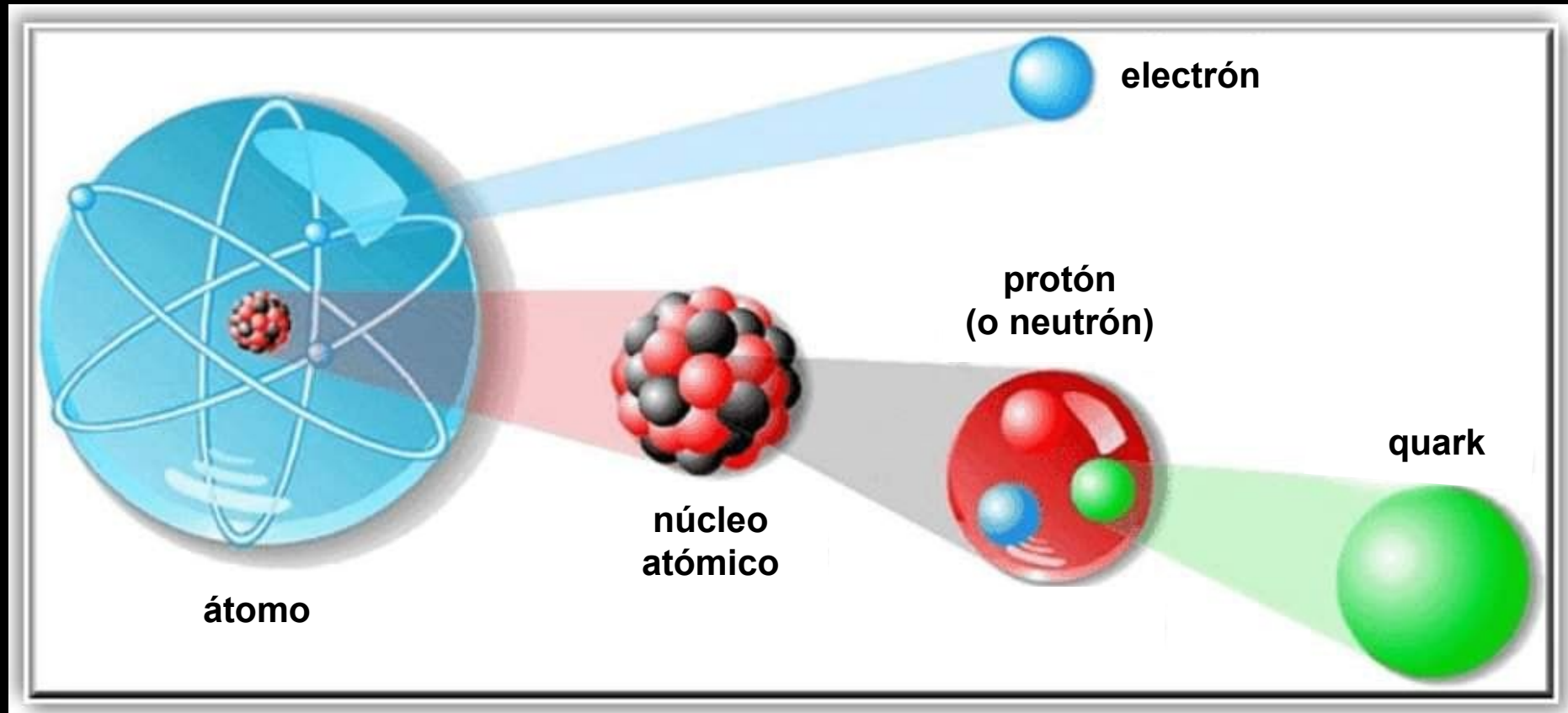


El lado oscuro de la materia



¿DE QUÉ ESTÁ HECHO TODO?

Los átomos están hechos de partículas **elementales**



Pero.. ¿qué son las partículas elementales?

LA "TABLA PERIÓDICA" MODERNA

El milagro del modelo estándar de partículas
Todo lo que conocemos está hecho de 18 partículas distintas

Tres generaciones de la materia (fermiones)

	I	II	III		
masa →	2,4 MeV/c ²	1,27 GeV/c ²	171,2 GeV/c ²	0	0
carga →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
espín →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	2
nombre →	u up	c charm	t top	γ Foton	G Graviton
Quark	4,8 MeV/c ²	104 MeV/c ²	4,2 GeV/c ²	0	? GeV/c ²
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
	d down	s strange	b bottom	g Gluon	H Boson Higgs
Lepton	<2,2 eV/c ²	<0,17 MeV/c ²	<15,5 MeV/c ²	91,2 GeV/c ²	
	0	0	0	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	ν_e Neutrino electrónico	ν_μ Neutrino muónico	ν_τ Neutrino tauónico	Z⁰ Boson Z	
	0,511 MeV/c ²	105,7 MeV/c ²	1,777 GeV/c ²	80,4 GeV/c ²	
	-1	-1	-1	±1	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	e Electrón	μ Muón	τ Tau	W[±] Boson W	
					Bosones de gauge

Es la teoría más precisa de la naturaleza que tenemos.
Sus predicciones tienen una precisión de 1 en mil millones!

¿Entonces listo?
¿ya se entiende todo?
¿termina la charla acá?

nope

hay un problemita..
el modelo estándar anda muy bien peero..

hay algunas observaciones astronómicas
que no se pueden explicar 🤪

Bueeeeno..



Hay miles y miles de observaciones que
no se explican con el modelo estándar

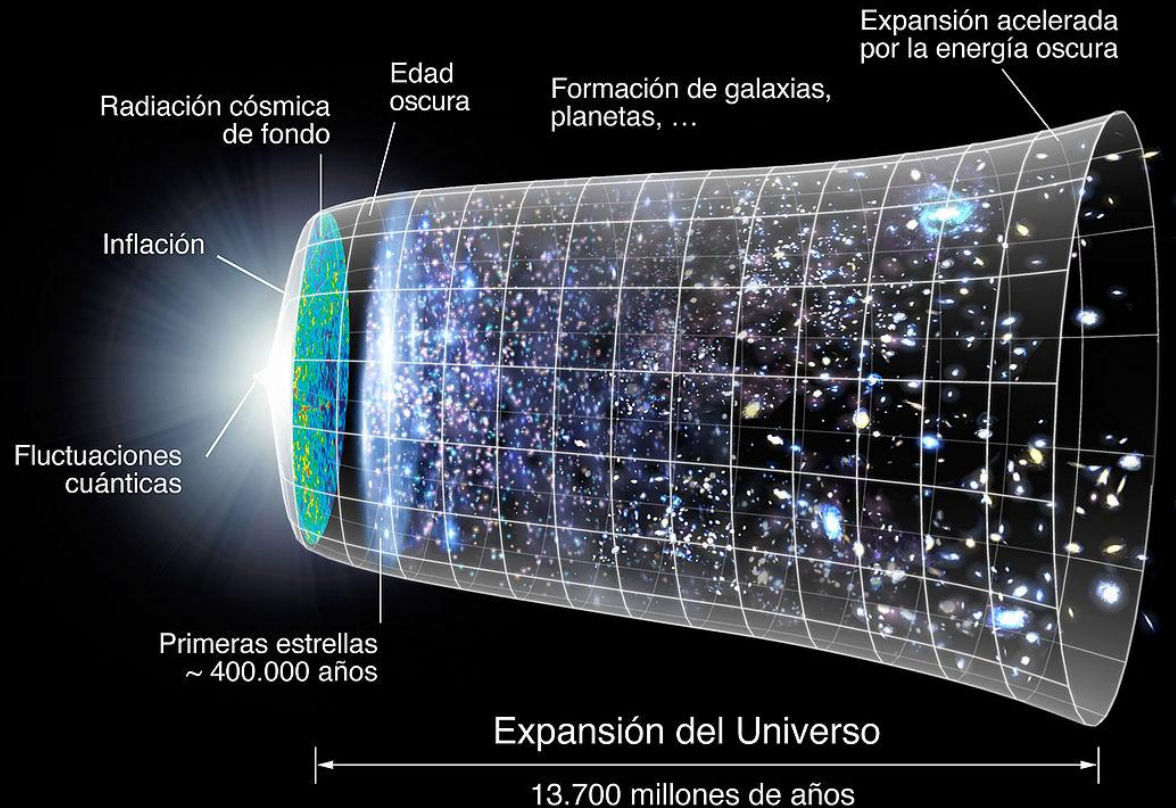
y resulta que para explicarlas hay que
asumir que existe algo más

Un ingrediente que no aparece
en el modelo estándar

Bueeeeno..



EL INGREDIENTE ES LA MATERIA OSCURA



NASA/WMAP Science Team

La materia oscura permite explicar de manera coherente miles de observaciones que tenemos sobre la evolución del universo desde 1 segundo después del Big-Bang

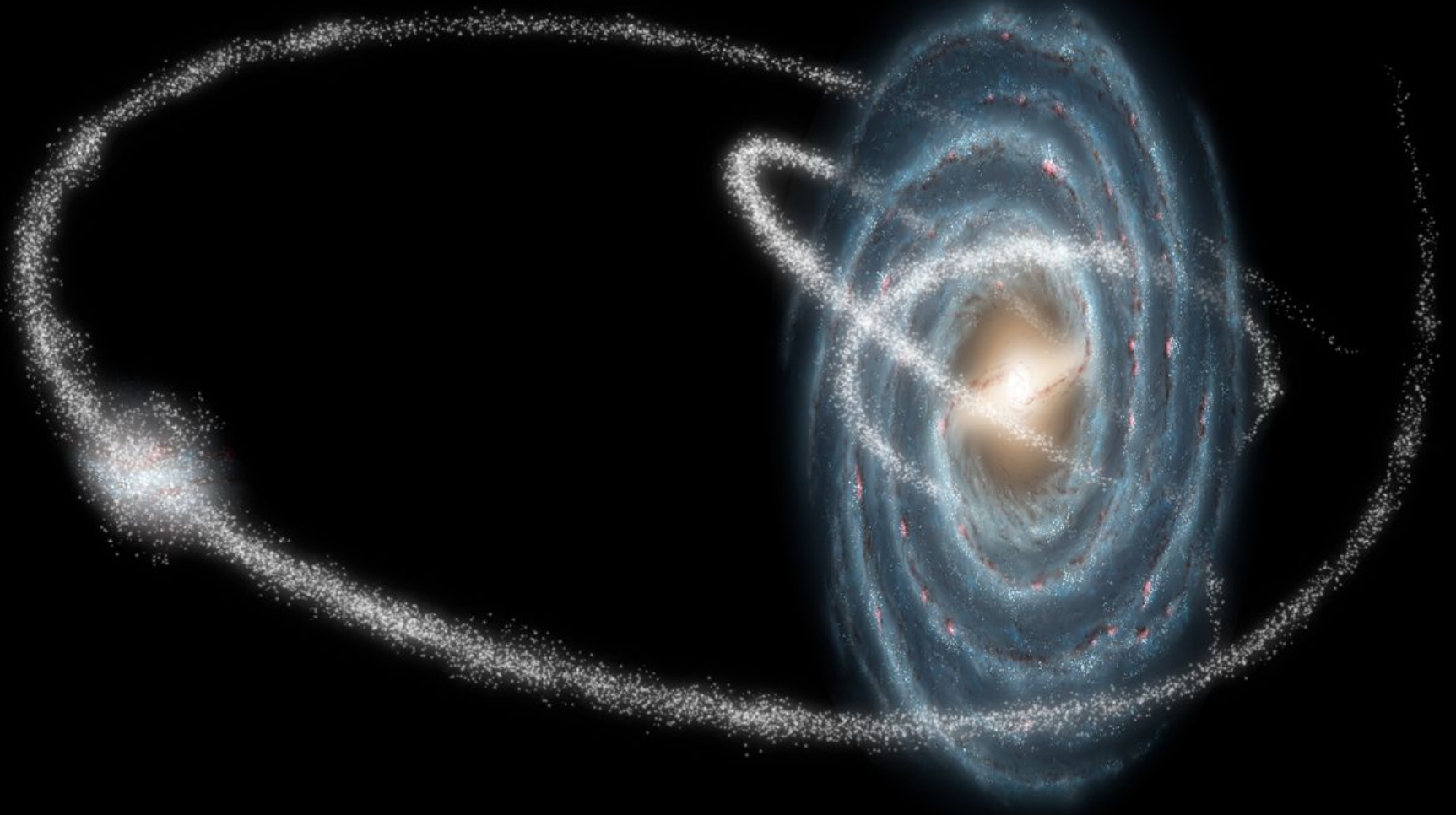
EVIDENCIA EXPERIMENTAL BIEN VISUAL

Galaxias enanas orbitando alrededor de Andrómeda



EVIDENCIA EXPERIMENTAL BIEN VISUAL

Galaxia enana Sagitario y Vía Láctea (**reconstrucción**)



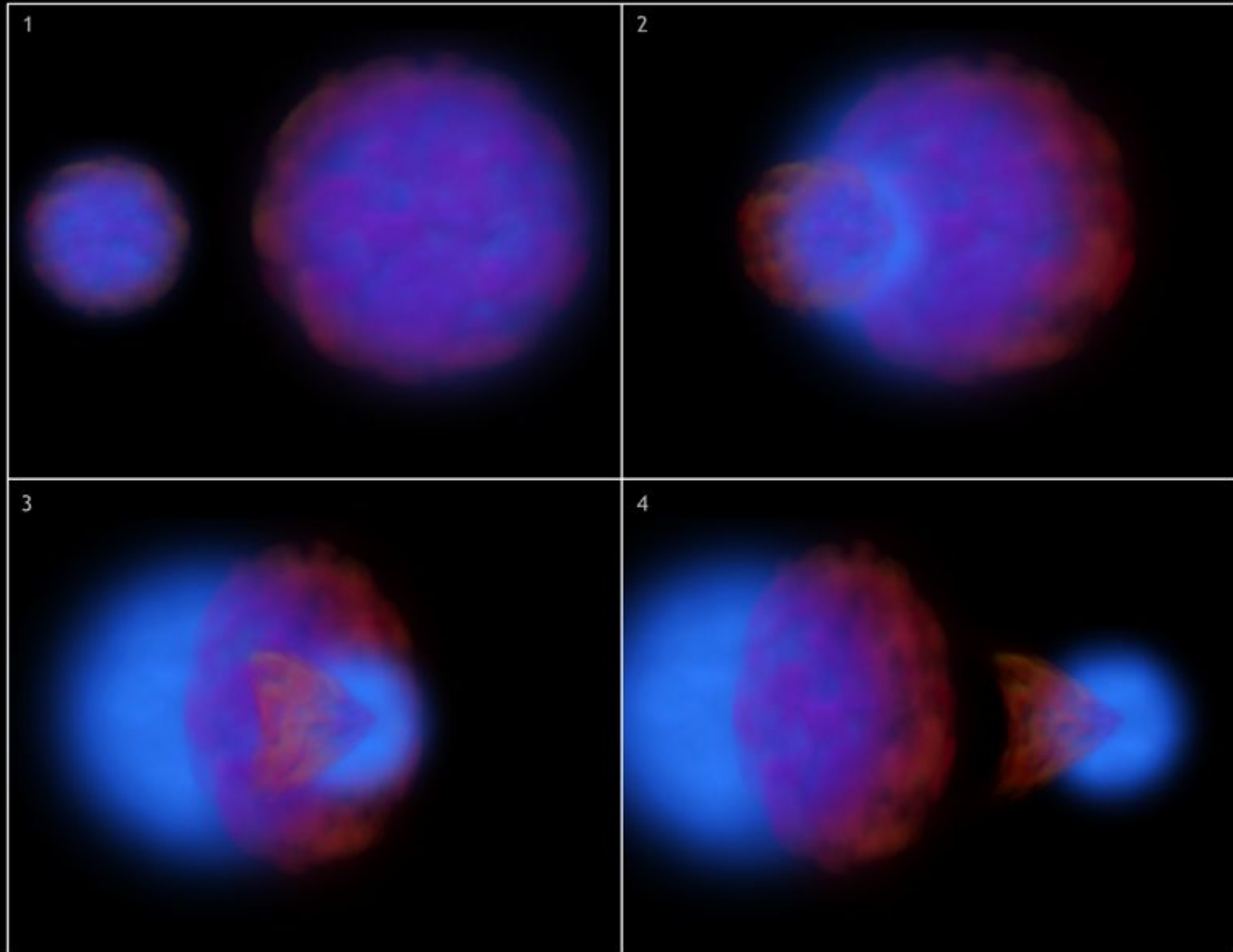
EVIDENCIA EXPERIMENTAL BIEN VISUAL

Galaxia NGC 5907 (**Observación!**)

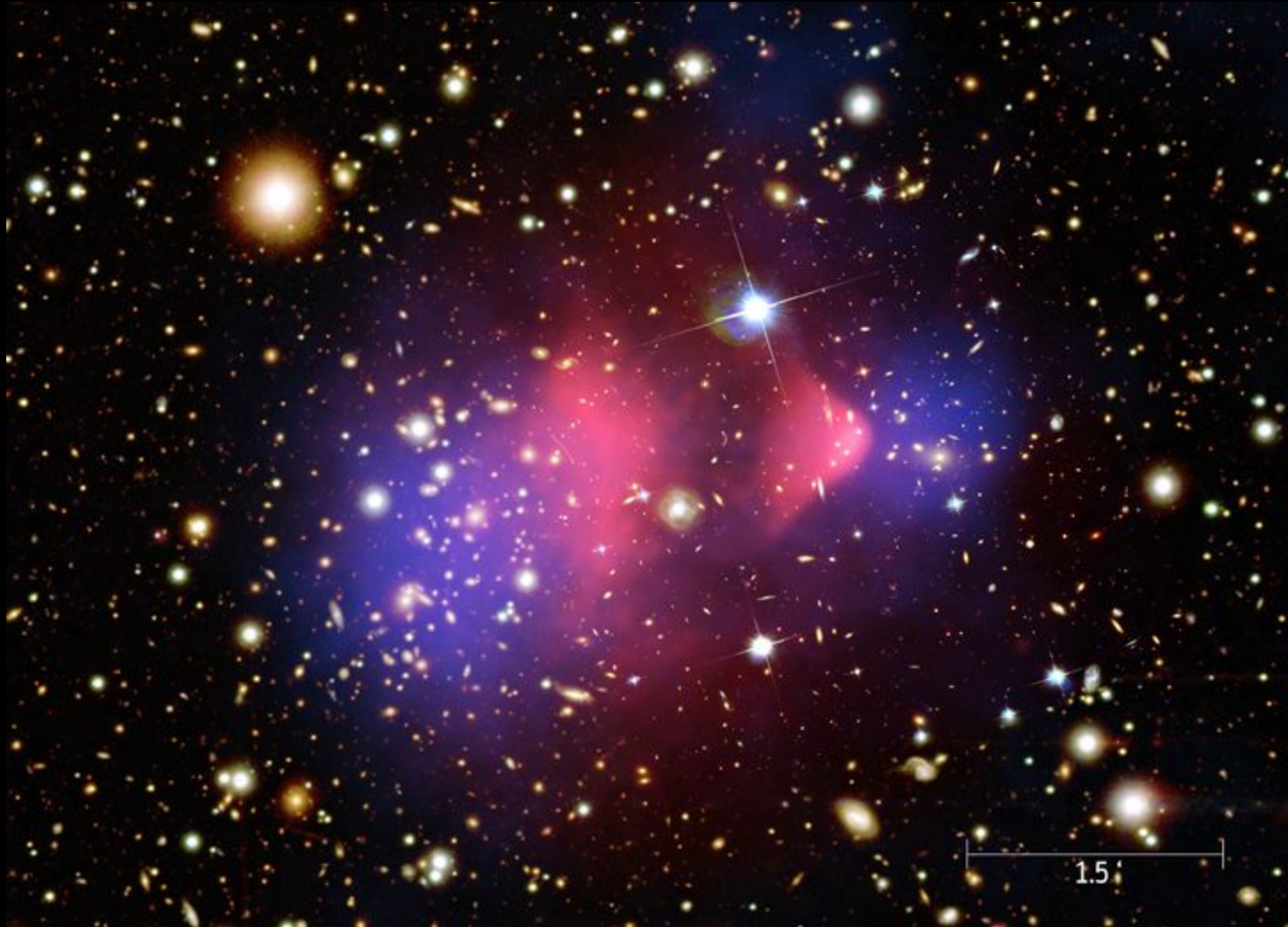


R Jay Gabany (Blackbird Observatory)

EVIDENCIA EXPERIMENTAL BIEN VISUAL

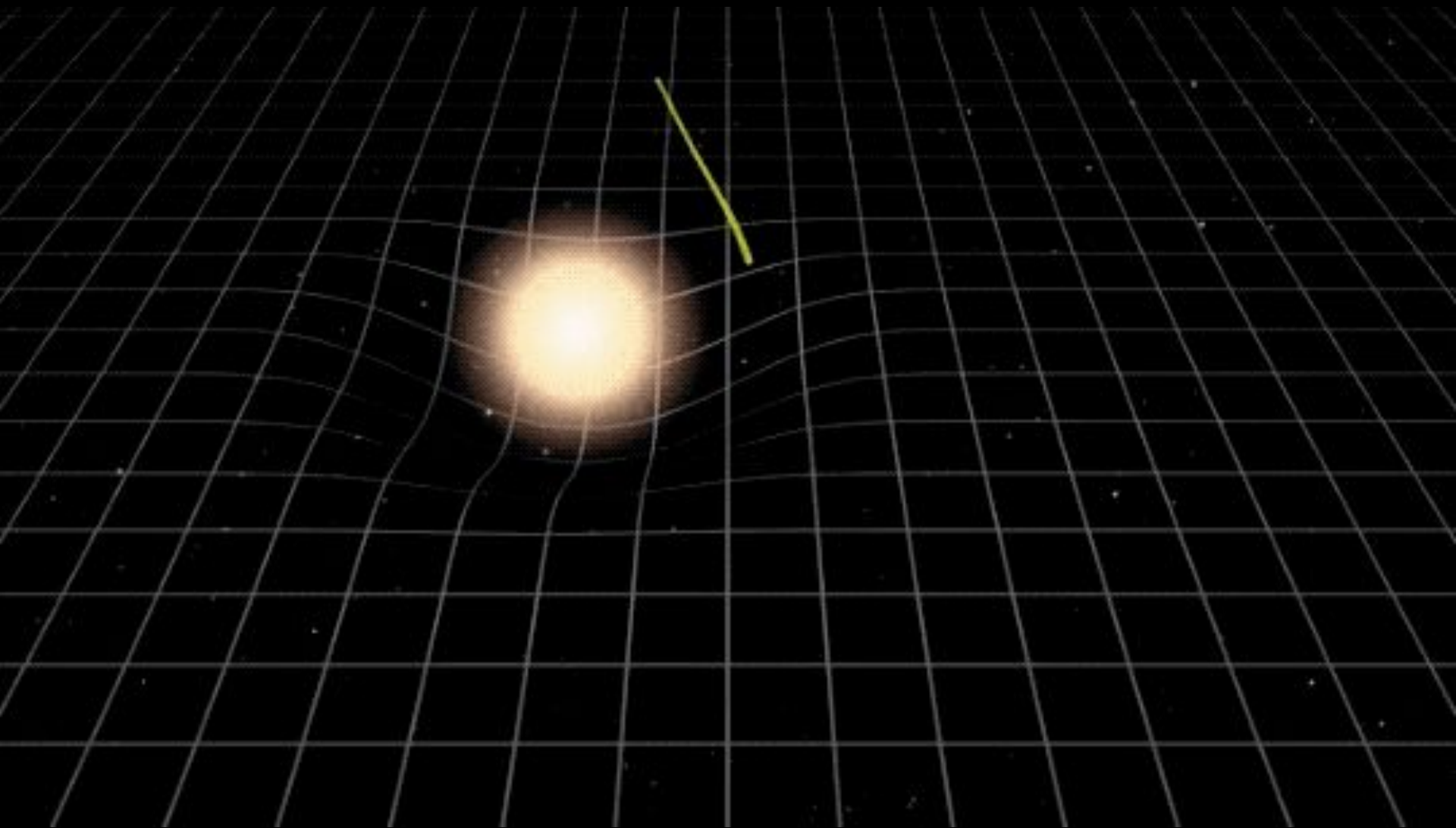


EVIDENCIA EXPERIMENTAL BIEN VISUAL

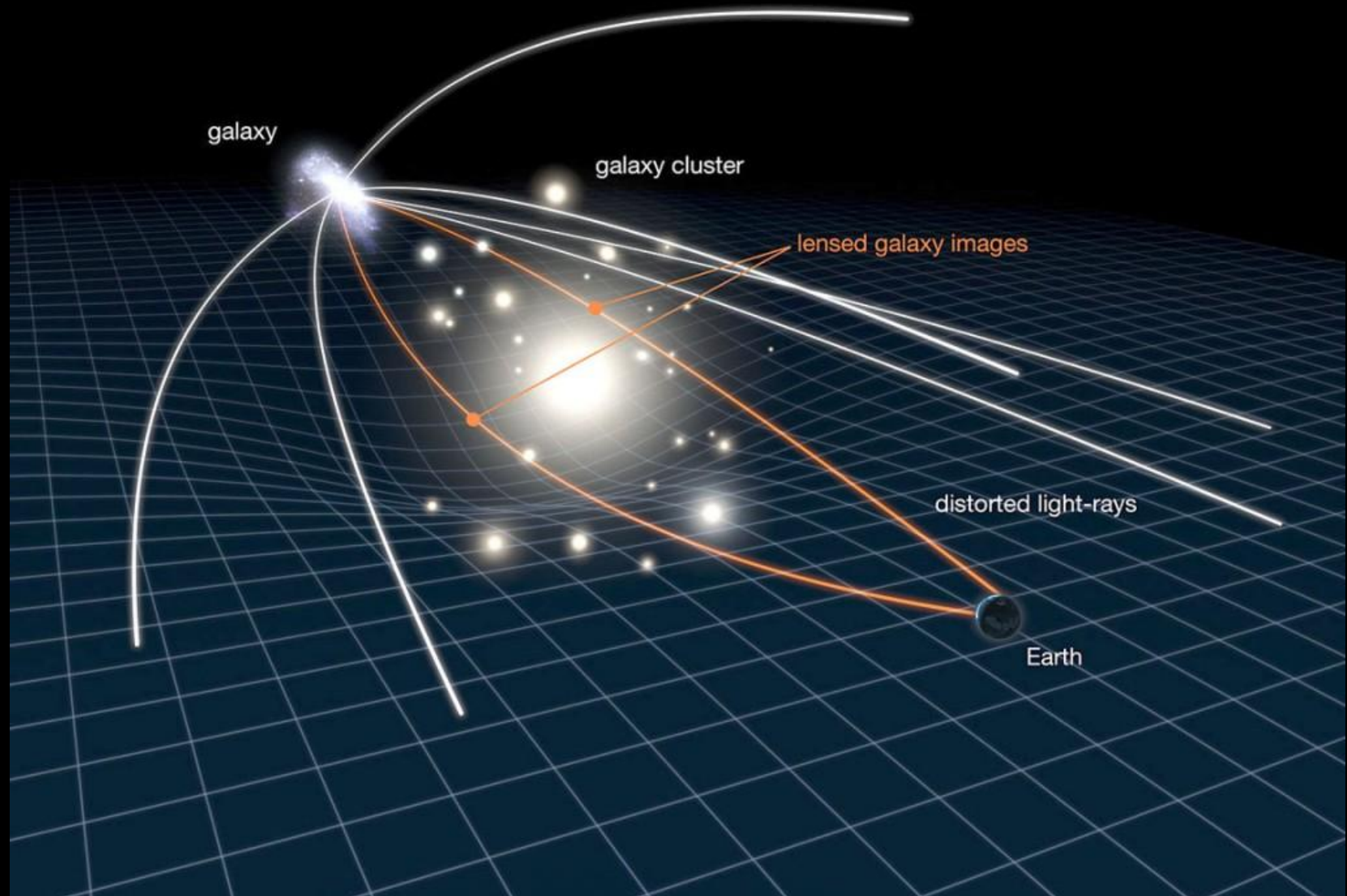


NASA/CXC/M. Weiss & Chandra

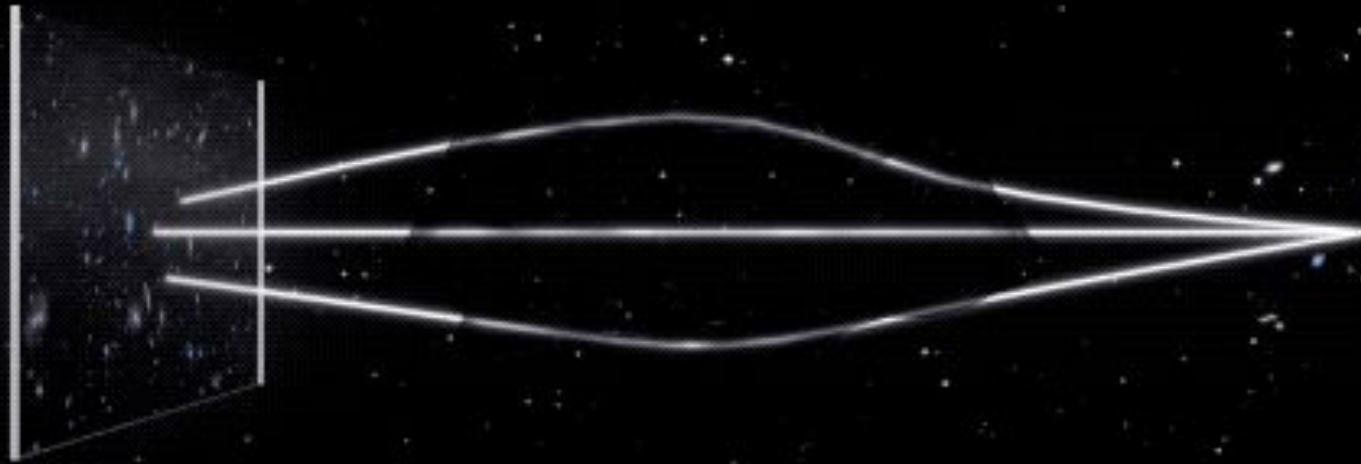
LENTES GRAVITACIONALES



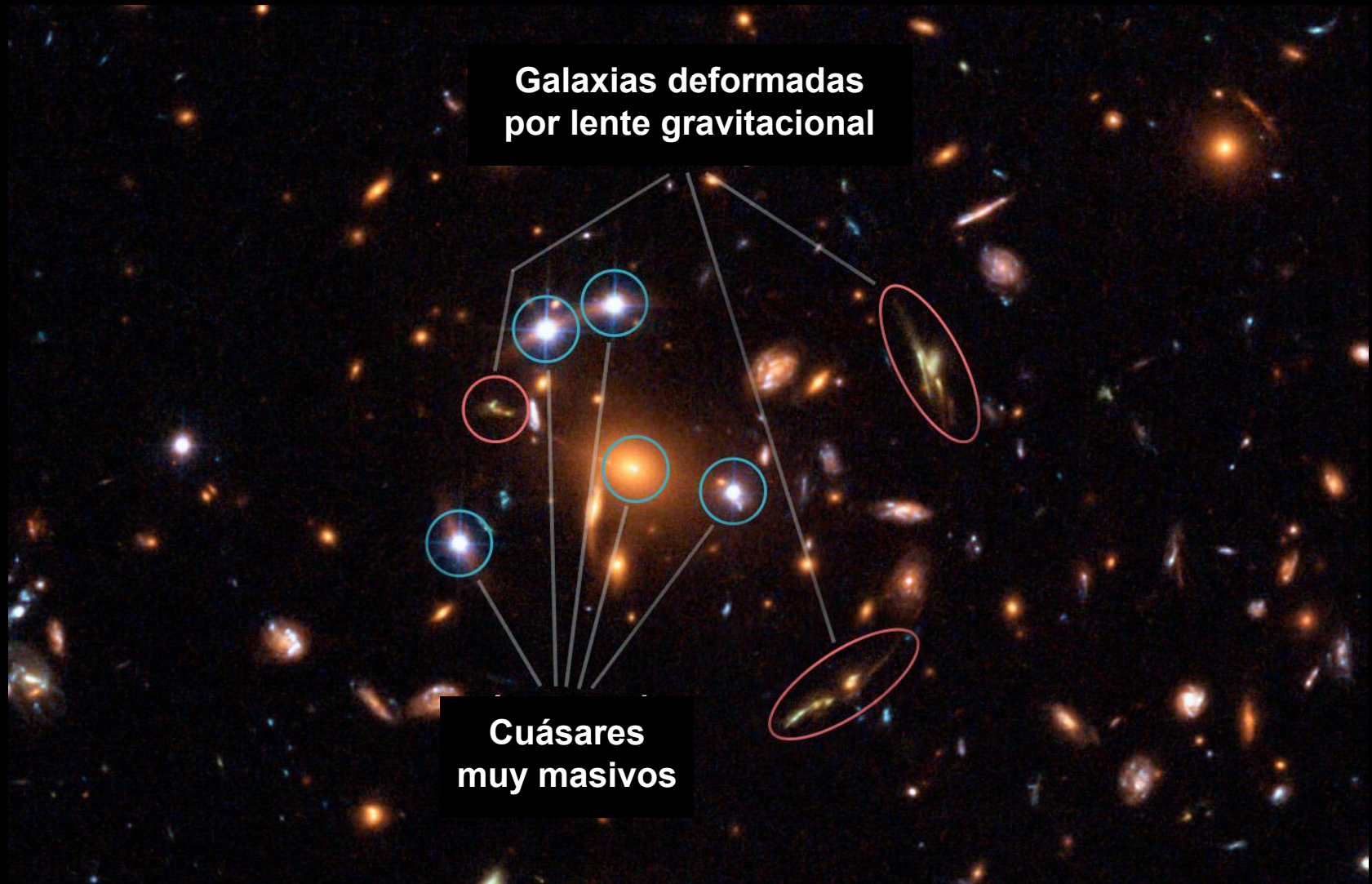
LENTESS GRAVITACIONALES



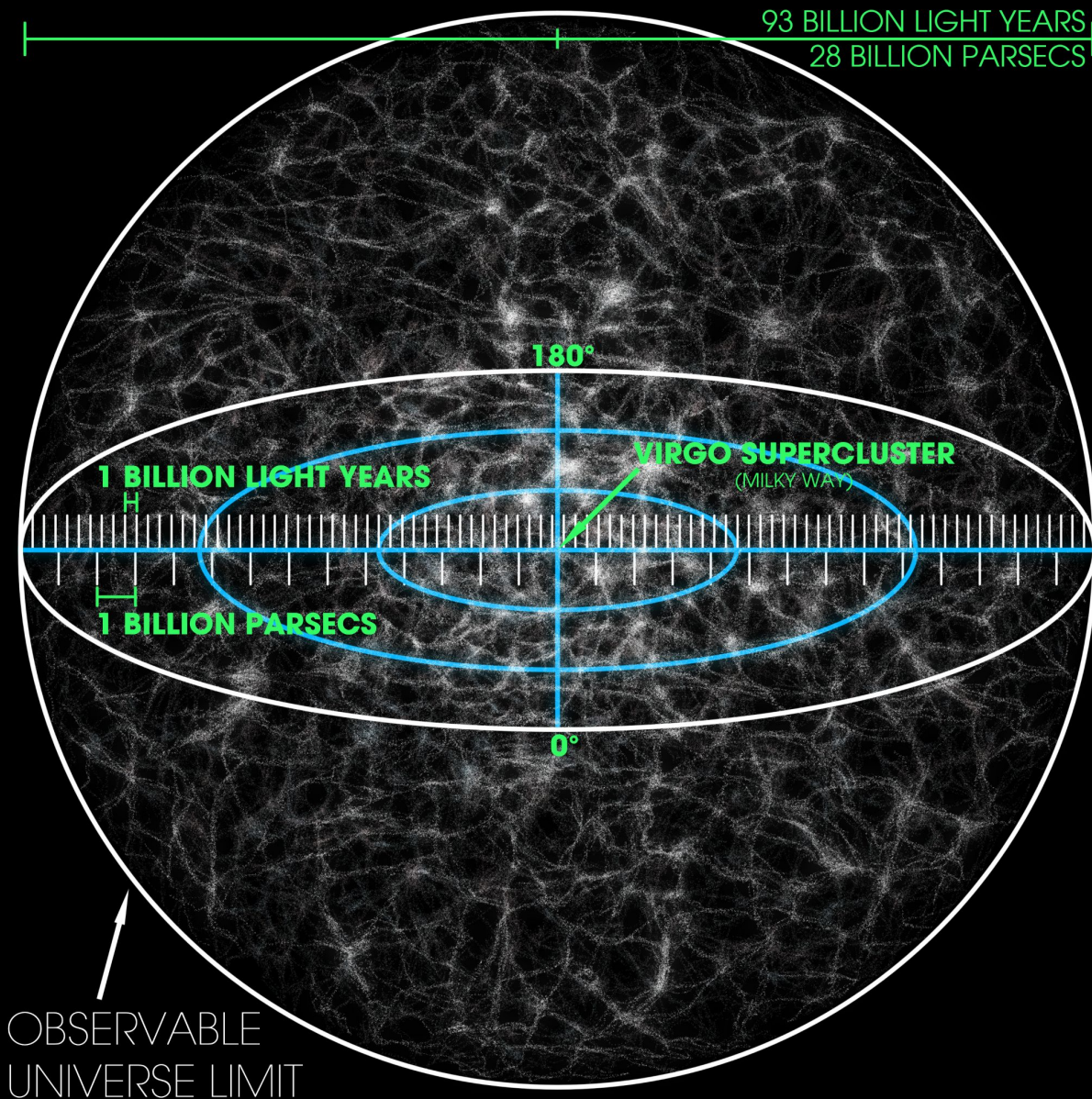
LENTES GRAVITACIONALES



LENTES GRAVITACIONALES



MAPA DE LA MATERIA OSCURA: LA DARK WEB



MATERIA OSCURA EN UNA DIAPOSITIVA

- Todas las observaciones experimentales de la existencia de materia oscura dependen de interacciones gravitatorias
- Tenemos mucha información sobre su distribución a escalas cósmicas
- ..pero no sabemos casi nada sobre su naturaleza microscópica
- La gran mayoría de las teorías asume que la naturaleza de la DM puede ser descripta con el lenguaje de la física de partículas
- La detección directa dependen de que interactúe de alguna otra forma además de gravitatoriamente

EL SECTOR OSCURO

No sabemos cuántas partículas lo conforman, y si existen “fuerzas oscuras” que solo esas partículas son capaces de sentir

Tres generaciones de la materia (fermiones)

	I	II	III		
masa→	2.4 MeV/c ²	1.27 GeV/c ²	171.2 GeV/c ²	0	0
carga→	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
espín→	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	2
nombre→	u up	c charm	t top	γ Foton	G Graviton
	4.8 MeV/c ²	104 MeV/c ²	4.2 GeV/c ²	0	7 GeV/c ²
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
Quark	d down	s strange	b bottom	g Gluon	H Boson Higgs
	<2.2 eV/c ²	<0.17 MeV/c ²	<15.5 MeV/c ²	91.2 GeV/c ²	
	0	0	0	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	ν_e Neutrino electrónico	ν_μ Neutrino muónico	ν_τ Neutrino tauónico	Z⁰ Boson Z	
	0.511 MeV/c ²	105.7 MeV/c ²	1.777 GeV/c ²	80.4 GeV/c ²	
	-1	-1	-1	±1	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
Lepton	e Electrón	μ Muón	τ Tau	W[±] Boson W	

Bosones de gauge



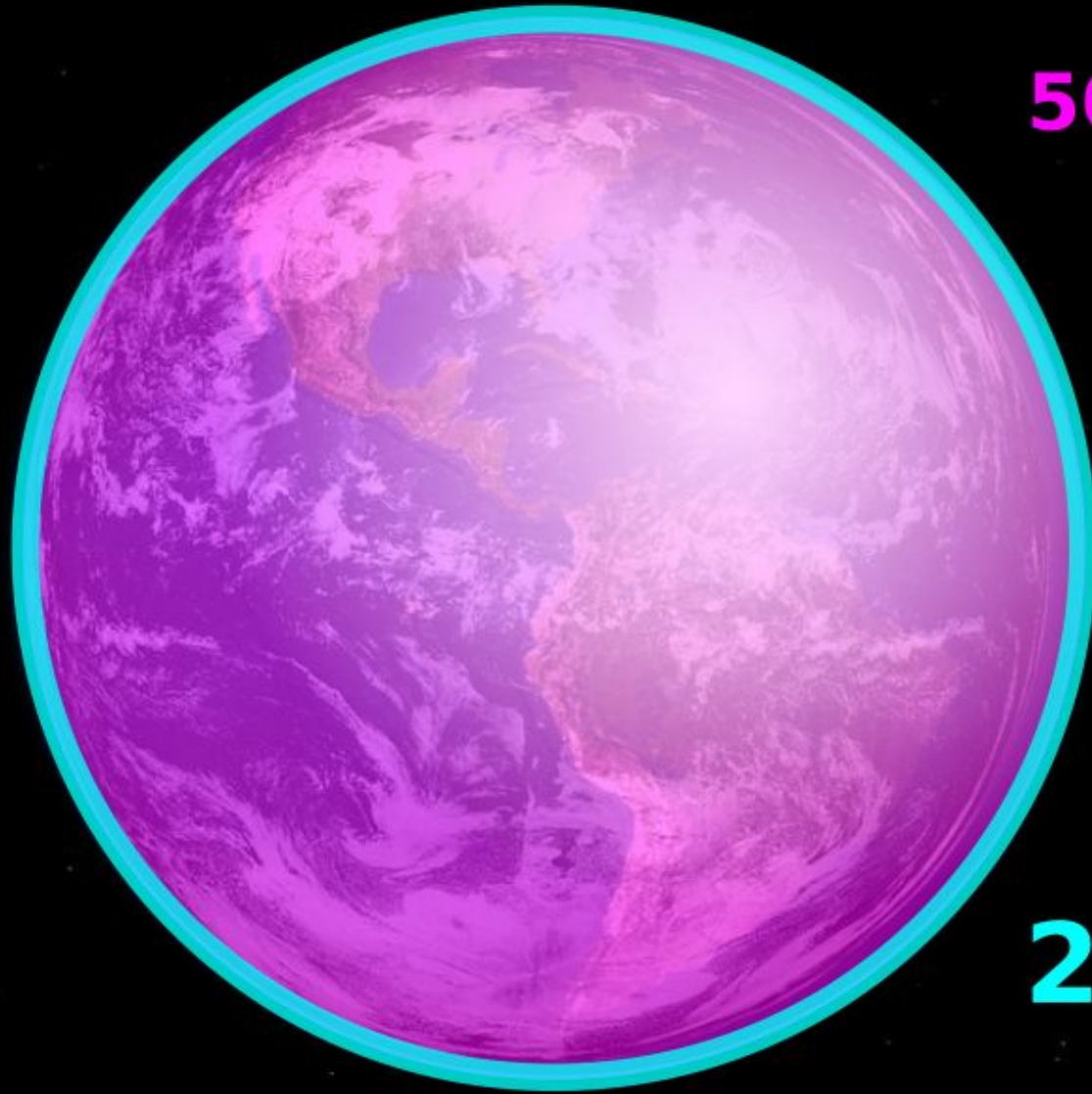
Tres generaciones de la materia (fermiones)

	I	II	III		
masa→	2.4 MeV/c ²	1.27 GeV/c ²	171.2 GeV/c ²	0	0
carga→	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0	0
espín→	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	2
nombre→	u up	c charm	t top	γ Foton	G Graviton
	4.8 MeV/c ²	104 MeV/c ²	4.2 GeV/c ²	0	7 GeV/c ²
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	0
Quark	d down	s strange	b bottom	g Gluon	H Boson Higgs
	<2.2 eV/c ²	<0.17 MeV/c ²	<15.5 MeV/c ²	91.2 GeV/c ²	
	0	0	0	0	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
	ν_e Neutrino electrónico	ν_μ Neutrino muónico	ν_τ Neutrino tauónico	Z⁰ Boson Z	
	0.511 MeV/c ²	105.7 MeV/c ²	1.777 GeV/c ²	80.4 GeV/c ²	
	-1	-1	-1	±1	
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	
Lepton	e Electrón	μ Muón	τ Tau	W[±] Boson W	

Bosones de gauge

Sí sabemos que, al menos, la gravedad comunica el sector oscuro con el nuestro

BUENO, OK.. BUSQUEMOS MATERIA OSCURA

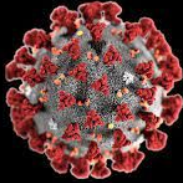


500 gr!

2 gr!

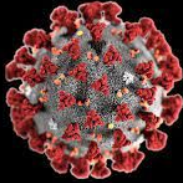
parece muy poquito peeeero...

COMPAREMOS CON TODO EL COVID



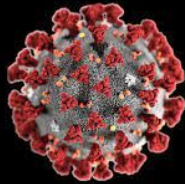
1 virus
1 femtogram
(10^{-15} gramos)

COMPAREMOS CON TODO EL COVID



1 virus	1 infectada
1 femtogrammo	x10,000,000,000 virus
(10^{-15} gramos)	0.00001 gramos

COMPAREMOS CON TODO EL COVID



1 virus	1 infectada	en todo el mundo
1 femtogramo	x10,000,000,000 virus	x10,000,000
(10^{-15} gramos)	0.00001 gramos	100 gramos!

En el pico de la pandemia había 100gr de virus
desparramados por toda la superficie de la tierra

..y era bastante fácil detectar su efecto.

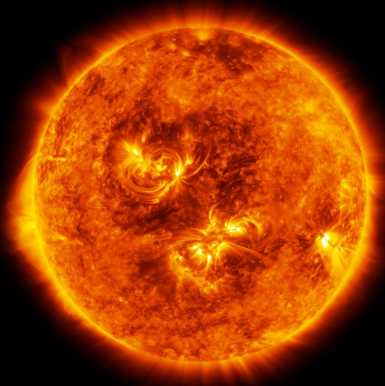
AHORA UNA COMPARACIÓN MÁS PERTINENTE..

LOS RAYOS CÓSMICOS



ORIGEN DE LOS RAYOS CÓSMICOS

Son partículas (protones, electrones, etc) que llegan a la tierra desde muchas fuentes en el universo



el sol



agujeros negros



supernovas



galaxias activas



?

quién sabe..

RAYOS CÓSMICOS: ¿QUÉ EFECTOS TIENEN?

CAUSAN LAS AURORAS BOREALES :)



Se producen cuando los rayos cósmicos que vienen de una tormenta solar chocan con la atmósfera de la tierra

Y OTROS EFECTOS CON MENOS GLAMOUR..



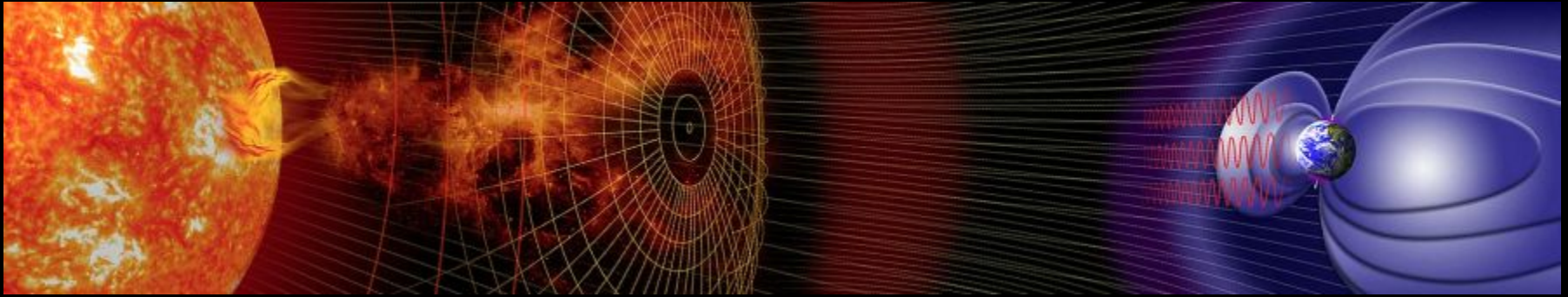
Los rayos cósmicos causan miles de colgadas por día

Y OTROS EFECTOS CON MENOS GLAMOUR..

¿Qué es lo que pasa en la computadora?



AHORA UNA COMPARACIÓN MÁS PERTINENTE..



MOTHERBOARD
TECH BY VICE

How Space Weather Can Influence Elections on Earth

The real alien voter fraud is genuinely coming from outside our planet.



By [Becky Ferreira](#)

February 17, 2017, 2:05pm [f Share](#) [t Tweet](#) [s Snap](#)

"Everything was going fine, but then suddenly, there were an additional 4,000 votes cast [...] People were surprised and asked, 'how did this happen?'"

En 2003 una máquina de voto electrónico en Bélgica sumó 4096 votos extra a un candidato.

La comisión que investigó concluyó que fue producido por un rayo cósmico 🤪

Y OTROS EFECTOS CON MENOS GLAMOUR..



ATSB probes 'cosmic rays' link to Qantas jet plunge

NICK BUTTERLY CANBERRA, The West Australian
November 18, 2009, 8:22 am



Cosmic rays link to mid-air

AAP | November 18, 2009, 11:00 AM | 17 comments

'Cosmic rays' may have hit Qantas plane off Australia's northwest coast

By Ben Packham | Herald Sun | November 19, 2009 12:01am

- Two terrifying dives by Qantas Airbus
- Flight attendant, passengers injured
- Cosmic rays from space may be to blame

COSMIC rays may have been responsible for a near disaster involving a Qantas jet off Australia's northwest coast.

Safety investigators have isolated the cause of two terrifying dives by the Airbus A330-303 to an onboard computer.

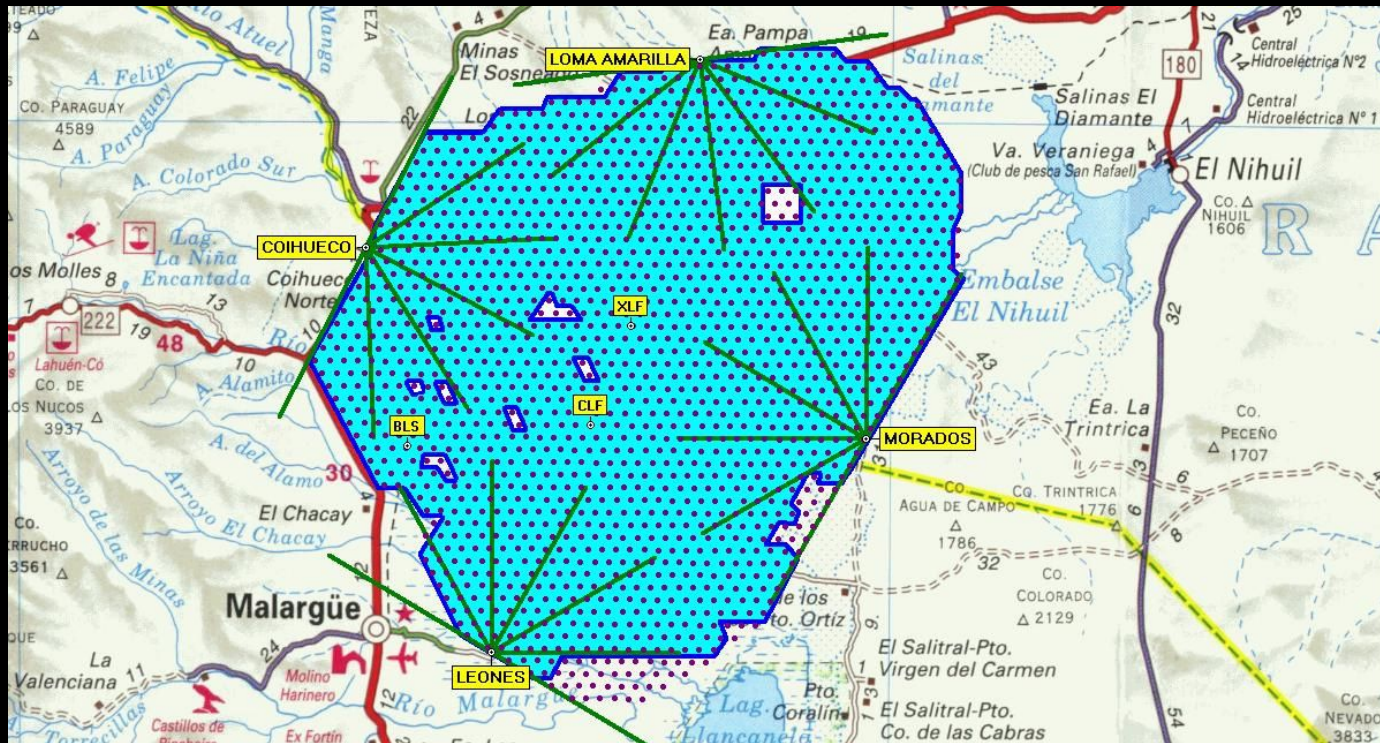
But the computer itself, fitted to about 900 aircraft worldwide, was found to be in perfect working order, [the Herald Sun reports](#).



The aircraft's nose pitched violently downward in rapid succession, diving 650ft and 400ft, unsecur passengers and luggage around

CÓMO ESTUDIAMOS A LOS RAYOS CÓSMICOS?

Observatorio Pierre Auger
es el más grande del mundo y está en Argentina



Cubre un área de 3000 km^2
¡15 veces el tamaño de la Ciudad de Buenos Aires!
www.auger.org

¿CUÁNTO PESAN LOS RAYOS CÓSMICOS?



**2 microgramos
(0.00002 gramos)**

Ahhhhhhh!

0.00002gr de RC contra 2gr de MO

Entonces detectar la materia oscura tiene
que ser bien fácil ¿no?

no

MATERIA OSCURA EN UNA DIAPOSITIVA

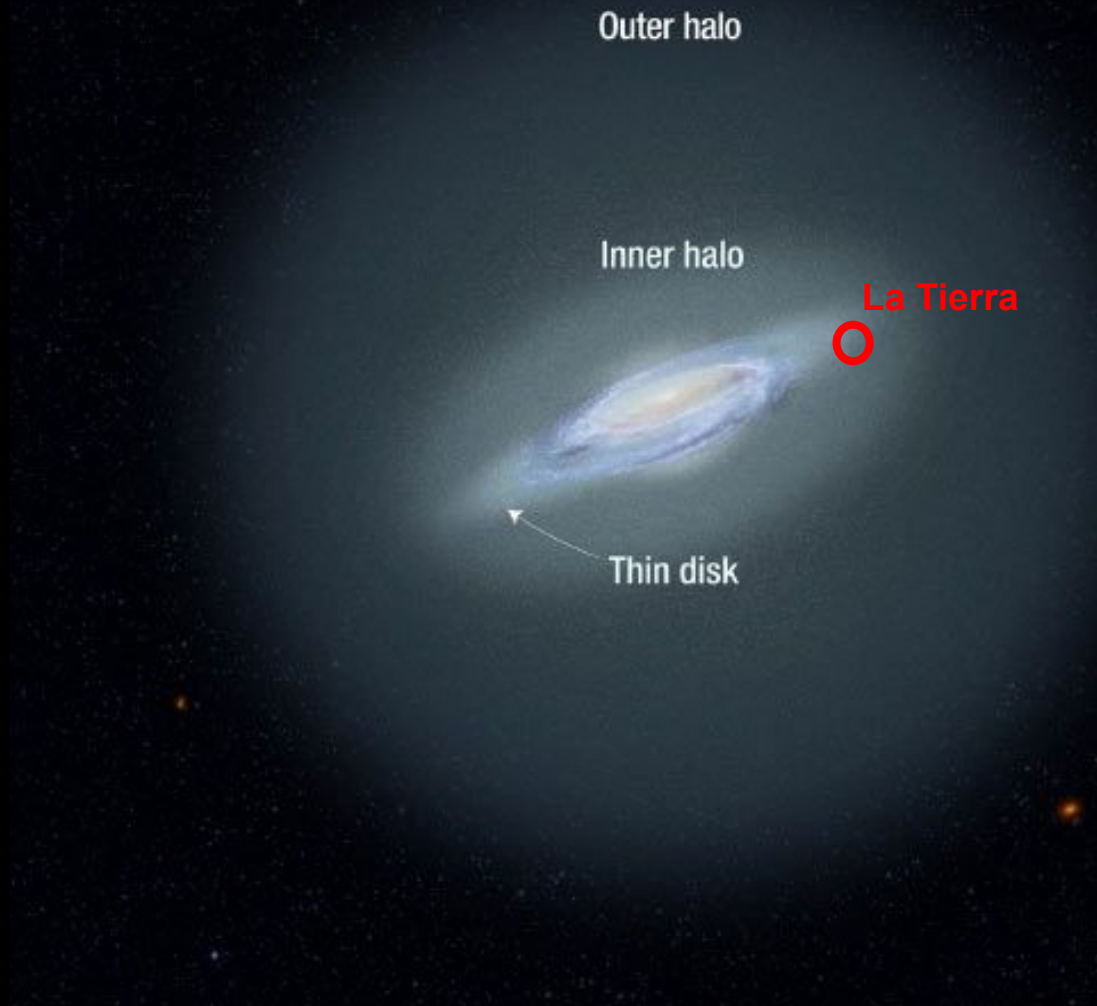
- Todas las observaciones dependen de interacciones gravitatorias
- Tenemos mucha información sobre su distribución a escalas cósmicas
- **Pero no sabemos casi nada sobre su naturaleza microscópica**
- La gran mayoría de las teorías asume que la naturaleza de la DM puede ser descripta con el lenguaje de la física de partículas
- **La detección directa dependen de que interactúe de alguna otra forma además de gravitatoriamente**

MATERIA OSCURA EN UNA DIAPOSITIVA

- Todas las observaciones dependen de interacciones gravitatorias
- Tenemos mucha información sobre su distribución a escalas cósmicas
- Pero no sabemos casi nada sobre su naturaleza microscópica
- La gran mayoría de las teorías asume que la naturaleza de la DM puede ser descripta con el lenguaje de la física de partículas
- La detección directa dependen de que interactúe de alguna otra forma además de gravitatoriamente

¿CÓMO LA BUSCAMOS ENTONCES?

Halo de materia oscura en la Vía Láctea



¿CÓMO LA BUSCAMOS ENTONCES?

Listo, perfecto..

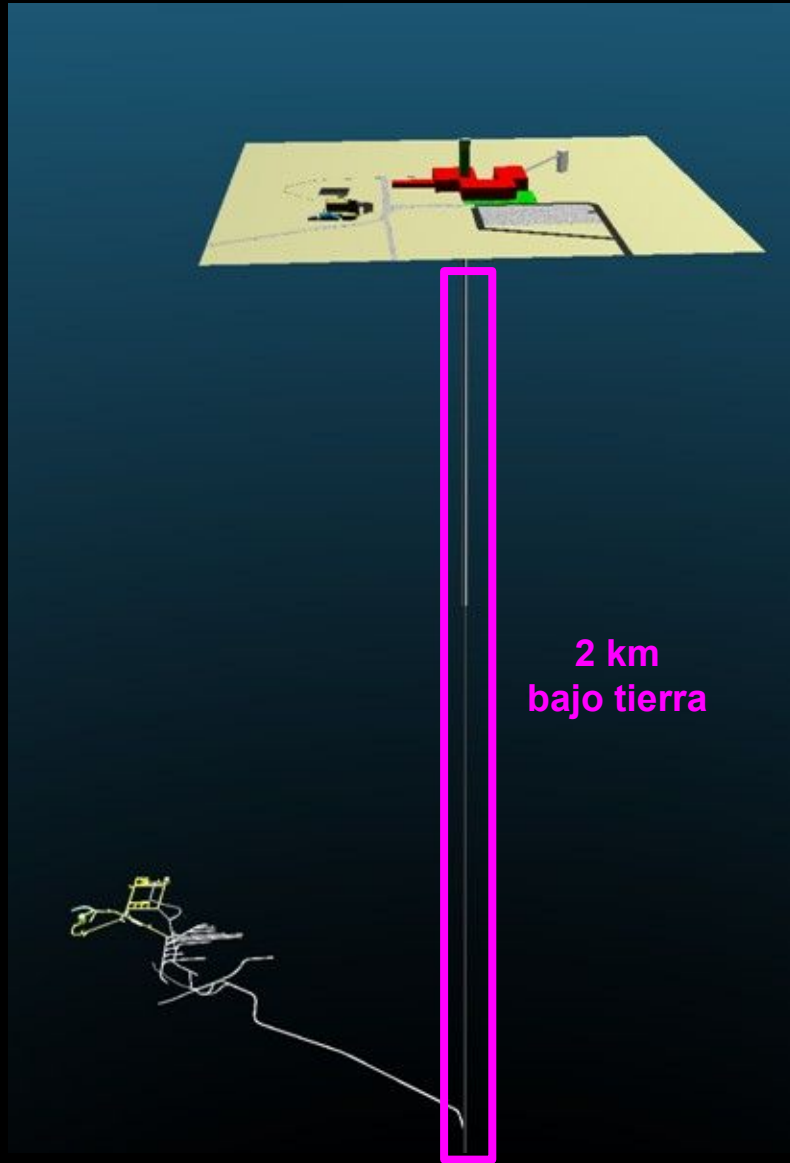
La materia oscura está todo a nuestro alrededor
Ahora solo necesitamos una forma de detectarla

RAYOS CÓSMICOS A TOPE



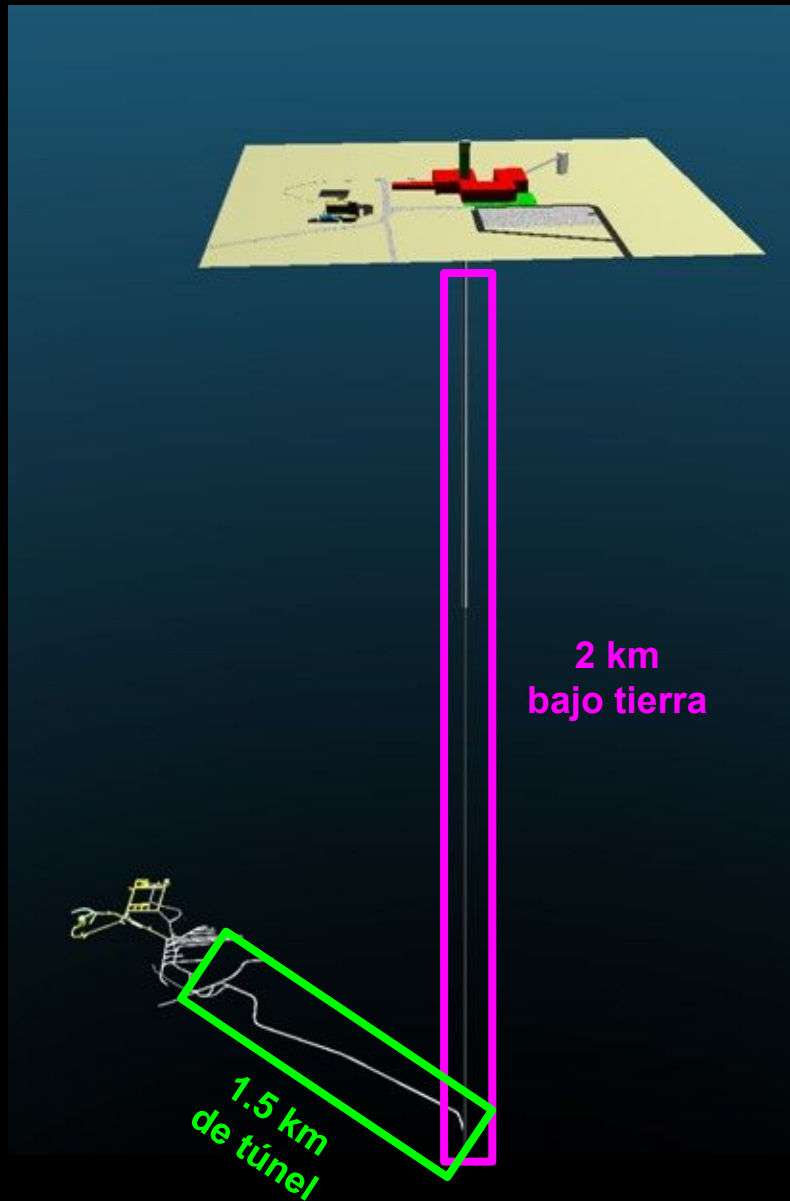
Buscar materia oscura en medio de los rayos cósmicos es como tratar de escuchar un murmullo en un recital

EN BUSCA DEL SILENCIO: SNOLAB



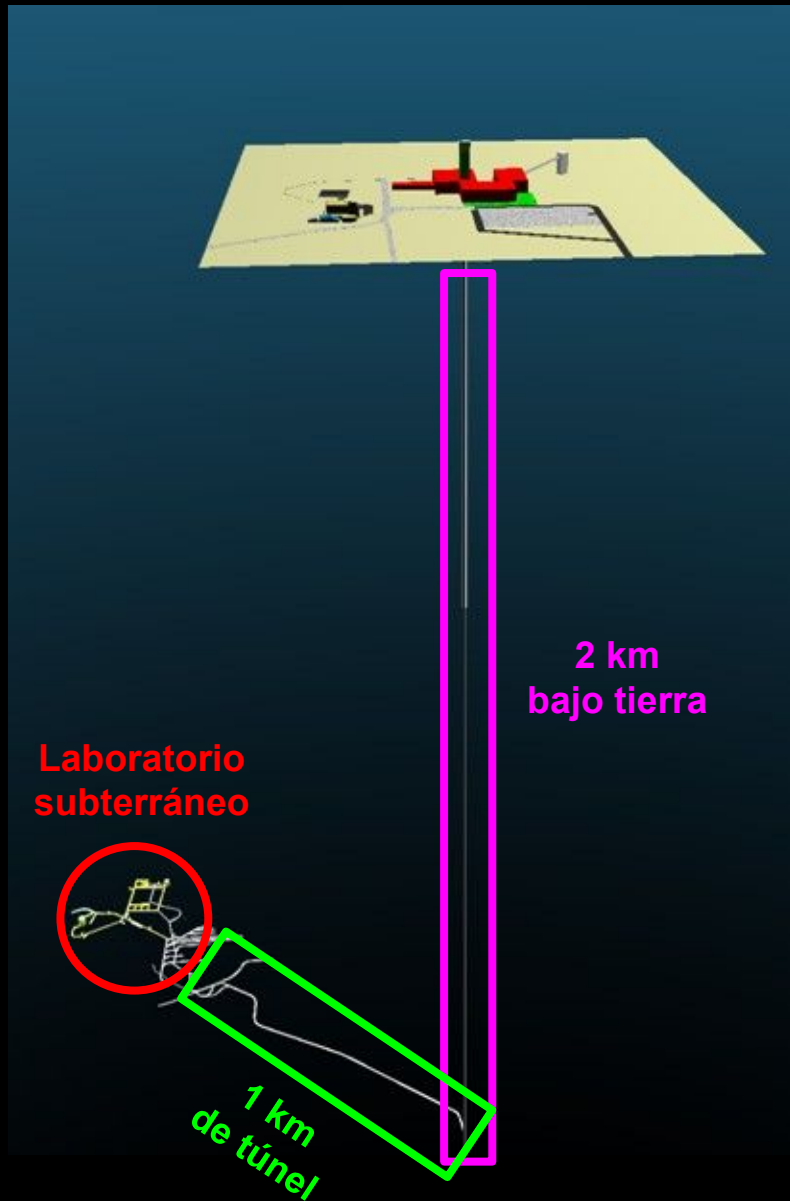
**Bajar 2 km en una caja de acero
que viaja a 50 km/h**

EN BUSCA DEL SILENCIO: SNOLAB



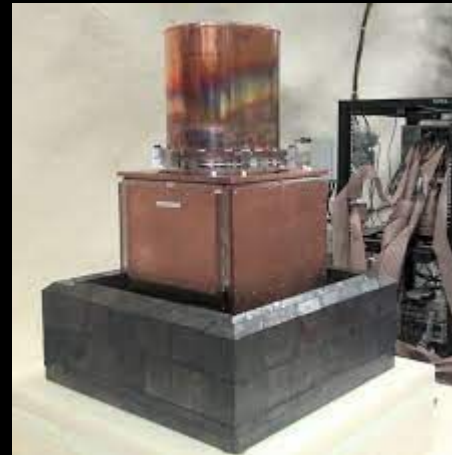
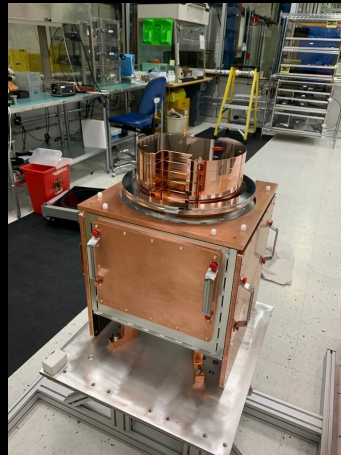
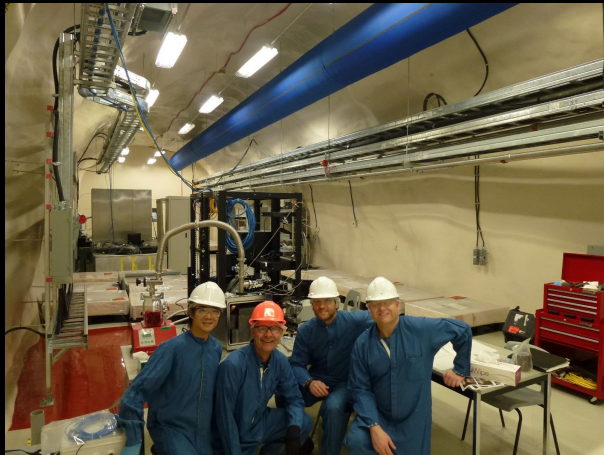
**Caminar 1.5 km por los túneles
de una mina activa**

EN BUSCA DEL SILENCIO: SNOLAB

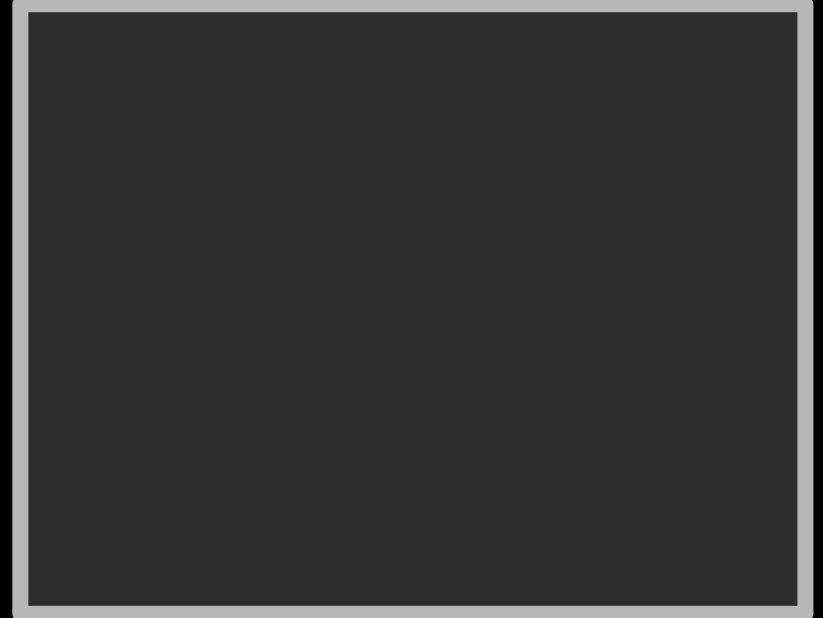


¡Llegar a Snolab!
laboratorio subterráneo (y limpio)

LABORATORIO SUBTERRÁNEO SNOLAB

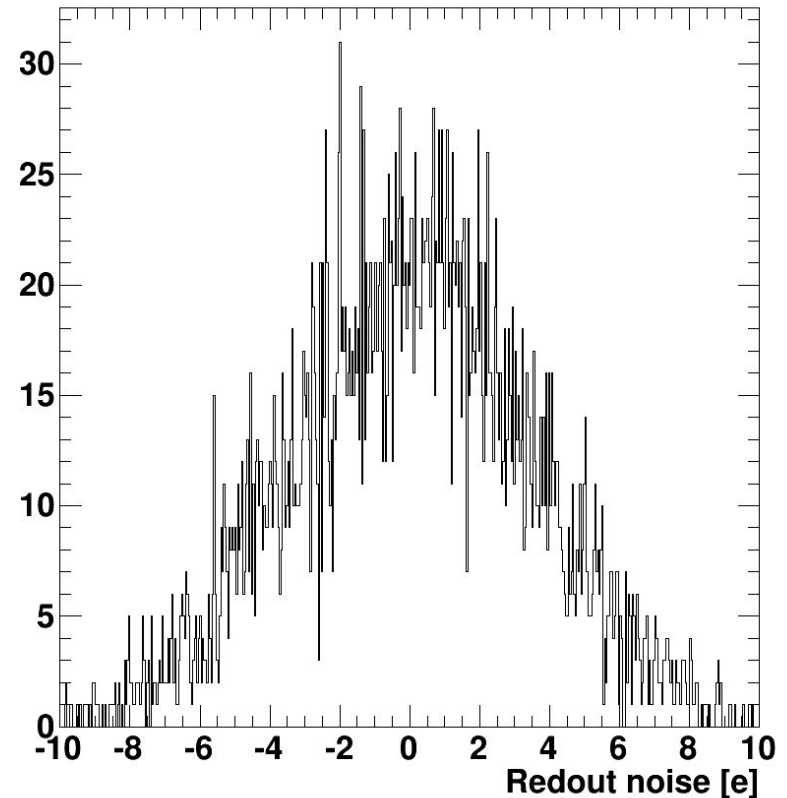
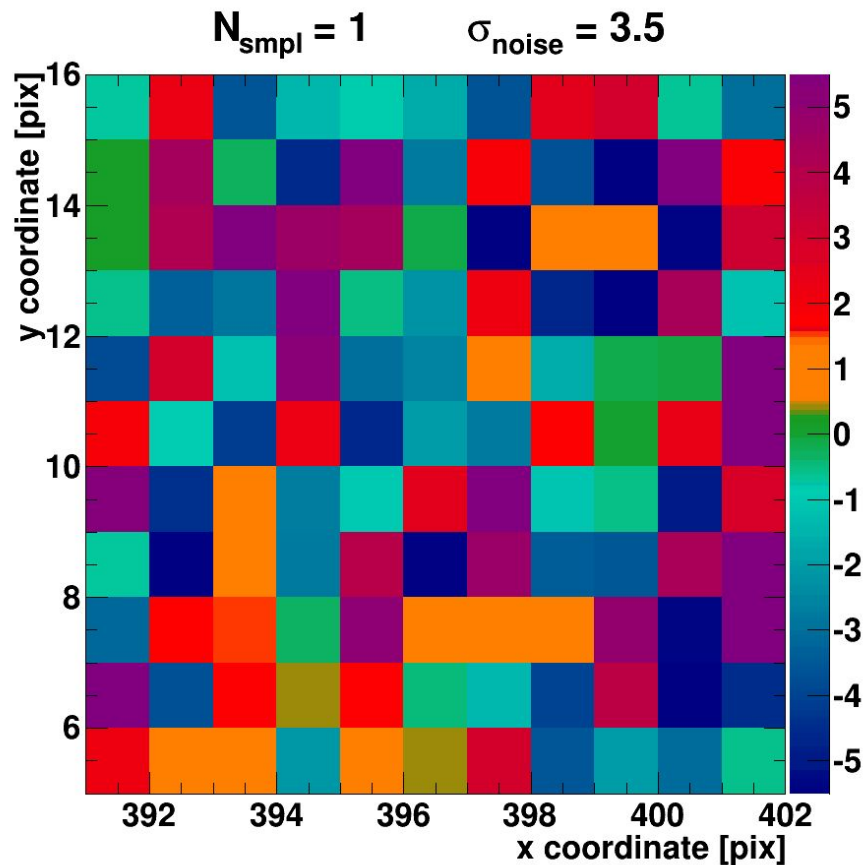


SILENCIO AL FIN!



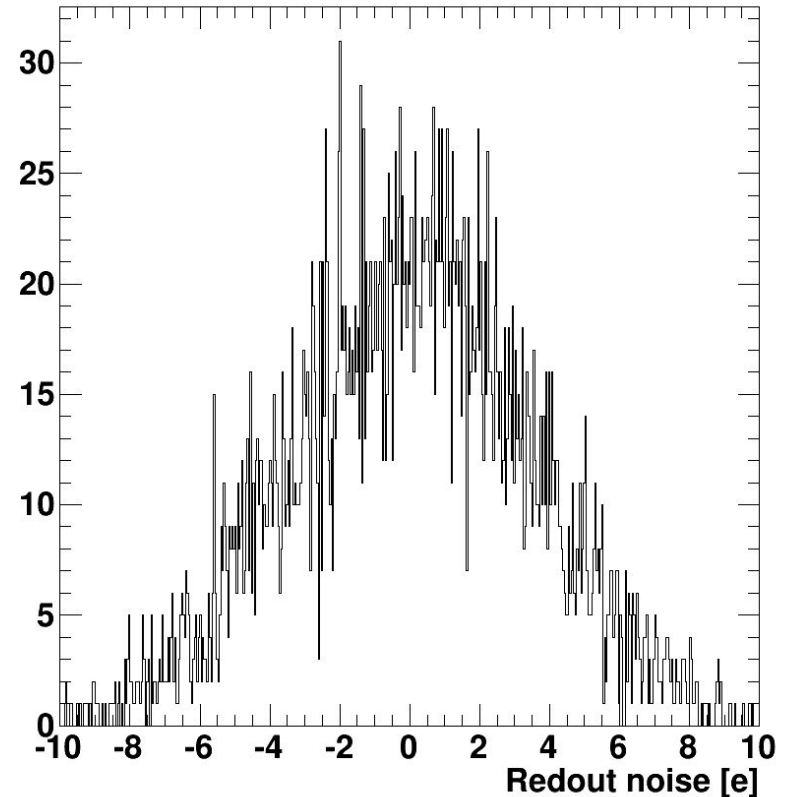
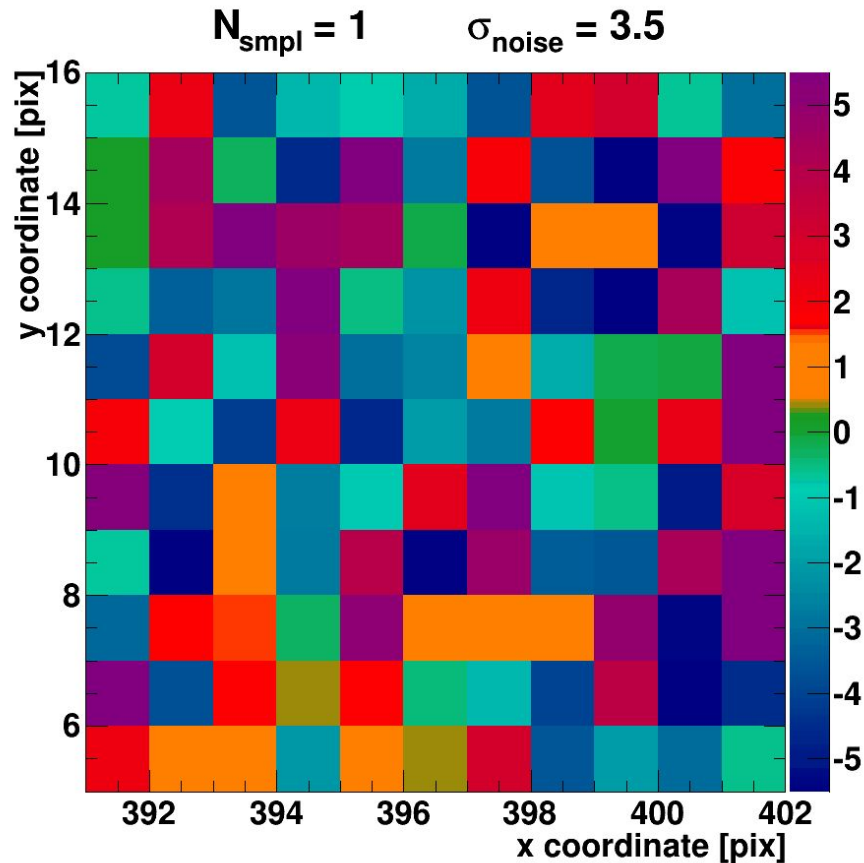
Ahora solo nos falta un “micrófono” super-sensible
que pueda aprovechar este silencio..

EL MILAGRO DEL SKIPPER-CCD



Es el primer detector en reducir el ruido electrónico a cero
Puede ver electrones de a uno y no se confunde

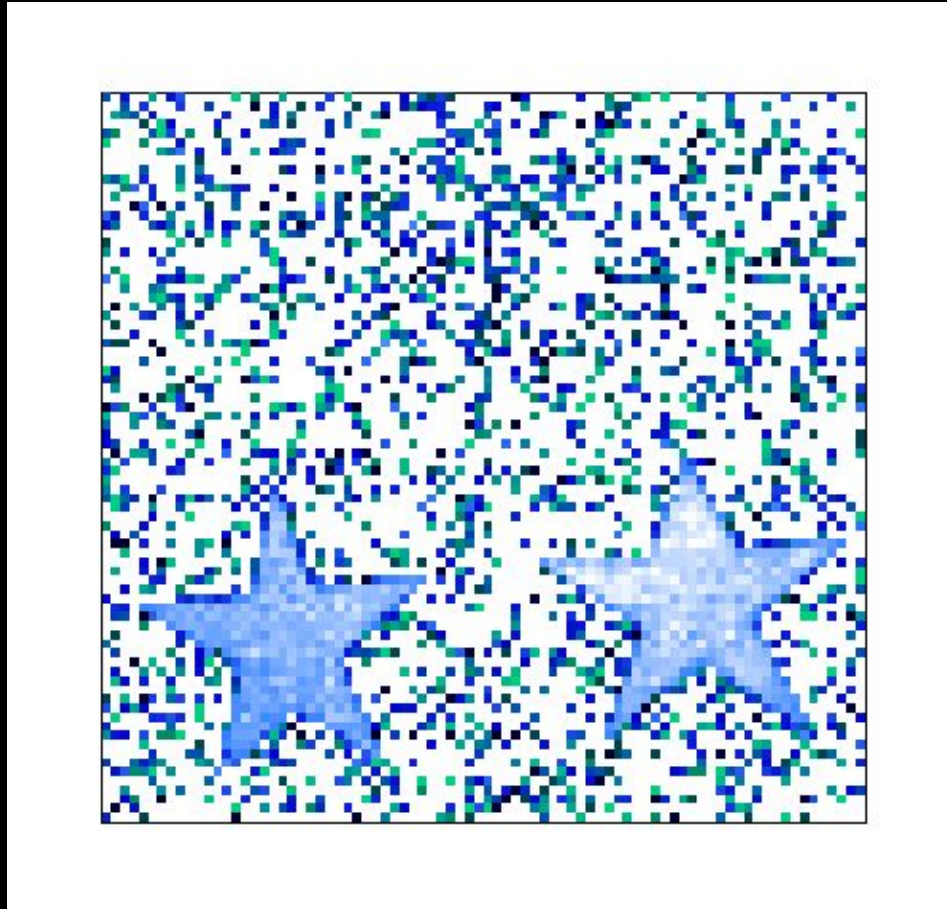
EL MILAGRO DEL SKIPPER-CCD



Es el primer detector en reducir el ruido electrónico a cero
Puede ver electrones de a uno y no se confunde

EL MILAGRO DEL SKIPPER-CCD

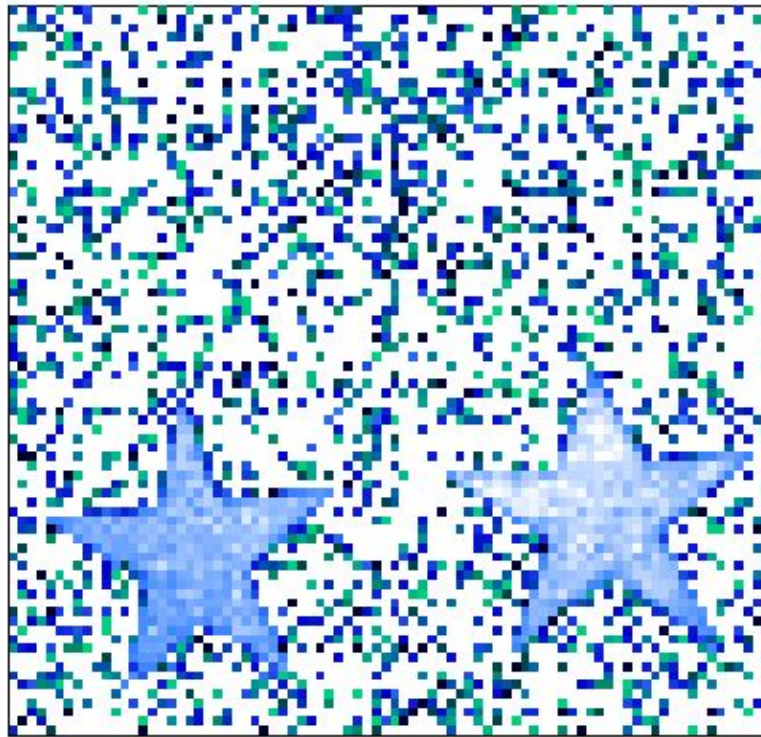
Imágen real tomada en el laboratorio LAMBDA para demostrar la capacidad del Skipper-CCD



Los píxeles en la tercer estrella solo tienen un electrón

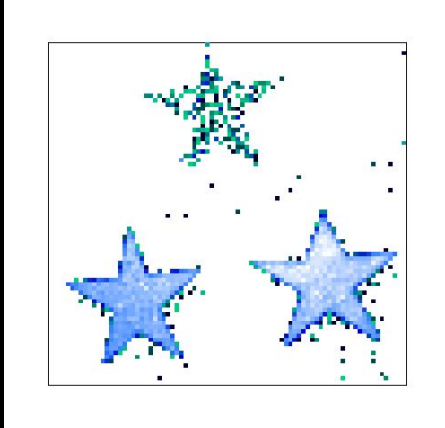
EL MILAGRO DEL SKIPPER-CCD

Imágen tomada en el laboratorio LAMBDA para demostrar la capacidad del Skipper-CCD



Los píxeles en la tercer estrella solo tienen un electrón

RESUMEN



Ya pudimos medir la tercer estrellita
con el Skipper-CCD

Ahora vamos por la materia oscura



Muchas gracias

¿Preguntas?

LABORATORIO LAMBDA EN LA FCEyN - UBA

La magia del Skipper-CCD en Buenos Aires

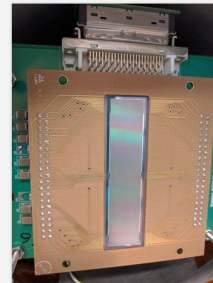


SOBRE LAMBDA / ABOUT

WAIT, ALL THE PAPERS IN YOUR FIELD ARE POSTED AS FREE PDFs ON ARXIV? THAT MUST BE KILLING BIG SCIENTIFIC JOURNALS, SINCE THEY CHARGE SUCH HUGE SUBSCRIPTION/PUBLICATION FEES.

PUBLICACIONES /
PUBLICATIONS

SENSEI EXPERIMENT



SKIPPER-CCD



VIOLETA COLLABORATION



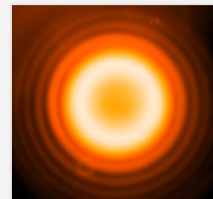
EN LAS NOTICIAS / IN THE NEWS



COLABORACIÓN CON FERMILAB



CHARLAS / TALKS

**PROYECTOS LABO 6-7 Y TESIS**

QUANTUM IMAGING

WEB: <http://lambda.df.uba.ar>