

Introducción al Fenómeno Lente Gravitatoria

Verónica Motta

Departamento de Física y Astronomía
Universidad de Valparaíso



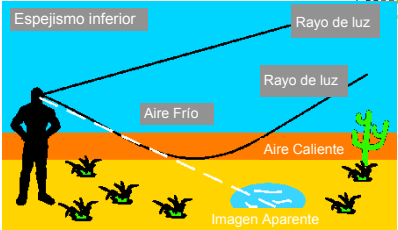
Índice

- Introducción
- Ecuaciones
- Configuraciones de imágenes
- Tipos de efecto lente
- Aplicaciones
 - Planetas extrasolares
 - Materia oscura
 - Ley de extinción en galaxias lejanas
 - Galaxias primordiales
 - Discos de acreción en AGNs
 - Modelos cosmológicos (H_0)

UCH 23/10/2013 Lentes Gravitatorias - V. Motta 2

Espejismos

Espejismo inferior



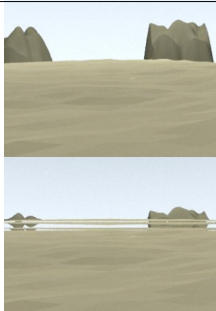
Rayo de luz

Aire Frío

Aire Caliente

Imagen Aparente

UCH 23/10/2013 Lentes Gravitatorias - V. Motta 4

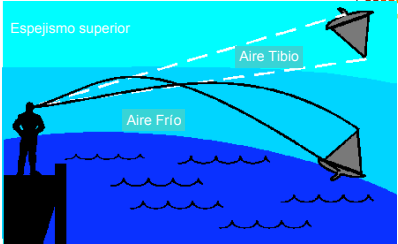


UCH 23/10/2013 5



UCH 23/10/2013 Lentes Gravitatorias - V. Motta 6

Espejismo superior



Aire Tibio

Aire Frío

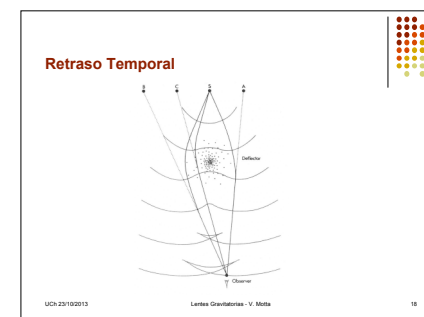
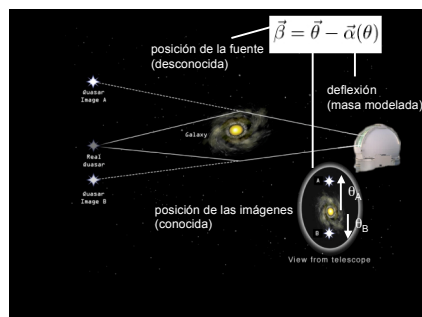
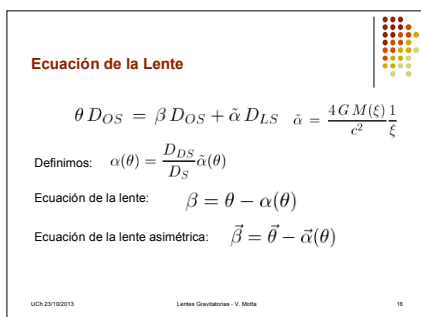
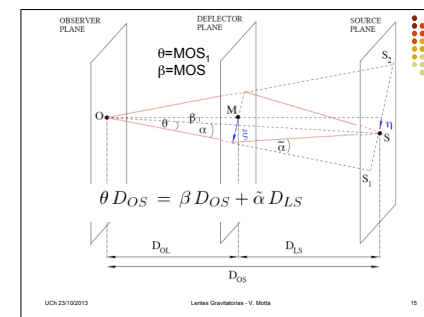
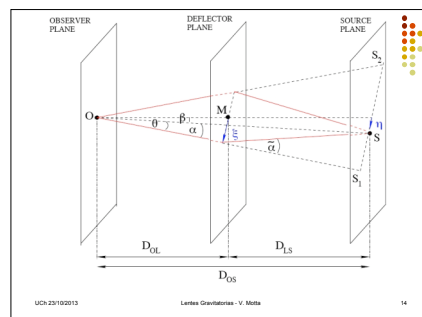
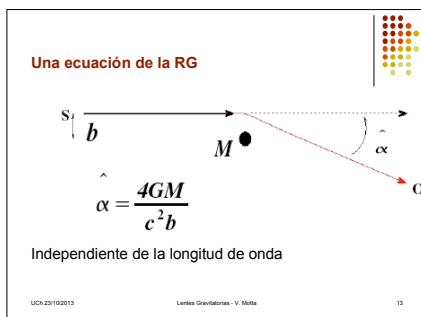
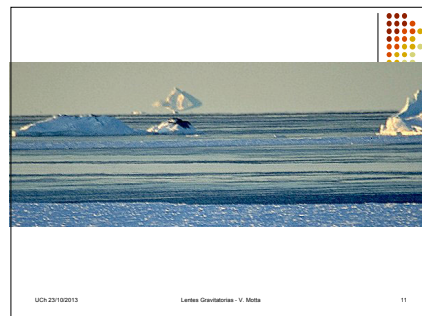
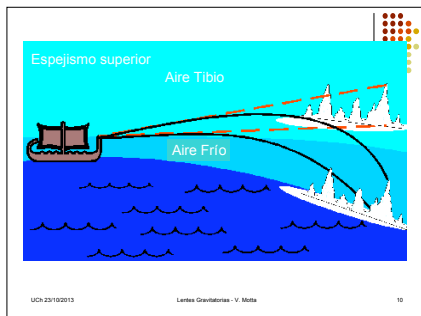
UCH 23/10/2013 Lentes Gravitatorias - V. Motta 7



UCH 23/10/2013 8



UCH 23/10/2013 Lentes Gravitatorias - V. Motta 9



Retraso Temporal

$$t(\vec{\theta}) = \frac{1+z_s}{c} \frac{D_d D_s}{D_{ds}} \left(\frac{1}{2} (\vec{\theta} - \vec{\beta})^2 \right) - \psi(\vec{\theta})$$

retraso temporal entre imágenes de la misma fuente

Distancias (modelo cosmológico, H_0)

potencial gravitatorio de la lente (modelo)

diferentes caminos (imágenes)

Midiendo $\Delta t(\theta)$ y con un modelo para $\psi(\theta)$, se puede determinar H_0

UCH 23/10/2013 Lentes Gravitacionales - V. Motta 19

Magnificación

área de la fuente

área de la imagen

Ángulos sólidos subtendidos

$$(\Delta\omega)_0 = A_S / D_{OS}^2$$

$$\Delta\omega = A_L / D_{OL}^2$$

Magnificación

$$\mu = \frac{i \Delta\omega}{i (\Delta\omega)_0} = \frac{A_L}{A_S} \left(\frac{D_{OS}}{D_{OL}} \right)^2$$

UCH 23/10/2013 Lentes Gravitacionales - V. Motta 20

Curvas críticas y cóusticas

Image Plane

Source Plane

Curva Crítica $\det(1/\mu)=0$

Cóustica

UCH 23/10/2013 Lentes Gravitacionales - V. Motta 21

Configuraciones

UCH 23/10/2013 Lentes Gravitacionales - V. Motta 22

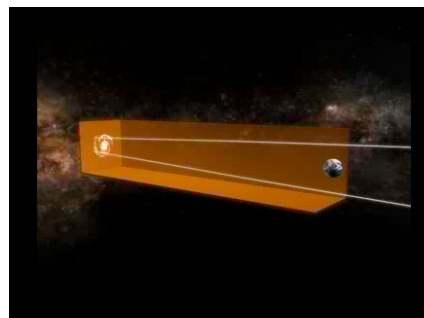


Image Plane

Source Plane

UCH 23/10/2013 Lentes Gravitacionales - V. Motta 24

Einstein Ring Gravitational Lenses

Hubble Space Telescope - Advanced Camera for Surveys

NASA, ESA, A. Bolton (Harvard-Smithsonian CfA), and the SLACS Team

8/16/04 PR028-02

UCH 23/10/2013 Lentes Gravitacionales - V. Motta 25

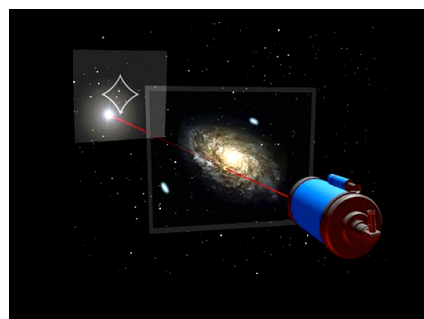


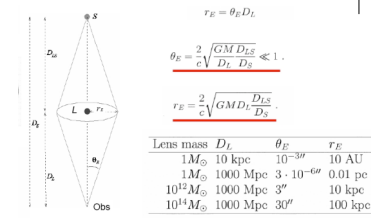
Image Plane

Source Plane

UCH 23/10/2013 Lentes Gravitacionales - V. Motta 27

Tipos de Efecto Lente

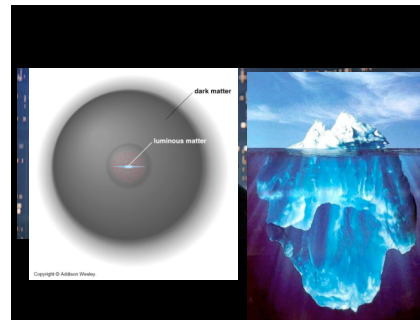
Anillos de Einstein



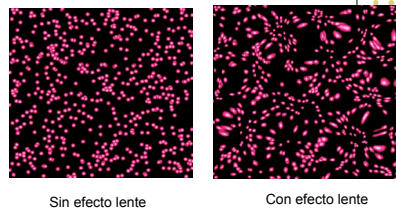
- Dependiendo del tipo de imágenes que se producen (intensidad del campo gravitatorio) y de la escala espacial, distinguimos tres efectos:

- Efecto lente débil (*weak lensing*)
- Efecto microlente (*microlensing*)
- Efecto lente fuerte (*strong lensing*)

Efecto Lente Débil

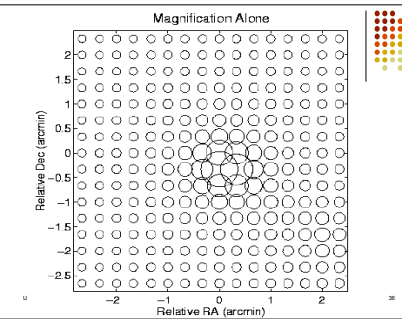


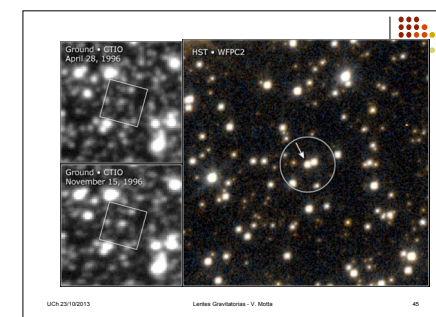
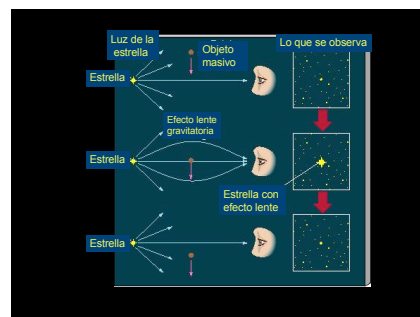
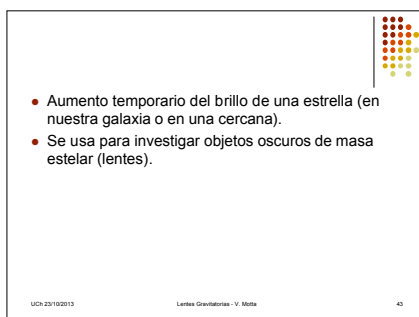
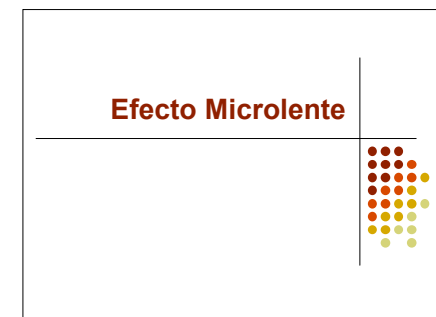
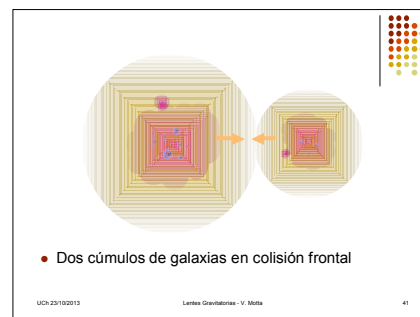
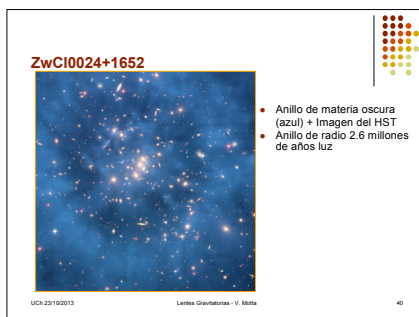
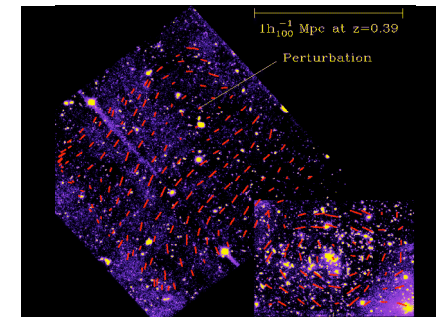
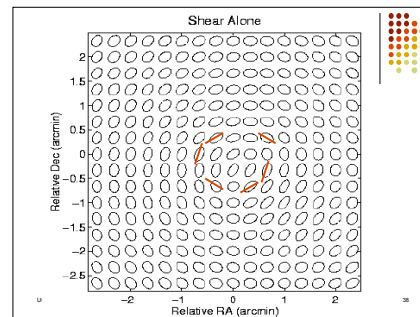
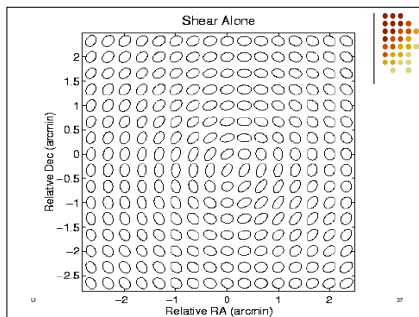
- Producido por cúmulos de galaxias poco masivos o en las afueras de cúmulos masivos.
- Distorsiona la elipticidad de las galaxias de fondo (fuentes).
- Se utiliza para estudiar la distribución de la materia en la estructura a gran escala.



Método

- Supone todas las galaxias de fondo al mismo z .
- Promedia su forma y obtiene el *shear map*.
- Estima la distribución de materia y obtiene un nuevo *shear map*.
- Itera hasta ajustar las observaciones





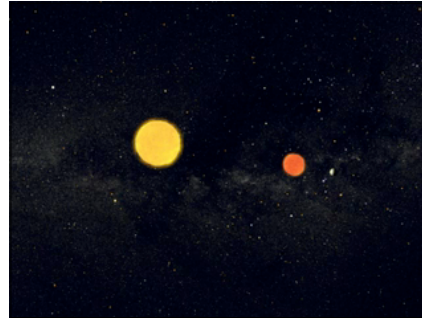
Método

- Paczynsky (1986) sugirió la búsqueda de objetos masivos en el halo de nuestra galaxia (*massive compact halo objects, MACHOs*).
- Se monitorean millones de estrellas en la LMC y se construyen curvas de luz.
- El fenómeno es acromático y simétrico en el tiempo (no se confunde con estrellas variables).
- Escala temporal $130(m/M_{\text{sun}})^{1/2}$ días (LMC)

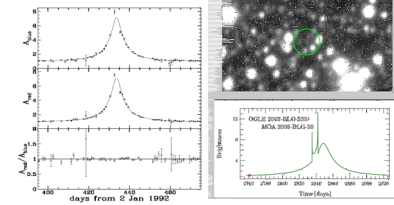
UCH-23102013

Lentes Gravitacionales - V. Motta

45



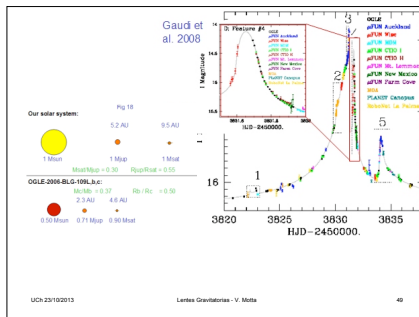
Curva de Luz de la Estrella



UCH-23102013

Lentes Gravitacionales - V. Motta

46

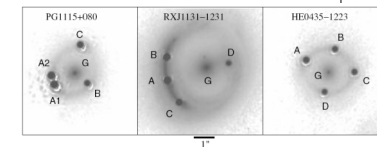


UCH-23102013

Lentes Gravitacionales - V. Motta

49

Efecto Lente Fuerte



UCH-23102013

Lentes Gravitacionales - V. Motta

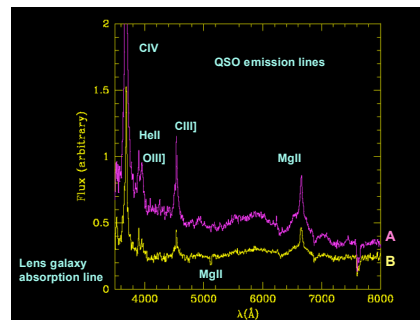
51

- Produce varias imágenes de la fuente.
- Espectros de las imágenes contienen información de la fuente y la lente.
- Se utiliza para estudiar:
 - halos de materia oscura (lente)
 - extinción por polvo (lente)
 - estructura de la fuente
 - H_0

UCH-23102013

Lentes Gravitacionales - V. Motta

52



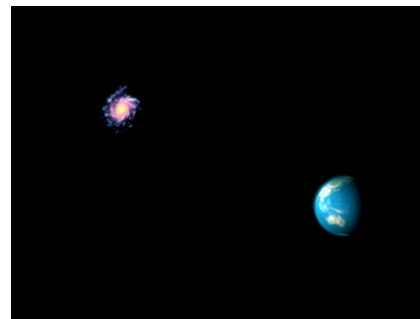
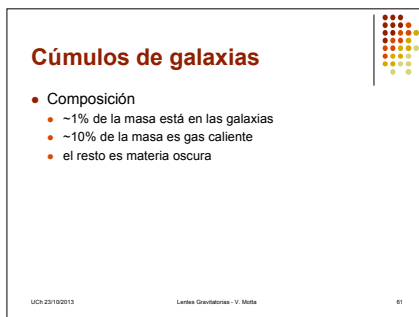
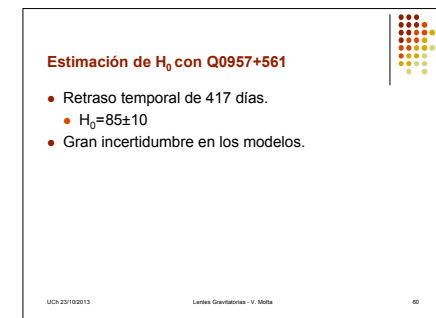
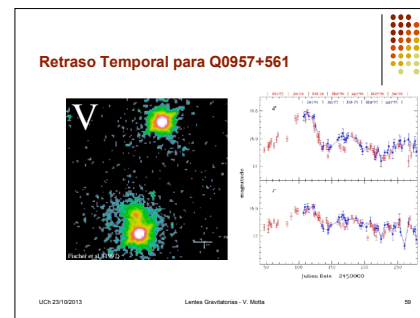
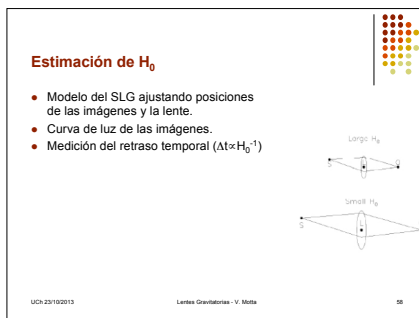
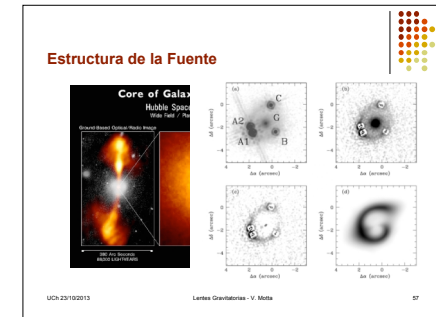
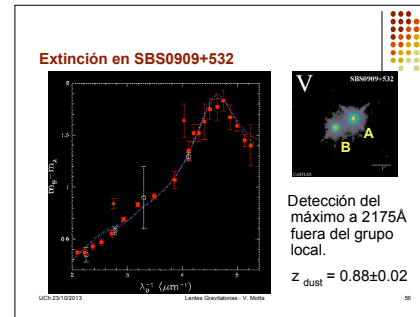
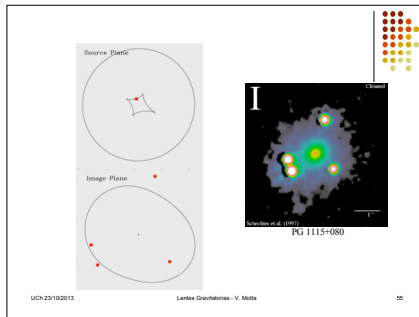
Halos de materia oscura

- Se obtienen modelando el SLG.
- Es necesario conocer las distancias a la fuente y a la lente.
- Se compara la masa de los modelos con la masa luminosa

UCH-23102013

Lentes Gravitacionales - V. Motta

54



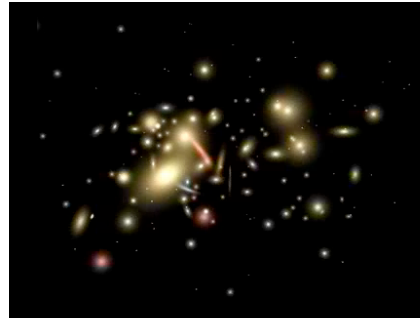
Método

- Identifica los arcos y las imágenes múltiples.
- Modela el cúmulo como esfera singular isoterma.
- Compara con las observaciones.
- Agrega el efecto de cada galaxia del cúmulo.
- Itera hasta ajustar las observaciones.

UCH 23/10/2013

Lentes Gravitacionales - V. Motta

64



Efecto Lente Fuerte + Efecto Microlente

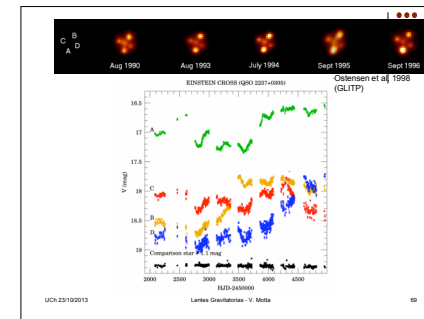
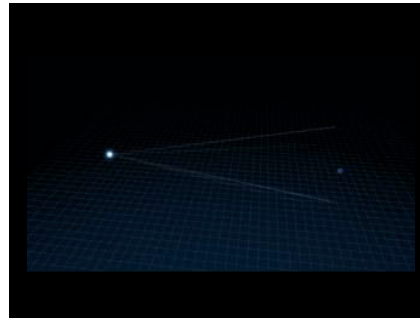


- Cuásar con varias imágenes de la fuente (efecto lente fuerte).
- Objeto en el halo de la galaxia lente produce micro-imágenes en una de ellas (efecto microlente).
- Espectros del continuo y las líneas de emisión contiene información.
- Se utiliza para estudiar:
 - Tamaño de la región de emisión en el QSO
 - Composición del halo de materia oscura de la lente.

UCH 23/10/2013

Lentes Gravitacionales - V. Motta

67

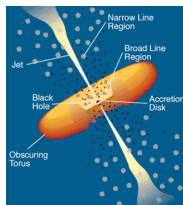


UCH 23/10/2013

Lentes Gravitacionales - V. Motta

69

Estructura del Cuásar

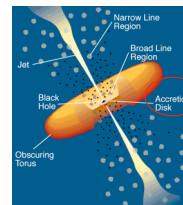


UCH 23/10/2013

Lentes Gravitacionales - V. Motta

70

Estructura del Cuásar

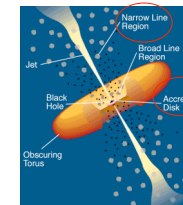


UCH 23/10/2013

Lentes Gravitacionales - V. Motta

71

Estructura del Cuásar



UCH 23/10/2013

Lentes Gravitacionales - V. Motta

72

