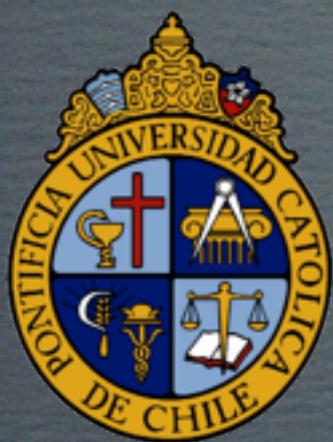
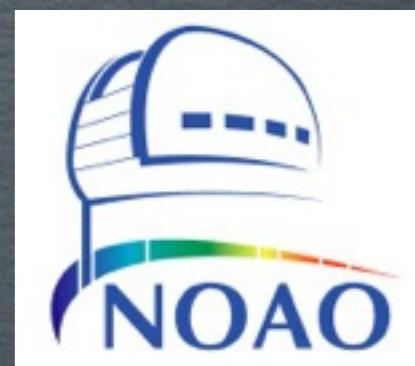


Astronomía en la era del Big Data



ROBERTO MUÑOZ
INSTITUTO DE ASTROFÍSICA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE



Ciclo de charlas públicas
La Chakana - Universidad de Tarapacá

Arica, Chile
19-06-2015

¿Qué es la Astronomía ?

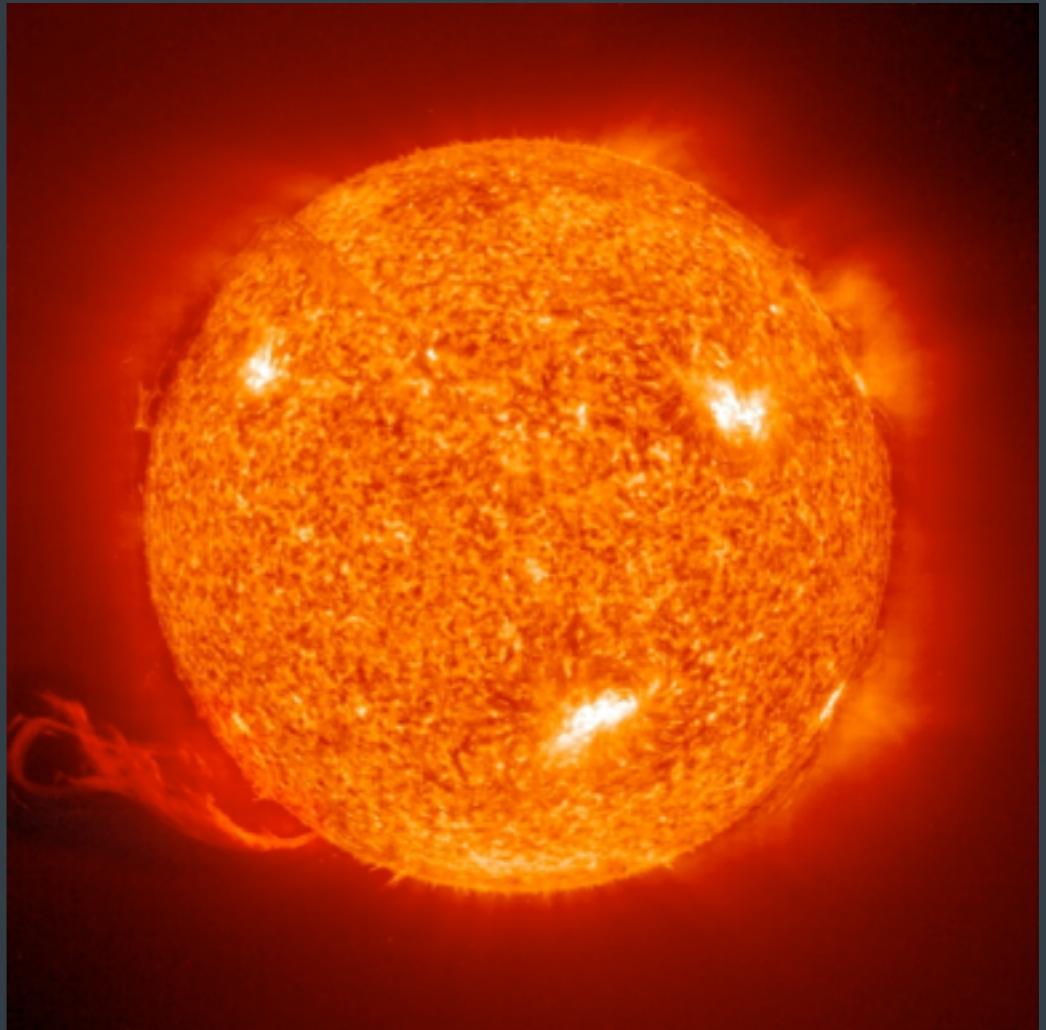
- La Astronomía es una ciencia natural que estudia los cuerpos celestes y trata de explicar una serie de fenómenos que ocurren en el Universo.

¿Qué es la Astronomía ?

- La Astronomía es una ciencia natural que estudia los cuerpos celestes y trata de explicar una serie de fenómenos que ocurren en el Universo.
- Cuerpos celestes

¿Qué es la Astronomía ?

- La Astronomía es una ciencia natural que estudia los cuerpos celestes y trata de explicar una serie de fenómenos que ocurren en el Universo.
- Cuerpos celestes
 - Estrellas, como el Sol.



¿Qué es la Astronomía ?

- La Astronomía es una ciencia natural que estudia los cuerpos celestes y trata de explicar una serie de fenómenos que ocurren en el Universo.
- Cuerpos celestes
 - Estrellas, como el Sol.
 - Planetas, como la Tierra.



¿Qué es la Astronomía ?

- La Astronomía es una ciencia natural que estudia los cuerpos celestes y trata de explicar una serie de fenómenos que ocurren en el Universo.
- Cuerpos celestes
 - Estrellas, como el Sol.
 - Planetas, como la Tierra.
 - Cometas, como el Cometa Halley.



¿Qué es la Astronomía ?

- La Astronomía es una ciencia natural que estudia los cuerpos celestes y trata de explicar una serie de fenómenos que ocurren en el Universo.
- Cuerpos celestes
 - Estrellas, como el Sol.
 - Planetas, como la Tierra.
 - Cometas, como el Cometa Halley.
 - Galaxias, como la Andrómeda.



¿Qué es la Astronomía ?

- La Astronomía es una ciencia natural que estudia los cuerpos celestes y trata de explicar una serie de fenómenos que ocurren en el Universo.
- Cuerpos celestes
 - Estrellas, como el Sol.
 - Planetas, como la Tierra.
 - Cometas, como el Cometa Halley.
 - Galaxias, como la Andrómeda.
- Fenómenos



¿Qué es la Astronomía ?

- La Astronomía es una ciencia natural que estudia los cuerpos celestes y trata de explicar una serie de fenómenos que ocurren en el Universo.
- Cuerpos celestes
 - Estrellas, como el Sol.
 - Planetas, como la Tierra.
 - Cometas, como el Cometa Halley.
 - Galaxias, como la Andrómeda.
- Fenómenos
 - Nacimiento y muerte de las estrellas.



¿Qué es la Astronomía ?

- La Astronomía es una ciencia natural que estudia los cuerpos celestes y trata de explicar una serie de fenómenos que ocurren en el Universo.
- Cuerpos celestes
 - Estrellas, como el Sol.
 - Planetas, como la Tierra.
 - Cometas, como el Cometa Halley.
 - Galaxias, como la Andrómeda.
- Fenómenos
 - Nacimiento y muerte de las estrellas.
 - Interacción y fusión de las galaxias.



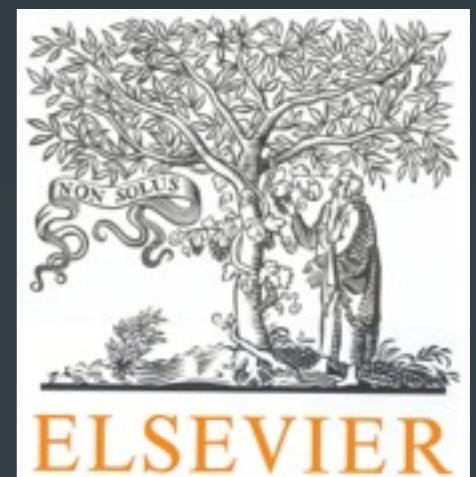
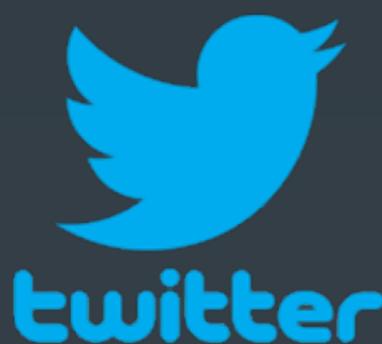
¿Qué es la Astronomía ?

- La Astronomía es una ciencia natural que estudia los cuerpos celestes y trata de explicar una serie de fenómenos que ocurren en el Universo.
- Cuerpos celestes
 - Estrellas, como el Sol.
 - Planetas, como la Tierra.
 - Cometas, como el Cometa Halley.
 - Galaxias, como la Andrómeda.
- Fenómenos
 - Nacimiento y muerte de las estrellas.
 - Interacción y fusión de las galaxias.
 - Formación de cúmulos de galaxias.

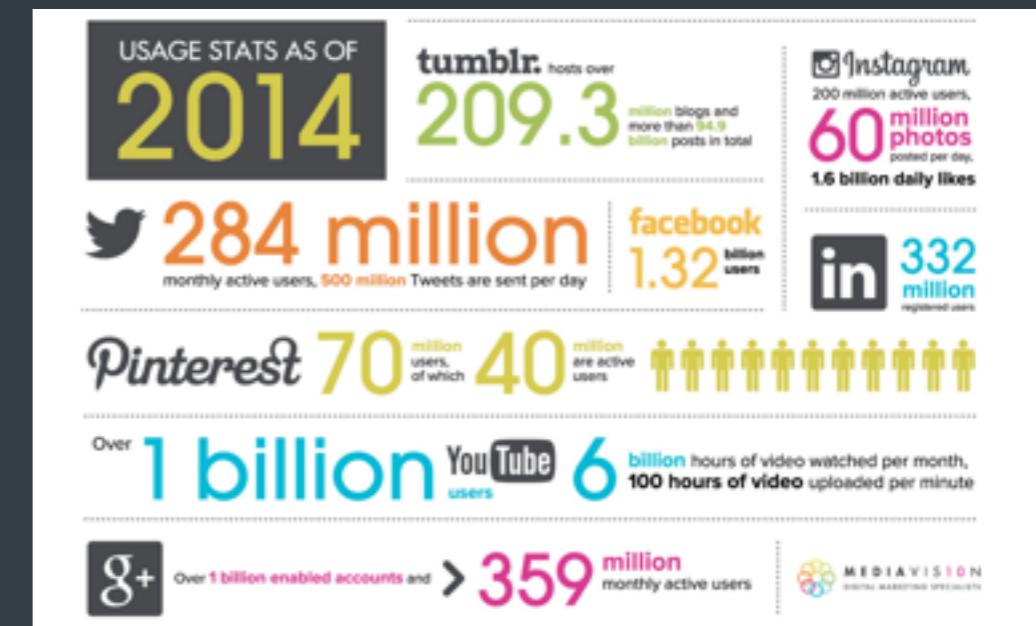


¿Qué es el Big Data?

- El rápido avance tecnológico y el gran desarrollo de las ciencias de la computación han permitido crear nuevas plataformas y servicios en los cuales se generan grandes cantidades de datos.
 - Redes sociales: Twitter, Facebook, Myspace.
 - Telecomunicaciones: Movistar, Entel.
 - Publicaciones científicas: arXiv, Elsevier.



Número de usuarios

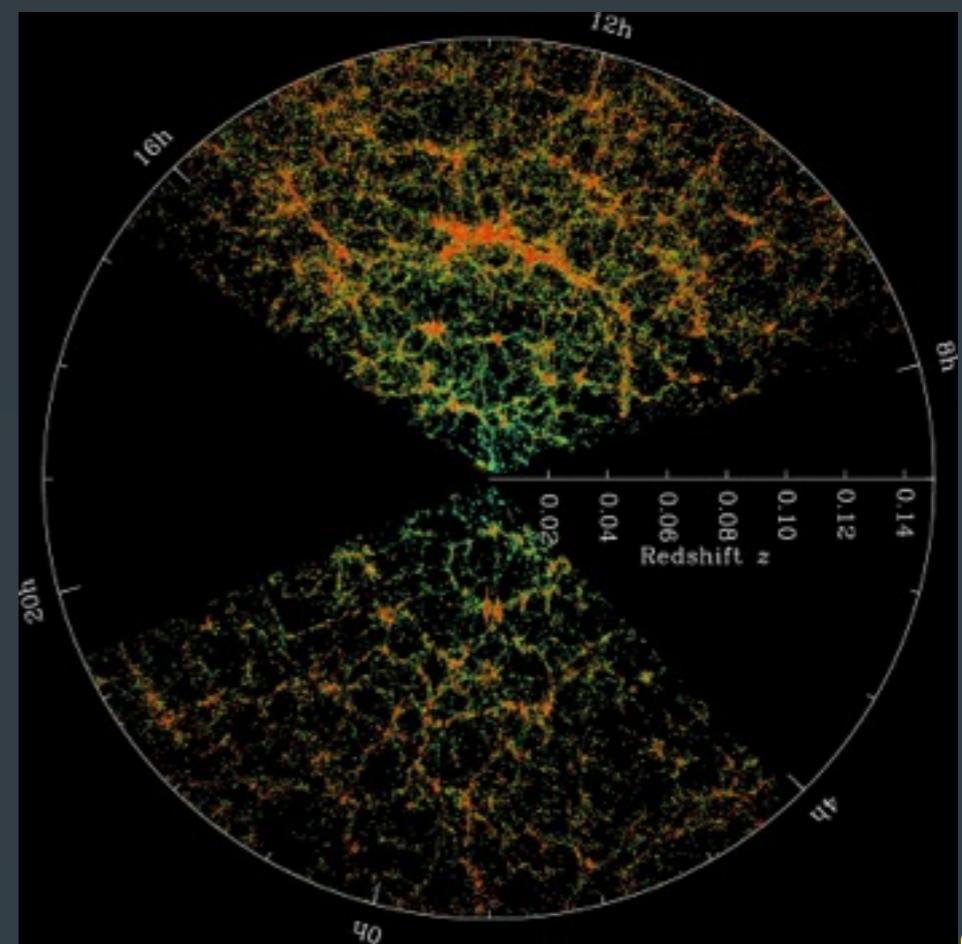
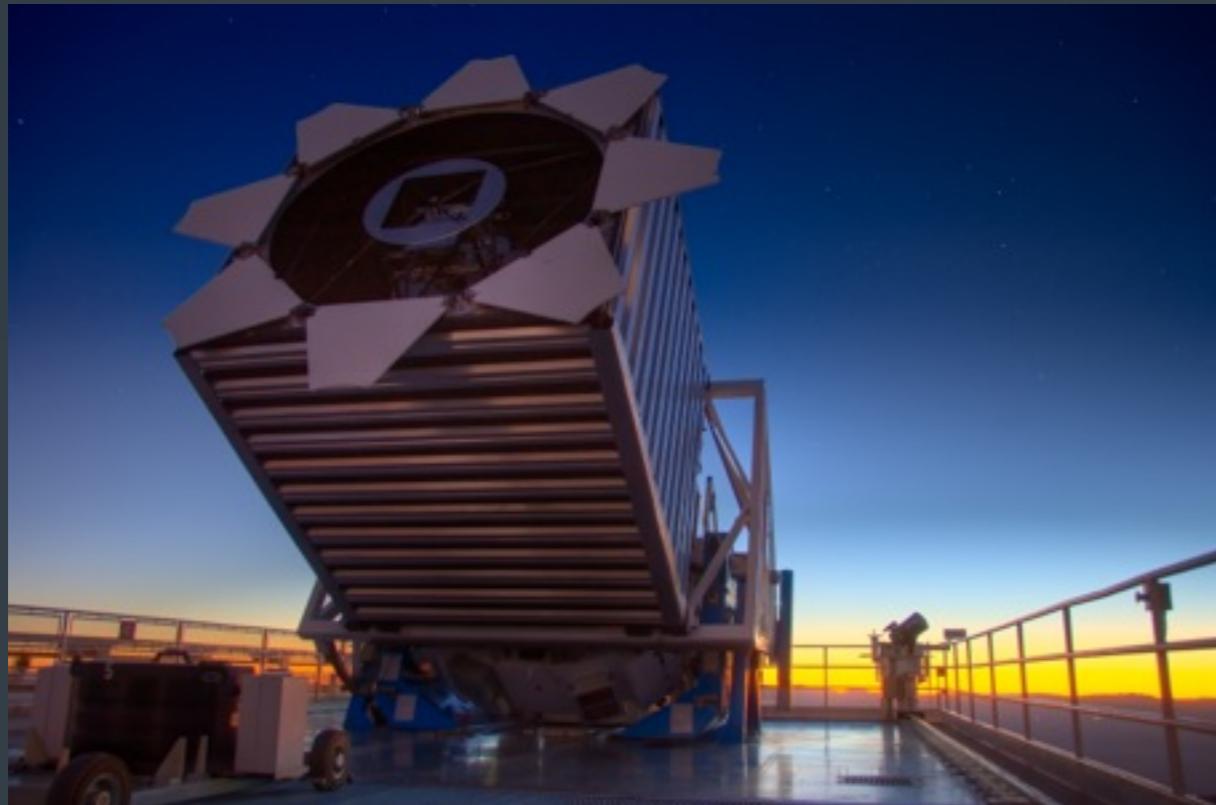


Cantidad de datos



Big Data en Astronomía

- El primer proyecto de Astronomía en enfrentar el dilema del Big Data fue el Sloan Digital Sky Survey (SDSS).
- El SDSS comenzó a hacer observaciones el año 2000 y es el proyecto más exitoso en términos de publicaciones.



Ciencia ciudadana

ENGLISH | POLSKI

GALAXY ZOO.org

Hi starstryder | Home | The Science | How to Take Part | Galaxy Analysis | Forum | Press | Blog | FAQ | Links | Contact Us | Logout | Profile

Galaxy Tutorial
Galaxy Analysis
Galaxy Zoo - Thank You
Show My Galaxies

Galaxy Analysis

Welcome to Galaxy Zoo's view of the Universe. If you're here you should already have seen the [Tutorial](#), but feel free to go and remind yourself. There's no need to agonise for too long over any one image, just make your best guess in each case.



Show Grid Overlay on the next Image

Galaxy Ref: **587729387677679742**

Choose the Galaxy Profile by clicking the buttons below

SPIRAL GALAXY

ELLIPTICAL GALAXY

STAR / DON'T KNOW **MERGERS**

Roberto Muñoz
Arica, Chile

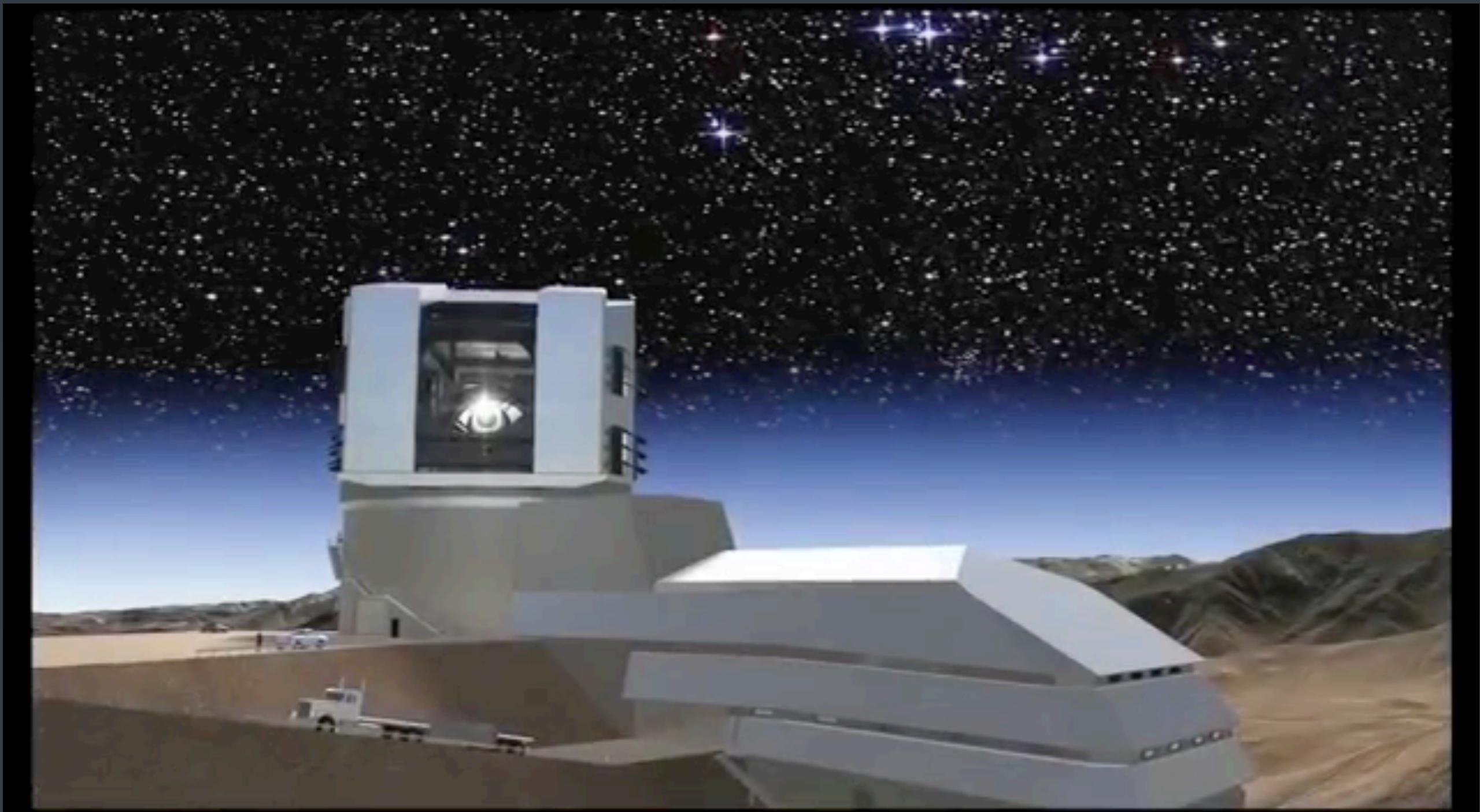
LSST: La nueva era Peta-escala

- El Large Synoptic Survey Telescope es un telescopio de 8,2 metros de diámetro que está siendo construido en Cerro Pachón, región de Coquimbo.
- Contará con la cámara mas grande del mundo (3 Gigapixels) y tomará una imagen del cielo cada tres noches.



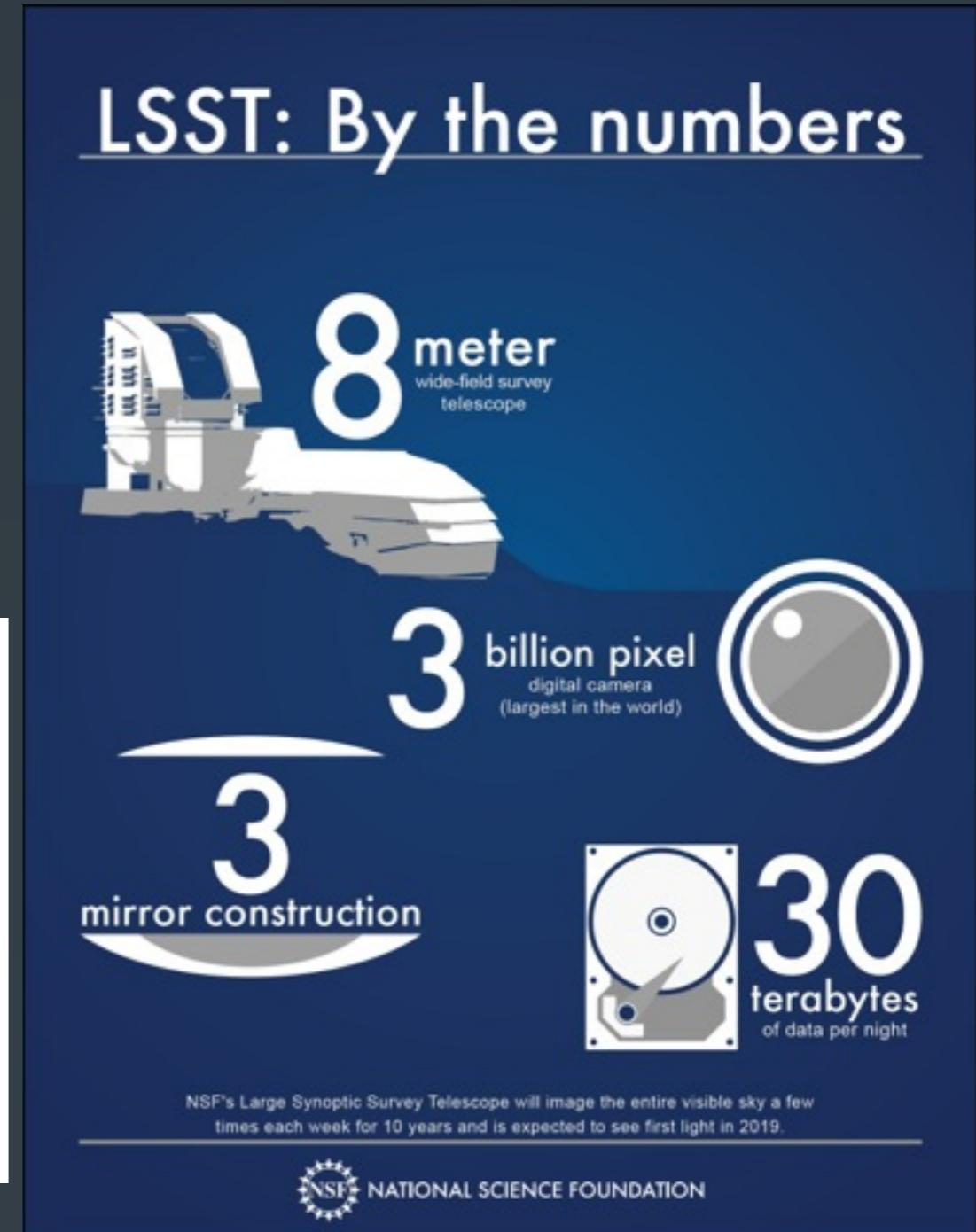
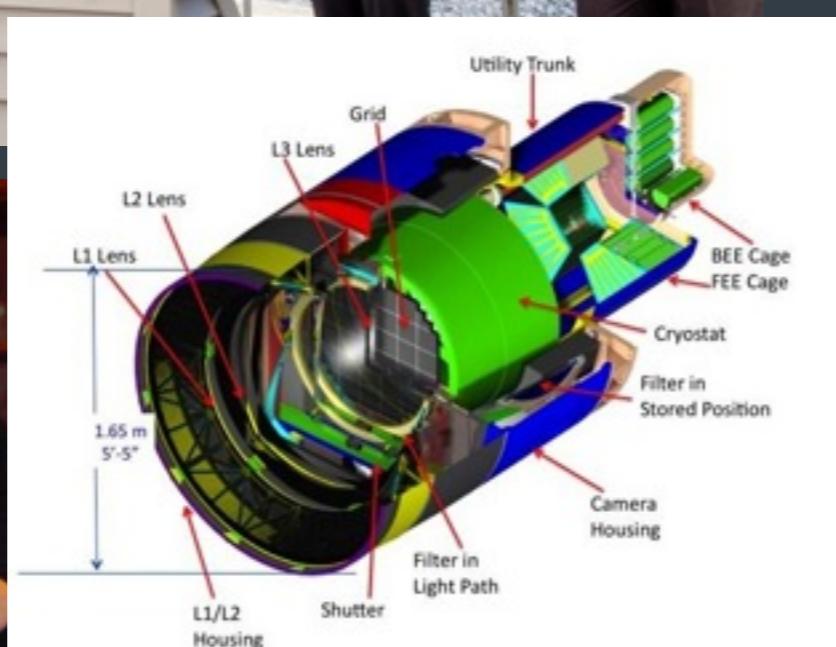
Roberto Muñoz
Arica, Chile

LSST: Diseño telescopio



Roberto Muñoz
Arica, Chile

LSST: Primera piedra



Roberto Muñoz
Arica, Chile

Big data con LSST

The diagram illustrates the LSST data architecture. It features a central blue rounded rectangle containing the LSST logo at the top right. Inside this rectangle, there are three bulleted lists describing the volume and nature of the data:

- ~3 billion “visits”
- ~37 billion “objects”
- ~30 trillion “detections”

Below these statistics, two more bulleted lists describe the data structure:

- Largest table: ~5 PB
- Tallest table: ~50 trillion rows
- Total (all data releases, compressed): ~83 PB

At the bottom of the central rectangle, the text "Ad-hoc user-generated data" and "Rich provenance" is displayed.

On the left side of the diagram, there is a blue folder icon labeled "Data" at the top. Inside the folder, a sub-folder labeled "images" is shown. Below the "images" folder, two bullet points describe its size:

- ~38 PB (persisted)
- ~½ EB (virtual)

At the bottom of the slide, a teal footer bar contains the text "TOOLS FOR ASTRONOMICAL BIG DATA | TUCSON, AZ | MARCH, 2015" and the number "4".

LSST: Ciencia

- Descubrimiento y seguimiento de objetos cercanos a la Tierra (NEOs), asteroides y planetas lejanos del Sistema Solar.
- Búsqueda de Supernovas (SNe), Núcleos activos de galaxias (AGN), Gamma-ray bursts (GRB).
- Medir la cantidad de materia y energía oscura en el Universo.



Sin lugar para los débiles

- En la actualidad no contamos con la infraestructura y tampoco con el recurso humano calificado para manejar la gran cantidad de datos que generará LSST.
- Los científicos suelen embarcarse en grandes desafíos y se hace indispensable plantear soluciones a largo plazo.
- Dentro de 5 años los únicos grupos de astronomía que podrán aprovechar la infraestructura existente son aquellos que se prepararon y capacitaron.

¿Estamos preparados en Chile? ||

- Chile es un país pequeño y contamos con apenas un investigador científico por cada 1.000 trabajadores. En EE.UU. existen 8 investigadores por cada 1.000.
- Algunos científicos han logrado comprender los desafíos tecnológicos y humanos de hacer astronomía en el siglo XXI.
- Se necesita formar capital humano avanzado y motivar a la industria local para que participen del desarrollo científico y tecnológico.

Centros e investigadores

- Los centros que más destacan son el Centro de Astronomía y Tecnologías Afines (CATA), el Centro de Modelamiento Matemático (CMM) y el Instituto Milenio de Astrofísica (MAS).
- Existen varios grupos de trabajo en astronomía de frontera: VISTA Variables in the Via Láctea (VVV; Dante Minniti, Márcio Catelan, Manuela Zoccali), VST-ATLAS Chilean survey (Leopoldo Infante), High Cadence Transient Survey (HITS; Francisco Forster, Mario Hamuy) y el Next Generation Fornax Survey (NGFS; Roberto Muñoz, Thomas Puzia).

Astronomía chilena



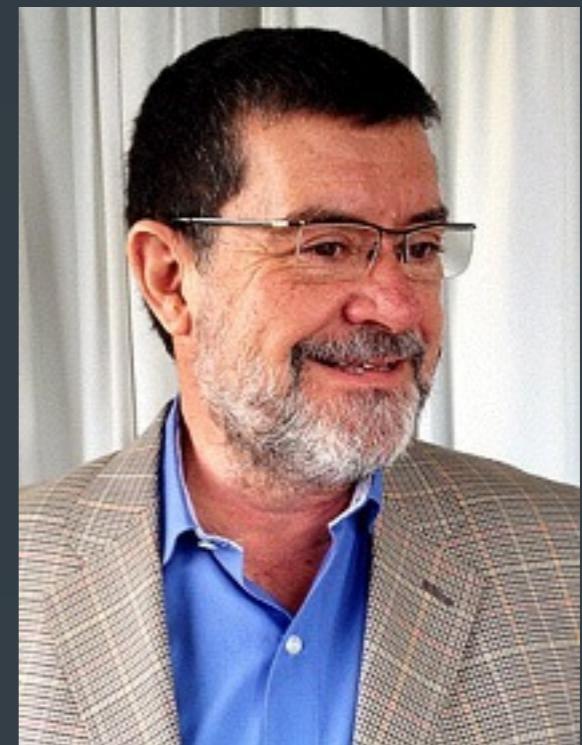
Mario Hamuy



Dante Minniti



Márcio Catelan



Leopoldo Infante

Roberto Muñoz
Arica, Chile

Equipo de trabajo



Thomas Puzia



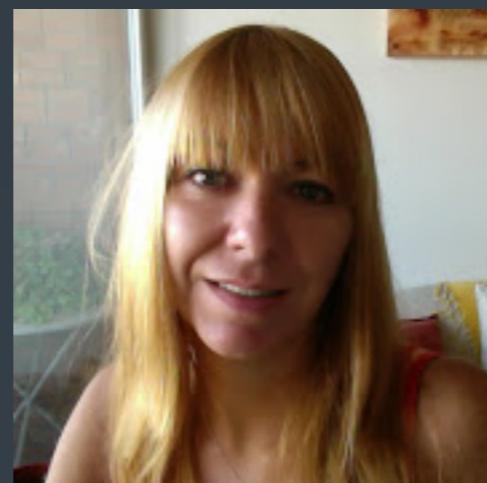
Roberto Muñoz



Matt Taylor



Paul Eigenthaler



Sibilla Perina

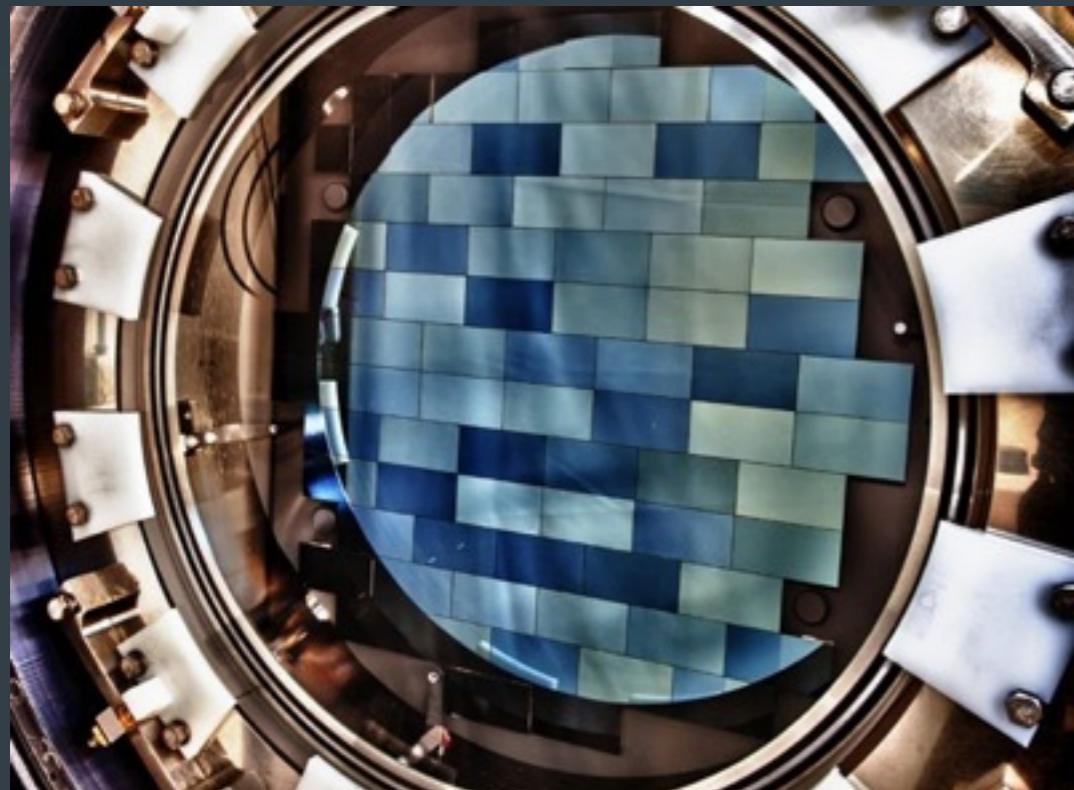


Yasna Ordenes

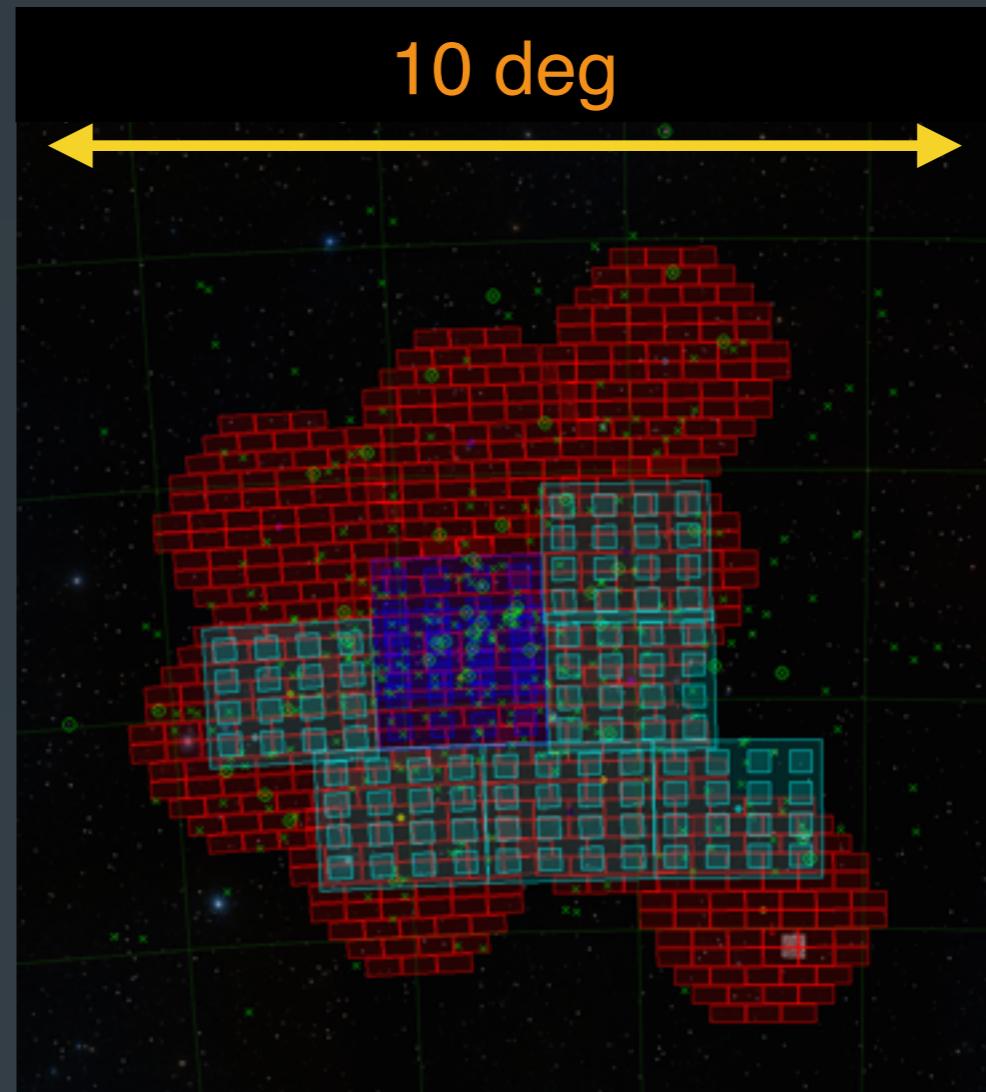
Roberto Muñoz
Arica, Chile

NGFS: Fornax cluster

- El Next Generation Fornax Survey (NGFS; PI: R. Muñoz) es un survey en el óptico e Infrarrojo cercano del cúmulo de galaxias de Fornax. Estamos usando la cámara DECam instalada en el telescopio Blanco de Tololo.



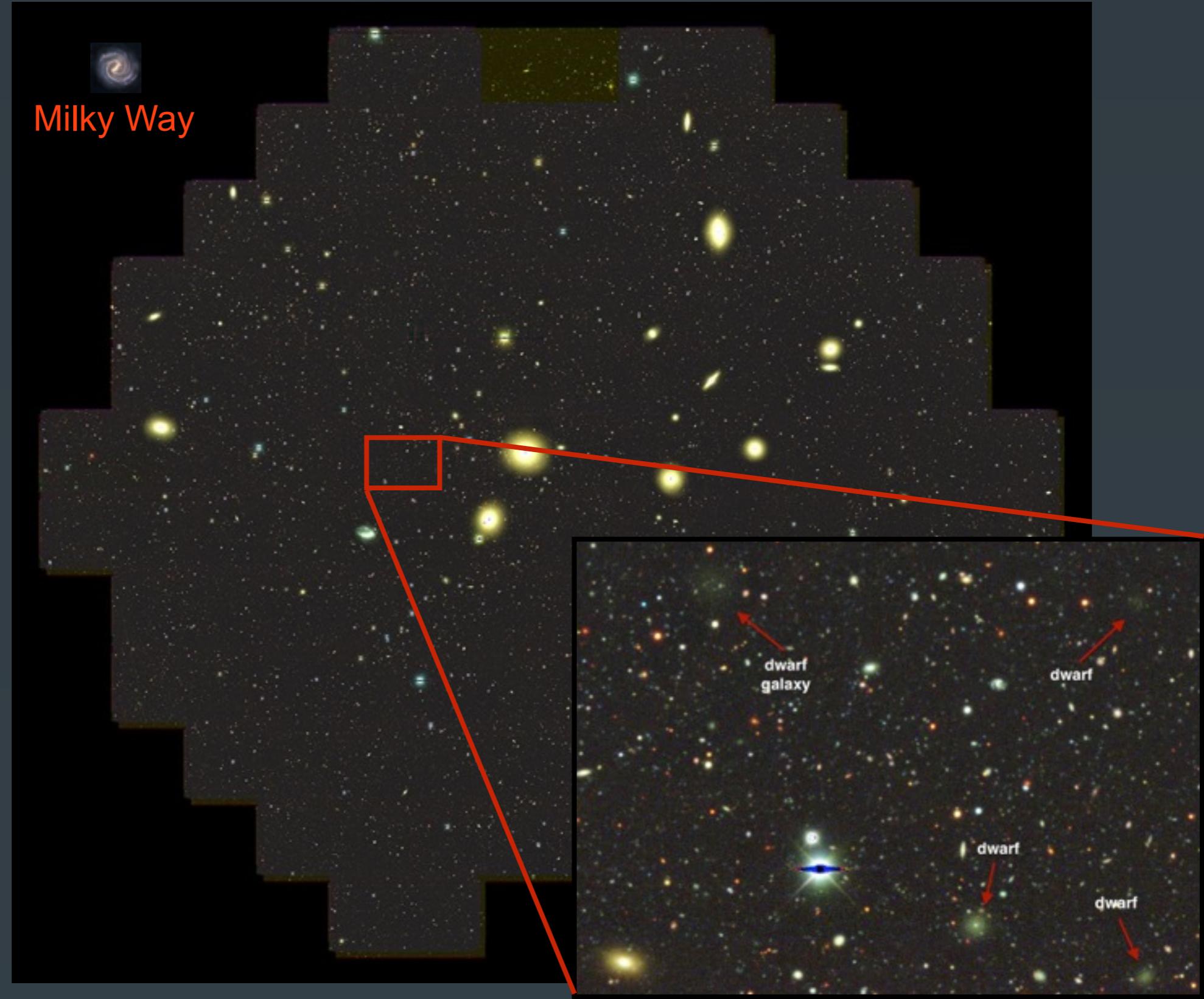
CTIO/DECam



Next Generation Fornax Survey



Roberto Muñoz



Milky Way



SCABS: A Survey of Centaurus A's Baryonic Structures

Equivalent to IGM
between Milky Way
and Andromeda
(~780 kpc)

- $\sim 70 \text{ deg}^2$
- $u'g'r'i'z'$
- $\sim 3\sigma$ past GCLF turnover
- $\sim 26-27 \text{ mag/arcsec}^2$

- spatial extent of Centaurus A's $\sim 300 \text{ kpc}$ virial radius

*optical

20.57° x 11.15°

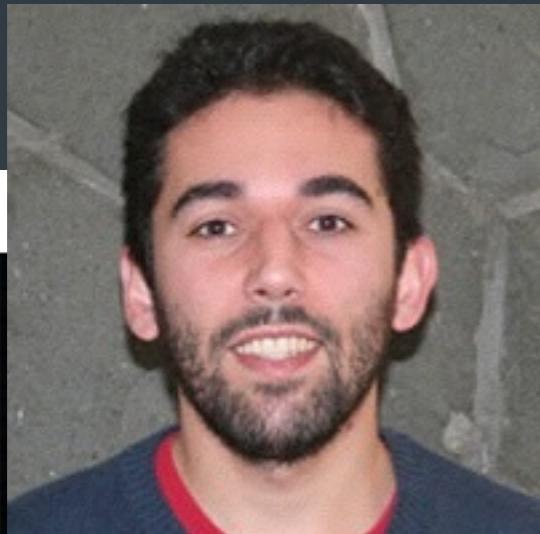


Matt Taylor

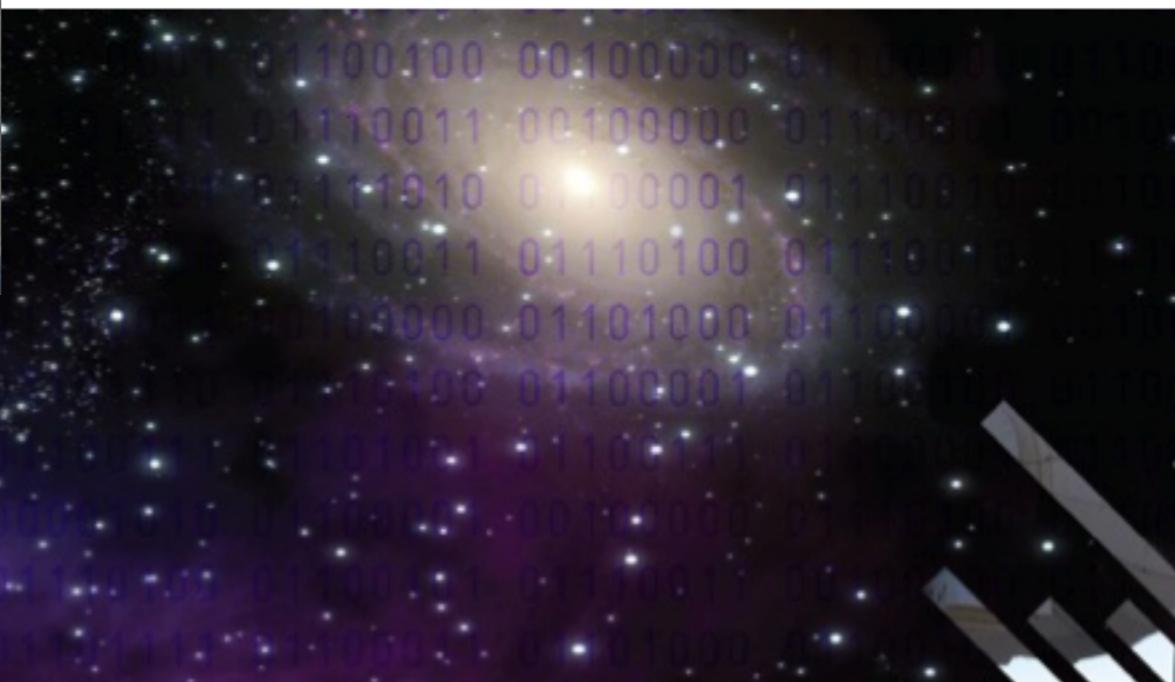
Andromeda



High Cadence Transient Survey



Francisco Förster



Guillermo Cabrera

HITS: High cadence Transient Survey at CMM / MAS

F. Förster, J.C. Maureira, J. San Martín, M. Hamuy, P. Estévez, R.C. Smith, K. Vivas, P. Huijse, G. Cabrera, S. Flores, J. Littín, J. Anderson, F. Bufano, Ll. Galbany, Th. de Jaeger, S. González-Gaitán, G. Pignata, J. Martínez, G. Medina, R. Muñoz, E. Vera, C. Pérez



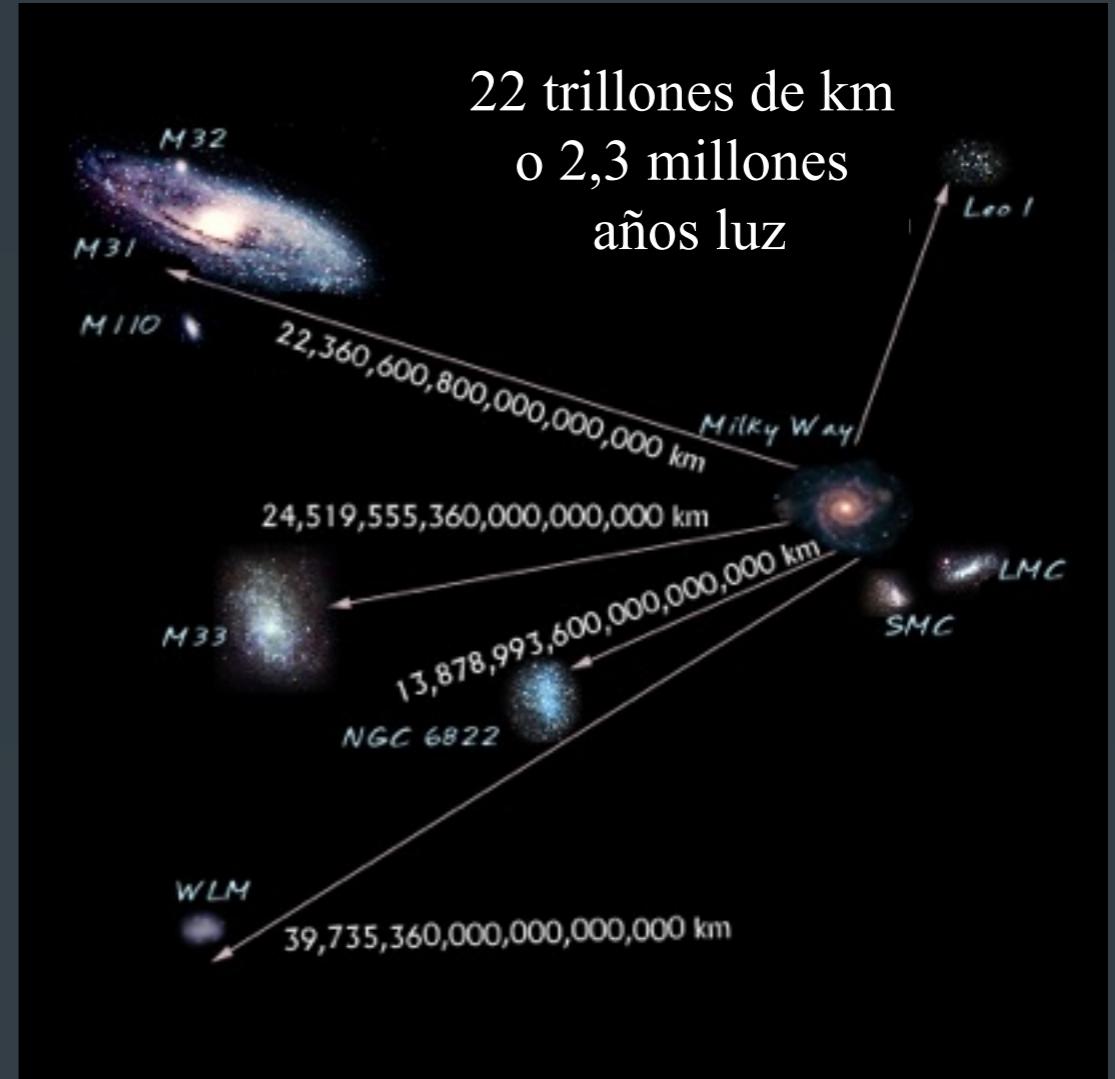
Roberto Muñoz
Arica, Chile

Vía Láctea, nuestro hogar

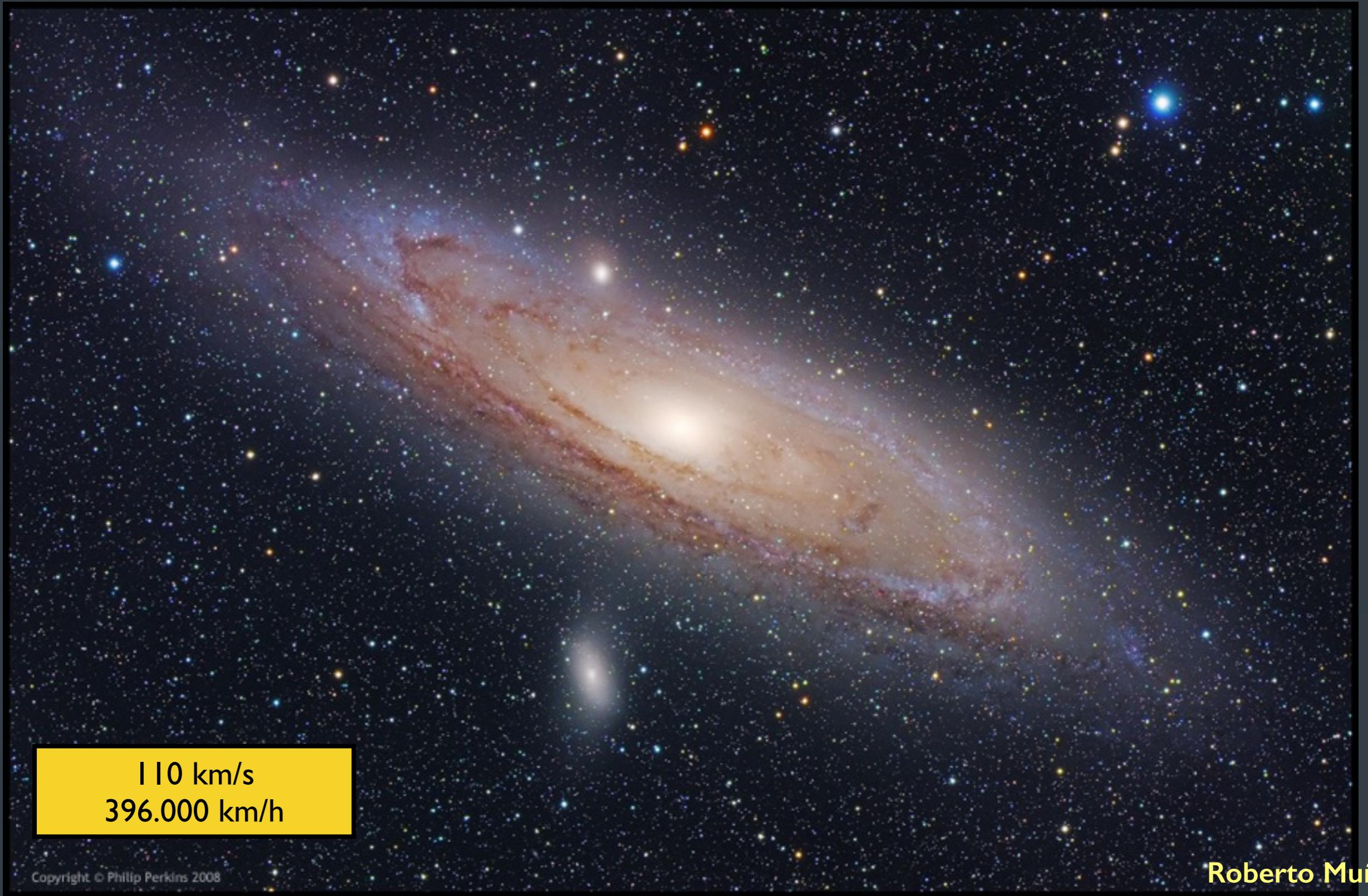


Nuestros vecinos

- Existen decenas de galaxias alrededor de la nuestra. Las mas conocidas con las nubes de Magallanes y Andrómeda.



Colisión con Andromeda



110 km/s
396.000 km/h

Colisión con Andromeda



0.000 billion years



Illustration Sequence of the Milky Way
and Andromeda Galaxy Colliding

Roberto Muñoz
Arica, Chile

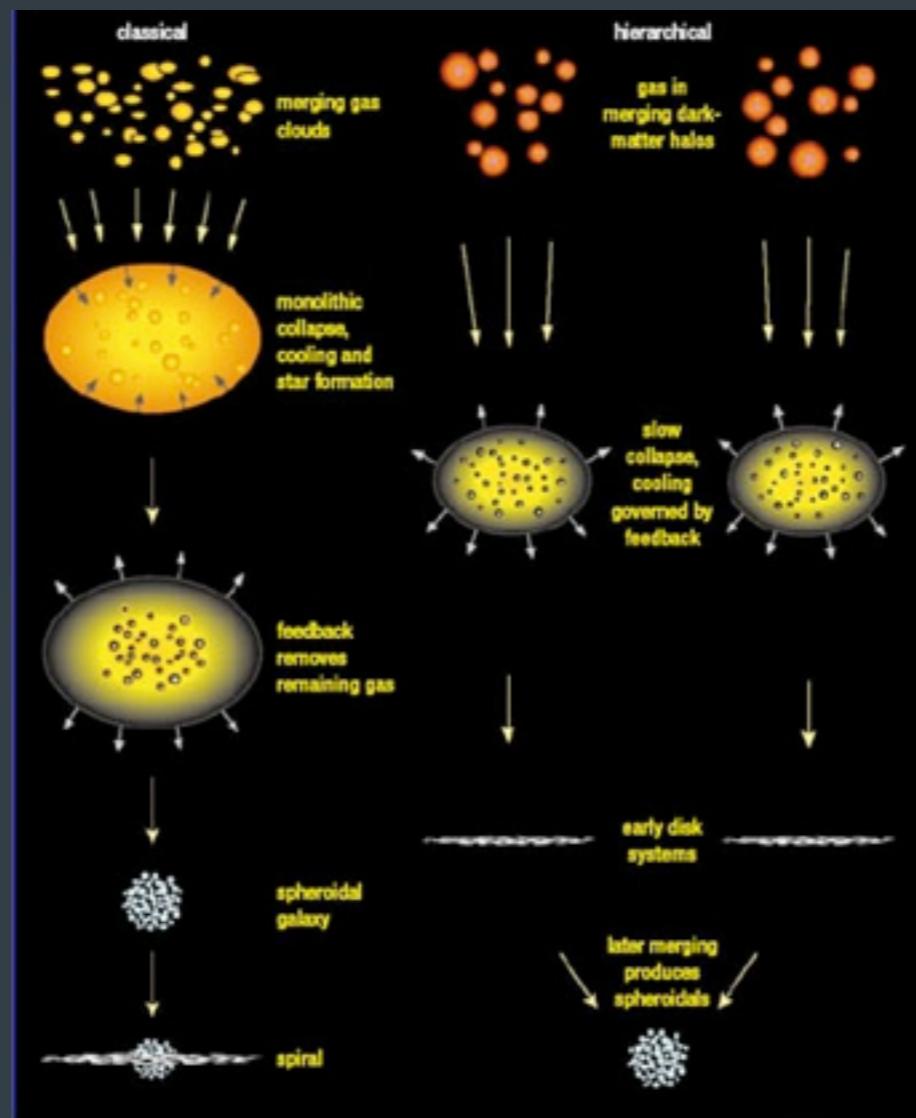
Formación galaxias

- Existen dos visiones acerca de la formación de galaxias:
 - **Colapso monolítico:** La galaxia se forma por el colapso gravitatorio de una sola gran nube de material. La formación es rápido.
 - **Formación jerarquizada:** La galaxia se forma por la aglomeración de estructuras más pequeñas. La formación es gradual. Primero se forman las unidades pequeñas y luego las más grandes.



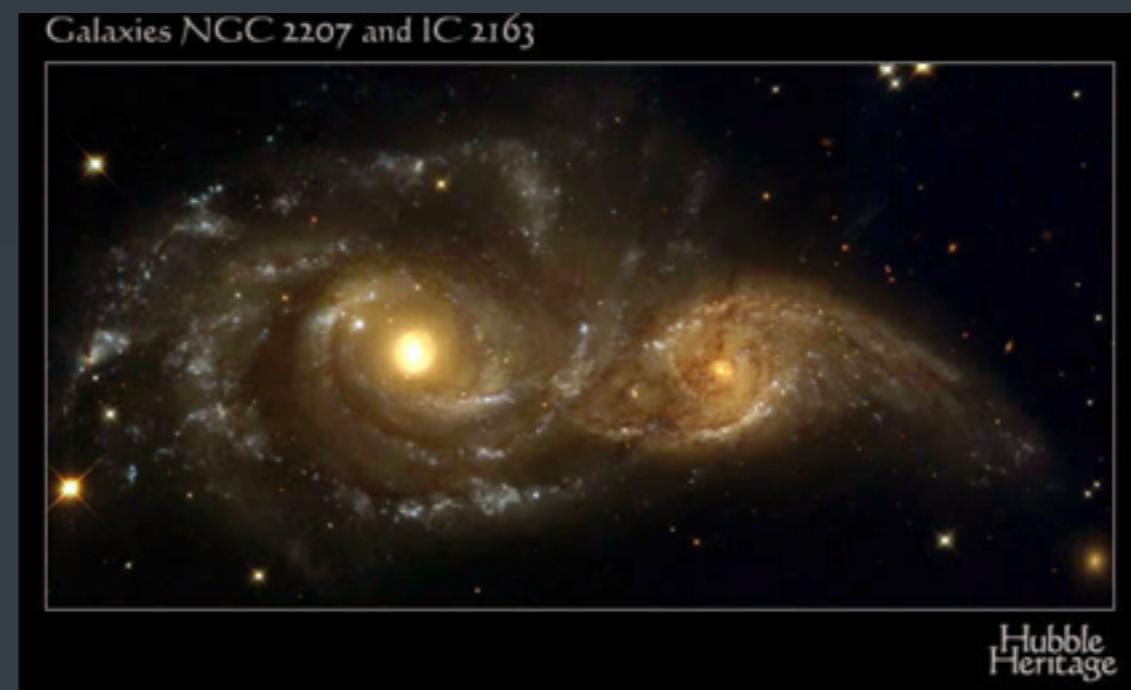
Modelos de formación

- La formación depende de cada tipo morfológico que discutimos anteriormente. En términos simples, una galaxia se forma por el colapso gravitatorio de una zona con mucho material el cual da origen a millones de estrellas.



Evolución de galaxias

- Las galaxias evolucionan de diferentes formas:
 - Morfológica: Las galaxias viajan a diferentes velocidades en el Universo. Algunas de ellas colisionarán y darán origen a una sola galaxia.
 - Luminosa: Las estrellas que componen la galaxia envejecen a medida que consumen su material. Este envejecimiento produce una enrojecimiento y disminución de la luminosidad de la galaxia.



Galaxias y expansión

- Corre el año 1925 cuando el astrónomo Edwin Hubble publica un paper que revoluciona nuestro conocimiento del Universo.



Telescopio Hooker
100" o 2.5m

Galaxias y expansión

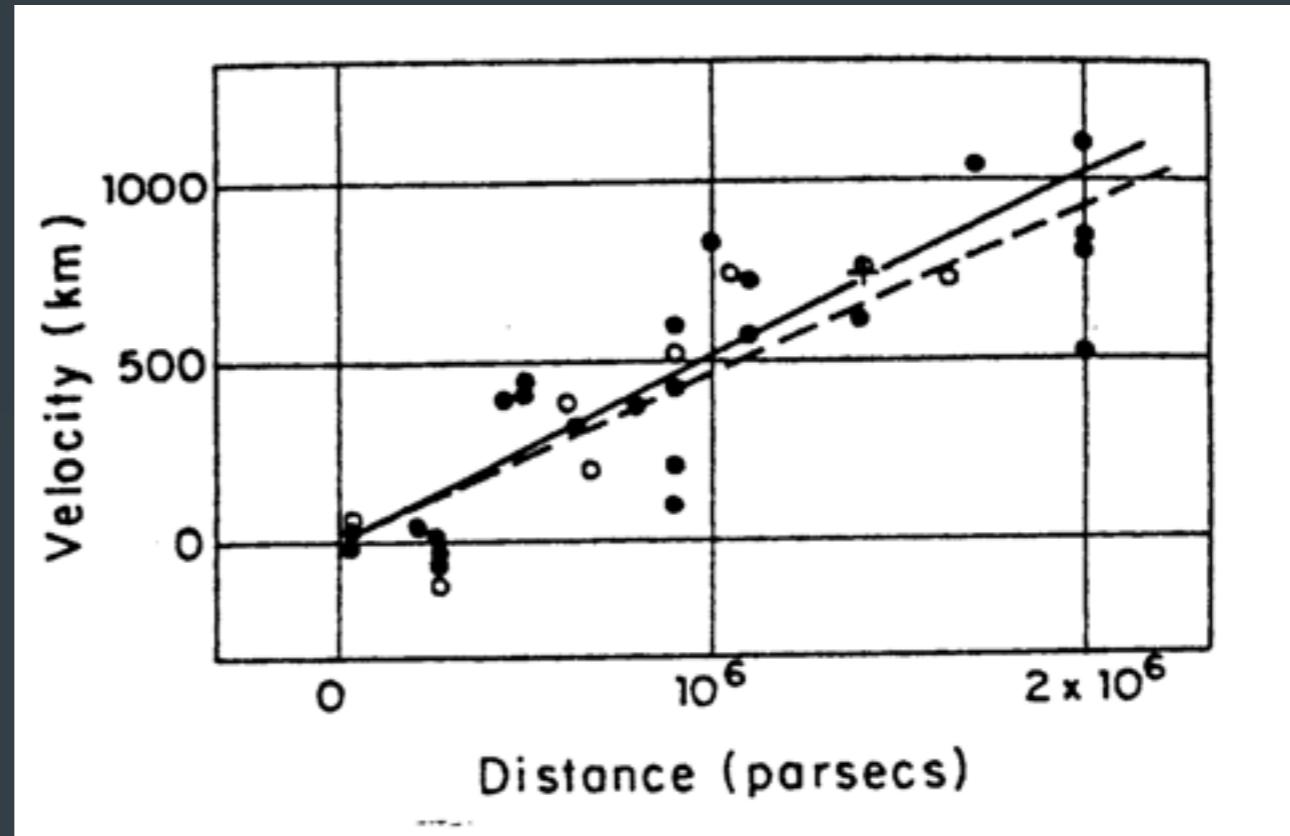
- Corre el año 1925 cuando el astrónomo Edwin Hubble publica un paper que revoluciona nuestro conocimiento del Universo.
- Descubre que varias nebulosas están muy lejos de nosotros y las llama Universos islas.



Roberto Muñoz
Arica, Chile

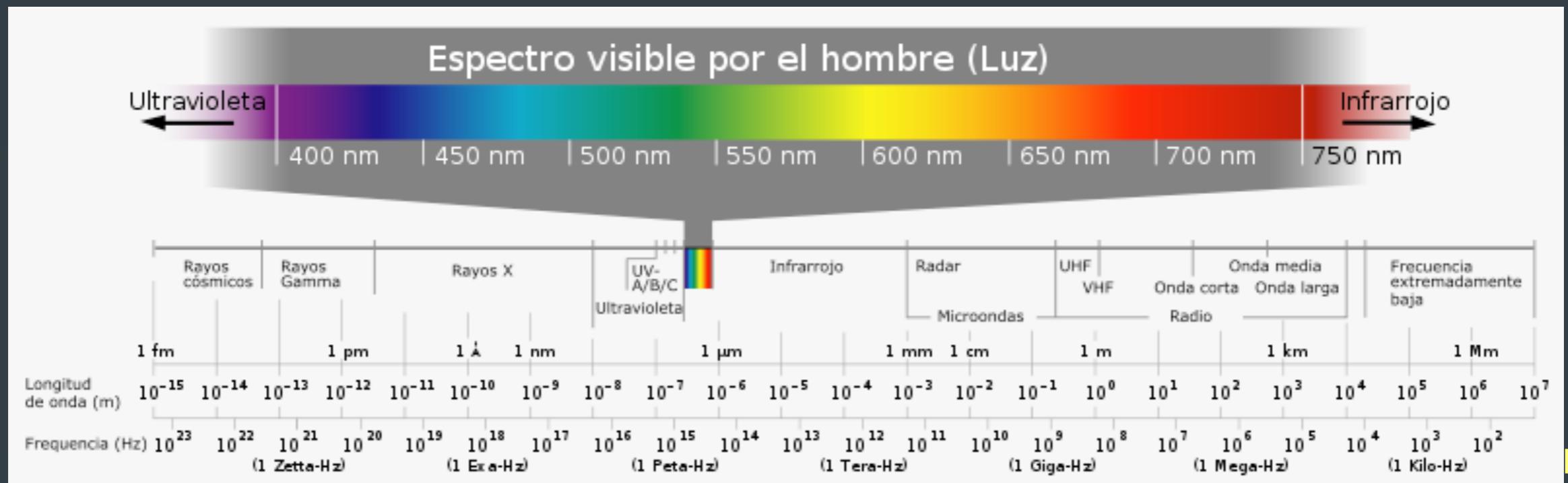
Galaxias y expansión

- Corre el año 1925 cuando el astrónomo Edwin Hubble publica un paper que revoluciona nuestro conocimiento del Universo.
- Descubre que varias nebulosas están muy lejos de nosotros y las llama Universos islas.
- Descubre que entre más lejos están las galaxias, más rápido se alejan de nosotros.



¿Cómo usamos la luz?

- Si hacemos pasar un haz de luz a través de un prisma, veremos que la luz se descompone en varios colores. Todos estos colores constituyen el llamado espectro electromagnético.

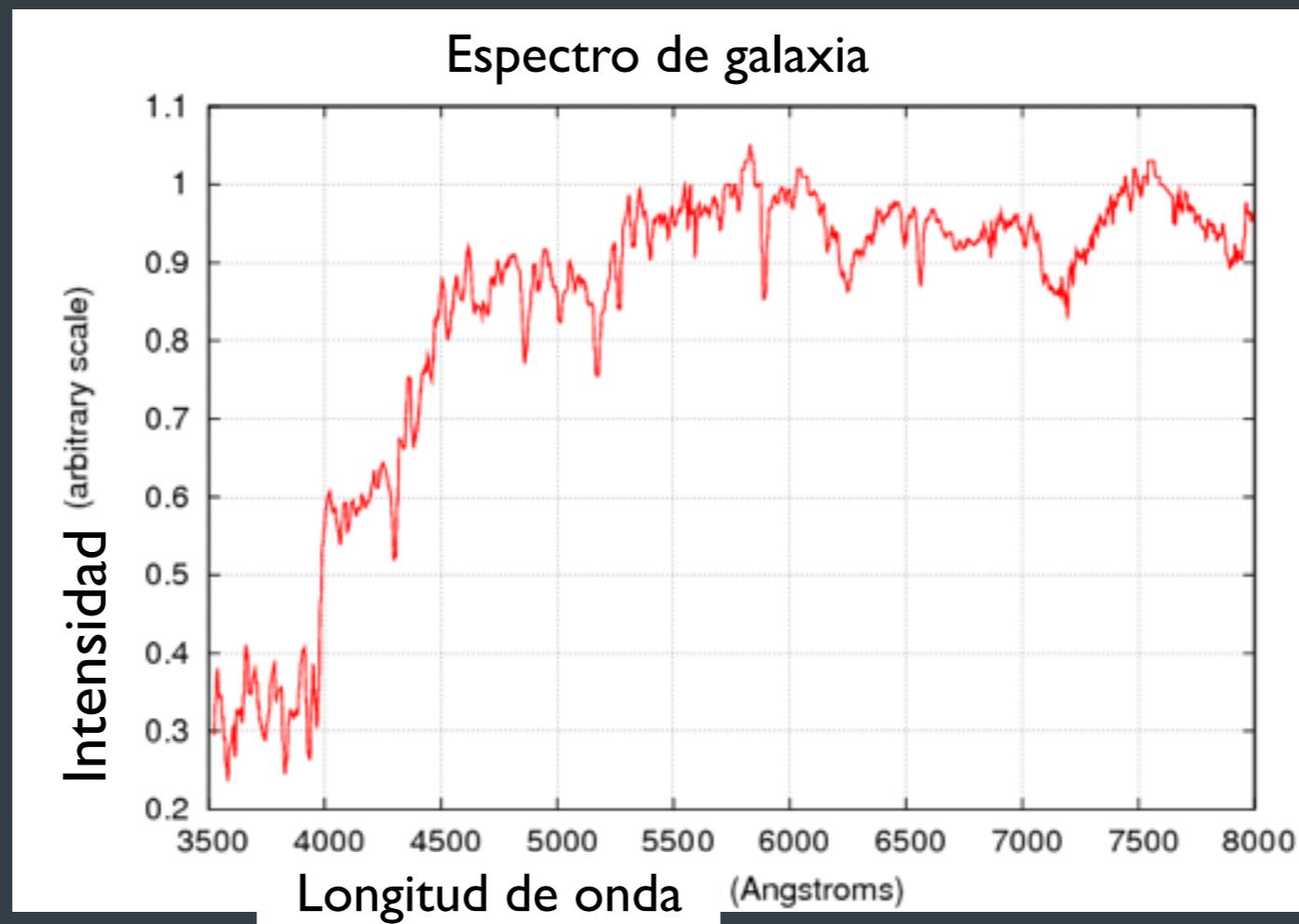


Muñoz

Arica, Chile

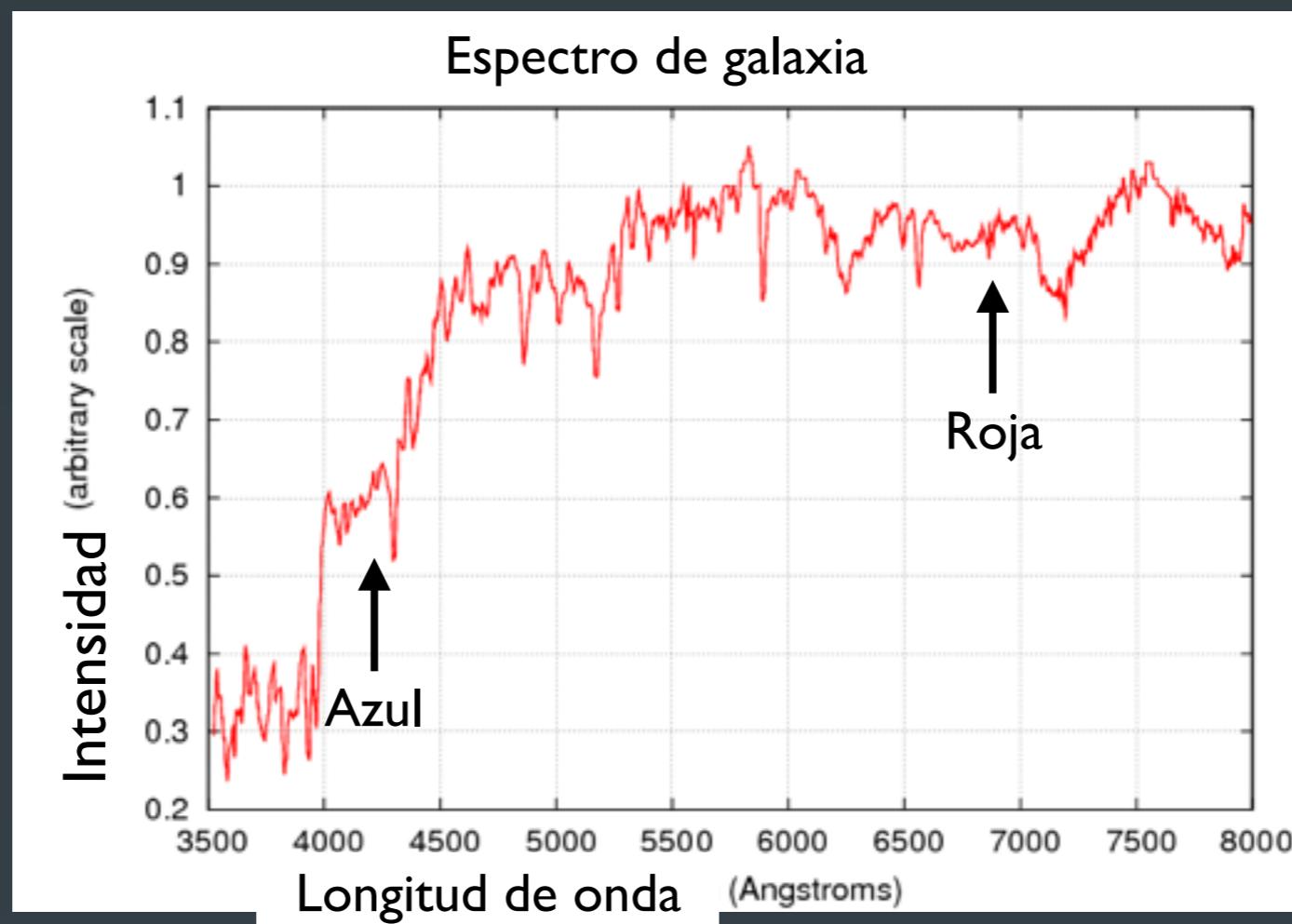
Espectro de una galaxia

- Cada galaxia tiene una firma única, la cual es llamada espectro.



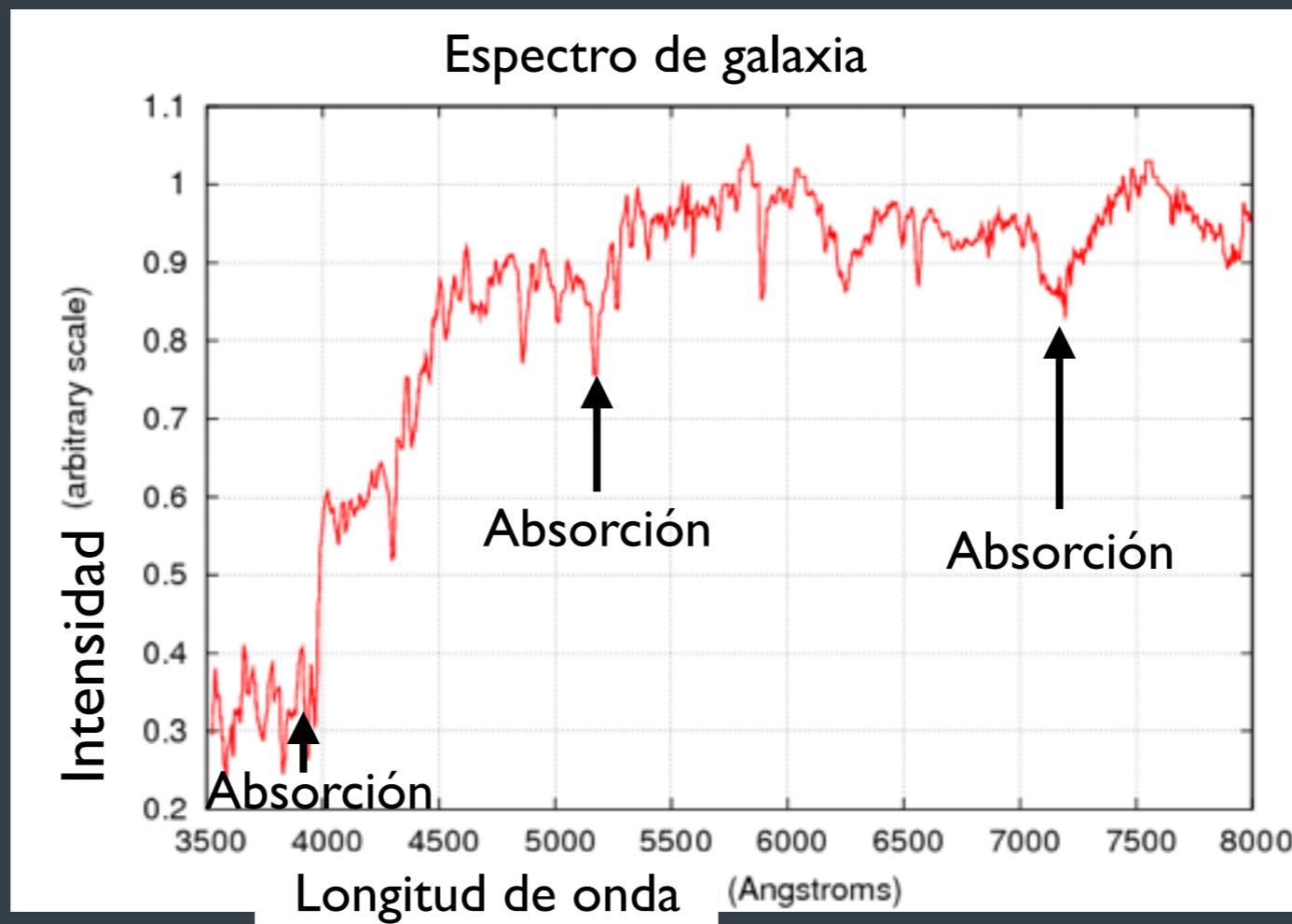
Espectro de una galaxia

- Cada galaxia tiene una firma única, la cual es llamada espectro.
- Analizando el espectro de esta galaxia, concluimos que
 - Emite gran parte de su luz en longitudes de onda larga, es decir, en la parte roja del espectro.



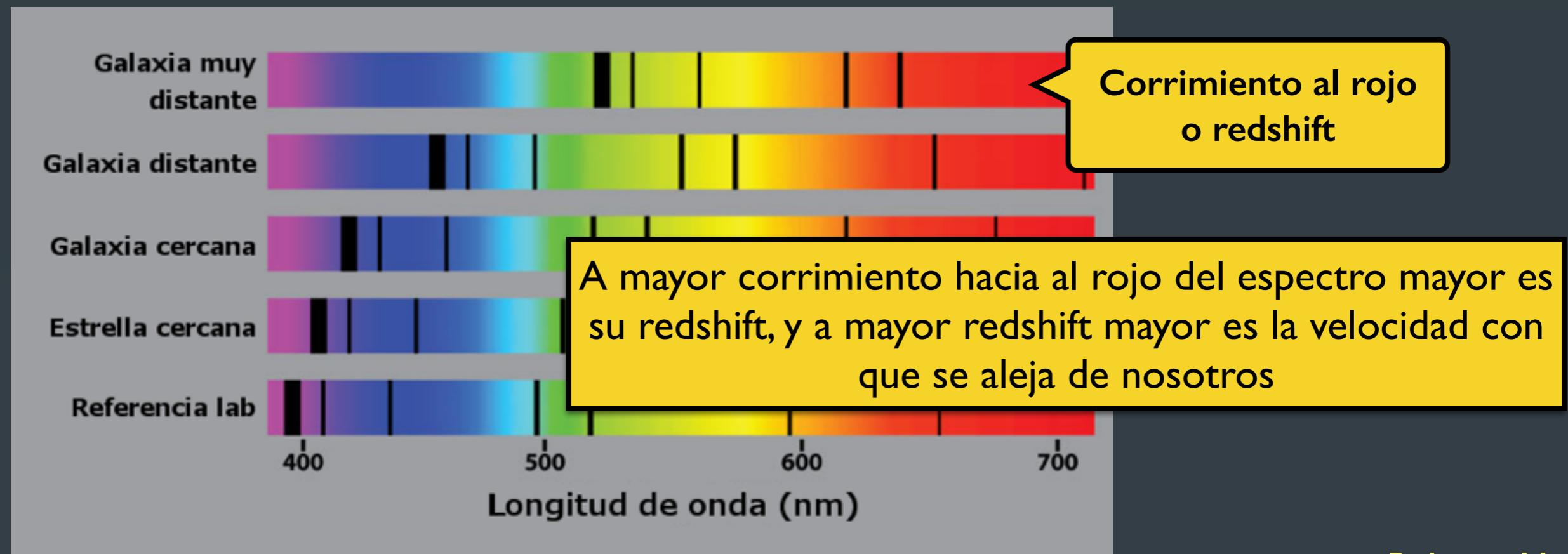
Espectro de una galaxia

- Cada galaxia tiene una firma única, la cual es llamada espectro.
- Analizando el espectro de esta galaxia, concluimos que
 - Emite gran parte de su luz en longitudes de onda larga, es decir, en la parte roja del espectro.
 - Tiene una serie de surcos, los cuales llamamos líneas de absorción.



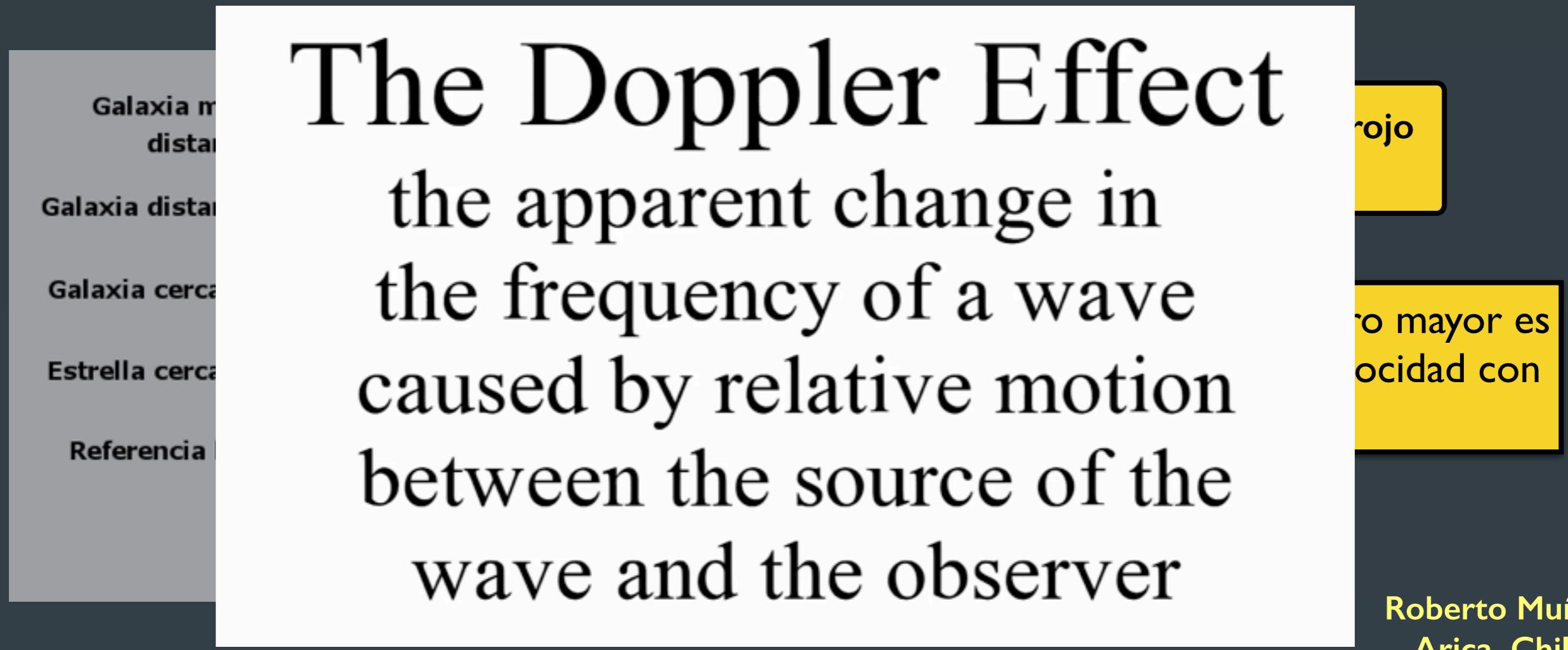
Efecto Doppler

- El efecto Doppler es el aparente cambio de longitud de onda (o frecuencia) producido por el movimiento relativo entre el observador y la fuente.



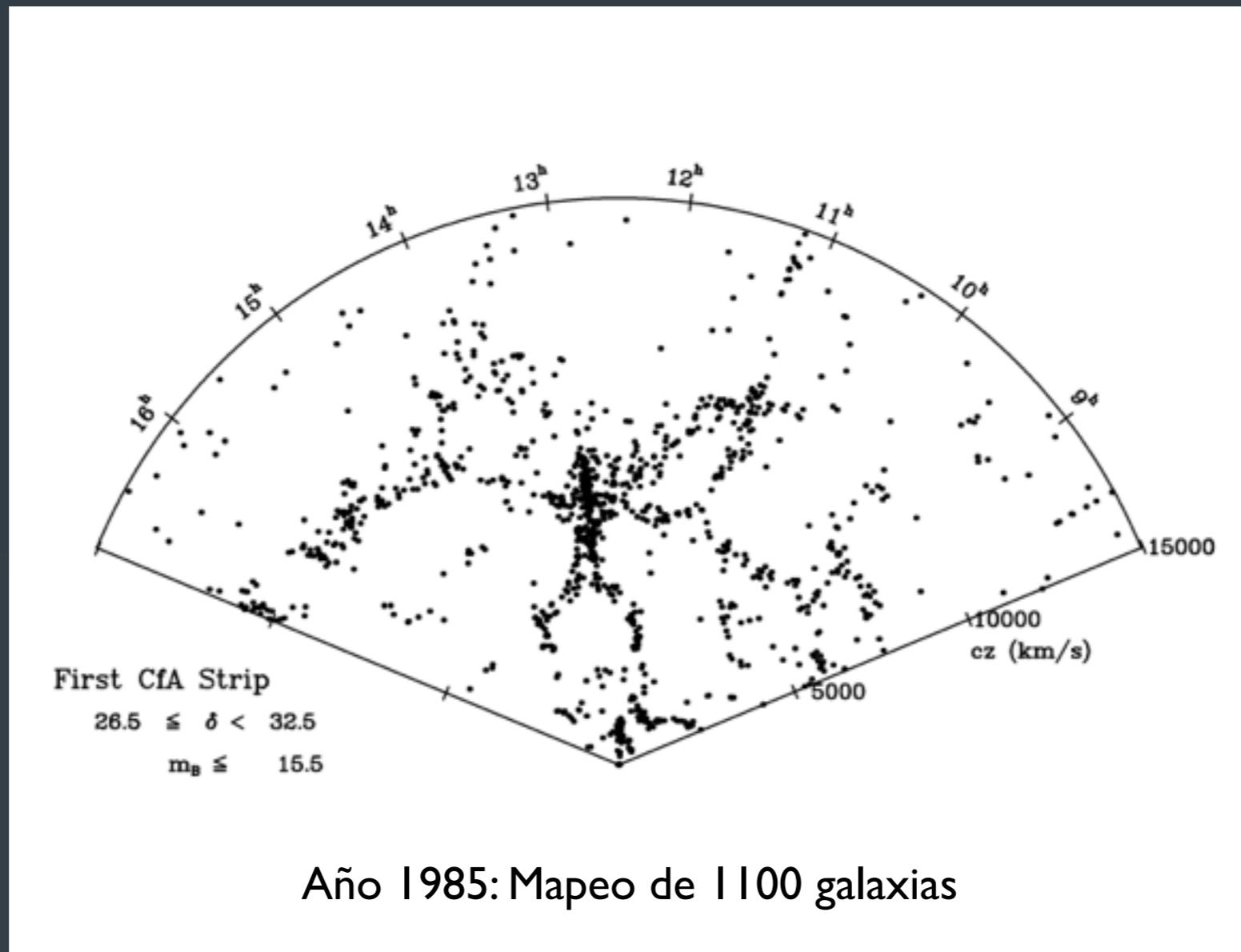
Efecto Doppler

- El efecto Doppler es el aparente cambio de longitud de onda (o frecuencia) producido por el movimiento relativo entre el observador y la fuente.
- La fuente puede ser una ambulancia, una estrella, una galaxia, etc.



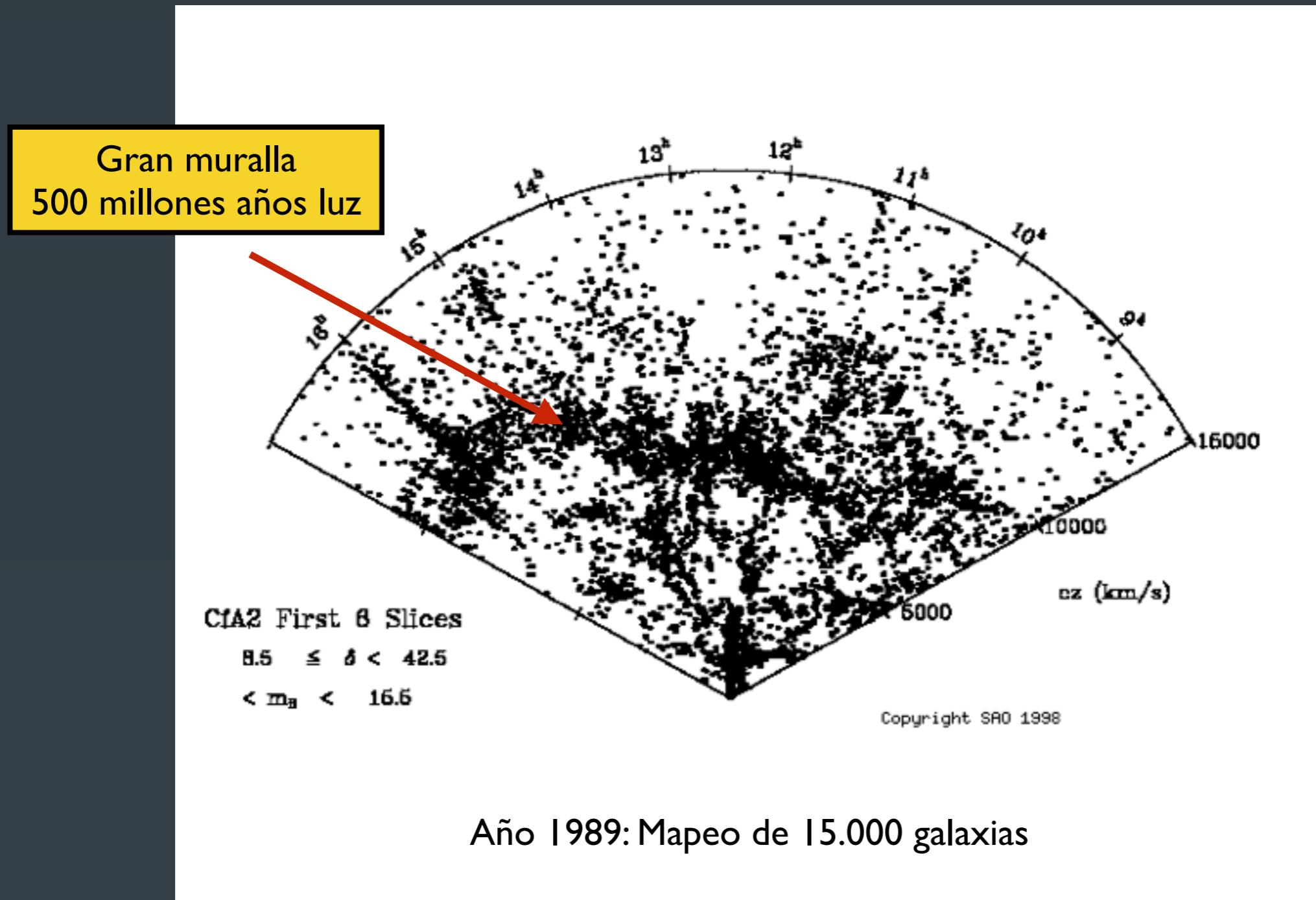
Surveys astronómicos

- El primer survey de galaxias en el Universo local fue realizado el año 1985 por Valerie de Lapparent, Margaret Geller y John Huchra.

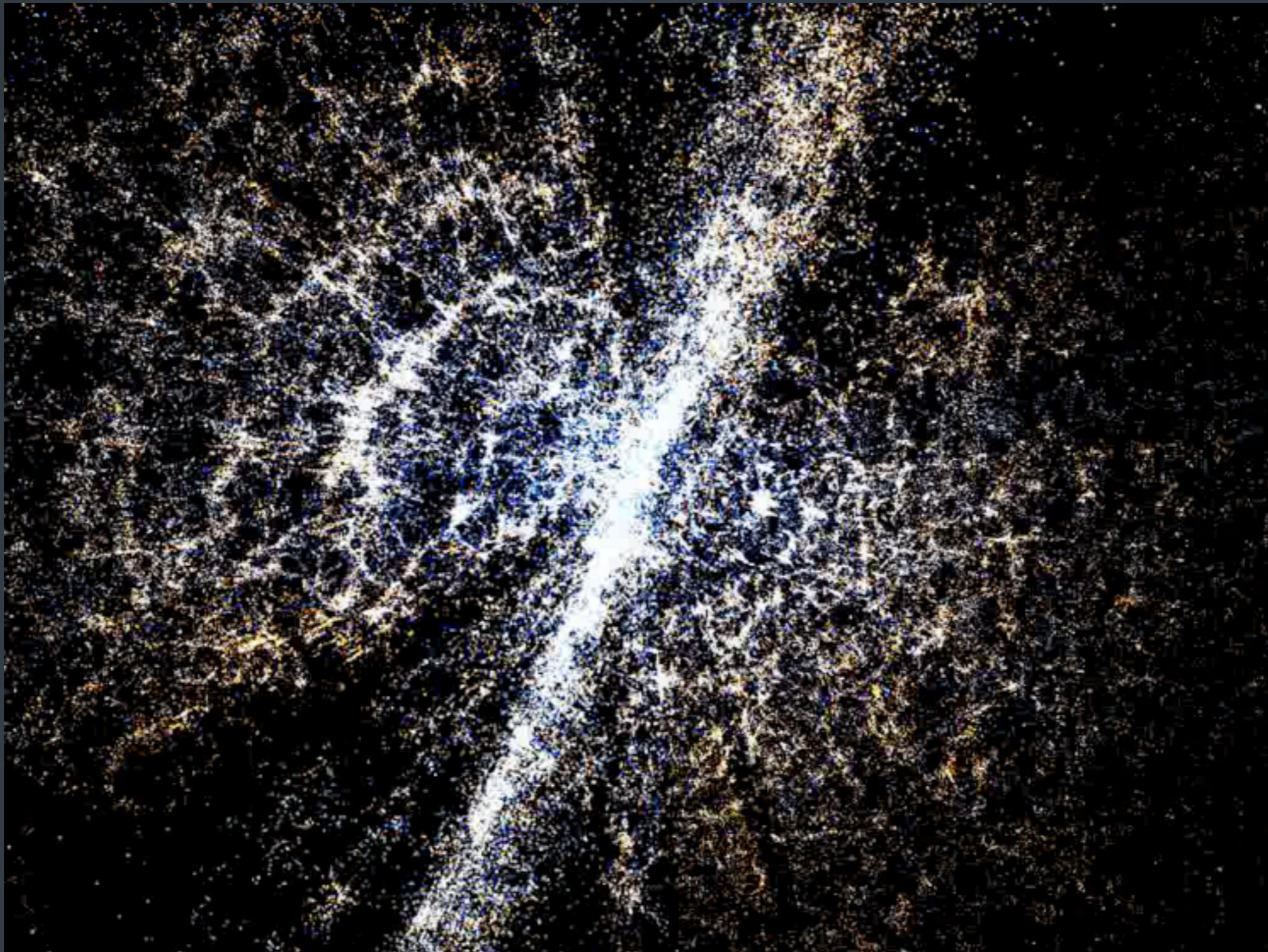


Surveys astronómicos

- Surveys posteriores fueron revelando que las galaxias viven a largo de filamentos.

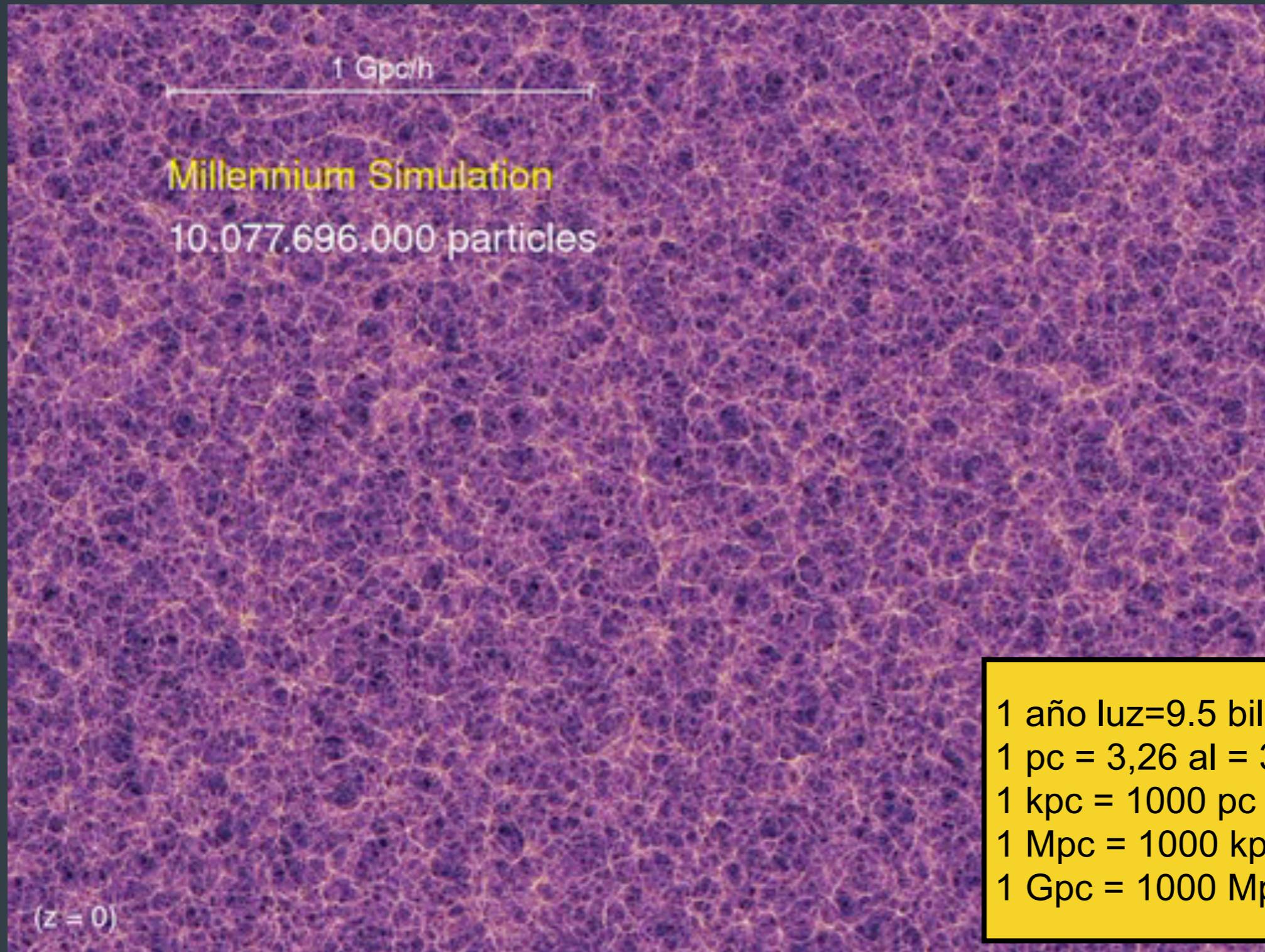


La telaraña cósmica



Roberto Muñoz
Arica, Chile

Simulaciones numéricas



1 año luz=9.5 billones de km
1 pc = 3,26 al = 31 billones km
1 kpc = 1000 pc = 31 mil billones km
1 Mpc = 1000 kpc = 31 trillones km
1 Gpc = 1000 Mpc = 31 mil trillones km

Año 2005: Simulación del milenio

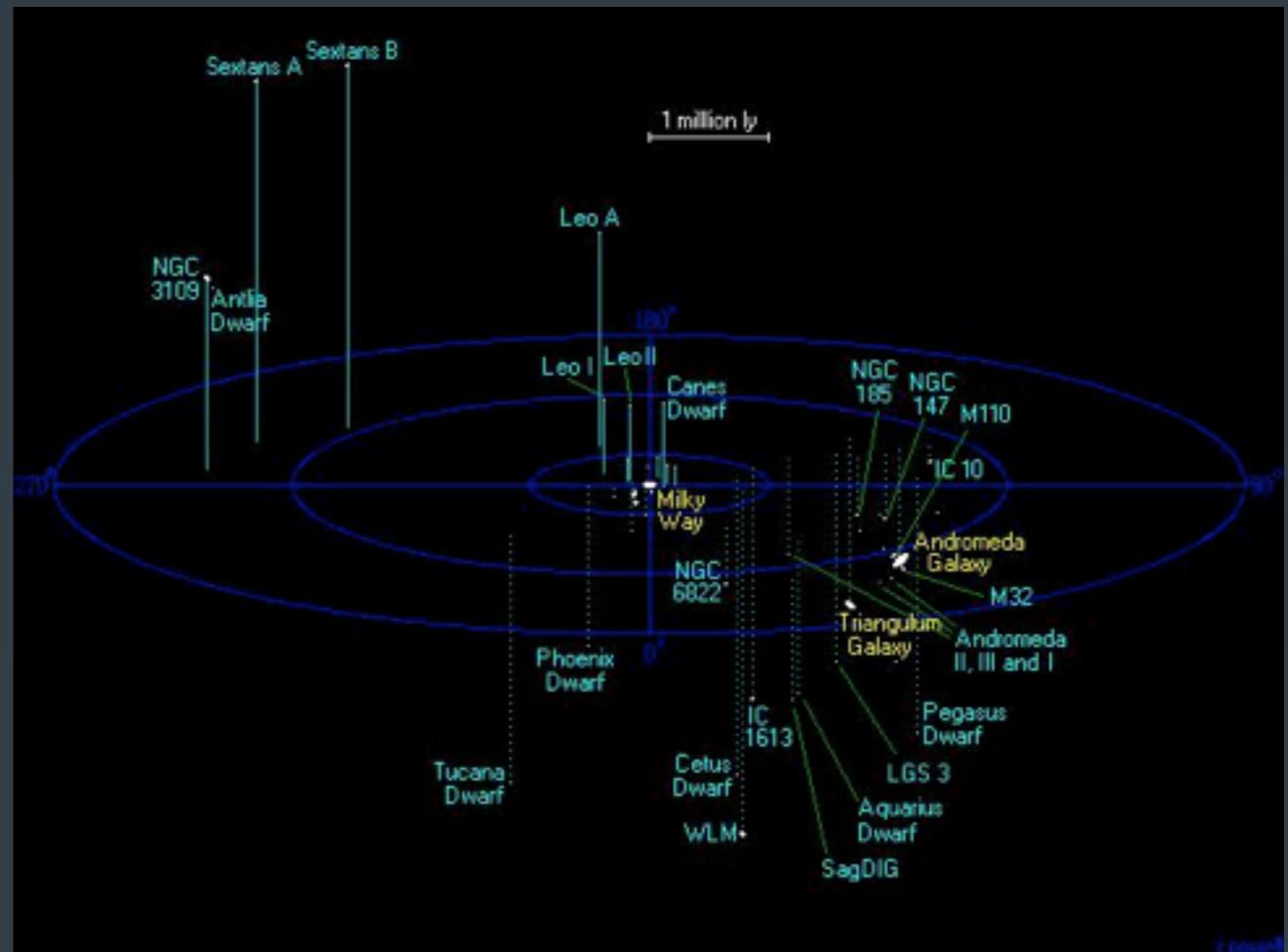
Roberto Muñoz
Arica, Chile

Estructuras de galaxias

- La mayoría de las galaxias en el Universo están asociadas a otras galaxias, dando origen a estructuras de diversos tamaños:

Estructuras de galaxias

- La mayoría de las galaxias en el Universo están asociadas a otras galaxias, dando origen a estructuras de diversos tamaños:
 - Grupos de galaxias
 - Menos de 50 galaxias



Estructuras de galaxias

- La mayoría de las galaxias en el Universo están asociadas a otras galaxias, dando origen a estructuras de diversos tamaños:
 - Grupos de galaxias
Menos de 50 galaxias
 - Cúmulos de galaxias
Entre 100 y 1.000 galaxias



Galaxy Cluster Abell 1689
Hubble Space Telescope • Advanced Camera for Surveys

Estructuras de galaxias

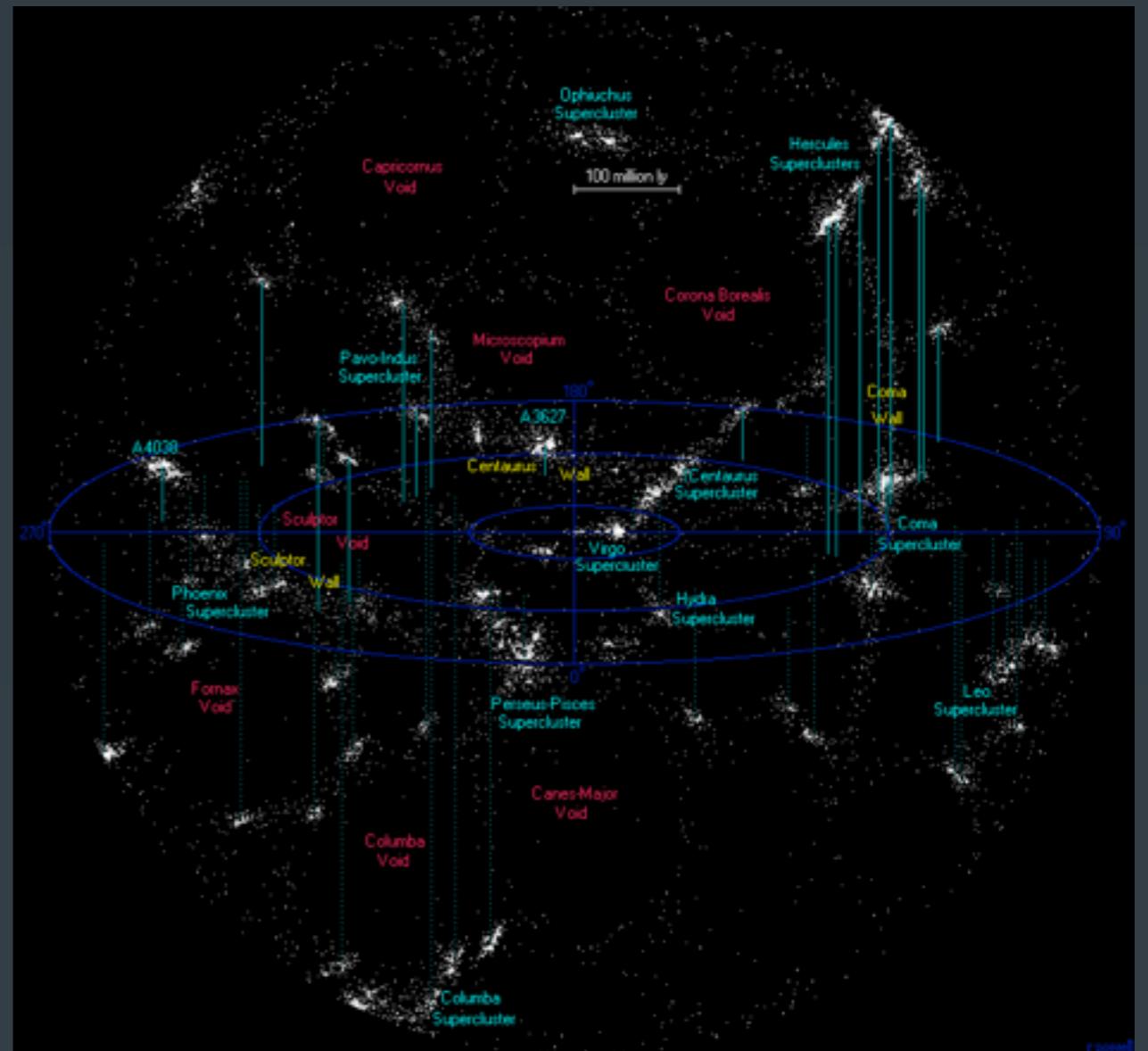
- La mayoría de las galaxias en el Universo están asociadas a otras galaxias, dando origen a estructuras de diversos tamaños:
 - Grupos de galaxias
Menos de 50 galaxias
 - Cúmulos de galaxias
Entre 100 y 1.000 galaxias
 - Super cúmulos de galaxias
Algunos grupos y cúmulos



Galaxy Cluster Abell 1689
Hubble Space Telescope • Advanced Camera for Surveys

Estructuras de galaxias

- La mayoría de las galaxias en el Universo están asociadas a otras galaxias, dando origen a estructuras de diversos tamaños:
 - Grupos de galaxias
Menos de 50 galaxias
 - Cúmulos de galaxias
Entre 100 y 1.000 galaxias
 - Super cúmulos de galaxias
Algunos grupos y cúmulos
 - Filamentos



Cúmulos de galaxias

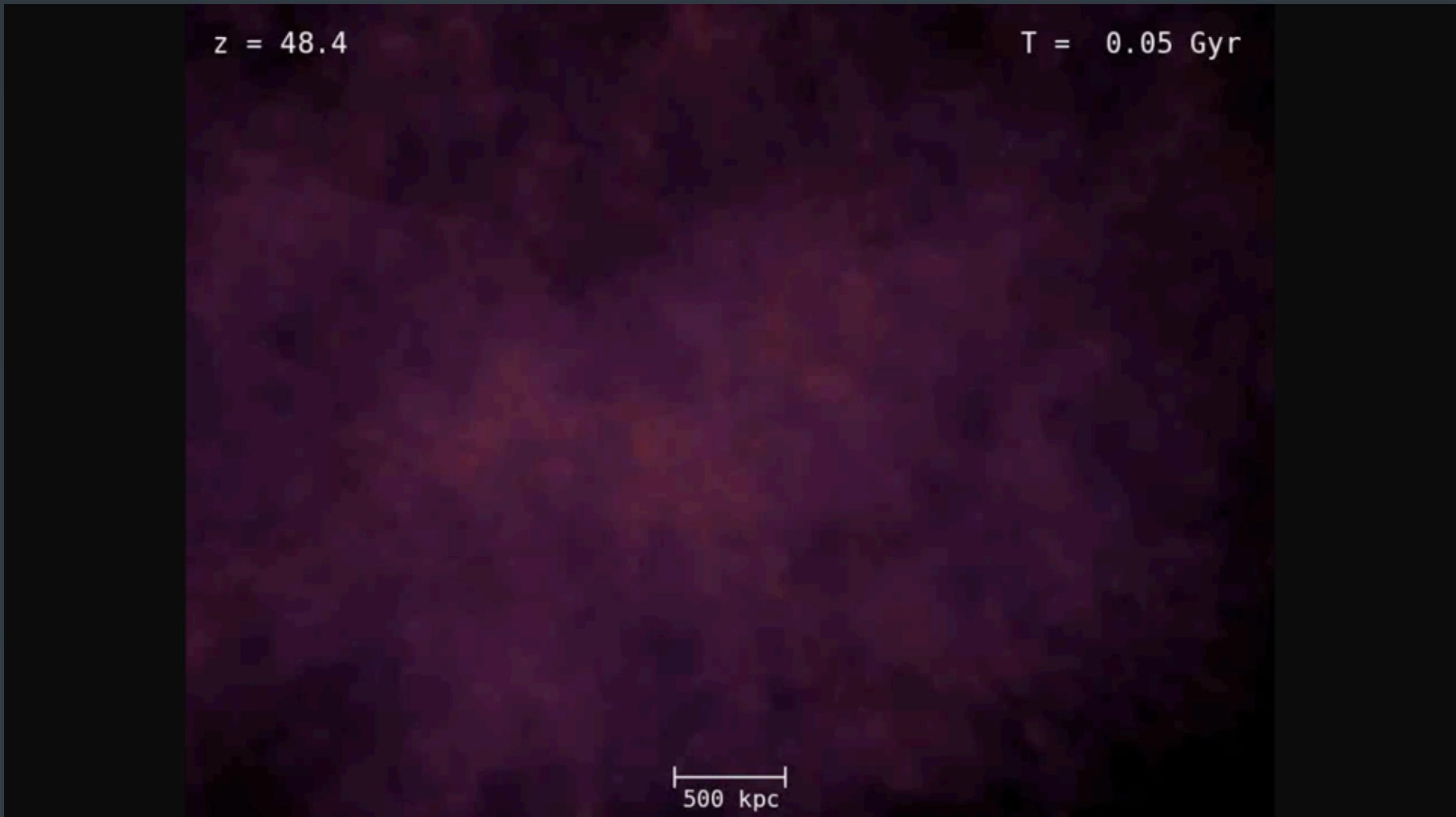
- Los cúmulos de galaxias son estructuras que contienen miles de galaxias.
- Se pueden representar como estructuras esféricas de diámetro 6 Mpc.
- La densidad numérica de galaxias hacia el centro es muy alta, y ésta disminuye a medida que nos alejamos del centro.
- Sus masas varían entre $10^{14} M_\odot$ y $10^{15} M_\odot$

Cúmulos de galaxias

- Los cúmulos de galaxias son estructuras que contienen miles de galaxias.
- Se pueden representar como estructuras esféricas de diámetro 6 Mpc.
- La densidad numérica de galaxias hacia el centro es muy alta, y ésta disminuye a medida que nos alejamos del centro.
- Sus masas varían entre $10^{14} M_\odot$ y $10^{15} M_\odot$



Formación de cúmulos

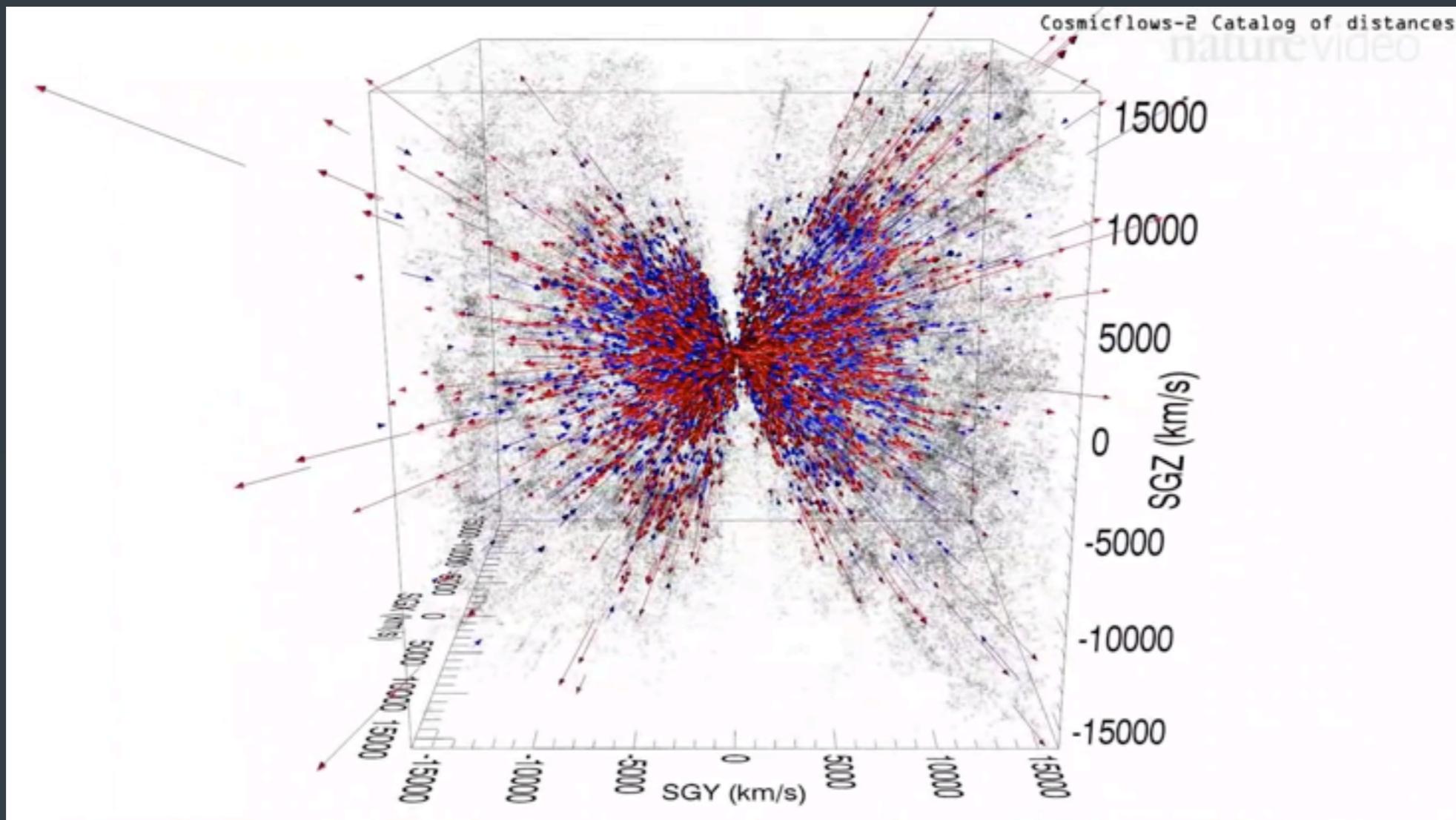


Año 2009: Simulación de Acuario

Roberto Muñoz
Arica, Chile

Nuestro supercúmulo

- En Septiembre de 2014, Brent Tully y otros astrónomos presentan un análisis de miles de galaxias en el vecindario. Bautizan a nuestro supercúmulo como Laniakea (Cielos incommensurables)



Resumen

- Chile se ha transformado en la capital mundial de la Astronomía. El año 2020 albergará el 70% de la capacidad astronómica mundial.
- Cada generación de astrónomos debe enfrentar nuevos desafíos acorde a los tiempos. Hemos avanzado rápidamente en la construcción de grandes telescopios y mejores instrumentos, y hemos generado un tsunami de datos astronómicos.
- Hoy en día vivimos en islas del conocimiento y debemos avanzar rápidamente en la interdisciplina. Existen grandes oportunidades para Chile.