

Origen y Evolución del Universo

Inmaculada Domínguez Aguilera
Dpto. Física Teórica y del Cosmos

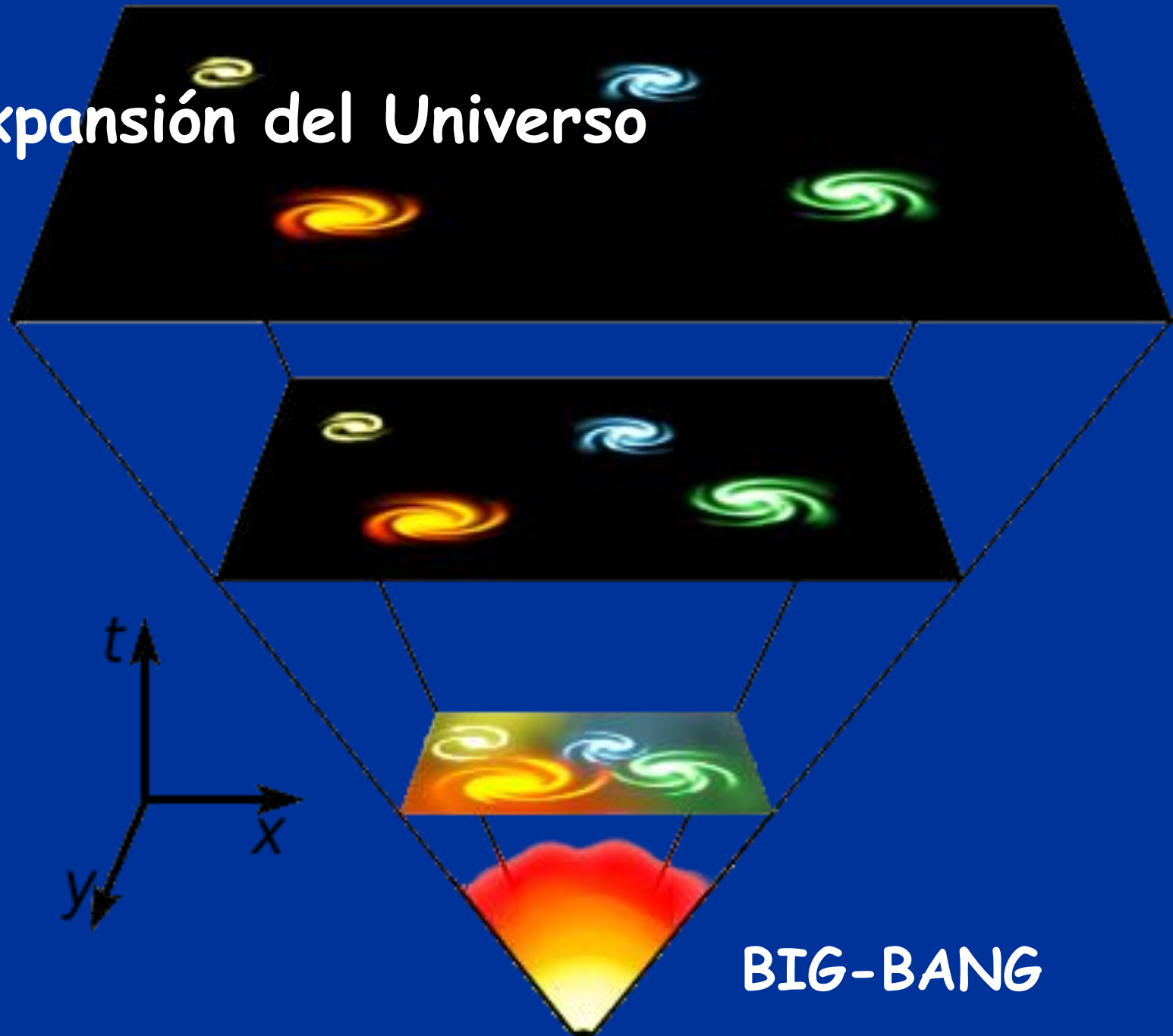


Universidad de Granada

Aula de Ciencia y Tecnología - Divulgación Científica

22 de octubre de 2012

Expansión del Universo



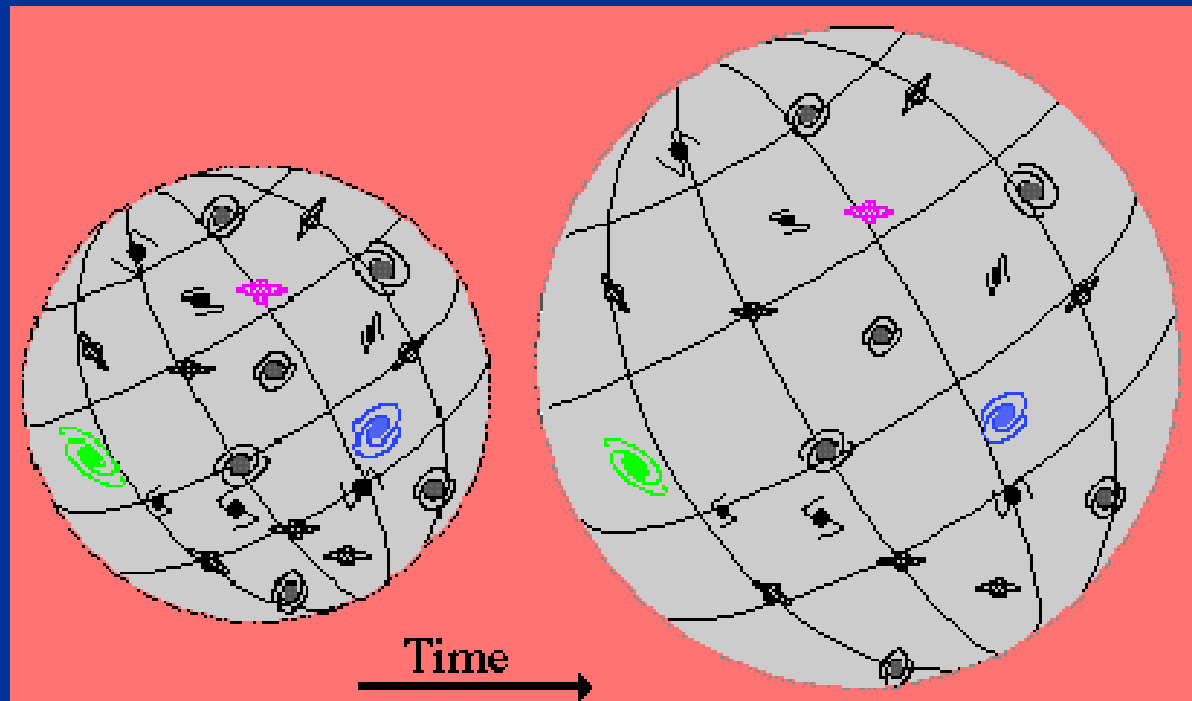
Observando la expansión del Universo



Telescopio Hooker
de 254 cm
Mount Wilson
(California)

Edwin Hubble:
las galaxias más **distantes**
se alejan a mayor **velocidad**

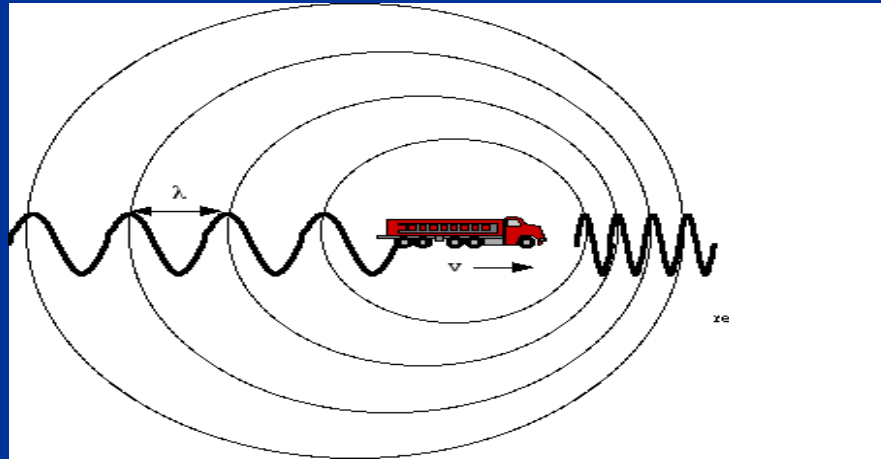
→ Expansión del Universo (1929)



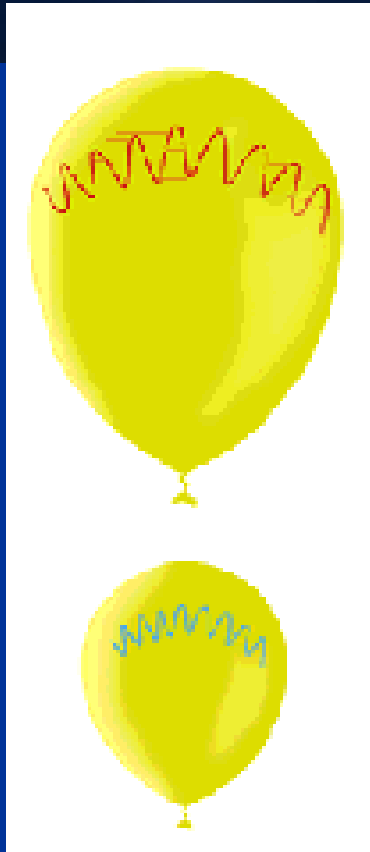
¿ Cómo sabemos la velocidad ?

Cambio en la longitud de la onda →
Efecto Doppler

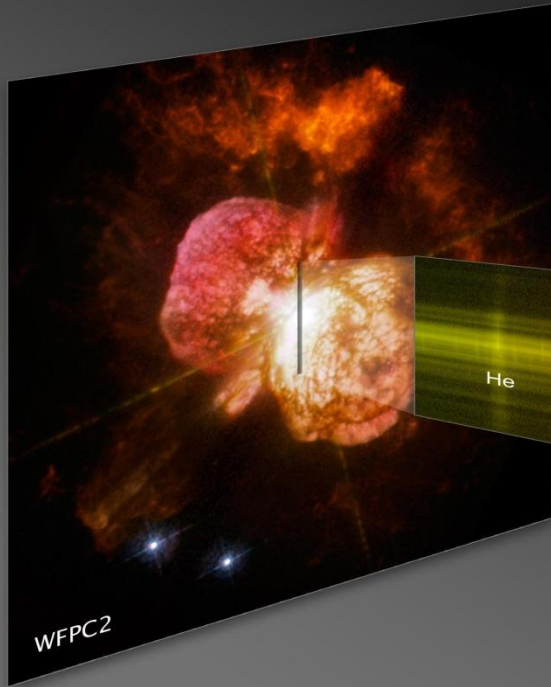
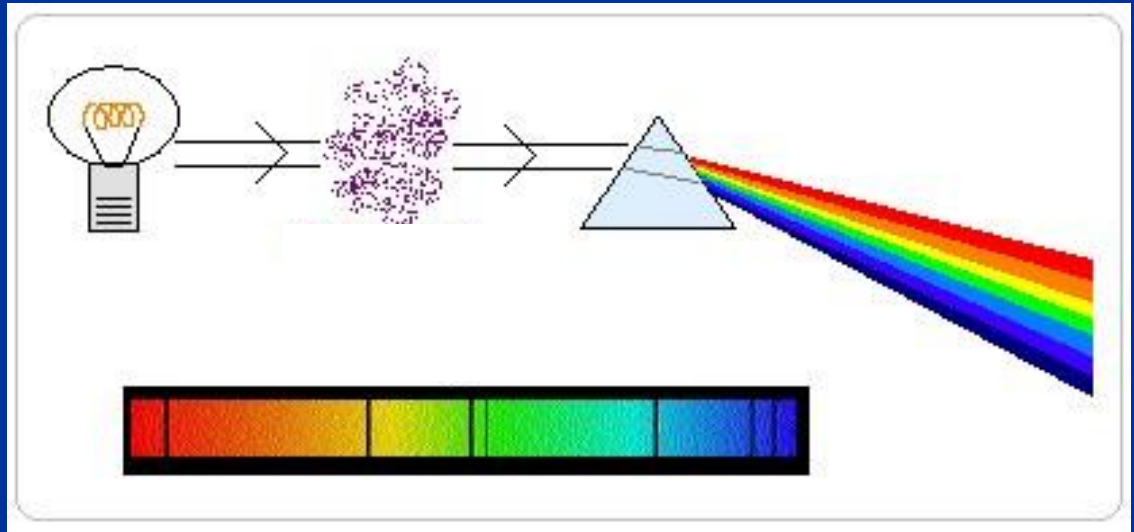
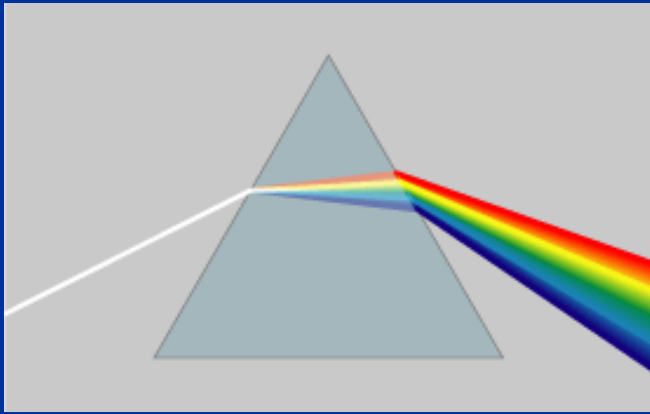
si un tren que **se aleja** escuchamos el pitido más grave
longitud de onda más larga si se acerca más agudo



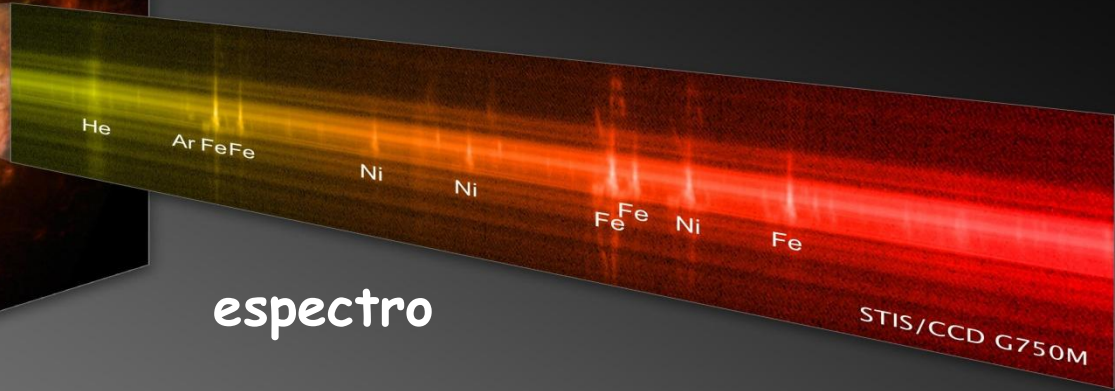
El cambio de la longitud de onda (luz)
me da la velocidad de la Galaxia
o **el cambio en el tamaño del Universo**



**Al aumentar el tamaño del Universo
→ cambia la longitud de onda de la luz,
aumenta**



Eta Carinae
Hubble Space Telescope

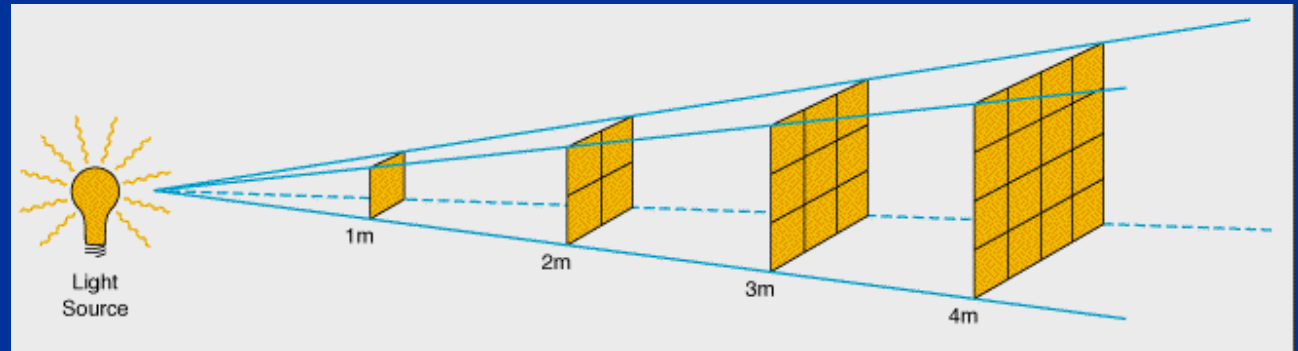
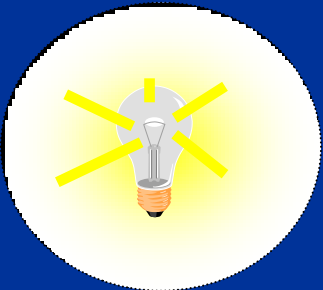


espectro

A vast field of galaxies, including spiral, elliptical, and irregular shapes, scattered across a dark background. The galaxies exhibit a wide range of colors, from bright blue and cyan to orange, red, and yellow. Some galaxies are prominent and clear, while others are faint and distant. The overall scene represents a rich, multi-colored galaxy population.

¿ Cómo sabemos la Distancia ?

¿Cómo sabemos la Distancia? Faros Cósmicos



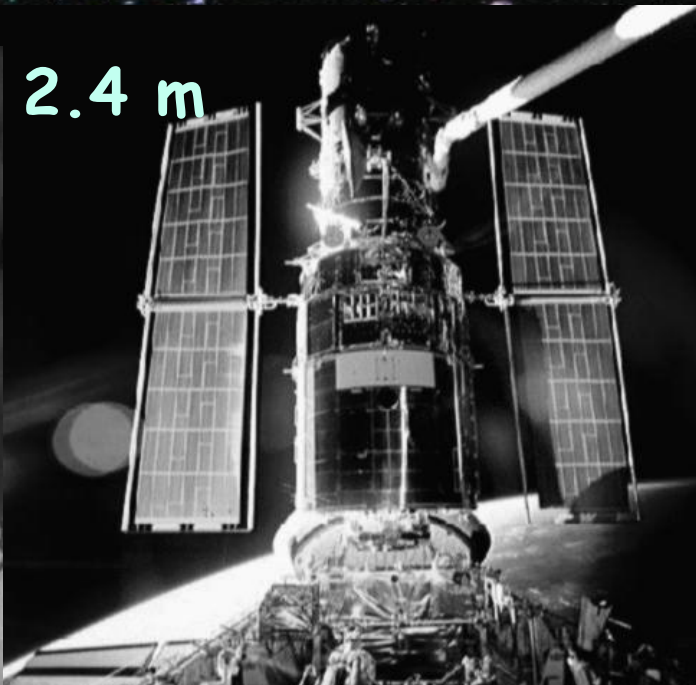
Menos luz → Más lejos

- Faros cósmicos de Hubble:
estrellas Cefeidas en las Galaxias

→ Calibrar el Faro

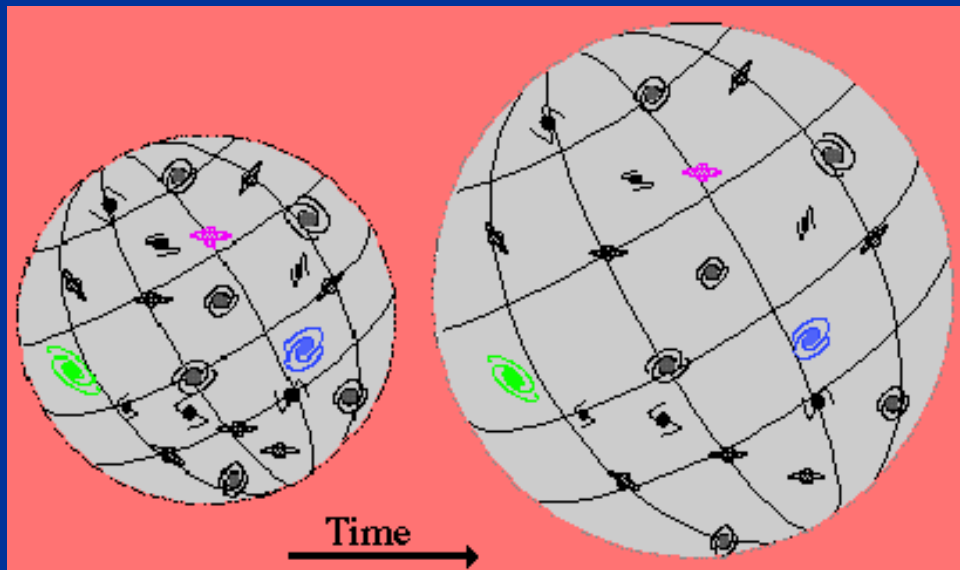
Henrietta Leavitt: **calibró** las Cefeidas

Telescopio Espacial Hubble



Ritmo de Expansión del Universo

Expansión desde el Big-Bang,
un estado muy caliente y muy denso



Proyecto del Telescopio
Espacial Hubble:
Galaxias situadas a una
distancia de 1 millón de pc
se alejan a ~ 70 km/s
 ~ 252000 km/h

Edad \leftrightarrow Tamaño

1 pc: $3 \cdot 10^{13}$ km = 3.26 años-luz
1 año: 8760 h = $3.15 \cdot 10^7$ segundos

Edad del Universo

Si la expansión es constante → Edad del Universo



50 km/h

El Universo: 14000 millones de años

Si la expansión se va frenando → el Universo es más joven

Problema: más joven que algunas estrellas !!



La Gravedad frena la expansión...

¿ Cuánto ?

➤ ¿ De qué depende ?

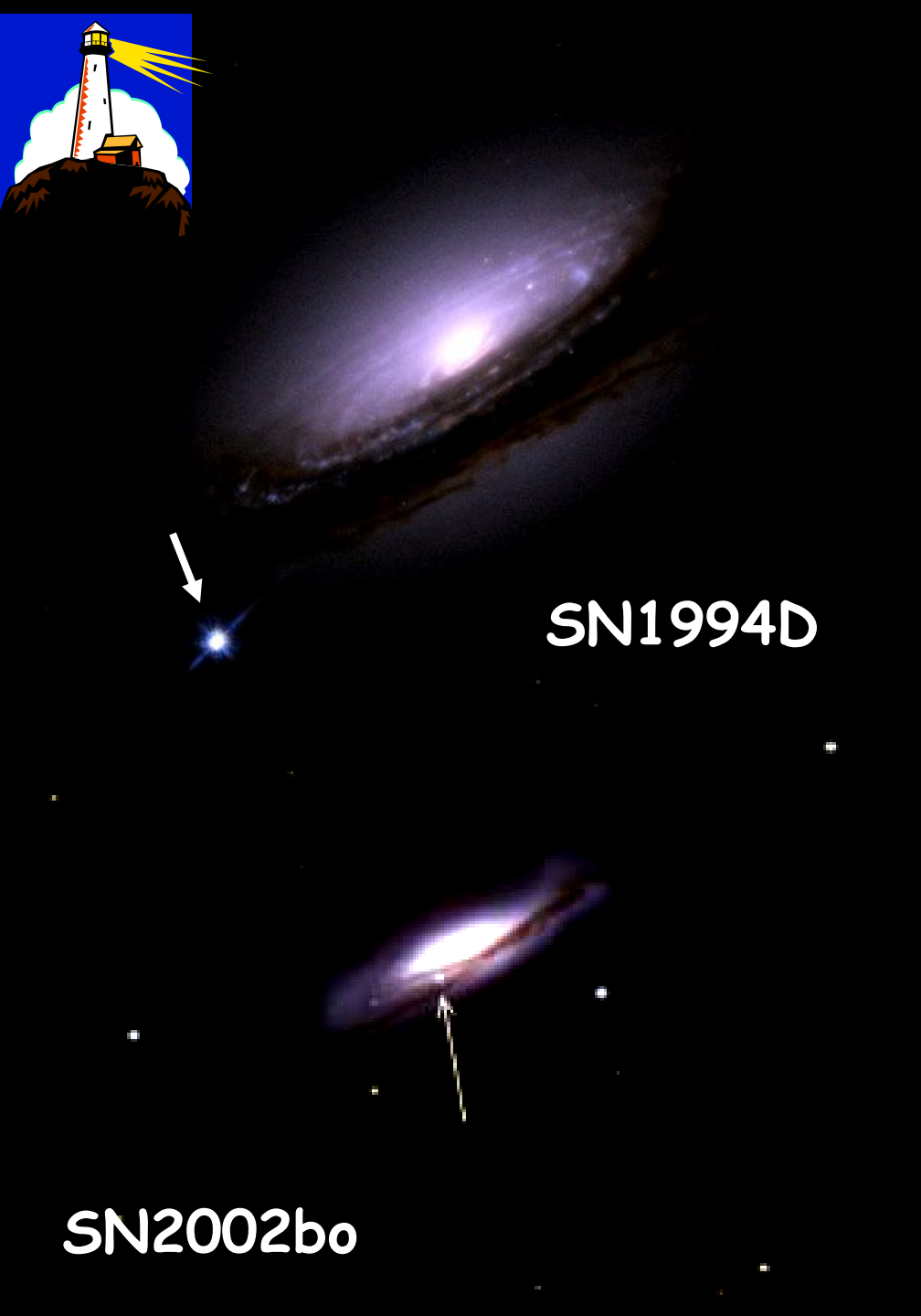
¿ Puedo medir cuánto se frena ?

Necesitamos medir distancias mayores,
cosmológicas... necesitamos faros cósmicos
más brillantes que las estrellas Cefeidas

→ Explosiones estelares:
Supernovas termonucleares o Tipo Ia !!

A photograph of a galaxy, likely a spiral galaxy, with a bright white star labeled SN2007af. The galaxy is shown in a purple and blue color scheme. A white arrow points to the star. The text "SN2007af" is written in cyan below the star.

SN2007af



Supernovas:
los mejores
faros
cósmicos
a grandes
distancias

- **MUY** luminosas
- **MUY** similares
y pueden
calibrarse

SN2002bo

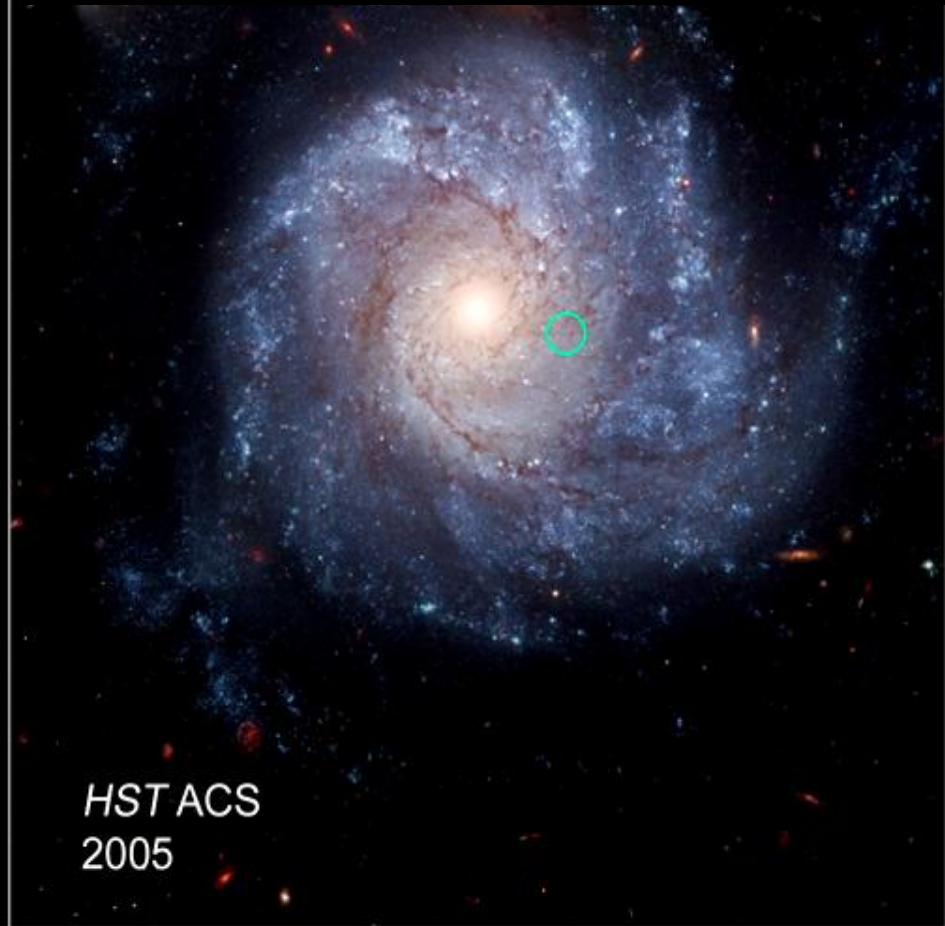
Las Supernovas son
Explosiones Estelares:
durante **unas semanas**
brillan tanto como toda
una galaxia

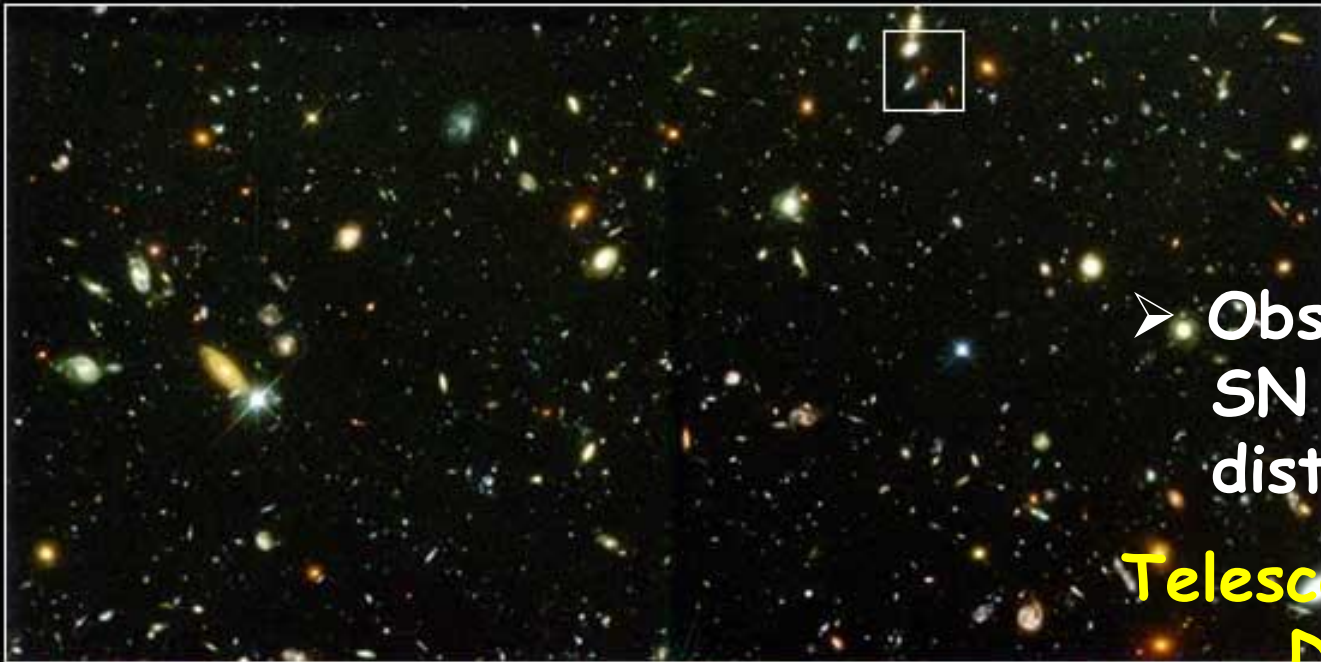
NGC 1309

SN2002fk

Lick Observatory
2002

HST ACS
2005

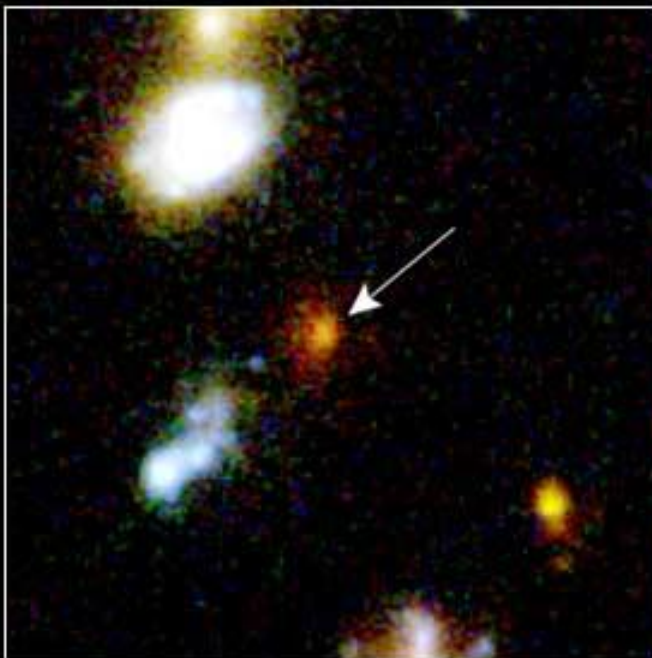




Comenzaron los proyectos:

- Observar muchas SN Ia a grandes distancias

Telescopios de 4-6 m
Detectores CCD



- Imágenes del cielo
- Nuevas imágenes 3 semanas después

Restar las imágenes
análisis: ordenadores

Distant Supernova in the Hubble Deep Field

HST • WFPC2

NASA and A. Riess (STScI) • STScI-PRC01-09

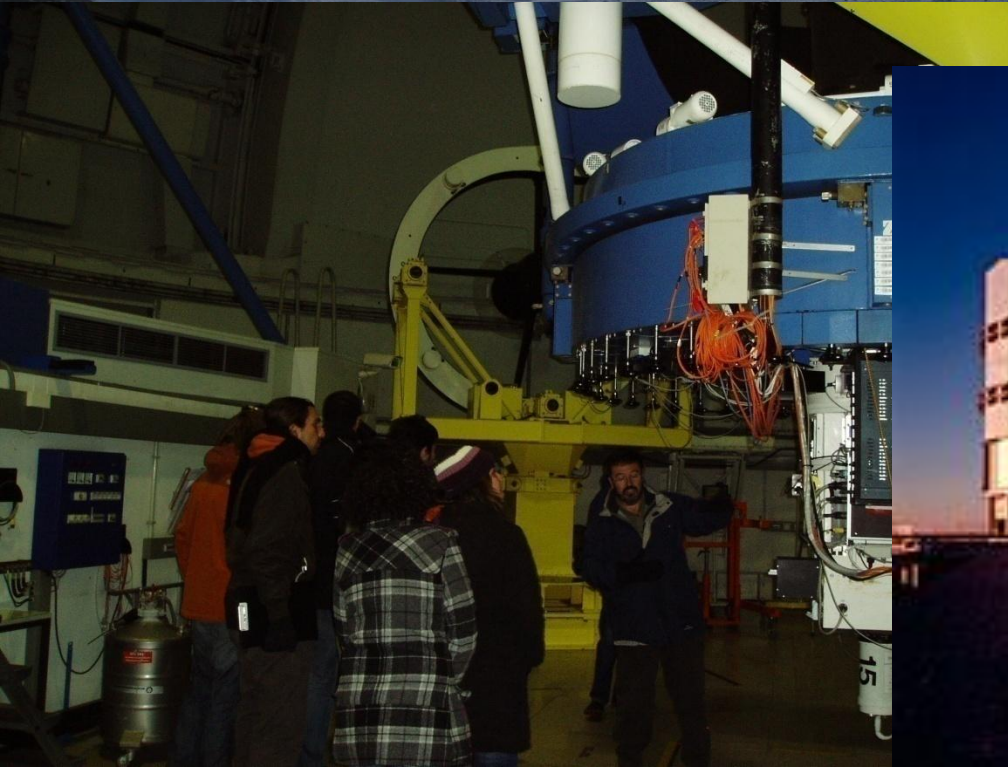
¿ Qué queda ?



Calar Alto

Sierra de los Filabres (Almería)

Telescopio
3.5 m



VLT (Chile)
8 m



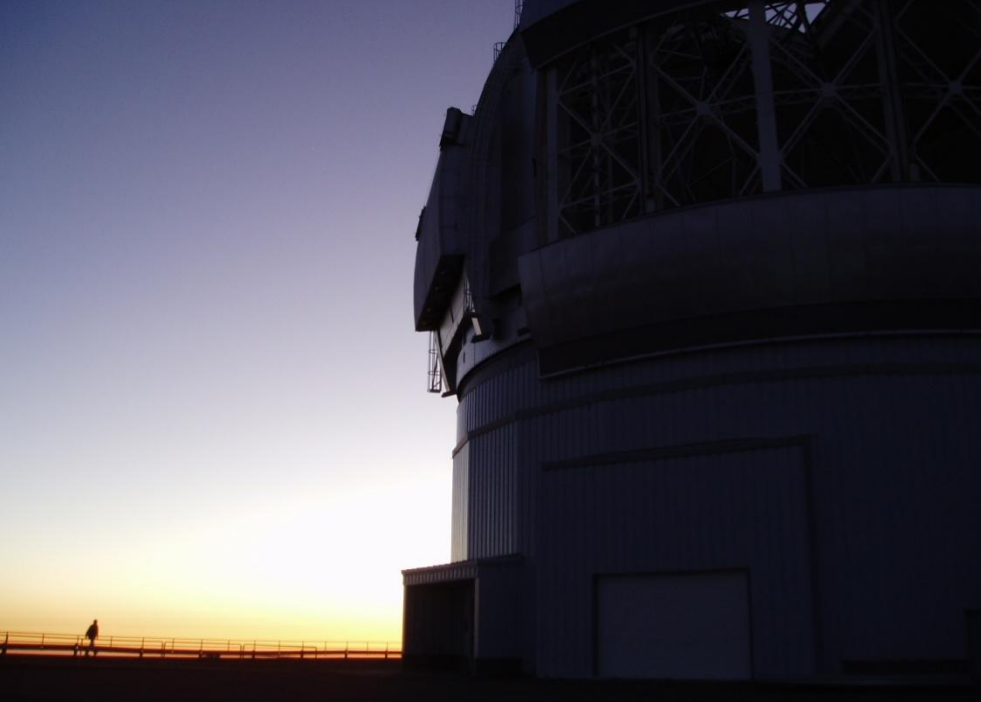
Observatorio del Roque de los Muchachos Isla de la Palma

Telescopios

WHT 4.2 m

GTC 10.2 m





Observatorio Gemini Sur CHILE

Telescopio 8.2 m



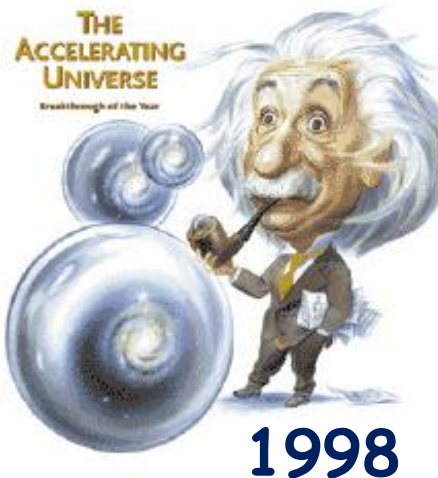
La Revolución Cosmológica

Las observaciones de supernovas lejanas indican que el ritmo de expansión del Universo se acelera.

La atracción gravitatoria que frenaría la expansión es superada por una fuerza de repulsión ejercida por ... ????

**La Energía Oscura o
Constante Cosmológica !!**

Y un UNIVERSO acelerado es más viejo !!



Observando Supernovas lejanas : la expansión del Universo se Acelera y aparece la Energía Oscura !!

THE ASTRONOMICAL JOURNAL, 116:1009–1038, 1998 September
© 1998. The American Astronomical Society. All rights reserved. Printed in U.S.A.

High-z Team 1998

**2 equipos
independientes**

**10 SNIa
 $z \leq 0.62$**

OBSERVATIONAL EVIDENCE FROM SUPERNOVAE FOR AN ACCELERATING UNIVERSE
AND A COSMOLOGICAL CONSTANT

ADAM G. RIESS,¹ ALEXEI V. FILIPPENKO,¹ PETER CHALLIS,² ALEJANDRO CLOCCHIATTI,³ ALAN DIERCKS,⁴
PETER M. GARNAVICH,² RON L. GILLILAND,⁵ CRAIG J. HOGAN,⁴ SAURABH JHA,² ROBERT P. KIRSHNER,²
B. LEIBUNDGUT,⁶ M. M. PHILLIPS,⁷ DAVID REISS,⁴ BRIAN P. SCHMIDT,^{8,9} ROBERT A. SCHOMMER,⁷
R. CHRIS SMITH,^{7,10} J. SPYROMILIO,⁶ CHRISTOPHER STUBBS,⁴
NICHOLAS B. SUNTZEFF,⁷ AND JOHN TONRY¹¹

Received 1998 March 13; revised 1998 May 6

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 517:565–586, 1999 June 1
© 1999. The American Astronomical Society. All rights reserved. Printed in U.S.A.

SN Cosmology Project 1999

**42 SNIa
 $z \leq 0.83$**

MEASUREMENTS OF Ω AND Λ FROM 42 HIGH-REDSHIFT SUPERNOVAE

S. PERLMUTTER,¹ G. ALDERING, G. GOLDBABER,¹ R. A. KNOP, P. NUGENT, P. G. CASTRO,² S. DEUSTUA, S. FABBRO,³
A. GOOBAR,⁴ D. E. GROOM, I. M. HOOK,⁵ A. G. KIM,^{1,6} M. Y. KIM, J. C. LEE,⁷ N. J. NUNES,² R. PAIN,³
C. R. PENNYPACKER,⁸ AND R. QUIMBY **(33 autores, UB)**

Institute for Nuclear and Particle Astrophysics, E. O. Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA 94720

Premio Nobel de Física 2011

<http://www.kva.se/en/pressroom/Press-releases-2011/The-Nobel-Prize-in-Physics-2011/>

GRANADA HOY: El Nobel de Física, para el descubrimiento de la expansión acelerada del universo

<http://www.granadahoy.com/article/sociedad/1080420/los/descubridores/la/expansion/acelerada/universo/nobel/fisica.html>

IDEAL: El Nobel de Física premia el estudio del Universo

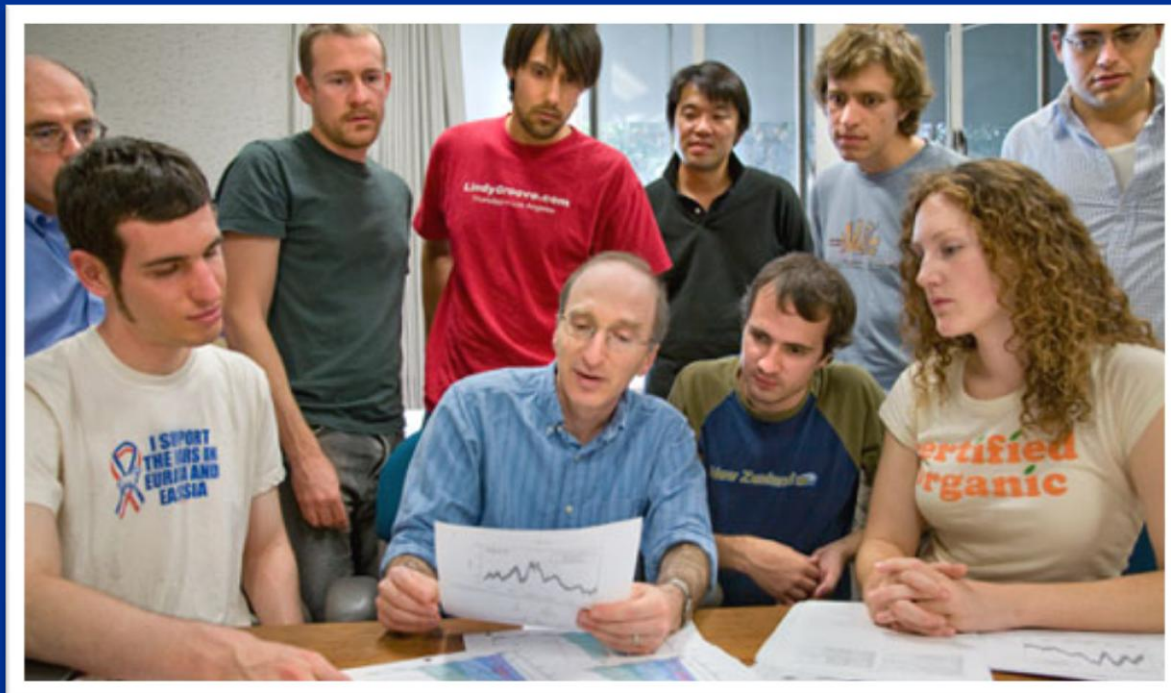
<http://www.ideal.es/granada/rc/20111004/sociedad/nobel-fisica-conocera-201110041129.html>

EL PAÍS: Nobel de Física para la aceleración del Universo

http://www.elpais.com/articulo/sociedad/Nobel/Fisica/aceleracion/universo/elpepusoc/20111004elpepusoc_4/Tes

The New York Times: Studies of Universe's Expansion Win Physics Nobel

http://www.nytimes.com/2011/10/05/science/space/05nobel.html?_r=1&ref=physics



Supernova Cosmology Project

Saul Perlmutter
1959
Champaign-Urbana
(EEUU)

1986 PhD
Univ. California

Lawrence Berkeley
National Laboratory
& Univ. California



High-z Team

Brian Schmidt
1967, Missoula (EEUU)

1993 PhD Harvard



Australian
National University

Aiguablava (Girona) 1994





High-z Team

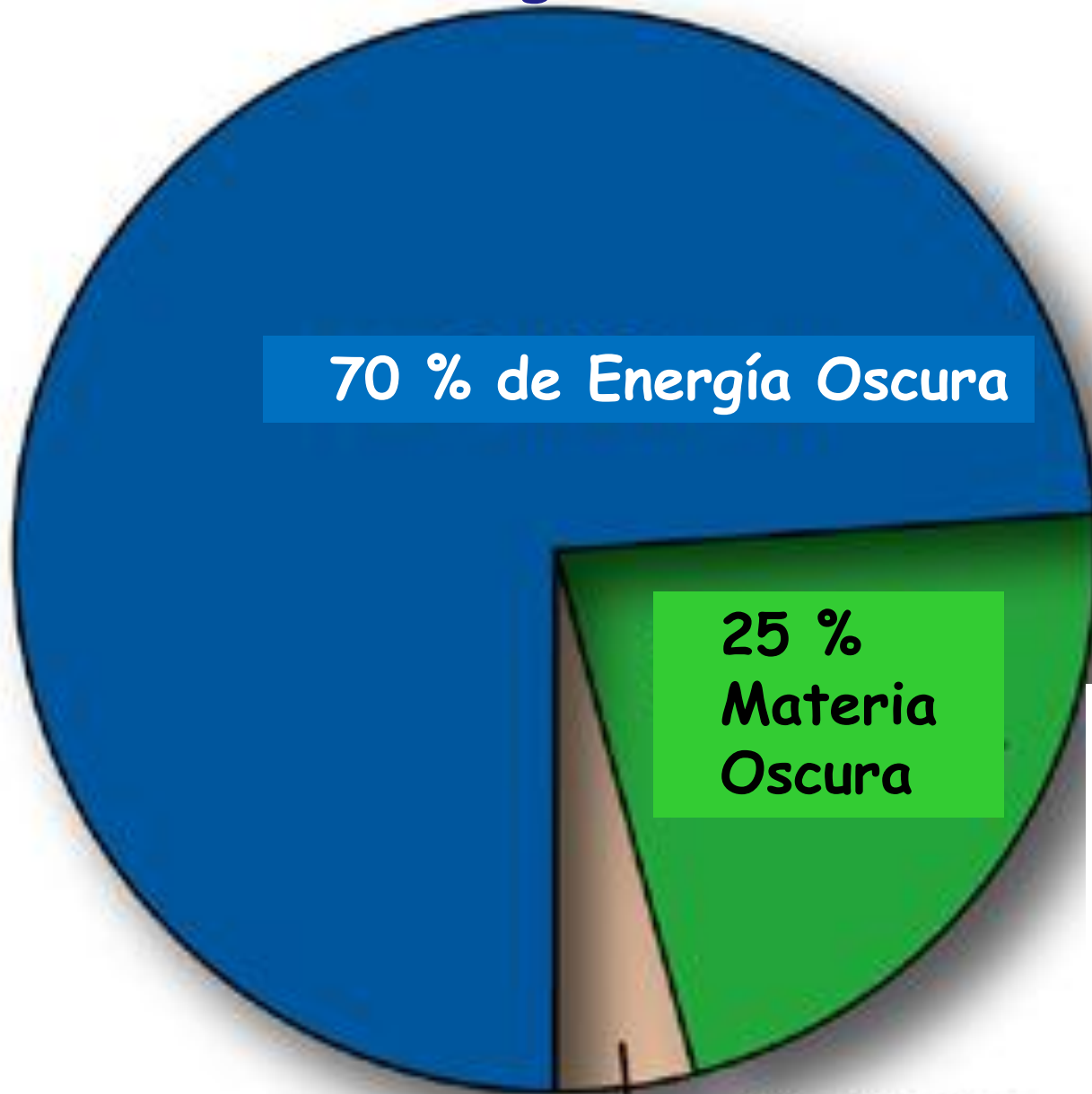
Adam Riess
1969, Washington
(EEUU)

1996 PhD Harvard

Johns Hopkins Univ.
Space Telescope Science Institute



Modelo Cosmológico *actual*



70 % de Energía Oscura

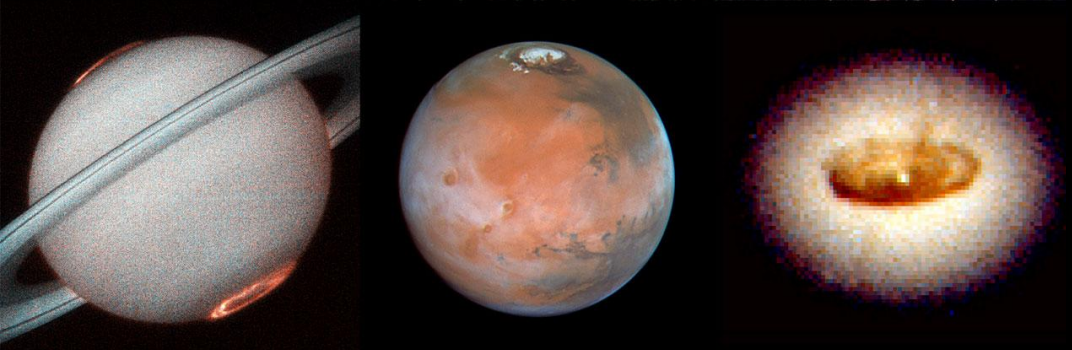
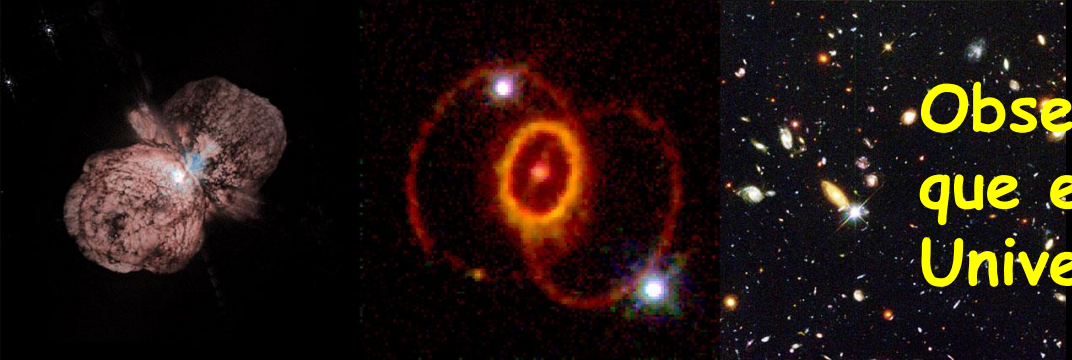
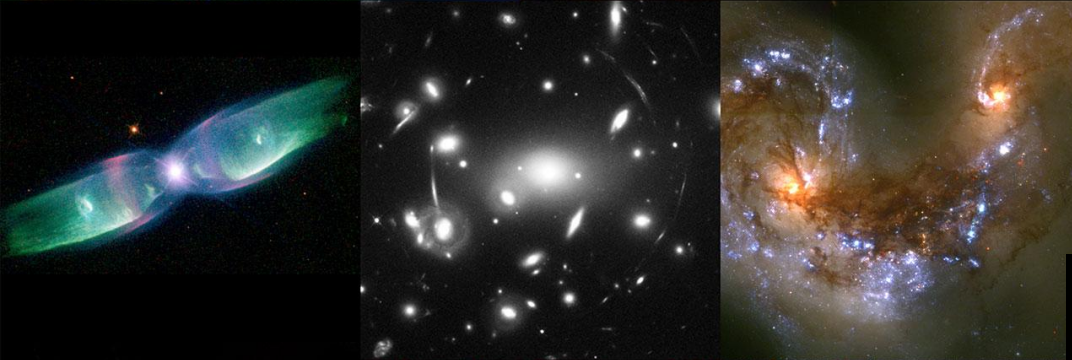
25 %
Materia
Oscura

5 % *Materia Normal*

Inventario
del Universo:
¿ Qué hay y
Cuánto ?

Desconocemos
la naturaleza
de un 95% del
Universo !!!

Toda la materia del Universo, *normal* y visible, **oscura y desconocida**, se nos revela por sus efectos **Gravitatorios**

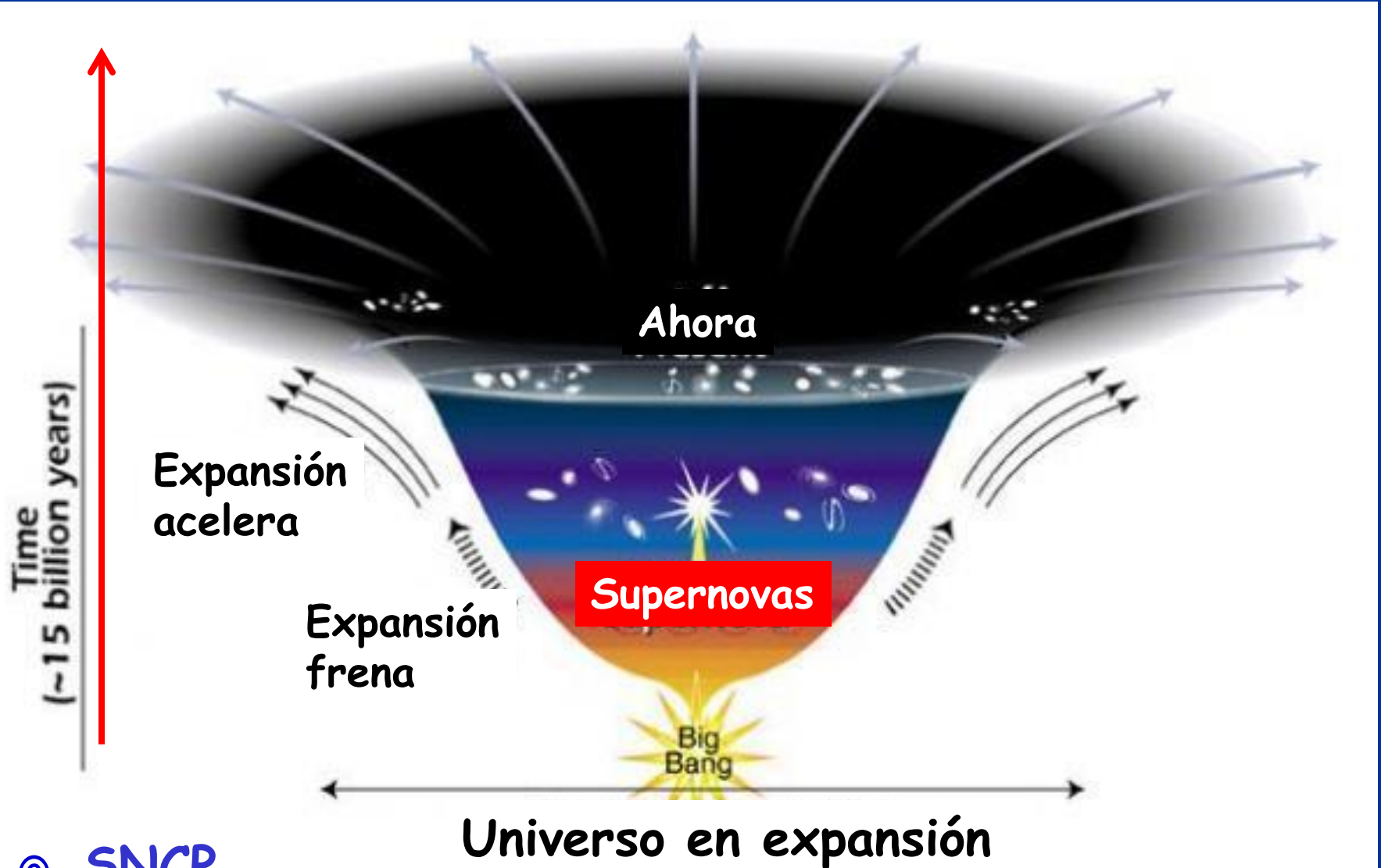


Dark Matter Map in Galaxy Cluster Abell 1689

HST ACSWFC

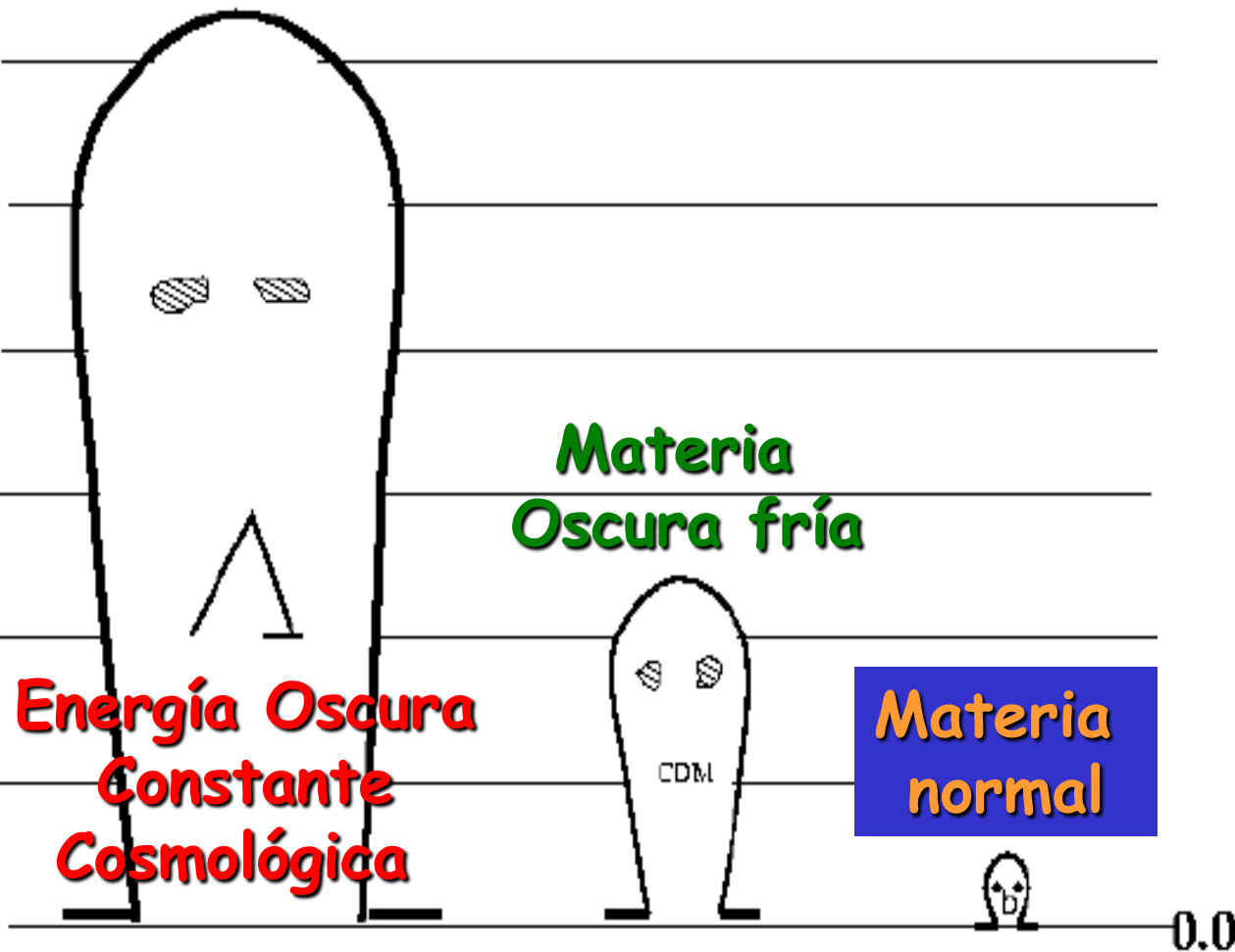
Observamos y estimamos que es un 30% del Universo

Evolución de un Universo con Energía Oscura *constante*



SE BUSCA: ENERGÍA OSCURA

© Lineweaver, 1998



Más de una
década
intentando
saber
Qué es

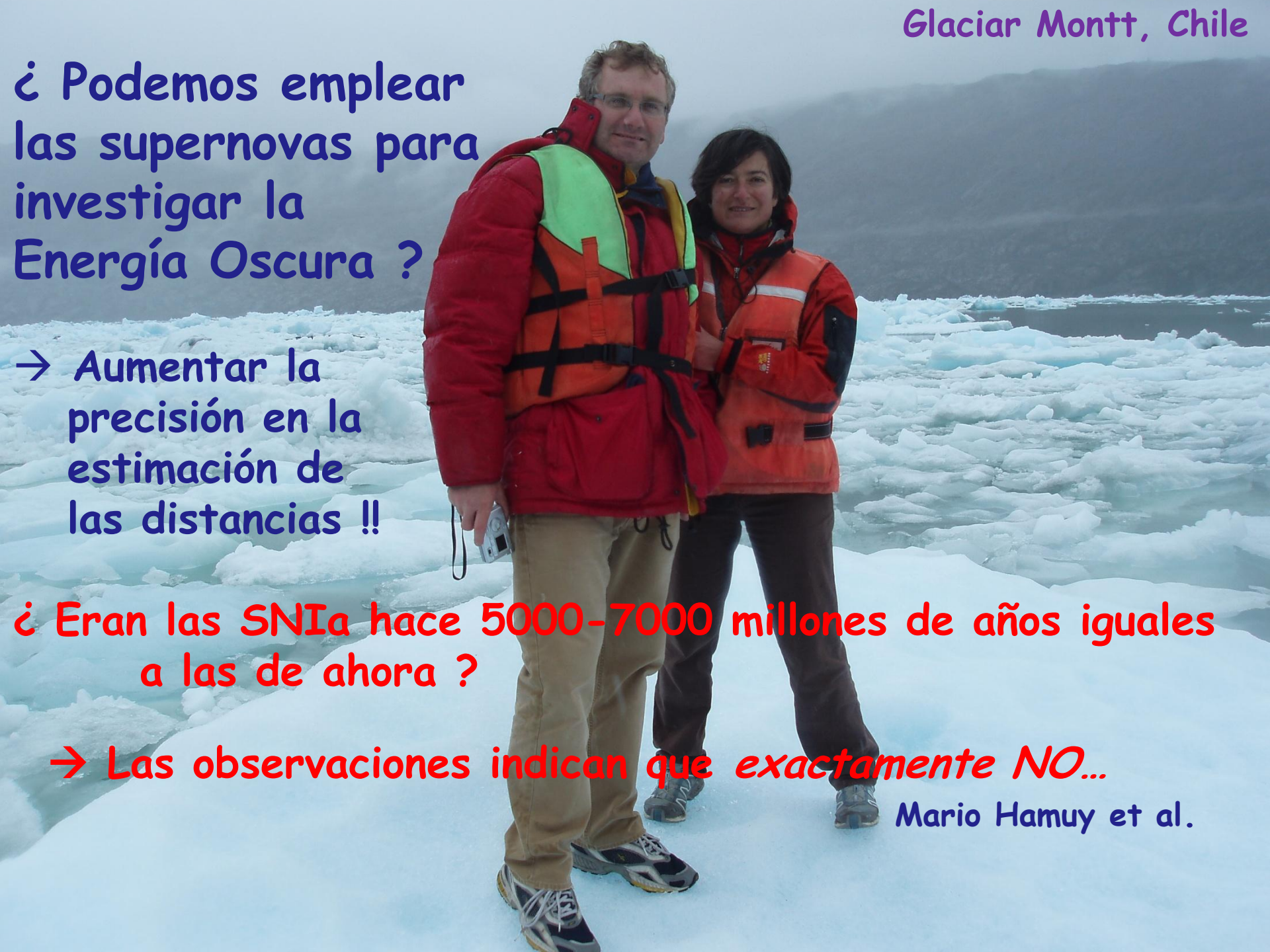
¿ Podemos emplear las supernovas para investigar la Energía Oscura ?

→ Aumentar la precisión en la estimación de las distancias !!

¿ Eran las SNIa hace 5000-7000 millones de años iguales a las de ahora ?

→ Las observaciones indican que *exactamente NO...*

Mario Hamuy et al.



Nuestro trabajo en la UGR en colaboración ...



CONSTRAINTS ON THE PROGENITORS OF TYPE Ia SUPERNOVAE AND IMPLICATIONS FOR THE COSMOLOGICAL EQUATION OF STATE

INMA DOMÍNGUEZ

Department de Física Teórica y del Cosmos, Universidad de Granada, 18071 Granada, Spain; inma@ugr.es

PETER HÖFLICH

Department of Astronomy, University of Texas at Austin, Austin, TX 78712; pah@hej1.as.utexas.edu

AND

OSCAR STRANIERO

Osservatorio Astronomico di Collurania, 64100 Teramo, Italy; straniero@astrte.te.astro.it

Received 2001 March 8; accepted 2001 April 16

¿ Cambian las Supernovas Ia ? ¿ Cómo ?

doi:10.1088/2041-8205/711/2/L66

METALLICITY AS A SOURCE OF DISPERSION IN THE SNIa BOLOMETRIC LIGHT CURVE LUMINOSITY–WIDTH RELATIONSHIP

E. BRAVO¹, I. DOMÍNGUEZ², C. BADENES^{3,4}, L. PIERSANTI⁵, AND O. STRANIERO⁵

¹ Departament de Física i Enginyeria Nuclear, Universitat Politècnica de Catalunya, Carrer Comte d'Urgell 187, 08036 Barcelona, Spain; eduardo.bravo@upc.edu

² Departamento de Física Teórica y del Cosmos, Universidad de Granada, 18071 Granada, Spain; inma@ugr.es

³ Benoziyo Center for Astrophysics, Weizmann Institute of Science, Rehovot 76100, Israel

⁴ School of Physics and Astronomy, Tel-Aviv University, Tel-Aviv 69978, Israel; carles@wise.tau.ac.il

⁵ INAF-Osservatorio Astronomico di Teramo, via mentore Maggini snc, 64100 Teramo, Italy

Received 2009 November 30; accepted 2010 February 2; published 2010 February 17

¿ Podemos mejorar la precisión ?

Satélites:

Joint Dark Energy Mission

(La Misión conjunta de la Energía Oscura)

**WFIRST: 2000 Supernovas
en 5 años**

NASA-DOE



Grandes Telescopios

European Extremely Large
Telescope 39 m

ESO - Cerro Armazones, Chile

¿ Destino del Universo ?

...

*Ileana: la distancia es tiempo, y el tiempo vuela.
A 200 millones de millas por hora el Universo
se está expandiendo hacia la Nada.
Y tú estás lejos de mí como a millones de años.*

SN2007af

*Ernesto Cardenal
Doctor Honoris Causa por la UGR, 1987
Principe de Asturias, 2012*

¿ Destino del Universo ?

Depende de la naturaleza
de la Energía Oscura !!



Restos de la supernova que observó Tycho Brahe en 1572

Tycho SNR

NASA/SAO/JPL-CAHA



Contribución de los Astrónomos de Al-Andalus a la Revolución de Copérnico (S. XII-XIII)

Ibn Tufayl (Granada, 1185) y su
estudiante Jabir Ibn Aflach (1200),
Ibn Rushd (Córdoba, 1126) ,
al Bitruji (Sevilla, 1200),
Ibn Baja (Zaragoza, 1139)...

G. Saliba
A History of Arabic Astronomy

Más información en la red...

The Royal Swedish Academic Science

<http://kva.se>

The Nobel lectures 2011

<http://www.kva.se/en/Events-List/Event/?eventId=338>

The High-Z SN Search

<http://www.cfa.harvard.edu/supernova//HighZ.html>

Supernova Cosmology Project

<http://www-supernova.lbl.gov/>