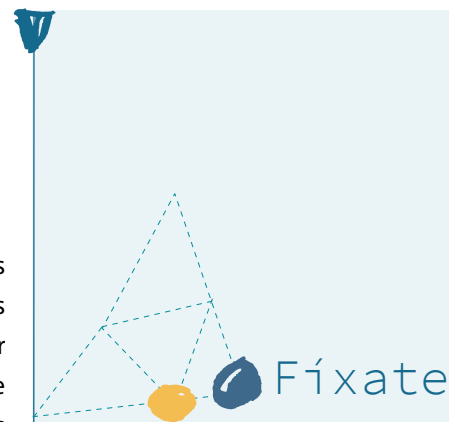


Fig. 23. Os participantes na Primeira Conferencia de Solvay

Os participantes na Primeira Conferencia de Solvay foron os seguintes: sentados, de esquerda a dereita, W. Nernst, M. Brillouin, E. Solvay, H. Lorentz, E. Warburg, J. Perrin, W. Wien, M. Skłodowska-Curie e H. Poincaré. De pé, de esquerda a dereita: R. Goldschmidt, M. Planck, H. Rubens, A. Sommerfeld, F. Lindemann, M. de Broglie, M. Knudsen, F. Hasenöhrl, G. Hostenet, É. Herzen, J. H. Jeans, E. Rutherford, H. Kamerlingh Onnes, A. Einstein e P. Langevin.

Fíxate

Deseguido van os nomes dalgúns sitios web nos que podes atopar información sobre a presenza da muller na ciencia:

- Base de datos de mujeres investigadoras y tecnólogas
- Base de Datos para Cooperación en Red en Género y Ciencia
- Comisión Mujer y Astronomía, da Sociedad Española de Astronomía
- Mujer y Ciencia, CSIC
- Mujeres y Ciencia, SEBBM (Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular)
- Grupo especializado Mujeres en Física, Real Sociedad Española de Física

Como se ve polo que acabamos de relatar, hai unha conexión entre a táboa periódica actual e a aparición da IUPAC. No que segue veremos resumido como foi a historia desa confluencia e como o Congreso de Karlsruhe foi o punto de partida para chegar a ela: ao longo da historia da química recente, foise facendo necesaria a presenza de autoridades e institucións de prestixio que sentasen as bases non só para a ordenación do caos imperante nunha disciplina que, como todas, naceu sen normas, senón tamén para dilucidar cantas cuestións científicas e éticas se puidesen suscitar coa autoridade dun organismo aceptado como o *primum inter pares*. Finalmente sería a IUPAC o organismo que poñería, e segue poñendo, as normas de actuación no mundo diario da química. Tomás Batuecas chegaría a ser unha desas autoridades científicas e, así, ocupou a presidencia da Comisión de Pesos e Medidas da IUPAC desde o ano 1961 ata 1965.

Actividades

41 . O profesor Batuecas foi presidente da Comisión de Pesos e Medidas da IUPAC. Busca información sobre esta comisión e indica a importancia do seu funcionamento.

42 . Na actualidade só hai unha magnitude fundamental (a masa), que segue a ser definida en función dun modelo real. Busca información sobre isto e sobre o proxecto de cambio de definición da unidade no sistema internacional para esta magnitude.

43 . Na web da Fundación Barrié podes atopar información sobre os anteriores homenaxeados no Día da Ciencia en Galicia: <<http://www.fundacionbarrie.org/programa-dia-ciencia-galicia16>>. Busca a unidade didáctica sobre Antonio Casares e fai un resumo dos aspectos máis salientables da obra científica deste químico galego.

44 . Usando un buscador en Internet, escribe “Mujeres gallegas con ciencia” e entrarás nun artigo publicado por *La Voz de Galicia*. Tenta ampliar a información que se dá nel e fai un pequeno traballo sobre esa temática.

45 . Realiza un breve traballo sobre a figura de Antoine de Lavoisier e a importancia da súa muller, Marie Paulze, na obra científica deste químico francés.

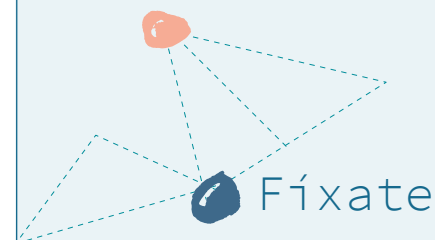
46 . Os libros de texto de primaria e secundaria recollen unha aproximación inicial e xenérica ás áreas obxecto de estudo. Pídelle á túa profesora ou profesor que vos leve á aula manuais ou tratados específicos que tivese que utilizar nos seus estudos universitarios e facede unha pequena análise das diferenzas entre os vosos libros de texto e eses manuais.

47 . Busca información sobre os primeiros de Congresos Solvay e os que se desenvolven na actualidade.

48 . Desde hai máis de trinta anos, a Asociación de Ensinantes de Ciencias de Galicia (ENCIGA) leva a cabo un congreso anual. Busca no portal desta asociación información sobre ela.

49 . Entrede, en pequenos grupos, nun dos sitios web dedicados a facer visible a presenza da muller na ciencia, que se citan nun “Fíxate” deste apartado, e mantede un debate sobre a información que atopádeses nel.

50 . Busca información sobre a investigadora galega Elena Ojea Fernández-Colmeiro e fai un pequeno traballo sobre a súa andaina académica e investigadora.



A investigadora galega Elena Ojea lidera na Universidade de Vigo un proxecto sobre a adaptación dos sistemas pesqueiros ao cambio climático, acollido no programa europeo Starting Grant do Consello Europeo de Investigación.



Fig. 24.
Elena Ojea

Contido 6

Que é a

IUPAC

A Unión Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC, International Union of Pure and Applied Chemistry) tivo como precursora, segundo xa indicamos, a Asociación Internacional de Sociedades Químicas, que xurdiu no ano 1911 como consecuencia da Primeira Conferencia de Solvay e que xerou un conxunto de propostas que incluían as seguintes: a nomenclatura dos compostos orgánicos e inorgánicos, a estandarización das constantes físicas, a edición de táboas de propiedades características da materia, a estandarización do formato das publicacións e a toma en consideración das medidas necesarias para previr a repetición e copia dos artigos científicos.

A IUPAC impuxo para si, entre outras moitas funcións, a de coordinar as actuacións dos químicos de todo o mundo e a de actuar como árbitro nas polémicas que puidesen xurdir. Tamén organiza reunións e congresos para os seus socios cos temas máis variados que poidan interesar ao colectivo dos seus membros. Funciona por comisións que abranguen todas as áreas de coñecemento relacionadas coa química.

A IUPAC foi fundada por químicos procedentes das universidades, dos centros de investigación e das máis diversas industrias co obxectivo de tentar conseguir unha estandarización internacional máis completa para a química. Neste sentido, pretendíase alcanzar a uniformización dos pesos, das medidas, dos nomes e dos símbolos dos elementos etc., coa intención de poder continuar con éxito as investigacións, tanto teóricas como aplicadas, que se estaban realizando naqueles momentos e cantas se puidesen facer no futuro.

Fig. 25. Tomás Batuecas na década de 1940



Fig. 26. Logotipo do centenario da fundación da IUPAC

Fíxate

Os Libros de Cores da IUPAC son o recurso autorizado para a nomenclatura química, a terminoloxía e os símbolos. As definicións terminolóxicas publicadas polo IUPAC son redactadas por comités internacionais de expertos nas subdisciplinas químicas correspondentes e ratificadas polo Comité Interdivisional de Terminoloxía, Nomenclatura e Símbolos (CTNS) da IUPAC.

Os Libros son os seguintes:

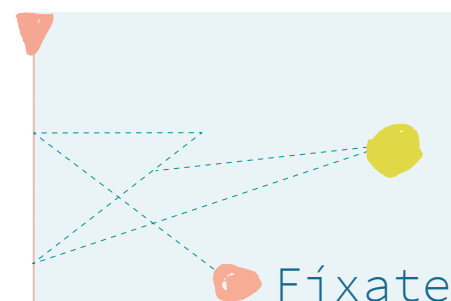
- Terminoloxía química (Libro dourado)
- Cantidades, unidades e símbolos en química física (Libro verde)
- Nomenclatura de química inorgánica (Libro vermello)
- Nomenclatura de química orgánica (Libro azul)
- Compendio de terminoloxía e nomenclatura de polímeros (Libro púrpura)
- Nomenclatura analítica (Libro laranxa)
- Compendio de terminoloxía e nomenclatura de propiedades en ciencias do laboratorio clínico (Libro de prata)
- Nomenclatura bioquímica (Libro branco)

Logo de cen anos de vida, debemos dicir que a IUPAC acadou notables éxitos no fomento da comunicación internacional entre os químicos de todo o mundo e na conformación dunha linguaxe común entre o mundo académico e o da industria. Está recoñecida como a autoridade mundial en nomenclatura química, terminoloxía, métodos de estandarización para medidas de masas atómicas e moitos outros datos relativos ás substancias químicas. Continúa a patrocinar multitude de reunións científicas e, durante a guerra fría, foi un instrumento imprescindible para manter o diálogo entre os científicos dos dous bloques.

A IUPAC está constituída por 42 organizacións nacionais adheridas (ONA) —formadas por academias de ciencias, centros de investigación, centros industriais etc.— e, ademais, outros moitos países teñen a condición de observadores. A España represéntaa (como ONA) a Comisión Interministerial de Ciencia e Tecnoloxía. Máis de mil químicos e químicas de todo o mundo traballan dun modo altruísta para a IUPAC, nas 37 comisións en que se dividen as sete divisións seguintes: I. Química Física, II. Química Inorgánica; III. Química Orgánica, IV. Química Macromolecular, V. Química Analítica, VI. Química e Medio e VII. Química e Saúde.

Os libros de nomenclatura da organización son usados por academias, gobernos e industrias de todos os países do mundo. Denomínanse pola súa cor: Dourado, nomenclatura química; Verde, cantidades, unidades e símbolos en química física; Vermello, nomenclatura en química inorgánica; Azul, nomenclatura dos compostos orgánicos; Laranxa, nomenclatura en química analítica; Púrpura, nomenclatura en química macromolecular, Branco, sobre bioquímica; e Prata, nomenclatura e símbolos en química clínica.

A IUPAC é ben coñecida pola publicación das masas atómicas definitivas, das abundancias isotópicas e de gran variedade de datos químicos de enorme interese tanto para a investigación como para a industria. Entre os datos máis relevantes debemos citar os seguintes: táboas termodinámicas de estado fluído, datos de solubilidades, constantes de estabilidade de complexos, entalpías de vaporización, propiedades termodinámicas e de transportes de metais alcalinos, datos termodinámicos e cinéticos para a química atmosférica etc. Por outra banda, a organización participa no establecemento de métodos normalizados para o seu uso nos laboratorios de investigación, de control de calidade, analíticos e clínicos e na uniformización de métodos para analizar aceites, graxas e derivados.



Fíxate

Ademais destes libros, a IUPAC publica os *Principios de nomenclatura química: guía de recomendacións da IUPAC*. A edición máis recente é de 2011 e, do mesmo xeito que a primeira edición de 1998, está dirixida a profesorado e estudiantado de Química de escolas e universidades, pero debería ser igualmente útil para persoas como funcionarios gobernamentais preocupados polas aduanas e os impostos que necesitan algún coñecemento dos nomes dos produtos químicos, pero que xeralmente teñen poucos saberes de química. É unha valiosa introdución a todos os demais libros de cores.

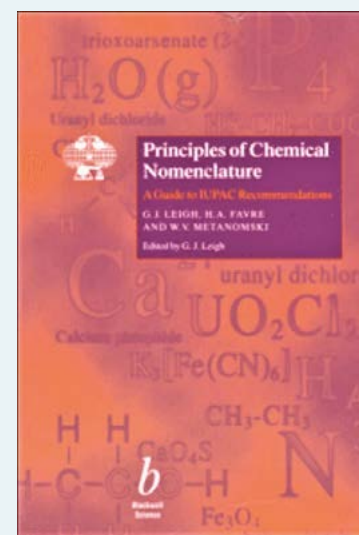


Fig. 27.
*Principios de
nomenclatura
química*



Fíxate

A química galega Otilia Mó Romero, catedrática emérita do Departamento de Química da Universidade Autónoma de Madrid, foi galardoada pola IUPAC co premio Distinguished Women in Chemistry 2019.



Fig. 28. Otilia
Mó Romero
(1947-)

A IUPAC organiza unha reunión bianual que está especializada no estudo das novas fronteiras da química. O último congreso —o número 48— tivo lugar en París, en xullo do ano 2019. Ao mesmo tempo, celebrouse a 50 Asemblea xeral deste organismo. O primeiro congreso da IUPAC realizado en España foi no ano 1934 e o último tivo lugar en setembro do ano 1975.

Todos os anos, a IUPAC organiza e patrocina un gran número de congresos, conferencias e reunións nas máis variadas áreas temáticas da química, certificando a calidade dos programas científicos e asegurando que científicas e científicos de todo o mundo poidan participar neles. As revistas que publica son dúas:

— *Chemistry International* (CI), na que se informa aos membros sobre a propia organización, o calendario de actividades e de conferencias patrocinadas, índices de informes técnicos etc.

— Outra revista é *Pure and Applied Chemistry*, que dá conta das conferencias impartidas nos diversos simposios que organiza a IUPAC e inclúe artigos, especialmente encargados a autores reputados, sobre temas de interese e actualidade. Ademais publica as recomendacións da Unión, informes técnicos, compilacións de datos, colaboracións sobre temas de actualidade etc.

No tocante á súa relación co sistema periódico, unha das comisións máis dinámicas e solicitadas é a que se encarga das normas da nomenclatura química.

Actividades

51 . Entra no sitio web da IUPAC (<<https://iupac.org>>) e, con datos tomados da sección “Who we are”, fai un resumo desta organización.

52 . Entra na páxina web <<https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>> e fai un informe sobre como procede a IUPAC para aceptar a existencia dun elemento químico novo.

53 . O fenómeno do *merchandising* tamén está presente nas institucións científicas. Un caso concreto é o que podes atopar na tenda da IUPAC (<<https://iupac.org/shop/>>). Botádelle unha ollada e mantede un pequeno debate aberto sobre esta cuestión.

54 . Seguindo coa mesma temática da actividade anterior, busca información sobre o *merchandising* presente nas tres universidades galegas.

55 . Busca información sobre o traballo científico da investigadora galega Otilia Mó Romero, catedrática emérita do Departamento de Química Física da Universidade Autónoma de Madrid, quen foi galardoada pola IUPAC co premio Distinguished Women in Chemistry 2019.

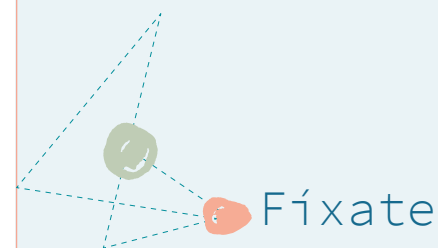
56 . Entra no sitio web da Asociación de Mujeres Investigadoras y Tecnólogas (AMIT) e fai un breve percorrido polas sección “Científicas” vendo cales son as áreas de traballo das mulleres que aparecen nesa sección.

57 . Outra organización semellante á IUPAC é a IUPAP, que se dirixe ao ámbito da física. Busca información sobre ela en <<http://www.iupap.es/>>.

58 . Entra no sitio web Mujeres con ciencia (<<https://mujeresconciencia.com/>>) e elixe unha das propostas da sección “Efemérides” para facer unha pequena exposición sobre a cuestión escollida.

59 . Coa axuda da túa profesora ou profesor, nomea das tres formas posibles (sistemática, *stock* e tradicional) cinco substancias que se propoñan na aula de química.

60 . Busca información relativa a outras organizacións internacional de carácter científico e fai un pequeno traballo sobre tres delas.



A Asociación de Mujeres Investigadoras y Tecnólogas (AMIT) é unha organización non gobernamental e sen ánimo de lucro, de ámbito estatal, integrada por investigadoras e tecnólogas de variadas disciplinas que desenvolven o seu labor investigador, tecnolóxico ou de xestión da ciencia en organismos e centros de investigación españois públicos e privados.

<<https://www.amit-es.org>>

Contido 7

O profesor Batuecas

e a IUPAC

O profesor Batuecas foi membro destacado dunha das comisións da IUPAC: a denominada Comisión de Pesos e Medidas. Entrou a formar parte dela, por méritos propios, polos seus relevantes traballos realizados no campo da determinación de masas atómicas e moleculares, así como pola determinación de constantes universais na ciencia. Foi elixido membro no ano 1955 e, posteriormente, foi nomeado vicepresidente para o bienio 1957-59. Finalmente, foi elixido presidente para o mandato 1959-63, xusto ata a súa xubilación como catedrático de Química Física da Universidade de Santiago, á idade de 70 anos.

Durante o seu mandato como presidente tivo lugar a celebración da XVI Conferencia Internacional da IUPAC, na cidade de Montreal, no ano 1961, da que foi un dos motivos de debate principais a toma de decisións sobre a masa atómica de referencia para todas as medidas da ciencia. Ata ese momento, tal masa era a do isótopo C-16, que se admitía como 16,0000. Os físicos eran os que defendían esa unidade, pero os químicos dicían que, para as medidas químicas, era moi imprecisa por dous especiais motivos: o osíxeno tiña tres isótopos e resultaba moi inexacto tomar como base a masa dun só isótopo; ademais, a composición do osíxeno, nos seus compostos ao longo do noso planeta, variaba moito, polo que introducía moita máis incerteza. Tomás Batuecas defendeu a postura máis moderna: a de tomar como base a masa do isótopo do C-12 como 12,0000. Batuecas e o seu amigo Klaus Clusius, profesor de Zürich, mantiveron esta postura e conseguiron que, por maioría, se adoptase esta base. A dita nova masa de referencia non foi aceptada por toda a comunidade científica, mais pouco a pouco foise impondo e, cara a finais desta década, era xa aceptada de maneira xeneralizada.



Fig. 29.
Batuecas na
década de
1960



Antes de 1959, tanto a IUPAP como a IUPAC tendían a utilizar o osíxeno para definir o mol. A comunidade química definía o mol como o número de átomos de osíxeno de masa 16 g, mentres que a física usaba unha definición similar pero só co isótopo osíxeno-16. As dúas organizacións acordaron entre 1959 e 1960 definir o mol deste xeito: "O mol é a cantidade de substancia dun sistema que contén tantas unidades elementais como hai en 12 gramos de carbono-12".

Fíxate

Cando falamos de medidas debemos mencionar o matemático galego José Rodríguez González, nado en Bermés (Lalín), quen é considerado un dos pais do sistema métrico decimal.



Fig. 30. José Rodríguez (1770-1824)

Cando isto acontecía, a finais da década dos sesenta, Batuecas estaba dirixindo a tese de doutoramento de José Manuel Pereira Cordido, quen, novamente, estaba a determinar a masa atómica do nitróxeno coa máxima precisión posible, masa que aínda hoxe segue a ser a de referencia. Así mesmo, determinaron o valor do volume normal molecular dun gas ideal, que pasaba a ser de $V = 24,4130 \pm 0,0003$ l/mol. Como consecuencia de todos estes cálculos foi posible obter, coa máxima precisión do momento, a constante física fundamental, R , dos gases ideais. Batuecas nunca chegou a ter noticia da relevancia dos seus descubrimentos, pois morreu no ano 1972, pouco antes de se iniciar a IV Conferencia Internacional sobre Masas Atómicas e Constantes Fundamentais, na que tanto se citaron e se celebraron os salientables resultados que conseguira nos seus derradeiros anos.

Poucas veces na historia do noso país un científico noso tivo a honra de pertencer a un tan alto organismo internacional e, ao tempo, desempeñar un papel tan determinante nunha decisión como a de tomar unha masa atómica en canto base de referencia.

Actividades

- 61 . O profesor Batuecas estableceu importantes relacións entre a Facultade de Química da Universidade de Santiago e diversas institucións internacionais. Entra na web do Centro Singular de Investigación en Química Biolóxica e Materiais Moleculares da USC (CIQUS) e fai un pequeno informe sobre a conexión deste con outros centros internacionais de investigación.
- 62 . A unidade de masa atómica está establecida desde a década dos sesenta do século XX no isótopo 12 do carbono, pero antes foran propostos o hidróxeno e o osíxeno. Entra na web e busca quen foi o que propuxo o hidróxeno como unidade de masa atómica.
- 63 . Outro isótopo moi coñecido do carbono é o C-14. Busca información sobre el e sobre a técnica de datación baseada nel.
- 64 . Busca información sobre o matemático galego José Rodríguez González e realiza un informe sobre a importancia do seu labor científico na determinación de constantes.
- 65 . Lede en pequenos grupos o texto correspondente ás tres primeiras epígrafes da páxina web <<https://www.e-medida.es/numero-12/el-nuevo-sistema-internacional-de-unidades-si-cada-vez-mas-cerca/>> e facede unha posta en común para resumirdes o máis importante.
- 66 . Adóitase crer que as unidades das magnitudes son cousa da ciencia e das científicas e científicos. Porén, trátase dun asunto que implica a toda a cidadanía e que é regulado pola lexislación de cada país. Busca información sobre a base legal española no Real decreto 2032/2009, do 30 de decembro, polo que se establecen as unidades legais de medida (BOE nº 43, do 18/02/2010).
- 67 . Entra no sitio web Mujeres con ciencia (<<https://mujeresconciencia.com/>>) e elixe unha das propostas da sección “Ciencia y más” para facer unha pequena exposición sobre a cuestión escollida.
- 68 . Entra na páxina web <<https://iupac.org/100/>>, dedicada a valorar o traballo en química de xente nova. Elix un dos destacados e fai un breve informe do seu traballo.
- 69 . O xornal *El País* conta cunha sección en liña na que mulleres científicas responden a asuntos da ciencia actual. Visita <https://elpais.com/agr/las_cientificas_responden/a/> e elixe unha das cuestións presentadas para facer un resumo dela.
- 70 . Entra no sitio web Mujeres con ciencia (<<https://mujeresconciencia.com/>>) e elixe unha das propostas da sección “En la red” para facer unha pequena exposición sobre a cuestión elixida.

Fíxate

Pilar Bermejo Barrera é catedrática de Química Analítica, decana da Facultade de Química da USC e académica na Real Academia Galega de Ciencias.



Fig. 31.
Pilar Bermejo
Barrera (1956-)

Fíxate

Klaus Paul Alfred Clusius (19 de marzo de 1903-28 de maio de 1963) foi un importante químico físico alemán, profesor na Universidade de Zürich, con quen Batuecas mantivo unha moi boa relación científica.



Fig. 32.
Klaus Clusius
(1903-1963)

Contido 8

Batuecas e a masa atómica.

A táboa periódica

Como xa foi indicado na introdución, a coincidencia da elección de Tomás Batuecas como protagonista do Día da Ciencia en Galicia 2019 coa celebración do Ano Internacional da Táboa Periódica non é casual. O protagonismo de Batuecas no establecemento do isótopo 12 do carbono para determinar a unidade de masa atómica e a importancia deste parámetro nos elementos químicos explican esa conexión.

O profesor Batuecas foi un referente na obtención de masas atómicas con grande exactitude, utilizando dous métodos experimentais dos que falaremos nun apartado posterior: o método das densidades límites para gases e o da picnoroentgenometría. As masas dos seguintes elementos químicos foron obxecto de estudo por Batuecas: carbono (C), aluminio (Al), magnesio (Mg), silicio (Si), sodio (Na), potasio (K), arsénico (As) e chumbo (Pb).

Os días 2, 3 e 4 de agosto de 1961, en Montreal (Canadá), sendo Batuecas presidente da Comisión de Pesos Atómicos, tomouse a decisión de recomendar o isótopo 12 do carbono (C-12) como referencia para a escala das masas atómicas. Tamén quedou explicitada nesta reunión a necesidade de falar de “masas atómicas” no canto de “pesos atómicos”. Ambos os asuntos quedan reflectidos nos puntos 2 e 3 da declaración:

Fig. 33.
Batuecas na
década de
1960

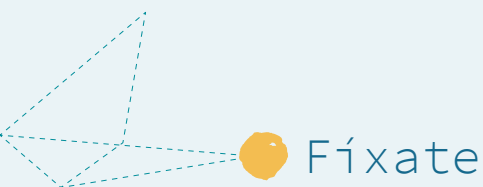


Fíxate

Cando Batuecas estivo pensionado en Xenebra, de 1916 a 1917, foi axudante de Philippe Guye (premiado coa Medalla Davy e varias veces proposto para o Premio Nobel de Química), o que era algo moi difícil para un non-suízo e aínda máis para un español, dada a posición da ciencia española daquela época en Europa.

Fig. 34.
Philippe
A. Guye,
profesor de
Batuecas en
Xenebra (1862-
-1922)





É habitual presentar o carbono en dúas formas (alótropos) naturais: o diamante e o grafito. A química conseguiu chegar a outras formas de unir átomos de carbono, como é o caso do grafeno, os nanotubos e os fullerenos. Recentemente, científicos de IBM e da Universidade de Oxford sintetizaron o ciclo[18]carbono, molécula “circular” formada por 18 átomos de carbono. Esta substancia é un semiconductor que podería ter aplicacións no futuro en microelectrónica.

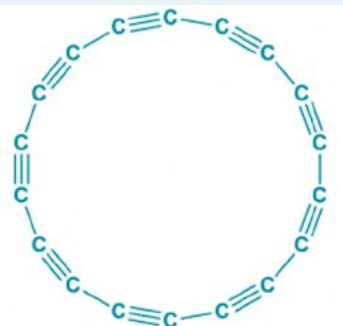


Fig. 35.
Ciclo[18]-
carbono

2) A Comisión acorda recomendar que sexa adoptada a nova escala de pesos atómicos relativos, tomando o número exacto 12 para o isótopo 12 do carbono.

3) Seguindo a recomendación do presidente (Tomás Batuecas), a Comisión acorda por unanimidade propoñerlle á IUPAC que o seu nome pase a ser “Comisión de Masas Atómicas” e que as táboas que sexan editadas se titulen “Táboas de masas atómicas relativas”.

Cómpre dicir que a decisión de tomar o C-12 como base para a escala de masa atómica non foi aceptada de inmediato pola comunidade científica (nomeadamente entre químicos e físicos) e a controversia relativa a falar de “masa atómica” ou “peso atómico” tamén foi obxecto de discusión. Precisamente foi Batuecas, desde a súa posición de liderado como presidente, quen insistiu fortemente nesta cuestión e, nun artigo de 1970 (xa fóra da presidencia da Comisión) na *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, sinalaba o seguinte:

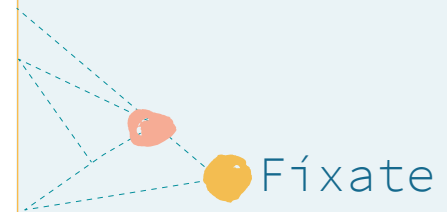
- A masa é una cantidade base e sempre debe medirse na mesma escala.
- A masa é invariable; o peso varía.
- Os físicos e os químicos non deben usar termos diferentes para a mesma cantidade.

Finalmente, o C-12 foi tomado como patrón de masas atómicas, pero seguiu a falar de “pesos atómicos” e, de feito, desde o ano 2002, esa comisión da IUPAC denomínase Comisión de Abundancias Isotópicas e Pesos Atómicos (CIAAW).

Como indicamos ao comezo deste apartado, hai unha clara conexión entre as masas atómicas e a xénese da táboa periódica dos elementos químicos. Tanto o ruso Mendeleev como o alemán Meyer tomaron as masas atómicas dos elementos químicos de mediados do século XIX como base para estableceren os seus respectivos sistemas periódicos en 1869. Tamén outros químicos propuxeron outras clasificacións dos elementos baseadas en diferentes propiedades, pero foi Mendeleev o primeiro en se decatarse que había unha lei de periodicidade entre eles e predixiu a existencia de varios elementos novos, aínda sen se descubriren, sobre a base desa periodicidade.

Así, os elementos galio, escandio e xermanio foron preditos polo químico ruso e descubertos antes dos vinte anos posteriores á táboa presentada por Mendeleev. Posteriormente foron engadidos outros elementos e podemos dicir que os case sesenta descubertos ou fabricados desde aquela primeira táboa periódica ata hoxe responden, na súa busca, a esa idea inicial de periodicidade na que está baseada a clasificación de Mendeleev.

Naquel 1869 había 63 elementos e, para cando Batuecas chega a Santiago con obxecto de ocupar a cátedra de Química Física, foran descubertos uns vinte elementos máis. É naquela época cando Glenn T. Seaborg reorganiza a táboa periódica para situar o grupo dos actínidos, co cal a táboa adquire a forma que presenta na actualidade. Cando Batuecas morre en 1972, na táboa periódica xa aparecen máis dun centenar de elementos; o número actual é de 118.



As mulleres que citamos neste apartado, relacionadas con diversos elementos químicos, foron protagonistas na consideración destes como tales, pero hai moitas máis mulleres que traballaron nos equipos que nas últimas décadas sintetizaron os elementos novos.



Fig. 36.
Dmitri
I. Mendeleev

Fíxate

Clarice Phelps é unha investigadora do Oak Ridge National Laboratory (EUA) e formou parte do equipo que “fabricou” o elemento 117, o ténnesso (Ts).



Fig. 37.
Clarice Phelps

Fíxate

Moitos elementos químicos teñen un nome referido a un lugar xeográfico. O caso máis singular é o da cidade sueca de Ytterby, pois catro elementos relaciónanse con ela: o iterbio (Y), o terbio (Tb), o erbio (Er) e o itrio (Yb).

Cómpre salientar que, aínda que a presenza de mulleres científicas relacionadas coa táboa periódica non é maioritaria, foron moi importantes as súas contribucións. Indicamos de xeito destacado as seguintes mulleres, sinalando entre parénteses os elementos químicos directamente relacionados con elas:

Marie-Anne Pierret Paulze (O)

Marie Curie (Ra, Po, Cm)

Ida Tacke Noddack (Re)

Lise Meitner (Pa, Mt)

Marguerite Perey (Fr)

Darleane C. Hoffman (Pu, Sg)

Finalmente, mencionemos que o descubrimento de tres elementos concretos da táboa periódica está relacionado, con diferente protagonismo, con varios españois:

Antonio de Ulloa (1743):

platino (Pt)

Juan J. Elhuyar e Fausto Elhuyar (1783):

tungsteno (W)

Andrés Manuel del Río (1801):

vanadio (V)

Hoxe vemos con naturalidade as masas dos elementos químicos na táboa periódica, obtidas cunha gran precisión, pero non está de máis lembrar que se trata dunha escala de masas relativas á masa do isótopo 12 do carbono e o profesor Batuecas foi figura indiscutible, hai case cincuenta anos, na proposta desta unidade de masa atómica.

Actividades

- 71 . O profesor Batuecas foi un experto no cálculo de masas atómicas de elementos químicos. Busca información sobre como Mendeleev e Meyer estableceron os seus respectivos sistemas periódicos e fai unha avaliación da necesidade de ter valores exactos das masas atómicas.
- 72 . Entra na web da CIAAW (<<http://ciaaw.org>>), elixe un elemento químico e observa canta información se dá sobre a abundancia dos isótopos dese elemento e os valores de masa atómica indicados.
- 73 . Axudándote da Internet, fai unha breve análise de cantos elementos químicos había cando Batuecas chegou á universidade galega, cantos apareceron durante a súa vida académica e cantos e cales foron engadidos á táboa periódica ata hoxe.
- 74 . No blog do Grupo de innovación docente en didáctica e divulgación científica, CienciaNOSA (<<http://ciencianosa.blogspot.com/>>), busca o apartado dedicado á táboa periódica dos elementos en galego. Fai un cadro no que, en senllas columnas, aparezan aqueles elementos que teñen diferente nome en galego e en castelán e buscade en grupo a procedencia dos nomes atopados.
- 75 . Busca información sobre os elementos vanadio, platino e volframio e fai un pequeno traballo sobre os científicos españois que tiveron relación co seu descubrimento.
- 76 . No blog de CienciaNOSA (<<http://ciencianosa.blogspot.com/2019/04/os-elementos-quimicos-contados-polos.html>>) podes ver como varias alumnas e alumnos de centros de secundaria falan de determinados elementos químicos. Fai unha valoración dalgúns deles.
- 77 . O renio (Re) foi o último elemento químico estable descuberto, mentres que o oganesson (Og) é o último elemento creado pola ciencia. Cal é a diferenza entre “descuberto” e “creado” neste caso? Fai un pequeno traballo sobre o procedemento que se usa para “fabricar” elementos químicos novos.
- 78 . Cantos elementos químicos forman parte da constitución do noso corpo? Cantos son considerados como elementos vitais? En que proporción están?
- 79 . O nome dos elementos novos indícase en latín ata que a existencia destes é aceptada pola IUPAC. Vai a <https://es.wikipedia.org/wiki/Denominación_sistemática_de_elementos> e fíxate en como se constrúen eses nomes. Como exemplo, propón nomes sistemáticos para os elementos que van do 120 ao 130.
- 80 . Pídelle á túa profesora ou profesor que vos explique cal é a diferenza entre a táboa que se presenta en <<https://iupac.org/100/stories/why-isotopes-matter/>> e a táboa periódica tradicional.

Fíxate

O último elemento da táboa periódica aceptado pola IUPAC é o 118 (oganesson), pero xa hai moitos anos que diversos laboratorios de ións pesados de varios países (en particular o centro de investigación RIKEN, do Xapón) están na procura do elemento 119, usando como proxectís ións de vanadio sobre un branco de curio.

Mentres non se acepte oficialmente o seu descubrimento, será denominado coa nomenclatura sistemática, usando o nome latino das súas cifras; neste caso, ununenio (119).

Contido 9

Batuecas:

profesor e divulgador

As calidades docentes do profesor Batuecas que imos indicar neste apartado están tomadas das opinións que, a este respecto, foron emitidas por algúns dos seus discípulos máis destacados en varios medios de prensa. Así, Fernández Alonso mencionaba que a súa docencia era de “primeirísima calidade” tanto na orientación coma nos contidos. Non había libro de texto, polo que as súas leccións eran unha posta ao día do que ía aparecendo na área, para o cal resultaba inestimable o uso dos valores máis recentes das constantes físicas universais. Eugenio García-Rodeja recordaba que a súa obsesión pola exactitude e pola correcta expresión dos resultados non era impedimento para a súa enorme capacidade de transmitir o entusiasmo polo coñecemento. Miguel Ángel Ríos sinalaba que as súas explicacións estaban dominadas por unha visión profunda e rigorosa da química e que as acompañaba con alusións a grandes personaxes da ciencia mundial cos que tivo distintos tipos de relación científica. En parecidos termos expresábase María del Carmen Meijón, sinalando que á súa seriedade, esixencia e austeridade como profesor se unía unha extraordinaria calidade humana. Finalizamos estes breves apuntamentos sobre a faceta docente de Batuecas co relato de Francisco López Casado, quen salientaba o ambiente de debate e participación e sinalaba ademais que, ante a petición de que escribise un tratado de química física xeral, o profesor Batuecas sempre se resistiu, indicando a dificultade de tal empresa dados os importantes cambios que esta disciplina estaba a experimentar de xeito constante no seu tempo.

Fig. 38.
O profesor
Batuecas
ao final da
súa carreira
docente



Fíxate

Hoxe falamos dunha universidade galega que conta con decenas de miles de estudantes. Nos comezos da cátedra de Química Física, no década de 1930, non chegaba á vintena de alumnos entre matriculados oficiais e non oficiais.



Fig. 39. Batuecas nunha conferencia



Fig. 40.
Conferencia
de Batuecas
sobre a
orixe dos
elementos
químicos

Falaremos no último apartado da figura de Batuecas como investigador, pero non podemos separar esta da súa faceta docente. Foi quen, mesmo coa precariedade propia do edificio “multiusos” da Universidade de Santiago (que hoxe é a Facultade de Xeografía e Historia), de fundar a Escola de Química Física compostelá (da que xa falamos nun apartado anterior), no seo da cal exerceu o seu maxisterio investigador sobre alumnos e alumnas, algúns dos cales serían, máis tarde, referentes nesta área da química nos seus respectivos destinos educativos e investigadores.

Outro aspecto relacionado coa súa dimensión docente ten que ver coa súa faceta divulgadora. Hoxe en día, a divulgación científica é unha actividade plenamente integrada no marco cultural da nosa sociedade, pero non foi así durante a maior parte do século xx. Tomás Batuecas levou a cabo esta actividade, mediante charlas e conferencias, tentando achegar a un público non especialista temas que eran de grande importancia na ciencia daquel momento. Naturalmente, esas charlas ou conferencias divulgadoras tiñan o formato típico daquela metade do século, pero estaban enfocadas a diferentes auditorios, como os que acudían aos cursos de verán da Universidade, a cursos específicos na Facultade de Medicina e a charlas no Círculo de Artesáns, ou para o alumnado de colexios maiores.

Deseguido presentamos unha relación dalgunhas desas charlas e conferencias:

- “Radioactividade artificial”. Curso universitario na Universidade de Santiago, 1936-37.
- “As teorías físicas relativistas”. Curso universitario na Universidade de Santiago, 1937-38.
- “Fundamentos físico-químicos dalgunhas industrias e operacións químicas”. Curso universitario na Universidade de Santiago, 1937-38.
- “Espectroscopía na rexión visible”. Curso universitario na Universidade de Santiago, 1937-38.
- “Progresos recentes no dominio da química física nuclear”. Curso breve universitario na Universidade de Santiago, 1940.
- “Radioactividade”. Ampliación do Curso de Patoloxía Médica. Facultade de Medicina de Santiago, 1940.
- “Algúnhas particularidades da radiación cósmica”. Colexio Maior Universitario. Universidade de Santiago, 1945.
- “A grande enerxía da radiación cósmica e o problema da súa utilización”. Curso universitario de verán. Vigo, 1946.
- “Avances e descubrimentos científicos debidos ao perfeccionamento dos métodos experimentais”. Curso universitario de verán. A Coruña, 1946.
- “O descubrimento dos transuránidos e as marabillas da química física nuclear”. Curso universitario de verán. Vigo, 1947.
- “Algúns aspectos de grande interese na produción e nas aplicacións da enerxía atómica nuclear”. Curso universitario de verán. Vigo, 1950.
- “Principais características da enerxía atómica nuclear”. Círculo de Artesáns. Santiago, 1951.



Fíxate

A fin de que se comprendan os múltiples intereses científicos do profesor Batuecas, expoñemos deseguido algúns dos contidos impartidos ao longo de seis conferencias, en 1940, baixo o título *Progresos recientes en el dominio de la Química-Física nuclear*:

- “El núcleo atómico y sus propiedades más salientes”
- “El hidrógeno pesado y el deuterón. Acción de las partículas sobre núcleos atómicos ligeros y descubrimiento del ‘neutrón’”
- “Caracteres y propiedades más salientes de la radiación ‘ultrapenetrante’ o radiación ‘cósmica’”
- “Descubrimiento del ‘positrón’ (electrón positivo) y del ‘mesotrón’ (electrón pesado)”
- “Descubrimiento de la ‘radiactividad artificial’”
- “Transmutaciones provocadas por los neutrones”
- “La cuestión de los transuránidos (elementos de número atómico superiores a 92)”
- “Posibilidad de obtener grandes cantidades de energía por ruptura de núcleos pesados”
- “La estructura de los núcleos atómicos según las teorías más recientes”



Fíxate

Un dos campos de interese de Batuecas foi o da enerxía nuclear. Cómpre lembrar que foi a física Lise Meitner, en 1939, a primeira persoa en explicar o fenómeno da fisión nuclear.



Fig. 41.
Lise Meitner
(1878-1968)

- “En relación coa orixe dos elementos químicos”. Conferencia inaugural da Universidade de Santiago. 1952.
- “Alguns resultados importantes obtidos en investigacións co radiocarbono C-14”. Curso universitario de verán. Vigo, 1953.
- “A detección de radiacións nucleares”. Curso universitario de verán. Vigo, 1956.
- “Utilización da enerxía nuclear”. Curso universitario de verán. Vigo, 1957.
- “Algunhas consideracións sobre experiencias de laboratorio en reaccións termonucleares”. Colexio Maior San Clemente. Santiago, 1958.
- “A fotosíntese clorofílica segundo as concepcións químico-físicas actuais”. Curso universitario de verán. Vigo, 1960.

Como se pode ver polos títulos destas conferencias, hai unha ampla variedade de temáticas e todas elas sobre cuestións que eran novas naqueles anos. Moitas delas pertencían ao que se denominaba naquel tempo química física nuclear e que hoxe en día forma parte da física nuclear e de partículas. Cómpre sinalar que Batuecas abordaba nesas charlas asuntos que non formaban parte dos seus intereses directos no eido académico e investigador, pero que eran de candente actualidade na ciencia mundial. Algunhas desas cuestións versaban sobre temas que comezan a aparecer na ciencia daquela época e que agora seguen a ter gran presenza na investigación científica: a antimateria, a radioactividade artificial, a orixe dos elementos químicos, os raios cósmicos, a física do núcleo e o uso da enerxía nuclear.

Actividades

81 . En Galiciana-Biblioteca Dixital de Galicia, <<http://galiciana.bibliotecadegalicia.xunta.es/>>, preme onde di “Consulta” e, na páxina que aparece, escribe no cadro “Busca xeral” a palabra “Batuecas” e fai unha breve pescuda das novas que sobre a actividade divulgadora do profesor Batuecas se publicaron na prensa da súa época.

82 . Busca información sobre algún dos fenómenos que abordou Batuecas na súa faceta divulgadora e fai un resumo de como apareceu historicamente esa cuestión na ciencia.

83 . Un dos asuntos que divulgou Batuecas foi o da radioactividade artificial e unha das figuras iniciais nese campo foi Irène Joliot-Curie. Fai un estudo sobre esta extraordinaria científica francesa.

84 . Un gran tema de interese para o profesor Batuecas foi o da enerxía nuclear. Busca información sobre a física austríaca Lise Meitner en relación co descubrimento do fenómeno da fisión nuclear.

85 . Lise Meitner non foi recoñecida co Premio Nobel malia o seu gran protagonismo nos estudos iniciais de física nuclear. Facede en pequenos grupos unha pescuda en Internet sobre outros casos de mulleres que sufriron un trato inxusto en diferentes campos da actividade científica e mantede un debate sobre esta cuestión.

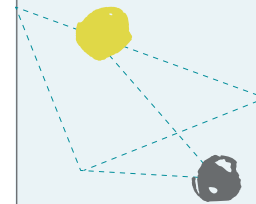
86 . Actualmente son moitas as iniciativas, en todo tipo de formatos, que teñen a divulgación científica como obxectivo. Unha delas é a realizada pola Asociación Galega de Comunicación de Cultura Científica e Tecnolóxica (AGCCCT). Entra no seu portal web e fai unha valoración das iniciativas que leva a cabo.

87 . A Asociación Española de Comunicación Científica (AECC), fundada hai máis de corenta anos, ten como fin promover o xornalismo e a comunicación científica en España, Europa e Iberoamérica. Entra no seu portal e no submenú “Blog” elixe unha das novas que aparecen para facer un breve resumo dela.

88 . Entrade por grupos no blog Dimetilsulfuro, de Deborah García Bello, e elixide diferentes entradas para despois facerdes unha pequena posta en común en cada grupo sobre a cuestión elixida. Despois realízade unha posta en común de toda a clase sobre os aspectos que máis vos chamaron a atención.

89 . Entra no sitio web Mujeres con ciencia (<<https://mujeresconciencia.com/>>) e elixe unha das propostas da sección “Entre páxinas” para facer unha pequena exposición sobre a cuestión escollida.

90 . Co axuda do profesorado, conseguide o documental *Coltán, comercio sangriento*, de 2007. A partir del, busca información sobre os elementos químicos que están presentes nese material, onde se sitúan os lugares en que se atopan en maior cantidade e para que serven tales elementos, e así poderás entender a problemática que está detrás da súa extracción.



Fíxate

Deborah García Bello é unha química galega que se dedica á divulgación e á comunicación científica e leva a cabo un gran número de actividades en medios de prensa, radio e televisión e YouTube, entre outros. É autora de libros de divulgación e mantén un blog de grande éxito na divulgación:

<<http://dimetilsulfuro.es>>



Fig. 42.
Deborah
García Bello
(1984-)

Contido 10

Batuecas

e a experimentación

Non é doado resumir en poucas liñas o traballo investigador do profesor Batuecas durante case cincuenta anos de dedicación á química. O que imos facer deseguido é centrármonos en dous dos seus principais intereses tomando como fonte o seu propio relato, aparecido nun artigo de prensa de 1962.

A pesar dos limitados medios, desde que o Laboratorio de Química Física fose creado en 1935 levouse adiante un labor sistemático de investigación. O traballo experimental iniciouse coa utilización do método picnométrico, o que lles permitiu a Batuecas e ao seu discípulo López Casado a determinación, con gran precisión, da densidade do mercurio a 0 °C. A partir da optimización deste método, obtiveron con alto rigor a densidade, a esa mesma temperatura, doutras substancias puras (líquidos e sólidos) e disolucións.

Os resultados conseguidos no caso particular dos sólidos permitíronlle ao profesor Batuecas o desenvolvemento dun método novo para a determinación rigorosa de masas atómicas a partir da densidade do sólido e das súas constantes reticulares (parámetros da rede cristalina obtidos por raios X). Este método coñécese como *picnoröntgenometría*.

De xeito simple, podemos resumir o método indicando que polo procedemento picnométrico se obtén a densidade dun sólido con moi alta precisión e mediante o uso de raios X se pode calcular o valor do volume da cela unidade do sólido. Con estes dous valores e tendo en conta o número de Avogadro, xa se pode obter a masa atómica de maneira moi precisa.

Alumnos como o anteriormente citado Francisco López Casado e tamén Ignacio Fernández Alonso, Celso Gutiérrez Losa, Manuel Carreira Vázquez e Cándido Magdalena Castiñeira traballaron intensamente neste campo e foron



Fig. 43. Batuecas no laboratorio



O picnómetro é un instrumento de medición cuxo volume é ben coñecido e que permite obter a densidade relativa dunha determinada substancia mediante pesada a unha temperatura dada.



Fig. 44.
Picnómetro

Fíxate

Aínda que a palabra *roentgenometría* semella complicada, fai referencia ao uso de raios X para coñecer distancias a nivel atómico. Prové do nome do físico alemán que descubriu estes raios: Wilhelm Conrad Röntgen.



Fig. 45.
Wilhelm
Conrad
Röntgen
(1845-1923)

os primeiros integrantes da Escola de Química Física compostelá, no marco da cal acadaron os seus respectivos doutoramentos baixo a dirección de Tomás Batuecas. Entre os valiosos resultados obtidos, hai que citar a determinación da masa atómica do silicio, o sodio, o potasio, o arsénico, o talio e outros elementos.

Paralelamente a estas investigacións, en 1939 iniciouse outro conxunto de estudos sobre gases reais a partir do *método das densidades límites gasosas*, establecido en 1899 polo científico francés Daniel Berthelot. Este procedemento, que permite obter masas moleculares de gases (a partir das cales se poden calcular masas atómicas), viña sendo obxecto de traballo por parte de Batuecas desde 1917. Grazas a esta metodoloxía puideron obterse con enorme precisión o chamado volume normal molar e, así mesmo, a masa atómica do nitróxeno, o carbono e o xofre.

De maneira resumida, podemos dicir que, se coñecemos a densidade dun gas (ou dunha substancia en estado vapor) a unha determinada temperatura, é posible calcular a masa molar dese gas mediante a coñecida ecuación dos gases ideais. Este é o procedemento en que se basean os métodos de Regnault, Dumas, Hofmann e Meyer, pero sempre supoñendo que os vapores se comportan como gases ideais. Dado que a ecuación non é estritamente válida para os gases reais, os resultados obtidos non son moi precisos. Pero o comportamento dos gases reais aproxímase ao dos gases ideais a medida que se reduce a presión, así que, se a densidade dun gas puidese medirse a presións moi baixas, preferiblemente a presión cero, estaríamos en condicións de obter masas moleculares precisas. A idea é, pois, facer medidas a presións o máis baixas posible experimentalmente e elaborar unha gráfica cos valores para extrapolar á “presión cero”, con obxecto de calcular así a densidade límite. A partir deste valor xa se pode obter a masa molecular da substancia.

Actividades

91 . Grazas aos traballos do profesor Batuecas foi posible determinar con máis precisión as masas de varios elementos da táboa periódica. Na actualidade esas masas danse entre dous valores límite. Entra no sitio <<https://iupac.org/iptei/>> e con axuda do teu profesor ou profesora tenta achegarte ás razóns deste xeito de indicar a masa dos elementos.

92 . A investigación científica é unha das actividades máis importantes que leva a cabo unha universidade. Elixe unha universidade galega e unha facultade dela e busca información para facer un pequeno informe sobre as investigacións que están a levar a cabo.

93 . Coa axuda da vosa profesora ou profesor, buscade información sobre como se traballa cun picnómetro e, aínda que non poidades usar un, tentade levar a cabo o método empregando outros recipientes que teñades no laboratorio.

94 . Co material que haxa no teu laboratorio e coa axuda do teu profesor ou profesora, fai un achegamento a cal será a precisión na medida de masas e volumes que podes ter.

95 . O primeiro Premio Nobel de Física foi outorgado a Röntgen. Fai un breve achegamento á vida científica deste persoeiro e á transcendencia do descubrimento dos raios X.

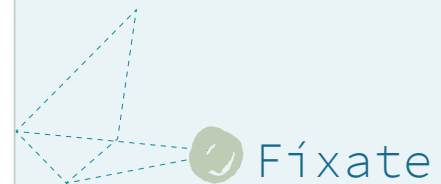
96 . Entra en YouTube (<<https://www.youtube.com/watch?v=ojiNHSAhzDs>>) para ver a charla “La historia de las científicas entra en las aulas de Química”, de María M. Álvarez Lires. Trátase dun vídeo dunha hora de duración, polo que terás que velo en varios accesos. Toma nota daqueles contidos que che chamen máis a atención.

97 . Existen investigacións que non son levadas co rigor e coa metodoloxía que están presentes no chamado método científico. Este é o caso que adoita darse nas chamadas pseudociencias. Buscade en grupos información sobre este tipo de actividades e mantede posteriormente un debate na clase sobre a cuestión.

98 . Entra no sitio web Mujeres con ciencia (<<https://mujeresconciencia.com/>>) e elixe unha das propostas da sección “Hitos” para facer unha pequena exposición sobre a cuestión escollida.

99 . Entra en <https://twitter.com/moleculas_gal> coa axuda dunha conta de Twitter de alguén da vosa casa, elixe unha molécula das moitas das que se mostran, busca máis información sobre ela e fai un pequeno informe.

100 . O proxecto “¿Por qué tan pocas?: Tecnólogas y científicas a la luz” pretende visibilizar o papel das mulleres na ciencia e a tecnoloxía a fin de crear novos referentes para nenas e adolescentes. Entrade en pequenos grupos no seu sitio web (<<https://porquetanpocas.com/>>), elixide un dos vídeos protagonizados por unha muller científica ou tecnóloga e facede despois unha posta en común daqueles aspectos que consideredes máis interesantes.

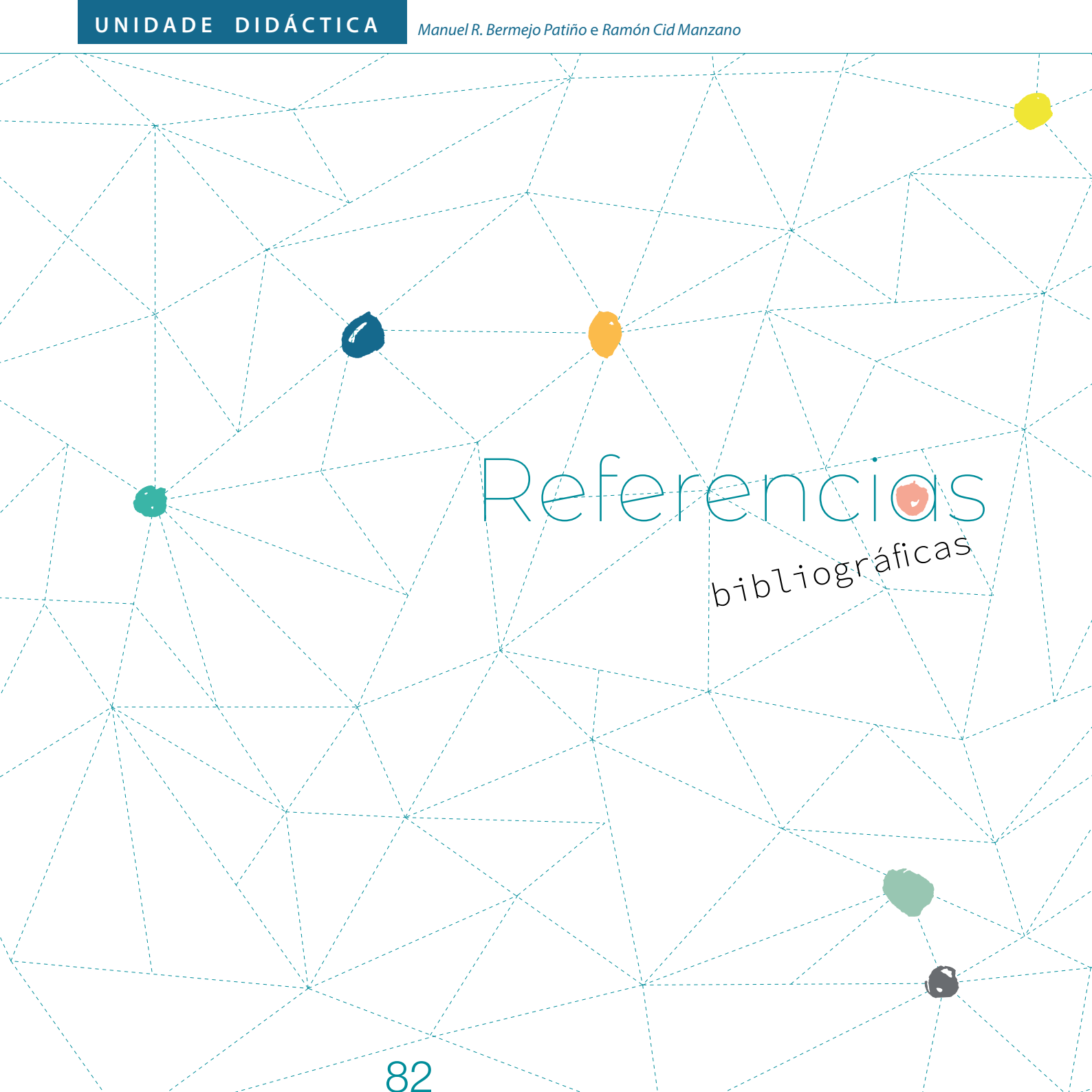


Fíxate

Pilar Goya Laza, doutora en Química, é investigadora do Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) e a actual presidenta de EuChemS (European Chemical Society); foi tamén presidenta da Sociedad Española de Química Terapéutica, vicepresidenta da Real Sociedad Española de Química, directora do Instituto de Química Médica e vicepresidenta da ONG Save the Children.



Fig. 46.
Pilar Goya
Laza (1951-)



Referencias

bibliográficas



- ÁLVAREZ GONZÁLEZ, E. / D. MANZANO (2018): "Propuesta didáctica para el empleo de la Historia de la Ciencia en la enseñanza del primer principio de la Termodinámica en Educación Secundaria", *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 25, pp. 9-28.
- ARBUÉS VILLA, J. / G. FATÁS CABEZA (dirs.) (1991): "Batuecas Marugán, Tomás", en *Gran Enciclopedia de España*, vol. III, Zaragoza, Enciclopedia de España, p. 1396.
- BARREIRO FERNÁNDEZ, J. R. (coord.) (2002): *Historia da Universidade de Santiago de Compostela*, Santiago de Compostela, USC / Parlamento de Galicia.
- BATUECAS, T. (1918): "Contribución a la revisión del peso atómico del carbono. Determinación de la densidad normal del gas etileno", *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, t. 17, pp. 358-389. Fondo Bibliográfico e Documental da Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas e Naturais.
- BATUECAS, T. (1941): "Observaciones a un trabajo de A. Magnus y E. Schmid referente a un método para medir densidades de vapor, aplicable a la determinación de masas atómicas", *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, t. 35, pp. 454-464. Fondo Bibliográfico e Documental da Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas e Naturais.
- BATUECAS, T. (1970): "Quelques remarques à propos du terme 'poids atomique'", *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, t. 64, pp. 831-835. Fondo Bibliográfico e Documental da Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas e Naturais.
- BATUECAS, T. / F. L. CASADO / J. I. FERNÁNDEZ ALONSO (1944): "Las masas atómicas del potasio, aluminio y magnesio, a partir de medidas de densidad y datos röntgenográficos", *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, t. 35, pp. 349-357. Fondo Bibliográfico e Documental da Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas e Naturais.
- BATUECAS, T. / F. L. CASADO (1945): "Sobre la densidad del Hg, a 0° C., determinada picnométricamente", *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, t. 39, pp. 321-330. Fondo Bibliográfico e Documental da Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas e Naturais.
- BATUECAS, T. / J. GUÉRON (1962): "Summary minutes of the Commission on Atomic Weights, 1961", *Pure and Applied Chemistry*, 5, pp. 255-304.

- BERMEJO PATIÑO, M. R. (1993): "Batuecas Marugán, Tomás", en VV. AA., *Diccionario histórico das ciencias e das técnicas de Galicia. Autores, 1868-1936*, Sada (A Coruña), Edición do Castro, pp. 30-32. (Publicacións do Seminario de Estudos Galegos).
- BIÈVRE, P. J. de / H. S. PEISER (1992): "Atomic weight': The Name, its History, Definition and Units", *Pure and Applied Chemistry*, 64 (10), pp. 1535-1543.
- CAMERON, A. E. / E. WICHERS (1962): "Report of the International Commission on Atomic Weights (1961)", *Journal of the American Chemical Society*, 84 (22), pp. 4175-4197.
- FERNÁNDEZ ALONSO, J. I. (1964): "Vida universitaria: biografía del profesor T. Batuecas", *Nova Acta Científica Compostelana*, 26, pp. 163-183.
- GONZÁLEZ IBÁÑEZ, C. / A. SANTAMARÍA GARCÍA (eds.) (2009): *Física y química en la Colina de los Chopos: 75 años de investigación en el edificio Rockefeller del CSIC (1932-2007)*, Madrid, CSIC.
- HAUERT, J. (2009): "170 Years of Chemistry at the University of Geneva, 1800–1970", *CHIMIA*, 63 (12), pp. 798-806.
- LA NOCHE (1962): "Actividad de la cátedra de Química Física: 1935-1961" [nota resumen], XLIII (12611), 3 de febreiro de 1962.
- OTERO PEDRAYO, R. (dir.) (1974): "Batuecas Marugán, Tomás", en *Gran Enciclopedia Gallega*, vol. III, Santiago de Compostela / Xixón, Silverio Cañada, editor, p. 153.
- REAL ACADEMIA DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS E NATURAIS (2003): *Relación de académicos desde el año 1847 hasta el 2003*, Madrid, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas e Naturais, p. 137.
- REDACCIÓN (1957): "Homenaje al profesor Batuecas", *Boletín de la Universidad Compostelana*, 65.
- RODRÍGUEZ CADARSO, A. (coord.) (1986): "Figuras de la Universidad compostelana", *El Correo Gallego*, 7 e 14 de xuño de 1986.
- VV. AA. (1965-1966): "Biografía del profesor T. Batuecas", *Boletín de la Universidad Compostelana*, 73-74, pp. 11-31.

Sitios web

(actividades)

www.cienciaeducacioninfantil.es

https://es.wikipedia.org/wiki/Mar%C3%ADada_Inmaculada_Paz-Andrade

http://www.fundacionbarrie.org/files/WEBFB/2016-7/14-10-44-21.44.2012Antonio_Casares.pdf

http://www.culturagalega.org/album/detalle_especial.php?id=121

http://www.cosce.org/pdf/2012_carta_abierta_esp.pdf

<https://www.diariodepontevedra.es/tags/inmaculada-paz-andrade>

<http://www.fundacionbarrie.org/programa-dia-ciencia-galicia16>

<https://www.lavozdegalicia.es/noticia/ciencia/2019/02/21/tomas-batuecas-extremeno-situo-galicia-mapa-calculo-masas-atmicas/00031550779940250690374.htm>

<http://culturagalega.gal/albumdaciencia/>

<https://www.nobelprize.org/>

<https://mujeresconciencia.com/>

<http://www.enciga.org>

<https://www.aecomunicacioncientifica.org/>

<http://divulgacion.org/>

<https://circuloesceptico.org/>

<https://iupac.org/100/>

<https://iupac.org/what-we-do/periodic-table-of-elements/>

<http://ciencianosa.blogspot.com/2019/03/ataboa-periodica-dos-elementos-en.html>

<http://ciencianosa.blogspot.com/2019/02/ataboa-periodica-en-feminino-habelas.html>

<http://culturagalega.gal/album/>

<https://iupac.org/shop/>

<https://iupac.org/100/stories/why-isotopes-matter/>

<http://ciencianosa.blogspot.com/2019/04/os-elementos-quimicos-contados-polos.html>

<https://www.amit-es.org>

<http://www.iupap.es/>

<https://www.e-medida.es/numero-12/el-nuevo-sistema-internacional-de-unidades-si-cada-vez-mas-cerca/>

https://elpais.com/agr/las_cientificas_responden/a/

https://es.wikipedia.org/wiki/Denominacion_sistemica_de_elementos

<http://ciaaw.org/>

<http://divulgacion.org/>

https://twitter.com/moleculas_gal

<https://www.youtube.com/watch?v=ojiNHSAhzDs>

www.galiciana.bibliotecadegalicia.xunta.es/

<https://porquetanpocas.com/>



Créditos
das
imaxes



Fig. 1. Tomás Batuecas na década de 1920. Imaxe tomada do portal da Real Academia Galega de Ciencias.



Fig. 2. Enrique Moles. Tomada de <<https://www.biblioteca.iqfr.csic.es/es-es/instituto-nacional-de-fisica-y-quimica/personal-cientifico/enrique-moles-ormella-1883-1953>>.



Fig. 3. Blas Cabrera. Tomada de <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/c/cabrera_blas.htm>.



Fig. 4. Alejandro Rodríguez Cadarso. Tomada de <<http://culturagalega.gal/albumdaciencia/detalle.php?id=255>>.



Fig. 5. Luis Iglesias. Tomada de <http://img.europapress.es/fotoweb/fotonoticia_20140527123227_260.jpg>.



Fig. 6. Isidro Parga Pondal. Tomada de <<http://culturagalega.gal/albumdaciencia/detalle.php?id=284>>.



Fig. 7. M^a José Alonso Fernández. Tomada de <https://xornal.usc.es/xornal/acontece/2018_07/noticia_0088.html>.



Fig. 8. A molécula de etileno. Imaxe tomada do sitio web de Euston: <<https://www.euston96.com/etileno>>.



Fig. 9. O profesor Batuecas na década de 1930. Tomada dunha imaxe de <<https://www.lavozdeg Galicia.es/noticia/ciencia/2019/02/21/tomas-batuecas-extremeno-situo-galicia-mapa-calculo-masas-atomicas/00031550779940250690374.htm>>.



Fig. 10. Publicación en *Nature*: <<https://www.nature.com/articles/159705a0>>.



Fig. 11. Portada da revista *J. Chim. Phys.*: <<https://www.iberlibro.com/journal-chimie-physique-physico-chimie-biologique-tome/8147125123/bd>>.



Fig. 12. Manuela Barreiro Pico: <https://www.lavozdegalicia.es/noticia/sociedad/2018/02/12/mujeres-gallegas-ciencia/0003_201802G12P23996.htm>.



Fig. 13. Elena Pazos Chantrero. Imaxe tomada de <<https://www.gciencia.com/ciencia/elena-pazos-starting-grant/>>.



Fig. 14. A Facultade de Ciencias en construción en 1958. Imaxe tomada de <<http://www.galiciana.bibliotecadegalicia.xunta.es>>.



Fig. 15. Antonio Casares. Tomada do libro da exposición *A noite está varrida da terra*, Consello da Cultura Galega, 2001, p. 18.



Fig. 16. Inmaculada Paz Andrade. Tomada da edición dixital do *Diario de Pontevedra* (29/07/2019).



Fig. 17. Batuecas nunha conmemoración oficial da USC: <<https://www.lavozdegalicia.es/noticia/ciencia/2019/02/21/tomas-batuecas-extremeno-situo-galicia-mapa-calculo-masas-atomicas/00031550779940250690374.htm>>.



Fig. 18. Frances H. Arnold, Premio Nobel de Química 2018: <<https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2018/arnold/facts/>>.



Fig. 19. Donna Strickland, Premio Nobel de Física 2018: <<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2018/strickland/facts/>>.



Fig. 20. Batuecas na década de 1950. Imaxe tomada de <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/9/94/Tomas_Batuecas_Marugan.jpg>.



Fig. 21. Antoine de Lavoisier. Tomada de M. R. Bermejo *et al.* (2006): *O nome e o símbolo dos elementos químicos*, Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, p. 25.



Fig. 22. O *Manual de química* de Antonio Casares. Portada interior do primeiro tomo do *Manual de química general* de Casares na edición de 1857.



Fig. 23. Os participantes da Primeira Conferencia de Solvay: <https://en.wikipedia.org/wiki/Solvay_Conference>.



Fig. 24. Elena Ojea. Imaxe tomada de <<https://futureoceanslab.org/team/elena-ojea/>>.



Fig. 25. Tomás Batuecas na década de 1940. Imaxe tomada de <<http://www.galiciana.bibliotecadegalicia.xunta.es>>.



Fig. 26. Logotipo do centenario da fundación da IUPAC. Tomado de <<https://iupac.org/100/>>.



Fig. 27. *Principios de nomenclatura química*. Tomado de <<https://iupac.org/wp-content/uploads/2018/05/principles98.gif>>.



Fig. 28. Otilia Mó Romero. Tomada do sitio web da Facultade de Ciencias da Universidade Autónoma de Madrid.



Fig. 29. Batuecas na década de 1960: <<https://www.lavozdegalicia.es/noticia/ciencia/2019/02/21/tomas-batuecas-extremeno-situo-galicia-mapa-calculo-masas-atomicas/00031550779940250690374.html>>.



Fig. 30. José Rodríguez. Imaxe tomada de <<https://www.gciencia.com/historias-gc/jose-rodriguez-matematico-galego-metro/>>.



Fig. 31. Pilar Bermejo Barrera. Imaxe tomada do portal da Real Academia Galega de Ciencias.



Fig. 32. Klaus Clusius. Tomado de <<https://www.pinterest.com.au/pin/762445411884935682/>>.



Fig. 33. Batuecas na década de 1960: <<http://www.galiciana.bibliotecadegalicia.xunta.es>>.



Fig. 34. Philippe A. Guye, profesor de Batuecas en Xenebra. Tomado de J. Hauert (2009): "170 Years of Chemistry at the University of Geneva, 1800–1970", *CHIMIA*, 63 (12), p. 802.



Fig. 35. Ciclo[18]carbono. Imaxe tomada de <<https://francis.naukas.com/2019/08/20/ciclo18carbono-nuevo-alotropo-del-carbono-con-18-atomos-en-anillo/>>.



Fig. 36. Dmitri I. Mendeleev. Imaxe tomada de <https://www.lavanguardia.com/historiayvida/la-vida-de-dmitri-mendeleev_12888_102.html>.



Fig. 37. Clarice Phelps. Tomado de <<https://iupac.org/100/pt-of-chemist/#clarice-phelps-es>>.



Fig. 38. O profesor Batuecas ao final da súa carreira docente. Imaxe tomada do sitio web da Real Academia Galega de Ciencias.



Fig. 39. Batuecas nunha conferencia: <<https://www.lavozdeg Galicia.es/noticia/ciencia/2019/02/21/tomas-batuecas-extremeno-situo-galicia-mapa-calculo-masas-atomicas/00031550779940250690374.htm>>.



Fig. 40. Conferencia de Batuecas sobre a orixe dos elementos químicos. Imaxe tomada do portal <<http://iberlibro.com>>.



Fig. 41. Lise Meitner. Imaxe tomada de <https://www.buscabiografias.com/img/people/Lise_Meitner.jpg>.



Fig. 42. Deborah García Bello. Imaxe tomada do sitio web do xornal *El Periódico*: <<https://www.elperiodico.com>>.



Fig. 43. Batuecas no laboratorio. Imaxe tomada do sitio web de *La Voz de Galicia*: <<https://www.lavozdeg Galicia.es>>.



Fig. 44. Picnómetro. Imaxe tomada do sitio web de Soviquim: <<https://www.soviquim.cl>>.



Fig. 45. Wilhelm Conrad Röntgen. Imaxe tomada de <<https://www.historiadelamedicina.org/Roentgen.html>>.



Fig. 46. Pilar Goya Laza. Imaxe tomada de <http://dipc.ehu.eus/06anuncios_detalle.php?id=692&lng=esp>.





DÍA DA CIENCIA EN GALICIA

2019

O QUÍMICO E A MEDIDA

TOMÁS
BATUECAS
MARUGÁN

Creator da
química física
en Galicia



CONSELLO
DA CULTURA
GALEGA



REAL ACADEMIA
GALEGA DE CIENCIAS



XUNTA
DE GALICIA