

INSTITUT D'ASTROFÍSICA MOTOR DE L'ASTRO

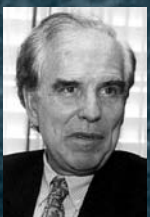


EN LA DÈCADA DELS SEIXANTA, AMB LA PRIMERA PROSPECCIÓ ASTRONÒMICA DEL CEL DE CANÀRIES, S'OBRE EL CAMÍ PER UTILITZAR AQUEST "RECURS NATURAL" PER INICIAR I DESENVOLUPAR L'ASTROFÍSICA A ESPANYA. LA COMUNITAT INTERNACIONAL RECONEGUÉ DE SEGUIDA L'EXCEPCIONAL QUALITAT DEL CEL DE TENERIFE I LA PALMA I, AL TEMPS QUE ES VA CONSOLIDAR L'INSTITUT D'ASTROFÍSICA DE CANÀRIES (IAC), COMENÇAREN A SIGNAR-SE ACORDS DE COOPERACIÓ GRÀCIES ALS QUALS MOLTS PAÏSOS EUROPEUS VAN SITUAR ALS OBSERVATORIS DE L'IAC ELS SEUS TELESCOPIS MÉS AVANÇATS. EN ELS DARRERS 20 ANYS, EL REQUISIT "CEL A CANVI DE TELESCOPI" HA OFERIT ALS ASTRÒNOMS ESPANYOLS UNS MITJANS OBSERVACIONALS MOLT PER DAMUNT DE LES INVERSIONS QUE L'ESTAT HA POGUT O HA VOLGUT DESTINAR-HI. EN L'ÚLTIMA DÈCADA EL PRESTIGI CIÈNTIFIC DE L'IAC S'HA CONSOLIDAT A NIVELL INTERNACIONAL COM A CONSEQÜÈNCIA DELS IMPORTANTS DESCOBRIMENTS DELS SEUS ASTROFÍSICS. PARAL·LAMENT, S'HA DISSENYAT I CONSTRUÏT INSTRUMENTACIÓ ASTRONÒMICA, I S'HA ESTIMULAT EL DESENVOLUPAMENT TECNOLÒGIC. EN AQUEST SENTIT, LA CONSTRUCCIÓ DEL GRAN TELESCOPI DE CANÀRIES TÉ, A MÉS DEL CLAR OBJECTIU CIÈNTIFIC, UNA INTENCIONALITAT TECNOLÒGICA I ECONÒMICA. PER CONÈIXER MÉS DE PROP AQUEST CENTRE, MOTOR DE L'ASTROFÍSICA ESPANYOLA, MÈTODE HA PARLAT AMB EL SEU DIRECTOR, EL PROFESSOR FRANCISCO SÁNCHEZ, I AMB EL COORDINADOR D'INVESTIGACIÓ, EL PROFESSOR RAFAEL REBOLO.

ÍSICA DE CANÀRIES FÍSICA ESPANYOLA



FRANCISCO SÁNCHEZ VA PRESENTAR L'ANY 1969 A LA COMPLUTENSE DE MADRID LA PRIMERA TESI DOCTORAL D'ASTROFÍSICA REALITZADA A ESPANYA, I EL 1972 VA OBTENIR LA PRIMERA CÀTEDRA D'ASTROFÍSICA DE LA UNIVERSITAT ESPANYOLA. DES D'AQUEST MOMENT HA DEDICAT PLENAMENT LA SEUA VIDA A LA PROMOCIÓ DE L'ASTROFÍSICA. VA CREAR UN GRUP D'INVESTIGACIÓ ON ES FORMAREN ELS PRIMERS ASTROFÍSICS ESPANYOLS. VA FUNDAR I HA DIRIGIT L'IAC FINS A CONVERTIR-LO EN REFERÈNCIA DE L'ASTROFÍSICA MUNDIAL. DES DEL SEU LLOC DE DIRECCIÓ HA POTENCIAT QUE L'IAC TINGA COM OBJECTIU PRIORITARI LA PROMOCIÓ DEL DESENVOLUPAMENT TECNOLÒGIC MIJANÇANT LA CONSTRUCCIÓ D'INSTRUMENTACIÓ ASTRONÒMICA. PREOCUPAT PER AMPLIAR LA VESSANT CIENTÍFICA DE LA CULTURA, ÉS TAMBÉ UN IMPULSOR DE LA DIVULGACIÓ DE L'ASTRONOMIA I L'ASTROFÍSICA.



RAFAEL REBOLO, ALS SEUS 38 ANYS DISPOSA D'UN AMPLI CURRÍCULUM CIENTÍFIC DE MÉS DE 90 ARTICLES EN PRESTIGIOSES REVISTES INTERNACIONALS. ÉS EN L'ACTUALITAT PROFESSOR D'INVESTIGACIÓ DEL CSIC DEL QUAL FORMA PART DES DE 1988. COORDINA L'ÀREA D'INVESTIGACIÓ DE L'IAC DES DE L'ANY 1997 I ÉS INVESTIGADOR PRINCIPAL DE DIVERSOS PROJECTES D'INVESTIGACIÓ QUE ABASTEN BÀSICAMENT TRES CAMPS, L'ANISOTROPIA DE LA RADIACIÓ CÒSMICA DE MICROONES, L'ORIGEN I EVOLUCIÓ D'ELEMENTS LLEUGERS I LA RECERCA I CARACTERITZACIÓ DE NANS MARRONS I ESTELS FREDS.



FRANCISCO SÁNCHEZ

«ESTEM ENTRANT EN LA HISTÒRIA DE LA INSTRUMENTALITZACIÓ CIENTÍFICA»

Les torres dels telescopis solars decoren el paratge d'Izaña, però és el Teide, encara nevat aquesta primavera, qui des de lluny determina el magnífic paisatge de l'observatori. Un breu examen ha estat suficient per constatar que, des de la nostra darrera visita al setembre del 1987, les instal·lacions s'han triplicat, com ha passat també a l'altre observatori del IAC, el del Roque de los Muchachos a l'illa de la Palma. Unes hores després, Francisco Sánchez ens rep al seu despatx de l'Institut d'Astrofísica, a La Laguna, i comencem parlant d'aquest fort creixement del IAC en mitjans materials i humans. "Ja que la meua dedicació a l'administració no em permet fer molta ciència, almenys tinc la satisfacció de contribuir a fer que altres tinguen més mitjans per fer-ne", comenta. El seu discurs entusiasta, i en alguns moments apassionat, disposa també de les paraules precises per comunicar una evident claredat d'idees...

L'Institut d'Astrofísica de Canàries (IAC) s'ha convertit en una referència de l'Astronomia mundial. Quins factors han fet això possible?

És molt difícil per a una persona que està en la batalla poder fer-ne un judici ponderat. Amb el temps es podrà saber. Des del meu punt de vista, hi ha hagut una sèrie de factors favorables que han coincidit. D'una banda, el cel de Canàries, que és extraordinari. També hem pogut reunir ací un grup de gent eficaç, perquè amb bona gent es fan bones coses i sense bona gent no es fa res. També cal tenir en compte que a Espanya hi ha hagut un augment d'inversions en R+D, a pesar d'estar encara lluny d'acostar-se al que és un país modern. Tot açò ha ajudat a tenir unes circumstàncies especials que ens posen en una situació competitiva.

El consorci públic Instituto de Astrofísica de Canarias, que agrupa l'administració de l'Estat, la Comunitat Autònoma de Canàries, la Universitat de La Laguna i el CSIC, pot ser un bon exemple de com sumar esforços i recursos per potenciar el desenvolupament de l'activitat científica?

Fonamentalment són les persones, però també està demostrat que si l'estructura que t'ha de donar suport és una estructura arcaica o frustrant, malament. Nosal-

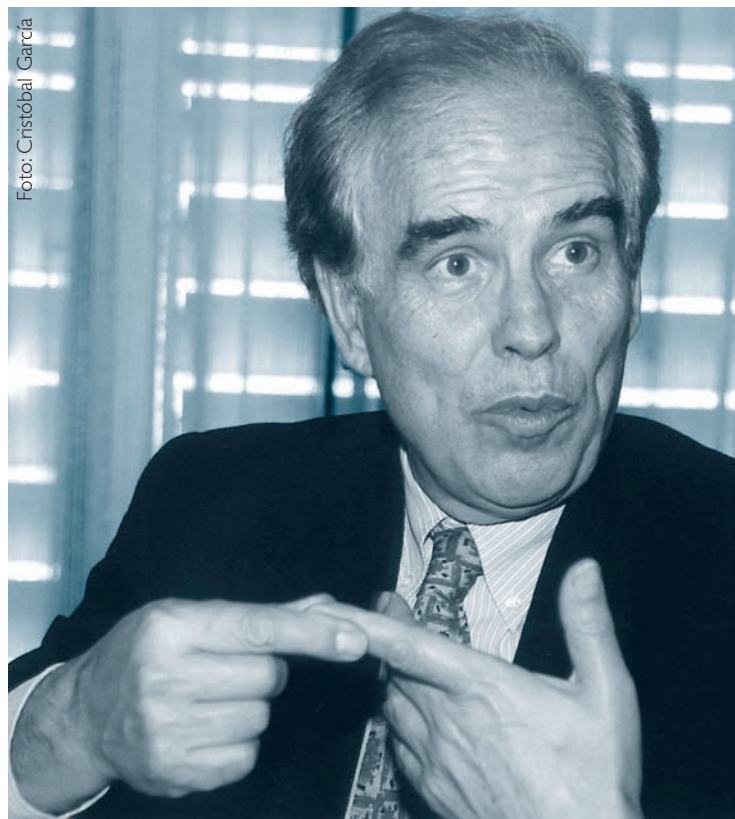


Foto: Cristóbal García

tres hem estat capaços d'impulsar una estructura que és innovadora i que té enormes avantatges en aquest estat de les autonomies, perquè el consorci és una bona fórmula d'harmonitzar les competències de l'estat i de la comunitat autònoma. Almenys, en el nostre cas ha funcionat molt bé.

Què aporta cadascuna d'aquestes entitats?

L'Estat aporta el que li és més a prop, la formalització de les relacions internacionals i també la política nacional. La comunitat autònoma aporta el cel de Canàries, que és fonamental. Tenim la sort de disposar d'uns cels que són únics. Hem aconseguit una llei, que va nàixer del Parlament de Canàries i que ha esdevingut una llei de l'Estat, per protegir la qualitat astronòmica del nostre cel, i que converteix els observatoris del IAC en una reserva mundial de l'astronomia. Des-

prés, la Universitat de La Laguna aporta els joves estudiants i tots els pros i contres de l'estructura universitària.

l'aportació econòmica del ministeri ha estat important?

Fins ara, a Espanya en general i a Canàries en particular, la inversió de l'Estat ha estat ridícula. El que hem aconseguit és capitalitzar el cel de Canàries, però la inversió de l'Estat no arriba ni al 10 per cent. Espanya no havia gastat res en astronomia, i ara comença a invertir en projectes espacials i en el Gran Telescopi de Canàries (GTC). És per això que ara, per primera vegada, l'astrofísica serà prioritària en la política nacional. Per què fins ara no ho era? Perquè la prioritat està lligada a la inversió.

Al maig del 1995 es va presentar a València el projecte del Gran Telescopi i, posteriorment vostè va escriure un article per a MÈTODE en què parlava de l'interès científic del projecte. En quin punt es troba el projecte, una vegada aprovat?

Ha estat un procés complex, com era previsible. És la primera vegada, i cal dir-ho, que Espanya lidera un projecte de gran ciència. Això significa inversions importants que requereixen un procés. Per nosaltres el procés va començar fa deu anys, i l'abril de l'any passat és quan finalment la política nacional el va aprovar. Amb la creació de l'Oficina de Ciència y Tecnología, aquest projecte va tenir totes les benediccions. Des d'aquell moment s'ha obert la porta de la col·laboració internacional. És difícil que un país com el nostre, que no té tradició en gran ciència, sobretot en el que és tecnologia, algú s'ho crega si no ens ho creiem nosaltres mateixos. Ha estat suficient que Espanya haja demostrat que aposta pel projecte perquè ara per ara tinguem demandes per participar fins al 75 per cent. Tanmateix, i està molt bé, la decisió de l'Oficina de Ciència y Tecnología és que no passe del 30 per cent la participació internacional.

l com es concretarà aquest 30 per cent?

En aquest moment negociem amb Finlàndia, el Regne Unit, Holanda, la Xina, l'Índia, amb la Universitat de Massachussets als Estats Units, Mèxic, entre d'altres. La negociació està més avançada amb els britànics i els holandesos. No podem donar participació a tots, però tenim l'avantatge de poder negociar buscant els millors socis per enriquir i donar consistència al projecte.

El telescopi serà operatiu el 2003 com estava previst?

Per descomptat, hi treballem per fer-ho possible. El pro-

jecte funciona perfectament. Els objectius i els terminis es van acomplint i enguany es contractarà el 90 i tant per cent del telescopi, el poliment dels espills, tota la part mecànica, la cúpula, etc.

Es parla d'un telescopi de 10 metres, però realment l'espill primari és format per un sistema de 36 lents, ¿quin avantatge té aquesta tecnologia?

Sobretot que és modular. Fabricar un espill monolític té milers de problemes tècnics. De fet, no hi ha ningú que s'atrevesca a passar de 8 metres. En l'espill segmentat està el futur. Nosaltres vam posar-nos en marxa amb un telescopi monolític i després vam canviar. Sempre hem estat molt cauts i constantment fem revisions amb els millors grups internacionals per a estar segurs que no fallem en res. Als americans els va eixir malament el telescopi Hubble, però nosaltres no podem fallar. Per això anem pas a pas. A més, l'espill segmentat dona avantatges a la indústria espanyola perquè tant en terra com en l'espai, els telescopis gegants que es faran d'ara en endavant seran així, segmentats.

A Hawaii o a Xile ja ho són?

A Xile no, són monolítics de 8 metres. El nostre tindrà l'estructura segmentada dels de Hawaii però amb una tecnologia superior. Quan aquest telescopi veja la llum serà el millor del món.

A principis del mes de març es van prendre decisions sobre la primera generació d'instruments per al GTC...

Efectivament. Per a un telescopi com aquest és clau una instrumentació postfocus avançada. S'ha obert un procés en el qual s'ha donat molta entrada als grups nacionals, s'ha fomentat la creació de consorcis, s'han subvencionat els estudis preliminars, i finalment hi havia una dotzena de projectes, dels quals se n'han seleccionat tres. Durant un any, els tres projectes competiran entre ells i desenvoluparan el disseny complet dels instruments. Després se n'elegiran només dos.

l de quin tipus d'instruments es tracta?

Són de primera llum. En principi són instruments polivalents perquè la comunitat astronòmica espanyola és polivalent i més que un instrument específic per a un sol objecte de l'astrofísica, cal donar l'oportunitat perquè tots els grups espanyols puguin participar-hi.

Hi ha projectes concrets esperant que el telescopi siga operatiu?

És clar que sí. El William Herschel, que és el telescopi

més gran que tenim a Espanya, de 4,2 metres i que està al Roque de los Muchachos, té en aquest moment una pressió tan gran dels grups espanyols que només poden ser acceptades un 20 per cent de les propostes.

Com es pot utilitzar l'impuls generat pel GTC per potenciar l'astronomia espanyola?

Sobretot gràcies al Pla Nacional, que per primera vegada dóna un tractament especial a l'astrofísica. No serviria de res tenir el millor instrument del moment si no hi ha grups darrere capaços. Està demostrat que els grans salts en ciència bàsica van molt lligats a les fites tecnològiques, i en astrofísica més encara. Galileu, quan va aconseguir mirar per fi al cel, va obrir un món nou, els telescopis grans americans de principis de segle canviaren de paradigma. I els telescopis gegants que vivim tindran també molt a veure amb els nous coneixements de l'univers i de la física. És un moment excitant i espere que els grups espanyols, no sols els d'observació sinó també els teòrics, siguin capaços de traure'n fruit.

«ELS ESTELS SÓN

LA PEDRA FILOSOFAL DE QUÈ PARLAVEN ELS ALQUIMISTES MEDIEVALS»

El IAC té alguna estratègia en aquest sentit?

Una de molt clara: estimular. No es tracta de cantar i ballar sols, sinó que la música siga per tots. Des del principi és un telescopi mobilitzador, que no sols està obert a la comunitat internacional, sinó que ha de ser un estímul. Tinc constància que en totes les universitats del país hi ha gent preparant-se per traure'n rendibilitat. Així que el telescopi siga operatiu, ja hi haurà grups traient-ne profit.

Els grans telescopis, els sistemes de radioantenes, els telescopis espacials..., els mitjans observacionals de l'astronomia actual permeten obtenir del cel cada vegada més dades. Els grups d'astrofísics teòrics poden donar compte de tanta informació?

Tots sabem que en astronomia el millor model s'ensorra amb una observació adequada. En l'observació està la clau. La resta són especulacions fins que es van ajustant amb l'observació. Per fi Espanya va entrant en la història de la instrumentalització científica, que era una de

les assignatures pendents. En astronomia som capdavaners en instrumentació terrestre i espacial, i València n'és un exemple amb el LEGRI i l'Integral. És una situació ben favorable perquè els nostres grups teòrics aprofiten la circumstància. I no sols amb llapis i paper, sinó amb tests observacionals. És un repte i al mateix temps una ocasió d'or perquè mostren les seues capacitats reals. En aquest moment és difícil treballar professionalment en l'astrofísica perquè hi ha molts joves que volen treballar-hi i pocs llocs. Però, els que siguin bons i vulguen entrar en aquest camí, tindran unes oportunitats que mai no hauríem somiat. Els mitjans que avui pot tenir un jove espanyol són els mateixos que els d'un jove americà, un anglès o un alemany. Es tracta de tenir ganes de treballar i un bon cap.

El veig molt optimista de cara al futur desenvolupament de l'astrofísica a Espanya.

L'astronomia espanyola és capdavantera a nivell mundial. Hi ha gent molt bona, tant teòrics com observacionals i instrumentalistes. I a més, en molts llocs. La ciència no s'ha de fer des d'un o dos grans instituts, sinó en grups menuts i àgils, encara que els grans mitjans estiguin concentrats. Cal continuar fomentant els grups universitaris si volem tenir un paper important en la moderna astronomia. Un exemple és València, que va començar amb un grup teòric d'astrofísica relativista, i ara s'ha format el grup d'astronomia i ciències de l'espai dins de l'Institut de Materials de la Universitat de València, que està fent un esforç instrumental difícilíssim. L'astronomia espacial creix a Espanya, n'hi ha grups a Granada, a València i a Cantàbria. I ara el Gran Telescopi. No puc evitar ser optimista, encara que també veig les dificultats. Tenim una sobreabundància de doctors, gent molt bona que no aconsegueix situar-se i que es busca la vida en qualsevol part del món.

Vostè creu que creixeran les places per a investigadors?

Gràcies que l'astronomia és una àrea prioritària creixeran, encara que no tant com ens agradaria. També poden créixer els grups universitaris, perquè un astrofísic és una persona molt capacitada per donar física a molts nivells. Sóc optimista i d'ací a deu anys podrem comprovar que no sóc massa triomfalista. Vivim un moment excitant i vull agrair que una revista com la vostra, que sempre fullegeja encara que tinc el problema de l'idioma, dedique un número al tema de l'astronomia i l'astrofísica.

L'explosió d'una supernova o que l'univers s'expandisca més o menys ràpidament no sembla que pugui influir

massa en la nostra vida quotidiana. Per què el ciutadà s'interessa tant per l'astronomia?

M'atreviria a dir-li la contrària. L'astronomia influeix en la vida des que l'home és home. Des que l'espècie humana es posa dempeus i comença a tenir consciència de l'univers que l'envolta i de si mateix, mira al cel i li demana coses. A l'ésser humà l'importa molt saber on està i saber qui és. En aquest moment, l'astronomia és una forma racional d'acostar-se a les grans preguntes. La forma d'entendre l'univers resulta important per a la societat humana. Gràcies a l'astronomia som capaços de veure la terra, el nostre planeta, des de fora. És com mirar-nos a un espill. Comencem a tenir consciència planetària en el sentit que si ho veiem des d'una perspectiva astronòmica no deixem de ser un planeta menut que orbita entorn d'una estrella vulgar, que ni tan sols es troba al centre de res, sinó en un raval de la nostra galàxia. Com una nau espacial amb una cuirassa protectora molt dèbil que es va deteriorant i amb recursos limitats. El que passe en aquesta nau, en què viatgem tots, ens afectarà a tots. Els homes som uns novinguts a aquesta peculiar nau espacial, però som tan atrevits que furguem en els sistemes de control i comandament de la nau sense saber com funciona, amb tot el risc que això representa. Doncs bé, crec que ara les noves generacions comencen a tenir aquesta consciència planetària i entenc que és l'única manera que algú siga capaç de privar-se d'explotar una mina de diamants pensant en els seus besnéts. Vull creure que és degut en part a l'astronomia.

Quines són per vostè les principals fites de l'astronomia moderna?

Més del 90 per cent dels coneixements astronòmics són d'aquest segle, com passa en qualsevol altra ciència. Bé, un fet important fou el canvi de paradigma dels anys trenta, quan després de descobrir l'expansió de l'univers calgué acceptar que no era estacionari, sinó que també tenia història. Ara, els homes ja hem acceptat que hi va haver un principi i que hi haurà un final. També és important saber que les estrelles, que semblaven punts brillants eternals, naixen, viuen i moren, i amb aquestes el nostre Sol. I que les estrelles són la pedra filosofal de què parlaven els alquimistes medievals. És l'únic lloc de l'univers on és possible entendre com es transmuta i es va arribant a tota la taula dels elements periòdics. Durant aquest segle hem estat capaços d'entendre que la frase "som pols d'estrelles", no és sols poesia, sinó una realitat. Els elements que constitueixen el nostre cos no s'han pogut produir en el

nostre entorn. Necessàriament s'han hagut de produir en una estrella que els ha regat a la seua mort pel medi interestel·lar i d'on s'han format, posteriorment, el nostre Sol i la nostra Terra. També considere ben important que s'hagen trobat sistemes planetaris al voltant d'altres estrelles. Per tant, l'interrogant de si estem sols, és una qüestió de temps. En la mesura que augmenta la nostra capacitat tecnològica i el nostre coneixement científic, hauríem d'arribar a contactar amb altres civilitzacions. És una fatuïtat enorme pensar que amb nosaltres es va trencar el motlle.

**«L'ESPÈCIE HUMANA
ESTÀ IMMERSA EN UN AVENÇ DEL
CONEIXEMENT QUE
LA MARCARÀ COMPLETAMENT»**

Vol dir que es podran detectar senyals de vida intel·ligent?

És clar que sí. L'existència de sistemes planetaris és el pas realista en aquest camí. La vida, encara que no siga com la nostra, ha d'estar en llocs on no hi haja ni massa calor, ni massa fred, i això sols pot existir al voltant d'estrelles, en sistemes planetaris.

Hi ha algun altre fet que vulga citar?

El descobriment de les explosions de raigs gamma. En uns segons es produeix energia cent o dues-centes vegades superior a la d'una supernova; més energia que tota la que el nostre Sol podrà produir en 10.000 milions d'anys. I això ho sabem des de l'any 1997 quan es va identificar la primera contrapartida òptica des de l'observatori del Roque de los Muchachos, i es va confirmar que aquestes explosions ens arriben de molt lluny i són terriblement energètiques. Encara no saben les raons d'aquesta enorme explosió d'energia i això ens mostra que estem en el llinar de descobrir coses noves que canviaran el nostre concepte, no sols de la cosmologia, sinó de la física. Al cap i a la fi, la física és una astrofísica casolana, la física del planeta Terra. És un exemple més de com l'espècie humana està immersa en un avenç del coneixement que la marcarà completament. No sabem el que passarà perquè no sabem què descobrirem.

JOAN FERRANDO

RAFAEL REBOLO

«COMPRENDRE L'UNIVERS ÉS UNA QÜESTIÓ DE SENSIBILITAT I D'ESTRATÈGIA D'OBSERVACIÓ»

En una conversa fluida i reveladora d'una ferma il·lusió pel treball de recerca, Rafael Reboló ens analitza el moment que viu la cosmologia actual, i ens recalca per què els projectes d'observació en què està immers aporten dades per comprendre millor com és, com ha evolucionat i com va nàixer el nostre univers.

Un univers en expansió frenada per la gravetat és una imatge tan acceptada i difosa pels cosmòlegs que podem dir que forma part de la cultura general. Sembla, però, que l'observació d'alguns estels en explosió, les anomenades supernoves de tipus Ia, qüestiona aquest model. Per què els cosmòlegs diuen ara que l'expansió de l'univers està accelerant-se?

L'evidència que presenten les observacions de supernoves a alt redshift és molt interessant per les implicacions que té en cosmologia. Es tracta d'observar supernoves allunyades, i s'empra la seua lluminositat per tal d'establir la distància a la galàxia on es troba la supernova. Però el seu interès es basa en la hipòtesi que les explosions de supernoves en galàxies molt distants, i que van ocórrer fa milers de milions d'anys, siguem físicament comparables a les supernoves en galàxies properes...

Es refereix a que pot haver-hi un efecte d'evolució?

En efecte, podrien ser distintes perquè, per exemple, el material de l'estel progenitor de la supernova pot tenir un contingut en metalls diferent. No està clar quin pot ser l'efecte d'aquesta metal·licitat en les corbes de llum que tenen aquestes supernoves i com podria modificar les conclusions d'aquests treballs. Els resultats del programa de supernoves semblen indicar que l'univers experimenta una expansió accelerada, però preferiria ser prudent.

L'opinió de la comunitat científica és unànime en aquesta conclusió o hi ha discrepàncies?

La major part de la comunitat científica és més aviat cauta. Els investigadors del programa de supernoves estan molt convençuts que la seua interpretació de les dades és la correcta i que les conclusions que se'n deriven són sòlides. Els cosmòlegs estan tan ansiosos de poder resoldre el problema de l'expansió de l'univers que es poden deixar dur per l'entusiasme i acceptar



conclusions que es basen en algunes hipòtesis encara no molt sòlides. Quan un resultat transcendeix l'àmbit d'una especialitat i convenç la comunitat científica que treballa en camps propers és quan s'ha de començar a acceptar. Als especialistes que treballen en el camp cal donar-los un vot de qualitat, però també han de convèncer àmpliament. Aquest resultat encara no ha convençut la comunitat astrofísica global. Cal continuar aprofundint-hi per comprendre millor com és la física d'aquestes supernoves de galàxies menys evolucionades.

En el nou model que els cosmòlegs plantegen sembla que la constant cosmològica representa un paper important. Einstein va renunciar a la constant cosmològica, que ell mateix havia introduït, davant l'evidència d'un univers dinàmic. Té un significat físic clar la constant cosmològica, o és una carta a la qual es recorre quan les observacions qüestionen el model fins ara acceptat?

Primer cal establir si de veritat es necessita la constant cosmològica. Cal treballar amb més èmfasi en els aspectes observacionals que poden permetre contestar

aquesta pregunta. Després veurem quin és el significat físic. Hi ha experiments plantejats que poden realment limitar amb gran precisió el valor de la constant cosmològica, el valor de la densitat mitjana de l'univers, o el contingut bariònic de l'univers. Per exemple, l'estudi detallat de l'anisotropia del fons de microones és una de les poques eines per conèixer les propietats globals de l'univers. Preferiria no desgastar energies en discussions, quan en quatre o cinc anys es poden tindre mesures, a la llum de les quals pot ser o no interessant mantenir eixa discussió.

El descobriment de la radiació de fons de microones (RFM) fou determinant perquè el model d'un univers en expansió, amb un passat dens i calent i nascut d'una espècie de gran explosió s'imposara. Ara vostè afirma que l'anàlisi de les anisotropies d'aquesta radiació pot delimitar el model cosmològic concret...

Dels projectes d'investigació en cosmologia és on s'espera que hi pugui haver, en els pròxims deu anys, el salt qualitatiu més important. Des del punt de vista teòric el marc està bastant ben definit i el que cal veure és si les futures observacions permeten mantenir el model vigent. És una qüestió de sensibilitat i d'estratègia d'observació i està dins de les capacitats tecnològiques avançar en el coneixement de la distribució de temperatures de la RFM.

En l'observació d'aquestes anisotropies l'experiment de Tenerife i el del COBE van ser les primeres referències...

Si el COBE en el 1992 aconseguí mesurar el nivell mitjà d'anisotropia, vam ser nosaltres en l'experiment de Tenerife els primers a trobar les primeres estructures cosmològiques, que hem anomenat "cosmosomas". Aquest és el nom d'un nou projecte del IAC en què volem treballar a escales d'un grau fent observacions des de l'observatori del Teide. I en col·laboració amb el britànic tenim el projecte VSA que, amb un complex interferomètric, permetrà fer mapes de la RFM amb una sensibilitat 50 vegades superior a la del COBE i a escales angulars entre minuts d'arc i un grau. I finalment, amb satèl·lits, el projecte Planck de l'Agència Espacial Europea preveu la creació de mapes amb una sensibilitat sense precedents.

La mesura d'aquestes anisotropies també pot donar llum sobre si hi va haver un curt període d'expansió molt

ràpida (inflació) immediatament després del Bing Bang?

La inflació com a marc teòric és molt interessant i sembla encaixar en les observacions actuals de les anisotropies del fons de microones, però perquè siga una realitat contrastable encara hem de fer alguns passos. Les mesures de com canvia l'amplitud de les fluctuacions en la distribució espacial de temperatura, segons es consideren regions de diferents grandàries, marquen un comportament d'acord amb el marc inflacionari. Tanmateix, necessitem una millora de les mesures en un factor 20 o 30 per poder descartar o refrendar definitivament l'escenari inflacionari. Personalment, em sentiria molt més a gust amb l'escenari complet cosmològic si tinguérem resolt el problema de la matèria obscura. Si com apunten les observacions, la densitat mitjana és pròxima a l'anomenada densitat crítica, hem de parlar de matèria no lluminosa que contribueix considerablement a la densitat.

**«EM SENTIRIA MOLT MÉS A GUST
AMB L'ESCENARI
COMPLET COSMOLÒGIC SI
TINGUÉREM RESOLT EL
PROBLEMA DE LA MATÈRIA OBSCURA»**

A quines observacions es refereix?

Per una part les observacions de les corbes de rotació de galàxies fan pensar que en els seus halos hi ha matèria no lluminosa, i la dinàmica en els cúmuls de galàxies requereix també d'una quantitat de matèria superior a la que es veu brillar.

Però es tracta de matèria bariònica obscura o cal pensar en un altre tipus de matèria?

La millor determinació del contingut bariònic de l'univers prové dels estudis de l'abundància d'elements lleugers sintetitzats en els primers instants de l'univers, quan era molt dens i calent. Si analitzem matèria que pugui reflectir el contingut químic immediatament després del Bing Bang, podem comparar amb la predicció teòrica que depèn exclusivament de la densitat bariònica de l'univers. Les densitats que resulten no arriben al 10 per cent de la densitat crítica. Però, d'altra banda, les mesures de corbes de rotació de galàxies apunten a densitats dues o tres vegades superiors, i la dinàmica de les galàxies en cúmuls ens porta a densitats del 50 per cent de la crítica. Com més gran és l'escala, més ens aproximem a la densitat crítica per tal de comprendre el comportament dinàmic. I la densitat bariònica que prediu l'abundància d'elements lleugers està molt lluny de la crítica.

I aquesta quantitat de matèria bariònica que prediu la teoria coincideix amb l'observada?

Encaixa bastant bé amb la matèria lluminosa. Les observacions d'elements lleugers permeten determinar una densitat bariònica que és superior a la que es pot associar a la matèria lluminosa que s'observa. Per tant, tenim una necessitat de matèria obscura de caràcter bariònic normal que pot estar en forma d'objectes que no brillen com nans marrons o planetes, o en forma d'objectes compactes com ara forats negres o estels de neutrons.

Un grup del IAC que vostè dirigeix va anunciar a finals de l'any passat el descobriment d'un nan marró orbitant al voltant d'un estel de l'Ossa Major, podria explicar-nos què és un nan marró?

Un nan marró no és capaç de produir reaccions nuclears com els estels. Els estels brillen durant molt de temps perquè al seu interior té lloc la fusió d'hidrogen, mentre que els nans marrons no tenen prou massa perquè la temperatura del seu interior arribi a la temperatura necessària per tal de fusionar l'hidrogen. Segons els càlculs teòrics, són cossos que detenen la seua contracció quan arriben a la grandària de Júpiter, el planeta més gran del sistema solar.

Però tenen masses molt més grans...

Les masses van des d'algunes vegades la massa de Júpiter fins a 70 vegades la massa de Júpiter, que és el límit per sota del qual un objecte d'aparença estel·lar no pot produir reaccions nuclears en el seu interior. Una conseqüència d'açò és que es preserva el liti, un element fràgil que als estels és destruït i que és present als nans marrons. Aquesta important predicció teòrica ens ofereix un test que nosaltres proposarem l'any 1992 i que ens ha permès de confirmar l'existència dels nans marrons.

De quina forma es detecten els nans marrons?

Si no van associades a estels, es detecten amb exploracions de gran camp prenent imatges de gran sensibilitat amb filtres que detecten la part més roja de l'òptic o l'infraroig pròxim. Com que des del punt de vista teòric es prediu una distribució energètica de l'espectre, busquem objectes que responen a aquestes propietats. L'existència dels nans marrons es va predir als anys 60 i des del 1995 és una evidència observacional. Nosaltres publicuem en *Nature*, al setembre, el descobriment d'un nan marró al cúmul de les plèiades, i dos mesos després els americans publiquen, també en *Nature*, el descobri-

ment d'un nan marró al voltant d'un estel. Tan sols se n'ha descobert un altre al voltant d'un estel, a finals de l'any passat pel nostre grup, però se n'han descobert desenes d'aïllats en l'espai. Estic convençut que si eixírem del Sol en un hipotètic viatge cap a l'estel més pròxim, de sobte ens trobaríem, a uns pocs anys llum de nosaltres, amb aquests objectes de la grandària de Júpiter i amb una temperatura com Venus. I segurament també podríem trobar-hi planetes. En un treball que acabem de fer hem vist que en una regió d'Orion, on hi ha estels joves, hi ha també desenes de nans marrons formats i alguns tenen masses d'unes poques vegades la massa de Júpiter. Estic convençut que hi deu haver objectes com Júpiter, móns inerts no associats a estels.

**«L'EXISTÈNCIA DELS NANS MARRONS
ES VA PREDIR ALS ANYS 60
I DES DEL 1995 ÉS UNA EVIDÈNCIA
OBSERVACIONAL.»**

I planetes que orbiten al voltant d'un estel, on la vida pugui ser possible...

En aquest sentit, dins del nostre projecte hi ha també un programa de recerca de companys al voltant d'estels. El problema es complica enormement perquè es tracta de trobar un objecte que brilla molt poc al costat d'una font de llum milions de vegades més intensa. Aleshores, la tecnologia per detectar aquests objectes és distinta. Els estudis que fa Michel Mayor, en què mesura com un estel sent la gravetat d'un objecte substel·lar, indiquen que hi ha companys de poca massa, però veure'ls, no els hem vist encara. La nostra aproximació és diferent i intentem prendre imatges que permeten acostar-se a la física dels objectes. Prompte tindrem un nou instrument per al telescopi de 4 metres, amb màscara coronogràfica que oculten la llum de l'estel i permeten veure l'entorn, que incrementarà la nostra capacitat de detecció fins poder veure objectes de la massa de Júpiter.

I els planetes més menuts, tipus Terra, és impossible detectar-los directament?

En efecte, amb els mitjans de què disposem, no és possible. Tanmateix, amb el telescopi de 10 m, i si s'aprova una de les propostes recomanades d'instrumentalització, una càmera infraroja que és una col·laboració entre el IAC i la Universitat de Florida, serem capaços de fer aquest salt. De moment, ens mantenim en la capacitat de detectar planetes amb la massa de Júpiter, cosa que ens pot donar la pista per a una futura recerca d'un sistema planetari, perquè on hi ha un planeta n'hi pot haver més. L'exemple és el nostre sistema solar.

JOAN FERRANDO