

The background of the slide is a deep space image featuring a dense field of stars of various colors (white, blue, yellow) and a prominent orange and blue nebula. The text 'Ley de Hubble' is centered in a large, bold, yellow font.

Ley de Hubble

María Salazar

Adrián Sanjurjo

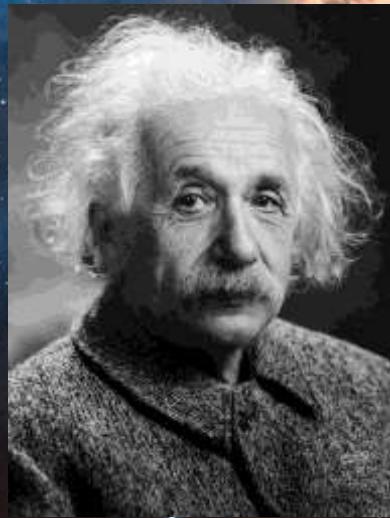
Introducción a la física computacional

Índice

- Introducción y contexto histórico
- Planteamiento del problema
- Programa desarrollado
- Discusión de resultados

Introducción histórica

- Astronomía
- Cosmología y astrofísica
- Teoría de la Relatividad de Einstein



Universo en expansión de
Lemaître frente al Universo
estático de Einstein

Prueba de la expansión del Universo: corrimiento al rojo de las Galaxias.

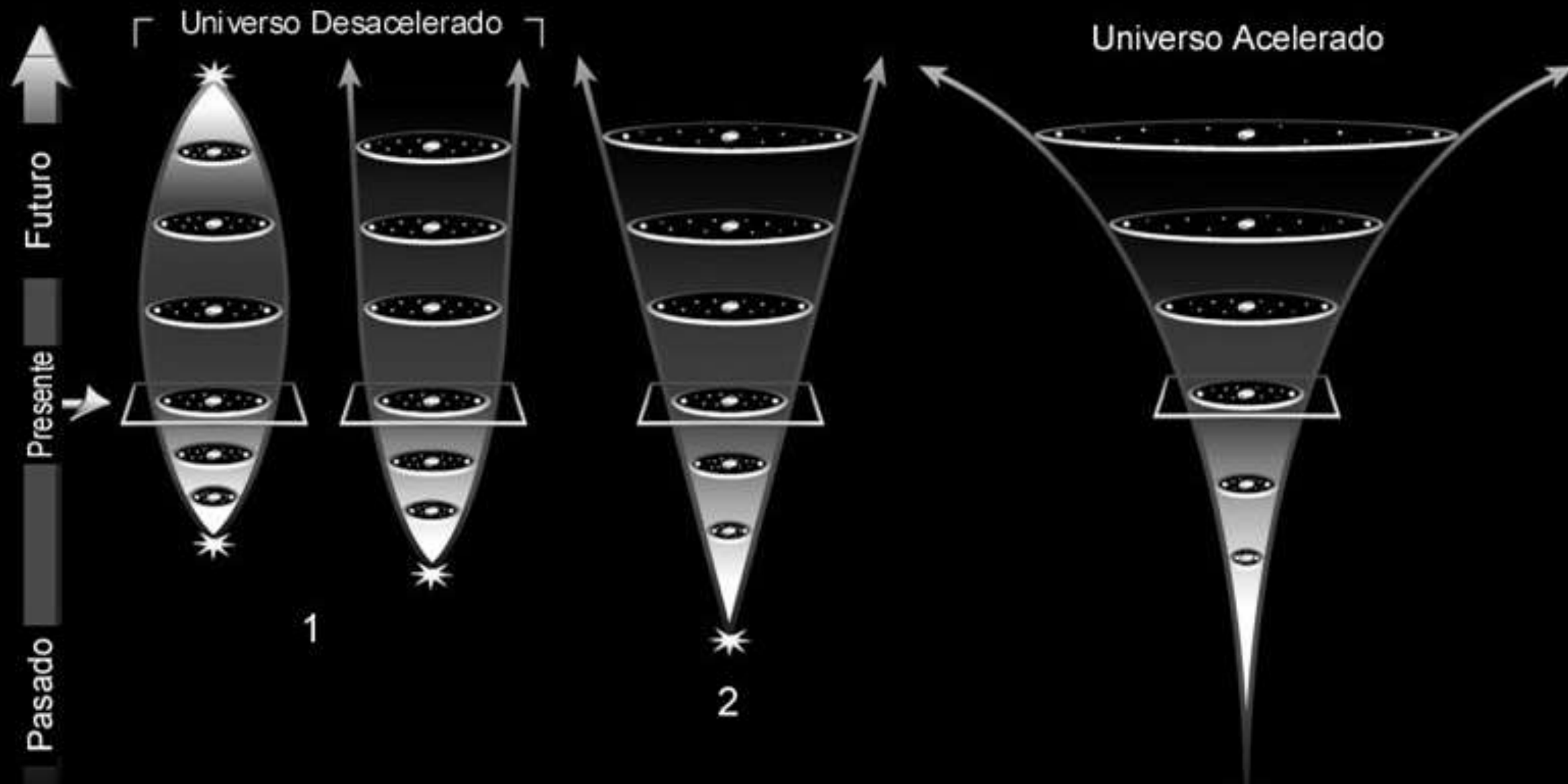
A mayor distancia, color más rojo. Efecto *Doppler* de la luz.

Es debido a un aumento de la velocidad entre cúmulos celestes originado por la creación de nuevo espacio

Redshift 'z' de la luz

$$Z = \frac{\lambda_r - \lambda_e}{\lambda_e}$$

Modelos posibles del Universo en expansion



Edwin Hubble

Astrofísico. Logró encontrar una relación lineal entre las distancias entre Galaxias y sus velocidades.

Es la denominada Ley de Hubble

$$V = H_0 \cdot d$$

V; Velocidad ($\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$)

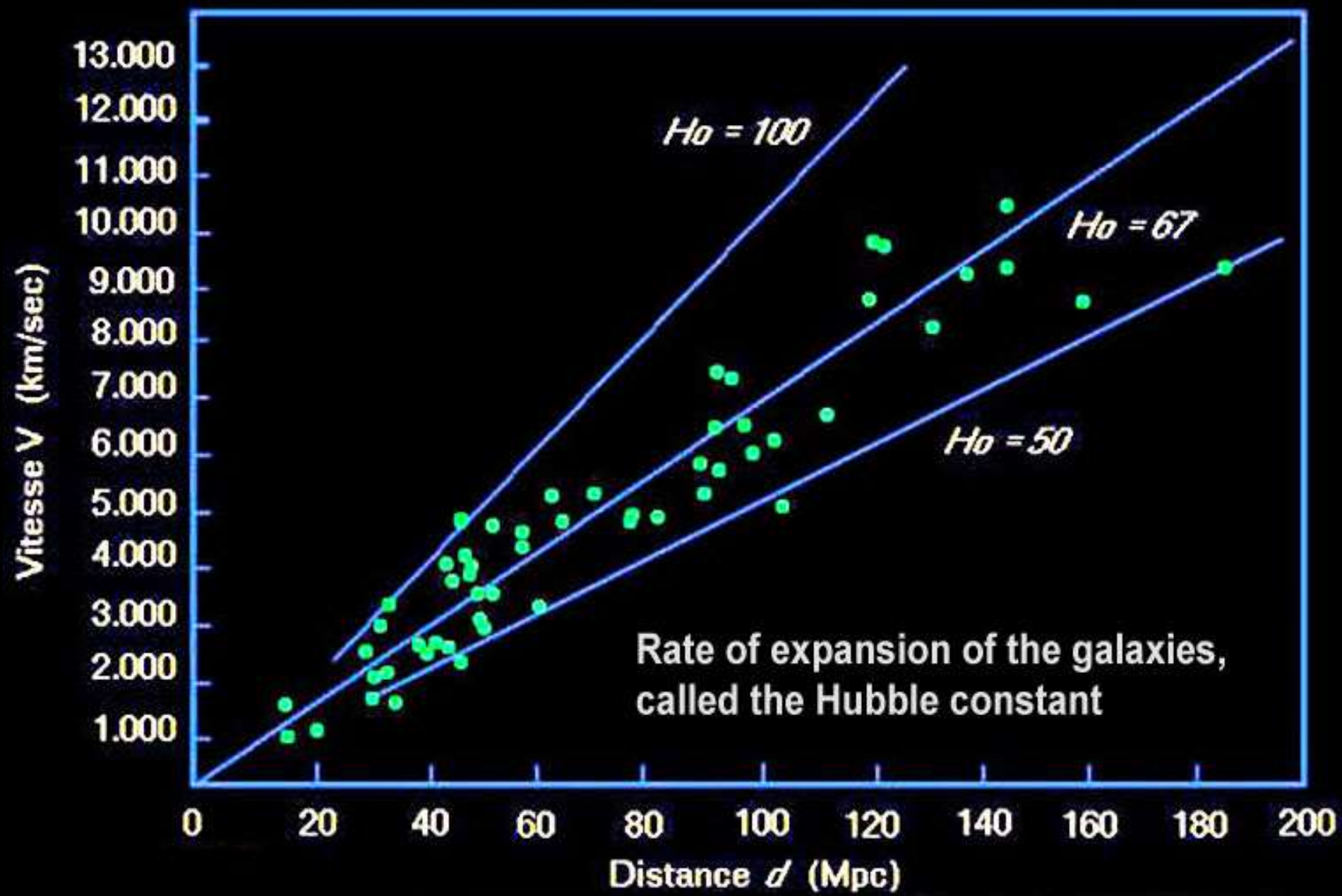
d; Distancia (MPc)



H_c es la llamada constante de Hubble. Tomó datos observacionales.

Valores a lo largo de la historia:

- Hubble: $500 \pm 50 \text{ Km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{MPc}^{-1}$
- 1956: $180 \pm 25 \text{ Km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{MPc}^{-1}$
- Década de los 70: Entre 50 y $100 \text{ Km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{MPc}^{-1}$
- 2003: $72 \pm 8 \text{ Km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{MPc}^{-1}$
- 2014: $67,3 \pm 1,2 \text{ Km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{MPc}^{-1}$ (Valor actual)



Planteamiento del problema

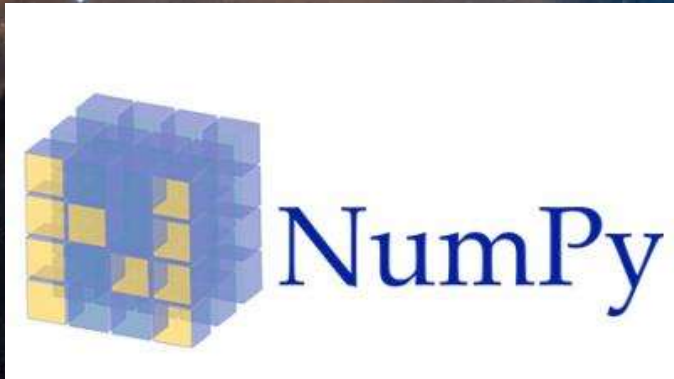
- 1. Ajustar por el método de Mínimos cuadrados los valores (leídos de un fichero de datos externo) de la velocidad (km/s) frente a la distancia (Mpc) asumiendo un comportamiento lineal, obteniendo la constante de Hubble.
- 2. Obtener los parámetros estadísticos tales como la incertidumbre en los parámetros y representarlos en la gráfica con el ajuste
- 3. Representar con Visual las galaxias como esferas distantes que se alejan de nosotros con la velocidad dada por la constante de Hubble.

Ajuste por mínimos cuadrados

$$m = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$b = \frac{\sum Y \sum X^2 - (\sum X)(\sum XY)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Programa desarrollado



1- Importación de módulos:

- Numpy: manejo de datos en arrays
- Scipy: Funciones de ajuste lineal
- Matplotlib: Muestreo gráfico de resultados
- Visual: Representación gráfica
- Astropy: Uso de su función Table

2-Definición de funciones

- Dos funciones lineales: La función de Hubble y una auxiliar de ajuste
- Desviación típica de las muestras:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

- Función para determinar la bondad del ajuste:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(x_{i-obs} - x_{i-esp})^2}{(x_{i-obs} - \bar{x})^2}$$

3- Carga de ficheros de datos

- Lectura de datos medidos por Hubble y datos de 1991
- Estructuramos arrays para concatenarlos con las funciones

4-Ajustes por funciones de Scipy

- Curve Fit
- Least Square
- Cálculo de incertidumbres con funciones estadísticas

Final Results from the Hubble Space Telescope
Key Project to Measure the Hubble Constant
Freedman, Wendy L.

5- Muestreo de datos

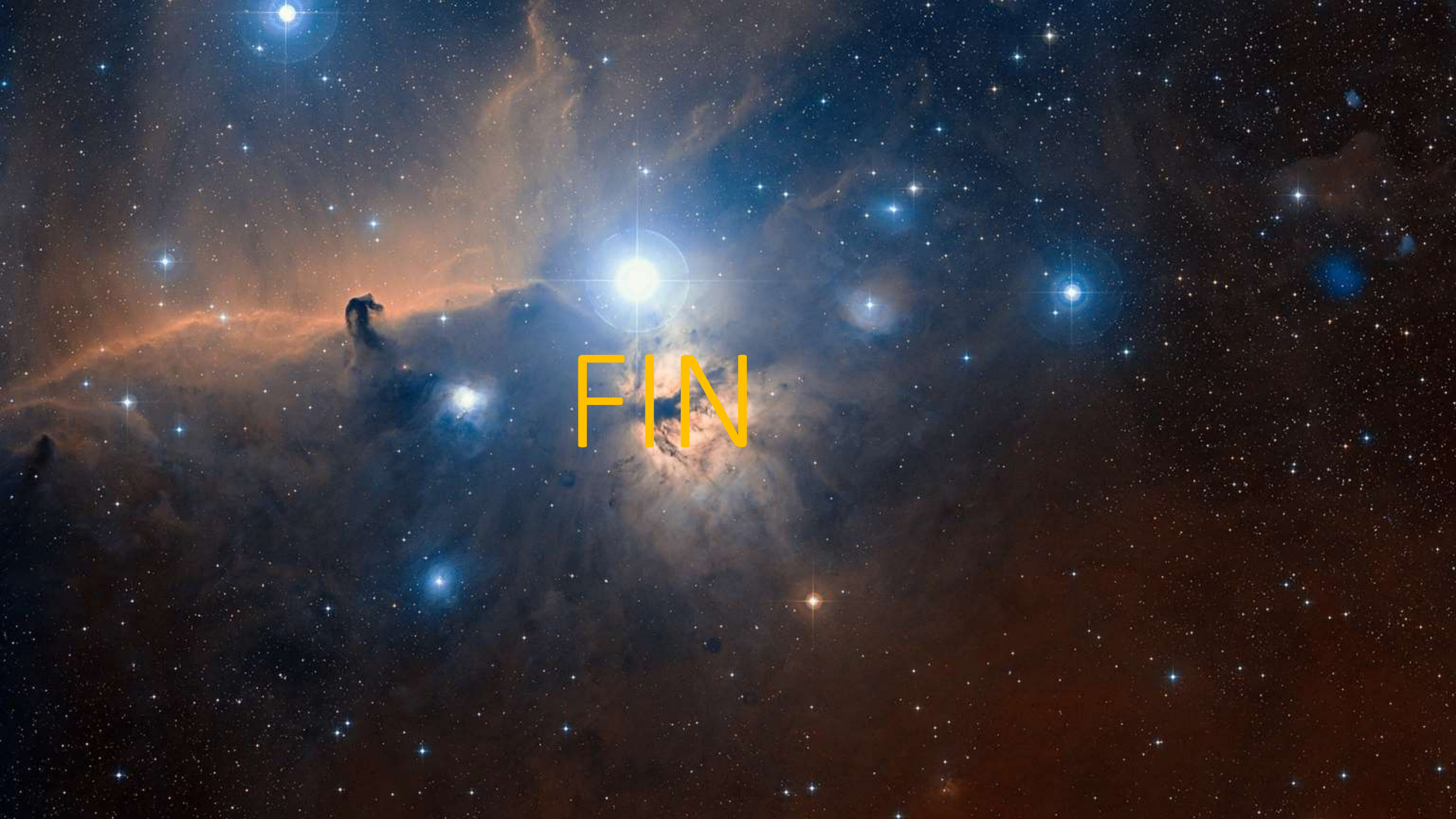
- Función Table de Astropy
- Gráficas de Matplotlib
- De ejemplo concreto representamos Andrómeda

6- Representación de Visual

- Alejamiento de dos Galaxias. La Tierra como sistema de referencia

Discusión de resultados

- Utilizando los datos de medida que recogió Hubble, obtenemos un valor de la constante de $406 \text{ km}/(\text{Mpc} \cdot \text{s})$, que es similar al que se calculó en la época. (least-square)
- Con los datos de 1991, obtenemos un valor de la constante de 72,7, frente al 67 que es el valor actual (2014). (curve_fit)



FIN