

Cultura científica:

1976-2005 trinta anos de progreso en textos de científicos premiados co Nobel

Constantino Armesto Ramón, Sara González Crespo

Instituto Salvador Moreno, Marín

Introducción

Queremos sabe-la maneira na que se reflexa o progreso da ciencias da natureza durante os últimos trinta anos usando textos publicados en español polos científicos máis eminentes. Cando alguén quere coñece-la obra de Ramón del Valle-Inclán, Gonzalo Torrente Ballester ou Camilo José Cela recoméndaselle que lea textos autógrafos, e non resumes doutro autor ¿por qué non face-lo cos científicos ilustres? Propoñemos textos escritos por científicos premiados co Nobel, para tratar de entende-los progresos máis recentes das ciencias naturais. Convencidos da ausencia dunha cultura científica na sociedade española queremos colaborar cos profesores de disciplinas non científicas e proporcionarlles textos para o seu análise. Polo seu interese, recomendamos anacos destes textos científicos para o seu análise por parte do alumnado.

Antes, faremos un bosquejo da evolución da física, química, xeoloxía e bioloxía. A física foi a primeira das ciencias naturais que chegou a súa fase moderna con Galileo, Kepler e Newton; a química, aínda tardou un pouco máis, pero, despois de Lavoisier, constitúese como ciencia; durante o século XIX a investigación en ámbalas dúas ciencias áchase plenamente desenrolada. A bioloxía quedouse atrás e non foi ata despois da segunda guerra mundial (1945) cando a posguerra introduciu unha nova era de investigacións biolóxicas inducidas polo descubrimento dos antibióticos: primeiro os antipsicóticos, as hormonas esteroideas, a inmunoquímica ou o código xenético (1953), e máis tarde a inxeñería xenética, o proxecto xenoma, a embrioloxía, as técnicas de reprodución artificial ou a neurobioloxía.

Entre o ano 1964 e o 1990, a Xeoloxía sufriu unha revolución científica que non ocorreu nas outras ciencias. A maioría dos xeólogos aceptaron unha teoría, a tectónica de placas, rompendo coa tradición anterior. O cambio foi tan brusco que un dos seus protagonistas, J. Tuzo Wilson proclamou que se producira unha revolución nas Ciencias da Terra (1967). A tectónica de placas é unha teoría integradora das ciencias da Terra que se vai perfeccionando coa exploración do sistema solar o que causou a aparición dunha nova ciencia, a Xeoloxía planetaria, ciencia que nos permite entende-la evolución dun planeta e comprender que a tectónica de placas pode ser unha fase na historia dun planeta. Por outro banda, no ano 1980 L. Álvarez, W. Álvarez, F. Asaro e H. Michel publicaron un artigo en Science no que aportaban probas de que a extinción biolóxica do cretácico-terciario podería deberse a causas extraterrestres, concretamente, á caída dun meteorito, hipótese que se consolidou ó longo da década: a adaptación da tese da importancia xeolóxica que teñen os

impactos dos meteoritos, supón unha nova teoría sintética no longo debate entre o actualismo e o catastrofismo.

Metodoloxía e recursos

Desde o ano 1976 ó 2005 identificamos e clasificamos tódolos artigos publicados na revista *Investigación y Ciencia* firmados por un autor premiado co Nobel de Física (32 artigos), de Química (18 artigos) e de Fisioloxía ou Medicina (28), excluimos os 4 de Economía. A continuación reproducimos o título do artigo, o número da revista e o breve resume do contido; nalgúns casos, añadimos, entre paréntesis, algunha aclaración. Na bibliografía, no caso de que varios autores firmen un artigo, subliñámoslos premiados co Nobel.

Resultados

Física de partículas

- “A procura de novas familias de partículas elementais”. (001) En experimentos con neutrinos de alta enerxía apareceu unha partícula, polo menos, que non pertence a ningunha familia coñecida. A nova partícula debe presentar algunha propiedade por descubrir na materia. (Terceira familia de partículas elementais).
- “A partícula hypsilón”. (027) O seu inesperado descubrimento como a partícula máis pesada impulsou aos físicos a introducir un quark de masa maior, elevando de catro a cinco o número destas subpartículas elementais aínda non observadas. (Quark t).
- “Leptones pesados”. (020) A clase de partículas elementais da materia que inclúen o electrón e o muón ten un novo membro: a tau. (Probas).
- “Teorías gauge das forzas entre partículas elementais”. (047) As forzas básicas da natureza descríbense agora mediante teorías desta clase. As propiedades das forzas dedúcense de simetrías ou regularidades manifestas nas leis da física. (Para que unha teoría gauge resulte invariante con respecto a unha transformación local debemos engadir unha forza).
- “Asimetría cósmica entre materia e antimateria”. (053) Segundo parece, o universo actual está formado, en case a súa totalidade por materia. Probas de orde cosmológico e da física de partículas permítennos esbozar xa unha explicación. (A simetría CP violase).
- “A desintegración do protón”. (059) Sábese que o protón ten unha vida media de polo menos 10^{20} veces a idade do universo, pero a teoría indica que quizais non viva eternamente. Se non é inmortal, toda a materia ordinaria acabará por desintegrarse. (Rebasa os 10^{30} anos).
- “A procura de bosóns vectoriales intermedios”. (068) En teoría, estas partículas elementais dotadas de gran masa son necesarias como mediadoras das forzas nucleares débiles. Deben detectarse a raíz das colisións entre protóns e antiprotóns nos novos aparellos.

- “O bosón de Higgs”. (124) A teoría que describe as interaccións entre partículas elementais podería aportar rigor matemático ao modelo estándar das forzas fundamentais. A procura desa partícula fuxidiza requerirá novos aceleradores.
- “O número de familias da materia”. (175) Os experimentos realizados no CERN europeo e no SLAC estadounidense, nos que se provocan choques electrón-positrón, mostraron que, no universo, soamente hai tres familias de partículas fundamentais.
- “O tevatrón”. (176) Porque produce antiprotóns, aceléraos nun anel con imanes superconductores e lánzaos sobre protóns, constitúe a fonte máis potente de datos achega das partículas elementais que posuímos.
- “A unificación da física”. (280) Os experimentos que se realicen no CERN e nos outros laboratorios deberán permitir culminar o modelo estándar da física de partículas. Con todo, haberá que aportar ideas de novo cuño se queremos trenzar unha teoría unificada de todas as forzas.

Astrofísica

- “Observatorio Einstein de raios X”. (043) Este satélite, portador dun telescopio de raios X de inaudito tamaño e sensibilidade, estivo en órbita máis dun ano. Proporcionou novas e insospeitadas perspectivas dos fenómenos de alta enerxía. (Supernovas e quasars).
- “Ondas gravitatorias procedentes dun púlsar orbital”. (063) A predicción, realizada por Einstein en 1915, de que unha masa acelerada debía radiar enerxía en forma de ondas gravitatorias acha a súa plena confirmación na contracción lenta da órbita dun púlsar en torno a estrela compañeira.
- “Así explota unha supernova”. (106) Cando unha estrela esgota o seu combustible nuclear, a parte central da mesma contráese en milisegundos e o seu “rebote” subsiguiente orixina unha onda que arrastra consigo a maior parte da materia estelar.
- “¿Que está ocorrendo no centro da nosa galaxia?”. (165) Esta misteriosa rexión contén antimateria, nubes radiactivas, fontes de radiación, gas e po en rotación turbulenta e un invisible obxecto cunha potente atracción gravitatoria: un buraco negro, quizáis. (Tería unha masa de tres millóns de masas solares e un tamaño similar ó do Sol, áchase na dirección da constelación de Sagitario).
- “A vida no universo”. (219) Coñecemos o universo. Coñecemos o posto que ocupa o home. Pero só ata certo punto. ¿Logrará a ciencia, nos seus traballos de fronteira, descubrir algún papel singular para a vida intelixente?”. (As constantes fundamentais terán outros valores noutras partes do universo, pero non pode existir vida neles).
- “Raios cósmicos nas fronteiras da enerxía”. (246) Estas partículas teñen máis enerxía que ningunha outra do universo. A súa orixe descoñecida podería, con todo, acharse bastante preto.

(Un protón ten a enerxía dunha pena botada con forza; ou seu orixe, descoñecido, é probablemente extragaláctico: buracos negros galácticos ou ráfagas de raios gamma produto do choque entre dous estrelas de neutrós ou defectos topolóxicos do universo. Os raios cósmicos normais quizáis se orixinen nas supernovas -tres cada século na galaxia-).

Física da materia condensada

- “Helio 3 superfluido”. (005) A unha temperatura dunhas poucas milésimas de grado sobre o cero absoluto, este isótopo do helio é capaz de fluír a través de poros diminutos sen rozamiento; presenta ademais efectos magnéticos curiosos. (Os efectos cuánticos maniféstanse preferentemente non mundo atómico, pero a baixas temperaturas tamén no comportamento macroscópico: o helio 3 presenta unhas características superfluidas distintas ás do helio 4 e ás dos superconductores).
- “O efecto Hall cuántico”. (116) A cuantización da resistencia de Hall que, a baixas temperaturas e en campos magnéticos intensos, ofrecen determinados compoñentes dos semiconductores garda relación con diversas constantes fundamentais da natureza.
- “Alons”. (178) En mecánica cuántica, as partículas indistinguibles están suxeitas a interaccións especiais. A investigación recente acaba de revelar a existencia dunha abundante clase de posibilidades: os alóns. (En dúas dimensións os fermións e bosóns serían casos especiais de alóns).
- “O condensado de Bose-Einstein”. (260) Nun laboratorio de Colorado fíxose real fai tres anos un vello soño. Grazas a iso, o mundo cuántico achegouse máis ao cotián. (Os átomos perden a súa identidade individual e compórtanse coma se foran un so superátomo).

Láseres e física instrumental

- “O espectro do hidroxeno atómico”. (032) Durante case un século, a luz emitida polos átomos máis sinxelos foi a principal base experimental das teorías sobre a estrutura da materia. Coa axuda dos láseres continúaase explorando o espectro do hidróxeno.
- “O microscopio de efecto túnel”. (109) Unha nova clase de microscopio revela as estruturas da superficie, átomo a átomo. A versatilidade do instrumento fai que o seu uso poida estenderse a investigacións en física, química e bioloxía. (A microscopía electrónica só serve para observar estruturas de volume).
- “Trampa de láser para partículas neutras”. (187) Os láseres poden utilizarse para atrapar e manipular partículas eléctricamente neutras, o que á súa vez permite arrefriar vapores ata preto do cero absoluto, desenvolver reloxos atómicos e estirar moléculas de ADN. (Lograr que os átomos, que teñen movemento browniano, quedáranse quedos resultou unha tarefa imposible ata que se logrou enfrialos con luz láser. Un átomo que se move, absorbe luz láser e despois a emite e frénase).

- “A medición exacta do tempo”. (204) Reloxos cada vez máis exactos -que non varían máis dun segundo en millóns de anos- permiten contrastacións moi refinadas da relatividade e mellores sistemas de navegación. (O tempo mídese a partir das frecuencias ás que un átomo absorbe ou emite radiación: no Everest o tempo transcorre trinta microsegundos máis rápido que non nivel do mar).

Física e Polemoxía

- “Defensa espacial e misiles balísticos”. (099) O programa de defensa coñecido polo público como “guerra das galaxias” non servirá para unha protección eficaz contra un ataque nuclear. Acelerará a carreira armamentística.
- “Defensa estratéxica e armas de enerxía dirixida”. (134) Os copresidentes do grupo de especialistas da sociedade Americana de Física resumo o seu informe técnico sobre a aplicación de novos armamentos na defensa estratéxica.
- “Guerra nuclear fortuita”. (173) A modificación dos arsenais das superpotencias e a dos procedementos de manexo poderían reducir o risco dun Apocalipsis atómico desencadeado por azar.
- “¿Revelou Bohr secretos nucleares?”. (226) Niels Bohr atopouse cun axente soviético a finais de 1945. Algúns lle acusan de divulgar segredos nucleares. (Non).

Física: miscelánea

- “Problemas físicos en moitas escalas de lonxitude”. (037) Sistemas físicos tan distintos como imanes e fluídos parécense en que teñen fluctuacións de estrutura ao longo dun amplo rango de tamaños. Inventouse un novo método para explicalos chamado grupo de renormalización.
- “Importancia da investigación básica”. (100) Se o apoio económico á investigación básica descende por baixo de certo límite, a ciencia fundamental caerá en picado. Moitas subdisciplinas desaparecerían por escaseza de participantes competentes e interesados.
- “¿Que debe ensinarse no bacharelato? O ensino da física”. (239) Desde o século pasado, non houbo apenas goberno na nosa nación que non reformara o plan de estudos do precedente. Investigación e Ciencia solicitou a recoñecidos representantes de distintas disciplinas de Francia e España que expoñan que lles gustou recibir a eles.

Química

- “Plásticos que conducen a electricidade”. (139) Os plásticos, baratos, duraderos, lixeiros e versátiles posúen moitas propiedades valiosas, pero a conductividade non é unha delas. A próxima xeración de plásticos acabará con esa tradición.
- “A formación das moléculas”. (173) En menos dunha billonésima de segundo, os átomos chocan, interaccionan e dan lugar a moléculas. Grazas ao láser e aos feixes moleculares, podemos observar os movementos durante o cambio dunha sustancia a outra.

- “Fullerenos”. (183) Estas moléculas constitúen a terceira forma de carbono puro (as outras dúas son o diamante e o grafito). O arquetipo dos fullerenos, coñecido como C60, é a molécula máis redonda que pode existir.
- “¿Como deberían pensar os químicos?”. (199) Os químicos poden crear moléculas naturais con medios que non o son. Ou poden crear magníficas estruturas nunca vistas anteriormente. ¿Cal debería ser o seu norte”.
- “Nanotécnica e química”. (302) ¿Cando veremos os robots de escala nanométrica” En química, nunca.
- “¿Que debe ensinarse no bacharelato” O ensino da química”. (239) Desde o século pasado, non houbo apenas goberno na nosa nación que non reformara o plan de estudos do precedente. Investigación e Ciencia solicitou a recoñecidos representantes de distintas disciplinas de Francia e España que expoñan que lles gustou recibir a eles.

Bioquímica

- “O ensamblaje dun virus” (028) O virus do mosaico do tabaco está constituído por unha cadea de ácido nucleico, contido nunha formación tubular proteica. Ambos compoñentes únense de forma espontánea, de acordo a un mecanismo complexo.
- “A estrutura da hemoglobina e o transporte respiratorio” (029) A hemoglobina transporta osíxeno desde os pulmóns aos tecidos e colabora no transporte do dióxido de carbono devolvéndoo cara aos pulmóns. Este dobre papel lévao a cabo transformándose en dúas estruturas alternativas.
- “Proteínas útiles obtidas a partir de bacterias recombinantes” (045) Bacterias nas que se introduciron xenos non bacterianos poden producir proteínas non bacterianas. Entre as proteínas sintetizadas por métodos de recombinación do ADN están a insulina e o interferón.
- “O nucleosoma” (055) A subunidade elemental da estrutura dos cromosomas é unha superhélice de ADN devanada sobre unha canilla constituída por proteínas histonas. ¿Como se chegou ao descubrimento do nucleosoma e á determinación da súa estrutura” (Os autores descríbena).
- “Orixe da información xenética”. (057) Deducíronse e comprobáronse as leis que gobernan a selección natural de moléculas prebióticas, o que permite descubrir a interacción dos primeiros xenos do ácido ribonucleico (ARN) con proteínas e a orixe da clave xenética.
- “Función enzimática do ARN”. (124) Durante moito tempo creuse que todas as reaccións celulares estaban catalizadas por unha proteína enzimática. O descubrimento que o ARN pode cortar e empalmar ARN debilita este principio.
- “Retrotranscripción”. (134) Fai anos descubriuse que un grupo de virus convertían o ARN en ADN, invertindo a secuencia normal dos procesos moleculares. Segundo parece agora, tamén poden facelo outros virus e moitos organismos superiores.

- “Reacción en cadea da polimerasa”. (165) Un método de sorprendente sinxeleza para fabricar copias de anacos de ADN sen límite, concibido en circunstancias inverosímiles, durante unha viaxe á luz da lúa a través das montañas septentrionais de California.
- “Dedos de cinc”. (199) Desempeñan un papel fundamental na regulación da actividade xénica de moitas especies, desde a levaduras ata o home. Non fai nin dez anos, aínda se descoñecía a súa existencia. (Son factores de transcripción, proteínas que levan ordes de posta en marcha de xenes).
- “Cuasiespecies víricas”. (204) A definición común de especie biolóxica non é aplicable aos virus. Unha visión máis ampla e dinámica das poboacións permite entendela e combatala mellor.
- “Prions e encefalopatía esponxiforme bovina”. (298) Os test actuais revelan se un animal sacrificado padecía a enfermidade das vacas tolas nun grado avanzado, pero distan moito de poder asegurar que unha peza de carne adquirida no comercio está exenta de perigo. Nos novos tests baseados nos mecanismos e na velocidade de reprodución dos axentes causais da encefalopatía esponxiforme bovina e doutros prions infecciosos podería acharse a solución.

Xeoquímica

- “Unha atmosfera cambiante”. (158) A actividade humana está alterando a complexa mestura de gases que forman a atmosfera. Algúns efectos, como a choiva aceda e a contaminación, alcanzaron xa niveis preocupantes; quizá non sexan esas as únicas sorpresas. (A atmosfera cambiou desde que se formou a Terra; pero o ritmo dos dous últimos séculos non o fixera en tódala historia humana).

Microbioloxía e parasitoloxía

- “Prions”. (099) Eses axentes de enfermidades infecciosas suscitan unha adiviña biolóxica. Os prions conteñen proteína e reproducense nas células, pero non se atopou neles ADN nin ARN. ¿De que natureza é o seu xenoma?
- “O Prión na patoloxía”. (222) Rexeitada outrora a posibilidade da súa existencia, os patólogos comezan a ver, nos prions, os responsables de diversas enfermidades xenéticas ou espontáneas de carácter infeccioso.
- “Vacinas contra o VIH: dificultades e perspectivas”. (264) O que adoitan facer as vacunas antivíricas é xerar anticorpos, pero poida que á do VIH esíxaselle máis. Organizar mecanismos que activen por completo o sistema inmune non é nada fácil.
- “Detección da enfermidade das vacas tolas”. (336) Novas probas permiten unha pronta identificación da presenza de prions patóxenos, os axentes responsables da enfermidade. Varios compostos ofrecen a esperanza dun tratamento.

Xenética

- “A orixe do millo”. (042) O proxenitor do millo moderno é a especie silvestre denominada teosinte. Esta hipótese, que foi moi controvertida, apóiase nas probas aportadas pola mellora vexetal, a arqueoloxía e o folklóre.
- “ADN superenrolado”. (048) En moitas formas do ADN, a dobre hélice xera á súa vez unha hélice. Un sinxelo modelo matemático describe e analiza este superenrolamento, de importantes consecuencias en bioloxía.
- “Oncoxenes”. (068) Son xenes que producen cancro. Identificados primeiro en virus, da súa historia evolutiva dedúcese que as células normais dos vertebrados posúen xenes nos que a expresión anormal ben puidese desencadear o crecemento tumoral.

Citoloxía e bioloxía molecular

- “Anticorpos monoclonais”. (051) As células secretoras de anticorpos poden facerse inmortalis fusionándoas con células tumorais e clonando os híbridos resultantes. Cada clon producirá, de forma persistente, grandes cantidades dun anticorpo, altamente específico.
- “Microcorpos celulares”. (082) Aínda que comparten unha estrutura superficial similar, trátase de tipos distintos de orgánulos subcelulares. Posúen, cada un, a súa propia dotación enzimática, con función metabólica específica.
- “Aterosclerosis, colesterol e receptores de LDL”. (100) Os receptores captan e eliminan da circulación as partículas que transportan colesterol. Moitas persoas son especialmente proclives á aterosclerosis e ao infarto de miocardio por posuír un escaso número de receptores de LDL.
- “Moléculas do sistema inmunitario”. (111) As proteínas que recoñecen invasores foráneos son os polipéptidos máis diversos de que se ten noticia. Codificadas por centenares de fragmentos de xenes, combínanse en miles de millóns de variedades distintas.
- “A técnica do pinzamento de membrana”. (188) Un procedemento sinxelo para illar canles iónicas das membranas celulares. Os seus autores, ganadores do premio Nobel por tal descubrimento, explican o que a técnica revelou sobre a sinalización celular.
- “Proteínas G”. (192) Son moléculas polifacéticas que aloxadas na cara interna da membrana da célula, coordinan as respostas celulares ante numerosos sinais procedentes do exterior.
- “A orixe das células eucariotas”. (237) Animais, plantas e fungos deben a súa existencia a unha transformación en virtude da cal bacterias diminutas e elementais convertéronse en células grandes e dotadas dunha organización complexa.

Embrioloxía

- “Base molecular da forma animal”. (093) Durante o desenvolvemento aparecen moléculas que median a adhesión intercelular. Quizáis regulen os movementos das células e a situación dos tecidos que determinan a morfoloxía do embrión e a formación dos órganos.

- “Topobioloxía”. (154) Estuda as interaccións “dependentes do lugar”, a súa manifestación máis rechamante dáse durante o desenvolvemento embrionario. Proporcionou, para sorpresa de todos, unha valiosa información sobre o sistema inmunitario.
- “Gradientes organizadores do desenvolvemento do embrión”. (241) Unhas cantas sinais moleculares cruciais orixinan gradientes químicos que organizan o desenvolvemento do embrión.

Neurobioloxía

- “Segundos mensaxeiros no cerebro”. (013) As células nerviosas comunícanse entre si por medio da secreción de neurotransmisores. Estas sustancias constitúen mensaxes químicas que, a través duns segundos mensaxeiros, tradúcense en varios efectos fisiolóxicos.
- “O factor de crecemento nervioso”. (035) Esta proteína desempeña un papel esencial na formación do sistema nervioso. E utilizouse como un “fío de Ariadna” para explorar os mecanismos de crecemento e diferenciación da propia neurona.
- “Microsistemas de neuronas”. (038) Constitúen as unidades elementais da función mental. Os estudos sobre especies animais da simplicidade do caracol *Aplysia* mostran que certos microsistemas de neuronas dan conta de formas de aprendizaxe e memoria.
- “Reflexións en torno ao cerebro”. (038) O cerebro humano, reflexionando sobre si, descubriu algunhas das súas marabillas. O que parece necesitarse para comprender como funciona son novas técnicas para examinalo e novos modos de pensar respecto del.
- “O cerebro”. (038) Introducción a un número extraordinario sobre a neurobioloxía e o seu problema central: ¿Como funciona o cerebro humano? Aínda que se fixeron progresos notables, esta pregunta segue sendo unha das máis profundas da ciencia.
- “Mecanismos cerebrais de visión”. (038) Os estudos sobre a actividade e a organización espacial das neuronas no córtex visual primario revelan unha arquitectura funcional que pode ser a base do procesamiento da información sensorial no córtex.
- “Psicoloxía das preferencias”. (066) Cando eliximos non sempre o facemos obxectivamente. Estudos experimentais demostran que tales faltas de obxectividade tenden a seguir patróns regulares que admiten unha descrición matemática.
- “Control xenético dun comportamento innato”. (092) Con técnicas de ADN recombinante definiuse unha familia de xenes que determinan un conxunto de neuropéptidos relacionados, a súa liberación rexe unha pauta de comportamento: a posta de ovos dun caracol mariño.
- “Bases biolóxicas da aprendizaxe e da individualidade”. (194) A aprendizaxe axústase a un simple conxunto de regras que modifican a intensidade das conexións entre as neuronas do cerebro. Estes cambios desempeñan un papel destacado na configuración da individualidade.

- “O problema da conciencia”. (194) Podemos xa abordala a través da investigación científica do sistema visual. Para acharse resposta terán que colaborar estrechamente psicólogos, neurólogos e epistemólogos. (¿Como relaciónase o cerebro coa mente?).
- “Biología molecular da olfacción”. (231) Os mamíferos recoñecen miles de cheiros, algúns dos cales espertan respostas enérxicas. ¿Cales son os procesos básicos en virtude dos que o cerebro e a nariz perciben os cheiros? (Existen mil xenes que codifican mil receptores olfatorios; como os cheiros interaccionan con varios receptores, as posibles combinacións son inmensas).

Conclusiones

1. Na física de partículas elaborouse e comprobouse o modelo estándar: a orixe do universo queda convertido nunha rama desta disciplina.
2. En astrofísica faise fincapé nos fenómenos das altas enerxías: raios cósmicos, supernovas e a medición das ondas gravitatorias.
3. A investigación a baixas temperaturas segue sendo fonte de inéditos fenómenos tales como o efecto Hall cuántico ou a superfluidez do helio-3.
4. A evolución da instrumentación física é imprescindible no desenvolvemento dunha ciencia: o desenvolvemento de técnicas baseadas no láser ou o invento do microscopio de efecto túnel foron sucesos destacables neste período.
5. Os artigos dedicados á arte da guerra reflicten a preocupación pola situación política da segunda metade do século XX marcada pola guerra fría entre as dúas superpotencias.
6. Once dos dezasete artigos escritos por premios Nobel en química refírense a temas biolóxicos o que reflicte a importancia que adquiriu a investigación bioquímica no último medio século, unha das súas aplicacións, a técnica da RCP, transformou a práctica da medicina forense.
7. A síntese de novos materiais, como os fullerenos e os plásticos condutores, as implicacións da nanotécnica ou as técnicas para seguir os movementos atómicos durante as reaccións supuxeron un progreso para a química.
8. Resalto a ausencia de premios Nobel aos xeofísicos que co seu esforzo fixeron unha revolución nas ciencias da Terra; talvez, por estar vivindo un cambio tan intenso, non se aprecie coa debida perspectiva. En Xeoquímica hai un artigo dedicado os cambios que está experimentando a atmosfera.
9. Ademais da aparición da pandemia da SIDA, descubriuse unha nova categoría de axentes infecciosos: os priones, causantes das encefalopatías esponxiformes.

10. O desenvolvemento de técnicas de secuenciación automática permitiu recoñecer ós oncoxenes.
11. Recoñecéronse biomoléculas esenciais para o funcionamento celular: anticorpos, canles, receptores ou mensaxeiros intracelulares.
12. A embrioloxía transformouse durante este tempo debido á análise dos xenes do desenvolvemento que se activan en sucesión temporal.
13. Despois do universo e da vida, o cerebro humano marca a terceira fronteira da ciencia. O desenvolvemento de novas técnicas de formación de imaxes permite observar en vivo o procesamiento sensorial, a percepción ou a memoria.

Bibliografía

1. AXEL, RICHARD: “Biología molecular de la olfacción”. *Investigación y Ciencia*, diciembre 1995, 231: 50-55.
2. BALTIMORE, DAVID Y HEILMAN, CAROLE: “Vacunas contra el VIH: dificultades y perspectivas”. *Investigación y Ciencia*, septiembre 1998, 264: 72-78.
3. BAUER, WILLIAM R.; CRICK, FRANCIS H. C. Y WHITE, JAMES H.: “ADN superenrollado”. *Investigación y Ciencia*, septiembre 1980, 48: 78-89.
4. BEADLE, GEORGE: “El origen del maíz”. *Investigación y Ciencia*, marzo 1980, 42: 84-92.
5. BETHE, HANS A. Y BROWN, GERALD: “Así explota una supernova”. *Investigación y Ciencia*, julio 1985, 106: 24-33.
6. BETHE, HANS A.; GARWIN, R.L.; GOTTFRIED K. Y KENDALL, HENRY W.: “Defensa espacial y misiles balísticos”. *Investigación y Ciencia*, diciembre 1984, 99: 10-21.
7. BETHE, HANS A.; GOTTFRIED, KURT Y SAGDEEV, ROALD Z.: “¿Reveló Bohr secretos nucleares”. *Investigación y Ciencia*, julio 1995, 226: 7-15.
8. BINNIG, GERD Y ROHRER, HEINRICH: “El microscopio de efecto túnel”. *Investigación y Ciencia*, octubre 1985, 109: 30-37.
9. BISHOP, J. MICHAEL: “Oncogenes”. *Investigación y Ciencia*, mayo 1982, 68: 52-64.
10. BLAIR, BRUCE G. Y KENDALL, HENRY W.: “Guerra nuclear fortuita”. *Investigación y Ciencia*, febrero 1991, 173: 5-11.
11. BROWN, MICHAEL S. Y GOLDSTEIN, JOSEPH L.: “Aterosclerosis, colesterol y receptores de LDL”. *Investigación y Ciencia*, enero 1985, 100: 30-39.

12. BUTLER, P. JONATHAN G. Y KLUG, AARON: “El ensamblaje de un virus”. *Investigación y Ciencia*, enero 1979, 28: 22-31.
13. CECH, THOMAS R.: “Función enzimática del ARN”. *Investigación y Ciencia*, enero 1987, 124: 42-51.
14. CHU, STEVEN: “Trampa de láser para partículas neutras”. *Investigación y Ciencia*, abril 1992, 187: 54-61.
15. CLINE, DAVID B.; MANN ALFRED K. Y RUBBIA, CARLO: “La búsqueda de nuevas familias de partículas elementales”. *Investigación y Ciencia*, octubre 1976, 1: 20-31.
16. CLINE, DAVID B.; RUBBIA, CARLO Y VAN DER MEER, SIMON: “Búsqueda de bosones vectoriales intermedios”. *Investigación y Ciencia*, mayo 1982, 68: 16-28.
17. CORNELL, ERIC A. Y WIEMAN, CARL E.: “El condensado de Bose-Einstein”. *Investigación y Ciencia*, mayo 1998, 260: 6-12.
18. CRICK, FRANCIS H. C.: “Reflexiones en torno al cerebro”. *Investigación y Ciencia*, noviembre 1979, 38: 164-176.
19. CRICK, FRANCIS Y KOCH, CHRISTOF: “El problema de la conciencia”. *Investigación y Ciencia*, noviembre 1992: 114-122.
20. CRONIN, JAMES W., GAISSER, THOMAS K. Y SWORDY, SIMON P.: “Rayos cósmicos en las fronteras de la energía”. *Investigación y Ciencia*, marzo 1997, 246: 6-12.
21. CURL, ROBERT F. Y SMALLEY, RICHARD: “Fullerenos”. *Investigación y Ciencia*, diciembre 1991, 183: 14-24.
22. DE DUVE, CHRISTIAN: “El origen de las células eucariotas”. *Investigación y Ciencia*, junio 1996, 237: 18-26.
23. DE DUVE, CHRISTIAN: “Microcuerpos celulares”. *Investigación y Ciencia*, julio 1983, 82: 34-45.
24. DE GENNES, PIERRE-G.: “¿Qué debe enseñarse en el bachillerato? La enseñanza de la física”. *Investigación y Ciencia*, agosto 1996, 239: 20-21.
25. EDELMAN, GERALD, M.: “Base molecular de la forma animal”. *Investigación y Ciencia*, junio 1984: 93: 74-86.
26. EDELMAN, GERALD, M.: “Topobiología”. *Investigación y Ciencia*, julio 1989, 154: 24-33.

27. EIGEN, M.; GARDINER, W.; SCHUSTER, P. Y WINKLER-OSWATITSCH, R.: “Origen de la información genética”. *Investigación y Ciencia*, junio 1981, 57: 62-81.
28. EIGEN, MANFRED: “Cuasiespecies víricas”. *Investigación y Ciencia*, septiembre 1993, 204: 14-22.
29. EIGEN, MANFRED: “Priones y encefalopatía espongiforme bovina”. *Investigación y Ciencia*, julio 2001, 298: 74-83.
30. FELDMAN, GARY Y STEINBERGER, JACK: “El número de familias de la materia”. *Investigación y Ciencia*, abril 1991, 175: 20-28.
31. GIACCONI, RICCARDO: “Observatorio Einstein de rayos X”. *Investigación y Ciencia*, abril 1980, 43: 52-66.
32. GILBERT, WALTER Y VILLA-KOMAROFF, LYDIA: “Proteínas útiles obtenidas a partir de bacterias recombinantes”. *Investigación y Ciencia*, junio 1980, 45: 46-56.
33. GRAEDEL, THOMAS E. Y CRUTZEN, PAUL J.: “Una atmósfera cambiante”. *Investigación y Ciencia*, noviembre 1989, 158: 22-31.
34. HÄNSCH, THEODOR W.; SCHAWLOW, ARTHUR L. Y SERIES, GEORGE W.: “El espectro del hidrogeno atómico”. *Investigación y Ciencia*, mayo 1979, 32: 34-50.
35. HOFFMANN, ROALD: ¿Cómo deberían pensar los químicos? *Investigación y Ciencia*, abril 1993, 199: 46-53.
36. HOOFT, GERARD T: “Teorías gauge de las fuerzas entre partículas elementales”. *Investigación y Ciencia*, agosto 1980, 47: 58-77.
37. HUBEL, DAVID H. Y TORSTEN, N. WIESEL: “Mecanismos cerebrales de visión”. *Investigación y Ciencia*, noviembre 1979, 38: 100-114.
38. HUBEL, DAVID H.: “El cerebro”. *Investigación y Ciencia*, noviembre 1979, 38: 8-19.
39. ITANO, W.M. Y RAMSEY, NORMAN F.: “La medición exacta del tiempo”. *Investigación y Ciencia*, septiembre 1993, 204: 44-51.
40. KAHNEMAN, DANIEL Y TVERSKY, AMOS: “Psicología de las preferencias”. *Investigación y Ciencia*, marzo 1982, 66: 100-106.
41. KANDEL, ERIC R. Y HAWKINS, ROBERT D.: “Bases biológicas del aprendizaje y de la individualidad”. *Investigación y Ciencia*, noviembre 1992, 194: 48-57.

42. KANDEL, ERIC R.: "Microsistemas de neuronas". *Investigación y Ciencia*, noviembre 1979, 38: 36-48.
43. KANER, RICHARD B. Y MACDIARMID, ALAN G.: "Plásticos que conducen la electricidad". *Investigación y Ciencia*, abril 1988, 139: 64-70.
44. KORNBERG, ROGER D. Y KLUG, AARON: "El nucleosoma". *Investigación y Ciencia*, abril 1981, 55: 28-44.
45. LEDERMAN, LEON M.: "El tevatrón". *Investigación y Ciencia*, mayo 1991, 176: 16-24.
46. LEDERMAN, LEON M.: "Importancia de la investigación básica". *Investigación y Ciencia*, enero 1985, 100: 6-14.
47. LEDERMAN, LEON M.: "La partícula hyspilón". *Investigación y Ciencia*, diciembre 1978, 27: 30-39.
48. LEHN, JEAN-M.: "¿Qué debe enseñarse en el bachillerato? La enseñanza de la química": *Investigación y Ciencia*, agosto 1996, 239: 21-22.
49. LEONTIEF, WASSILY W.: "Distribución de trabajo y renta". *Investigación y Ciencia*, noviembre 1982, 74: 132-142.
50. LEONTIEF, WASSILY W.: "La economía mundial en el año 2000". *Investigación y Ciencia*, noviembre 1980, 50: 140-154.
51. LEONTIEF, WASSILY W.: "La elección de tecnología". *Investigación y Ciencia*, agosto 1985, 107: 8-17.
52. LEVI-MONTALCINI, RITA Y CALISSANO, PIETRO: "El factor de crecimiento nervioso". *Investigación y Ciencia*, agosto 1979, 35: 18-28.
53. LINDER, MAURINE E. Y GILMAN, ALFRED G.: "Proteínas G". *Investigación y Ciencia*, septiembre 1992, 192: 20-28.
54. MERMIN, N. DAVID Y LEE, DAVID M.: "Helio 3 superfluido". *Investigación y Ciencia*, febrero 1977, 5: 26-37.
55. MILSTEIN, CÉSAR: "Anticuerpos monoclonales". *Investigación y Ciencia*, diciembre 1980, 51: 38-48.
56. MULLIS, KARY B.: "Reacción en cadena de la polimerasa". *Investigación y Ciencia*, junio 1990, 165: 30-37.

57. NATHANSON, JAMES A. Y GREENGARD, PAUL: “Segundos mensajeros en el cerebro”. *Investigación y Ciencia*, octubre 1977, 13: 82-95.
58. NEHER, ERWIN Y SAKMANN, BERT: “La técnica del pinzamiento de membrana”. *Investigación y Ciencia*, mayo 1992, 188: 14-22.
59. NÜSSLEIN-VOLHARD, CHRISTIANE: “Gradientes organizadores del desarrollo del embrión”. *Investigación y Ciencia*, octubre 1996, 241: 20-27.
60. PATEL, C. KUMAR N. Y BLOEMBERGEN, NICOLAAS: “Defensa estratégica y armas de energía dirigida”. *Investigación y Ciencia*, noviembre 1987, 134: 14-20.
61. PERL, MARTIN L. Y KIRK, WILLIAM T.: “Leptones pesados”. *Investigación y Ciencia*, mayo 1978, 20: 16-24.
62. PERUTZ, M.F.: “La estructura de la hemoglobina y el transporte respiratorio”. *Investigación y Ciencia*, febrero 1979, 29: 40-55.
63. PRUSINER, STANLEY B.: “El Prión en la patología”. *Investigación y Ciencia*, marzo 1995, 222: 14-21.
64. PRUSINER, STANLEY B.: “Priones”. *Investigación y Ciencia*, diciembre 1984, 99: 22-32.
65. PRUSINER, STANLEY: “Detección de la enfermedad de las vacas locas”. *Investigación y Ciencia*, septiembre 2004, 336: 66-73.
66. RHODES, DANIELA Y KLUG, AARON: “Dedos de cinc”. *Investigación y Ciencia*, abril 1993, 199: 26-33.
67. SCHELLER, RICHARD Y AXEL, RICHARD: “Control genético de un comportamiento innato”. *Investigación y Ciencia*, mayo 1984, 92: 34-43.
68. SEN, AMARTYA: “La vida y la muerte como indicadores económicos”. *Investigación y Ciencia*, julio 1993, 202: 6-13.
69. SMALLEY, RICHARD: “Nanotécnica y química”. *Investigación y Ciencia*, noviembre 2001, 302: 72-73.
70. TONEGAWA, SUSUMU: “Moléculas del sistema inmunitario”. *Investigación y Ciencia*, diciembre 1985, 111: 90-99.
71. TOWNES, CHARLES H. Y GENZEL, REINHARD: “¿Qué está ocurriendo en el centro de nuestra galaxia?”. *Investigación y Ciencia*, junio 1990, 165: 18-28.

72. VARMUS, HAROLD: "Retrotranscripción". *Investigación y Ciencia*, noviembre 1987, 134: 32-38.
73. VELTMAN, M.J.G.: "El bosón de Higgs". *Investigación y Ciencia*, enero 1987, 124: 52-59.
74. VON KLITZING, KLAUS: "El efecto Hall cuántico". *Investigación y Ciencia*, mayo 1986, 116: 82-93.
75. WEINBERG, STEVEN: "La desintegración del protón". *Investigación y Ciencia*, agosto 1981, 59: 16-28.
76. WEINBERG, STEVEN: "La unificación de la física". *Investigación y Ciencia*, enero 2000, 280: 14-21.
77. WEINBERG, STEVEN: "La vida en el universo". *Investigación y Ciencia*, diciembre 1994, 219: 6-11.
78. WEISBERG, JOEL M.; TAYLOR, JOSEPH H. Y FOWLER, LEE A.: "Ondas gravitatorias procedentes de un púlsar orbital". *Investigación y Ciencia*, diciembre 1981, 63: 18-27.
79. WILCZEK, FRANK: "Alones". *Investigación y Ciencia*, julio 1991, 178: 14-22.
80. WILCZEK, FRANK: "Asimetría cósmica entre materia y antimateria". *Investigación y Ciencia*, febrero 1981, 53: 32-41.
81. WILSON, KENNETH G.: "Problemas físicos en muchas escalas de longitud". *Investigación y Ciencia*, octubre 1979, 37: 72-93.
82. ZEWAIL, AHMED H.: "La formación de las moléculas". *Investigación y Ciencia*, febrero 1991, 173: 42-49.