

Astrofísica (Semestre 2 2025)

La escalera de distancias cósmicas (II)

Nina Hernitschek

Centro de Astronomía CITEVA
Universidad de Antofagasta

Septiembre 26, 2025

Revisión

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

Revisión: ¿Por qué es difícil medir las distancias a las estrellas?

Algunos métodos son bastante intuitivos, como los métodos de paralaje.

Sin embargo, el paralaje solo funciona para las estrellas más cercanas. Queremos profundizar más en el universo.

Estrellas variables

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

No todas las estrellas muestran un brillo constante.

De hecho, muchas estrellas tienen un **brillo variable** a lo largo del tiempo y, por lo tanto, se denominan **estrellas variables**.

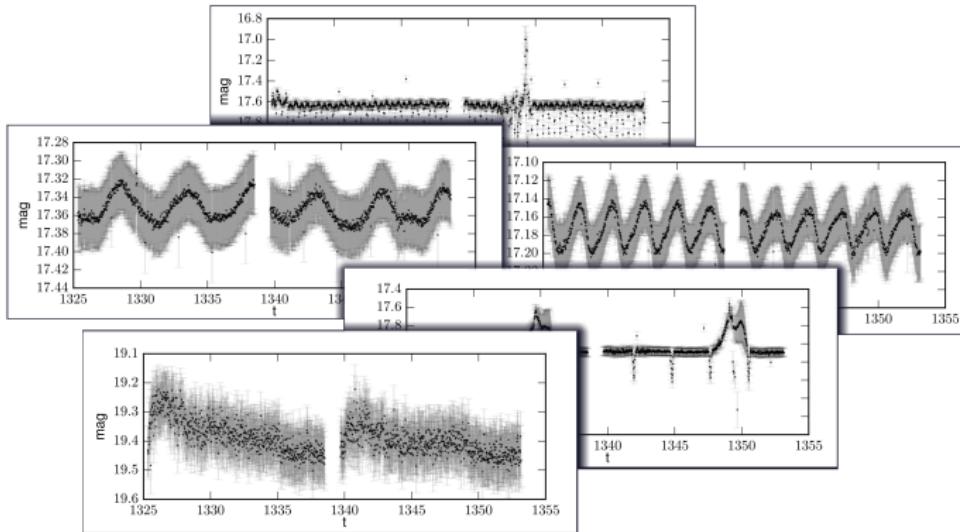


Diagrama de árbol de variabilidad

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

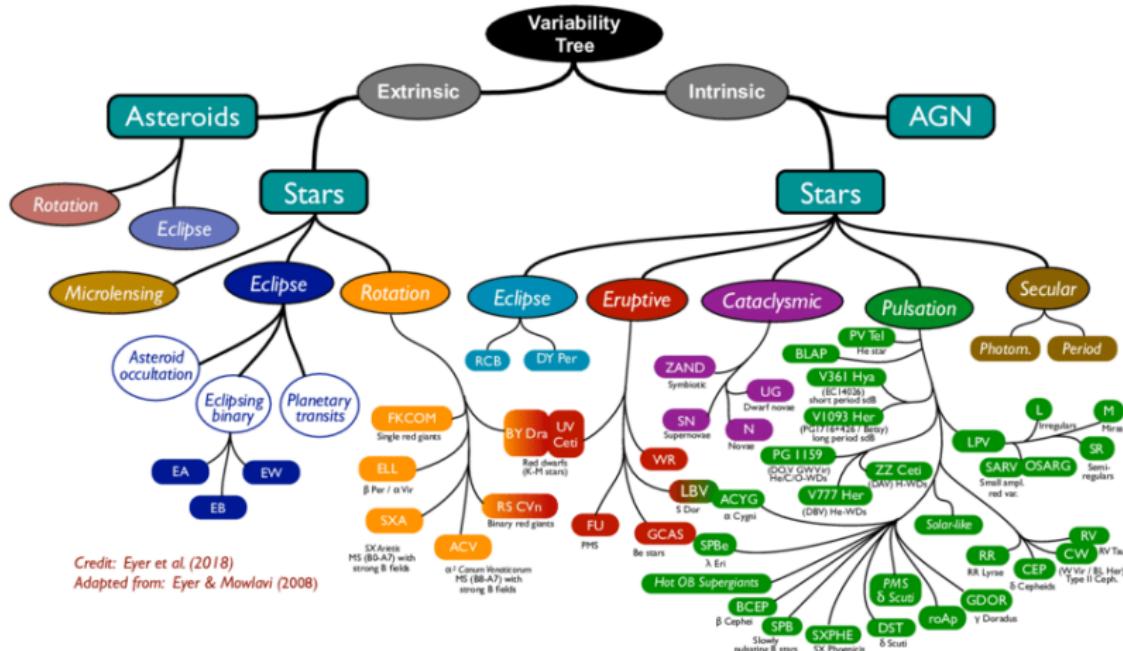


Diagrama de árbol de variabilidad

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

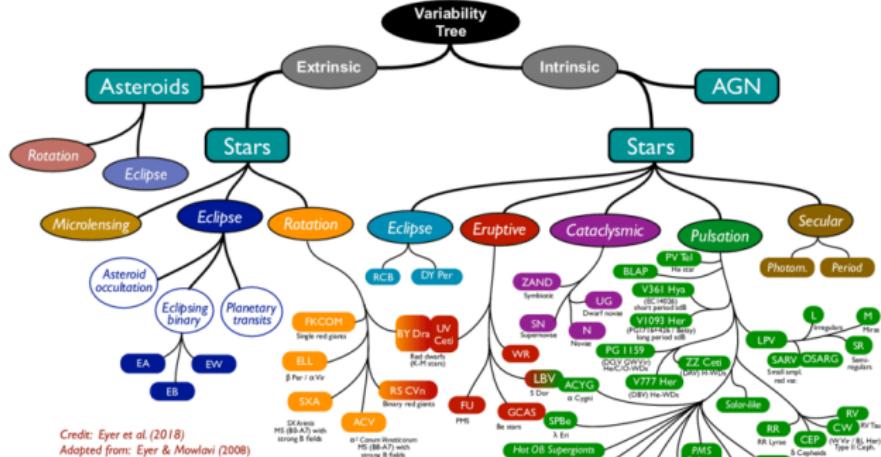
Estrellas variables pulsantes

Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas



Credit: Eyer et al. (2018)

Adopted from: Eyer & Mowlavi (2008)

MS stars with strong B field
MS stars with strong A field
B1 Census Westerstrom HS (B8-A7) with strong B fields

→ Muchas fuentes astronómicas son variables: describir, clasificar y seleccionar fuentes astronómicas según su variabilidad.

Estrellas variables pulsantes

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

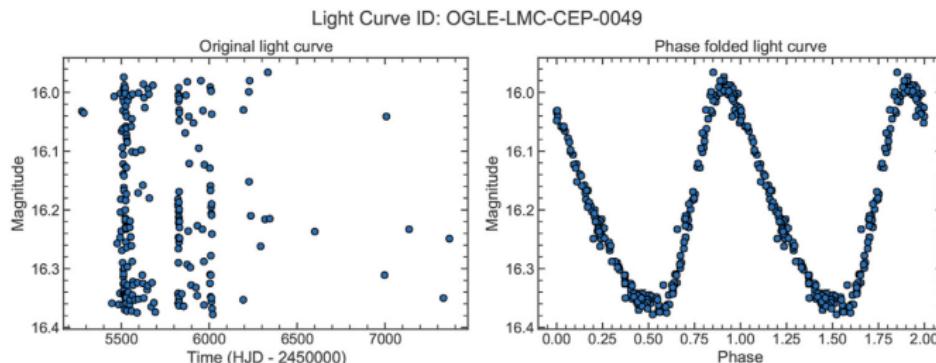
Tipos

Distancias

Perspectivas

Las **estrellas variables pulsantes** son estrellas en las que la presión gravitacional y la presión radiativa no están en equilibrio.

Por esta razón, se expanden y se contraen periódicamente, lo que provoca una variación en la cantidad de luz que emiten. Esto se puede observar en su **curva de luz**:



Estrellas variables pulsantes

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

En 1912, Henrietta Swan Leavitt descubrió una relación entre la luminosidad absoluta y el logaritmo del período de las estrellas Cefeidas en la Pequeña Nube de Magallanes.

Debido a que las cefeidas son tan brillantes, esto permite medir las distancias a galaxias más allá de nuestro **Grupo Local**.



Grupo Local de galaxias, que incluye a los miembros masivos Messier 31 (Galaxia de Andrómeda) y la Vía Láctea, así como otras galaxias cercanas.

Estrellas variables pulsantes

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

Ahora veremos este tema con más detalle.

Mecanismo de pulsación

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

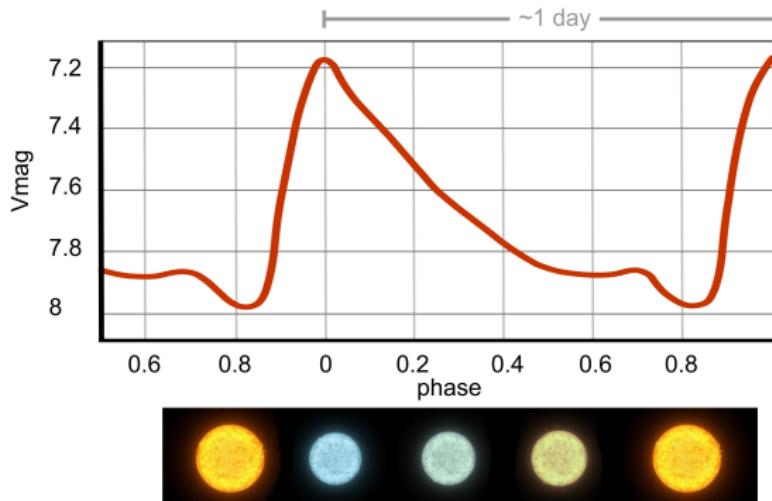
Tipos

Distancias

Perspectivas

Física que causa la variabilidad:

Los estudios observacionales de Harlow Shapley y otros alrededor de 1915, y los estudios teóricos simultáneos de Eddington, establecieron la naturaleza pulsante de las Cefeidas, las variables de tipo cúmulo (estrellas RR Lyrae) y las variables de largo período.



Mecanismo de pulsación

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

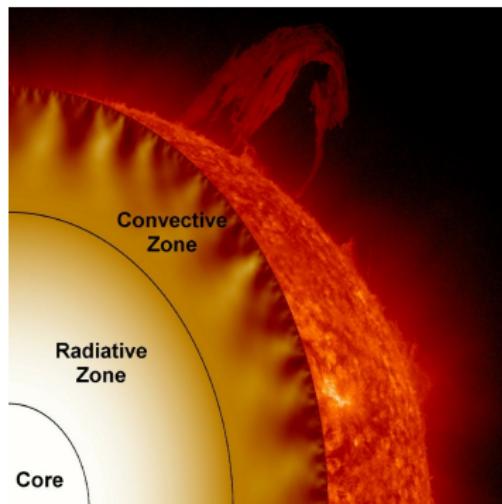
Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

La energía del núcleo estelar, independientemente de si se trata de una estrella pulsante o no, no puede llegar directamente a la superficie: En su lugar, se transporta por **radiación**, donde los átomos absorben y luego reemiten fotones; o por **convección**, donde el material caliente sube y el material más frío desciende, igual que en una olla hirviendo.



credit: NASA/ Marshall Solar Physics

Mecanismo de pulsación

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

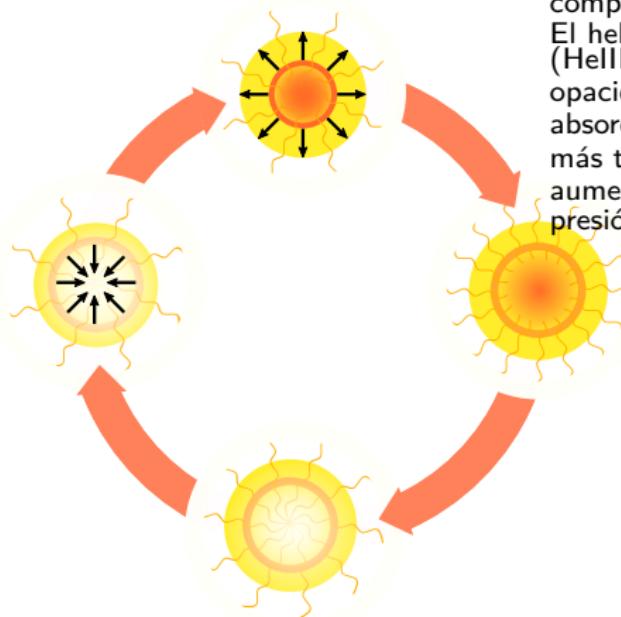
Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

causa de la pulsación: La falta de equilibrio hidrostático bajo la superficie impulsa el ciclo de pulsación con la expansión y contracción de las capas externas de una estrella y el consiguiente cambio en el brillo:



Punto de mayor compresión: $T = T_{\max}$
El helio doblemente ionizado (HeIII) debido a la alta T opacidad del HeIII provoca la absorción de radiación (parte más tenue del ciclo) \Rightarrow aumento de la ionización, T y presión.

Mecanismo de pulsación

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

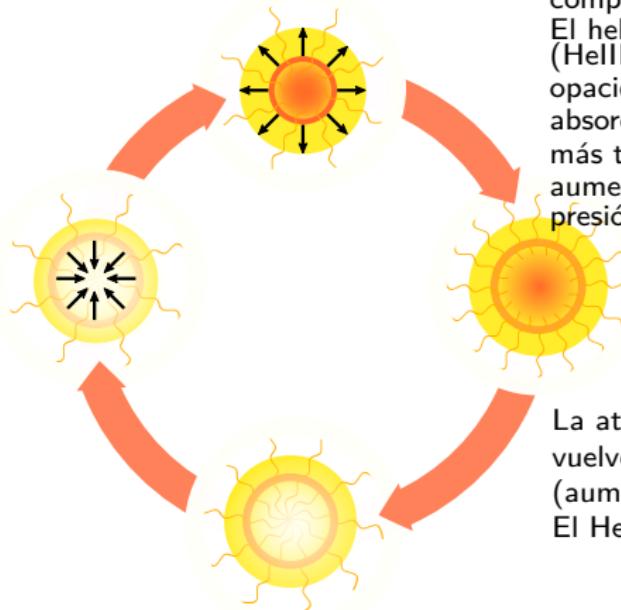
Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

causa de la pulsación: La falta de equilibrio hidrostático bajo la superficie impulsa el ciclo de pulsación con la expansión y contracción de las capas externas de una estrella y el consiguiente cambio en el brillo:



Punto de mayor compresión: $T = T_{\max}$
El helio doblemente ionizado (HeIII) debido a la alta T opacidad del HeIII provoca la absorción de radiación (parte más tenue del ciclo) \Rightarrow aumento de la ionización, T y presión.

La atmósfera se expande, se vuelve más transparente (aumenta el brillo) y se enfriá. El HeIII se convierte en HeII.

Mecanismo de pulsación

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

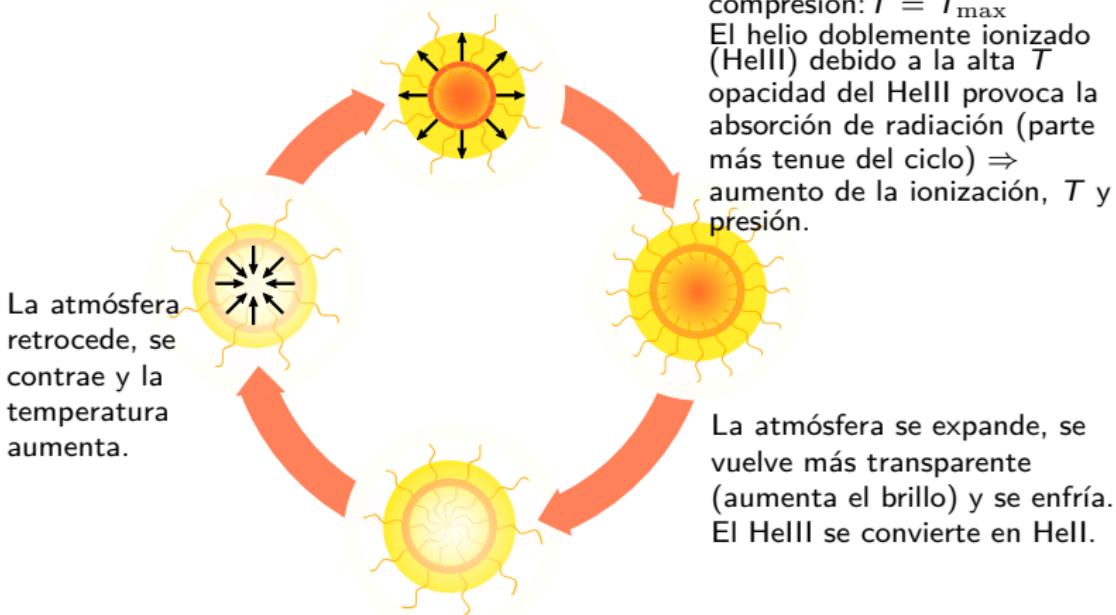
Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

causa de la pulsación: La falta de equilibrio hidrostático bajo la superficie impulsa el ciclo de pulsación con la expansión y contracción de las capas externas de una estrella y el consiguiente cambio en el brillo:



Mecanismo de pulsación

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

Mecanismo de pulsación

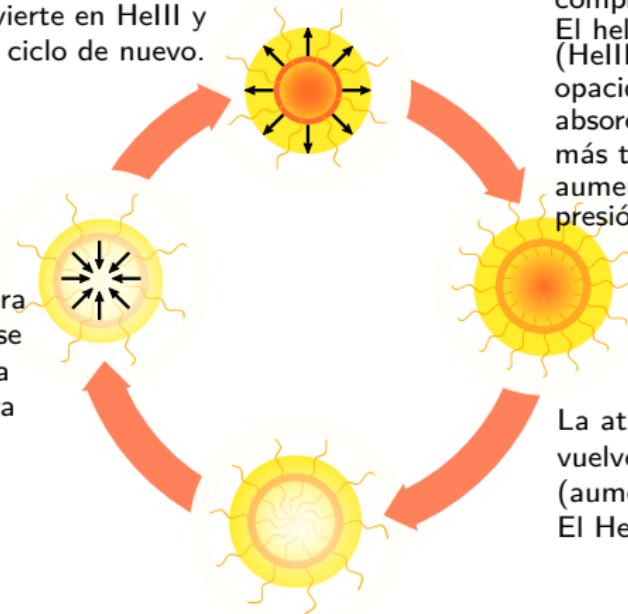
Tipos

Distancias

Perspectivas

causa de la pulsación: La falta de equilibrio hidrostático bajo la superficie impulsa el ciclo de pulsación con la expansión y contracción de las capas externas de una estrella y el consiguiente cambio en el brillo:

Antes de alcanzar el equilibrio, el Hell se convierte en HeIII y comienza el ciclo de nuevo.



La atmósfera retrocede, se contrae y la temperatura aumenta.

Punto de mayor compresión: $T = T_{\max}$
El helio doblemente ionizado (HeIII) debido a la alta T opacidad del HeIII provoca la absorción de radiación (parte más tenue del ciclo) \Rightarrow aumento de la ionización, T y presión.

La atmósfera se expande, se vuelve más transparente (aumenta el brillo) y se enfriá. El HeIII se convierte en Hell.

Mecanismo de pulsación

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

Esto se denomina pulsación **modo radial**. Se encuentra en variables pulsantes de gran amplitud en la *franja de inestabilidad* del diagrama HR: Cefeidas, Miras y estrellas RR Lyrae.

Mecanismo de pulsación

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

Mecanismo de pulsación

Tipos

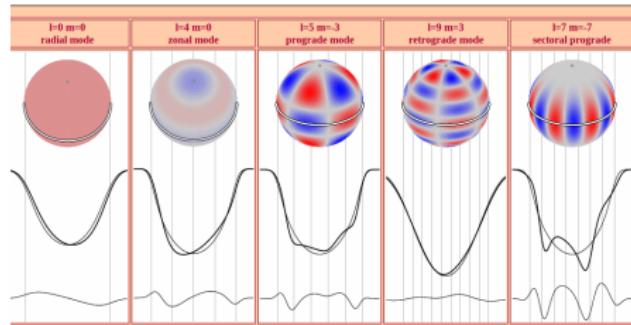
Distancias

Perspectivas

Esto se denomina pulsación **modo radial**. Se encuentra en variables pulsantes de gran amplitud en la *franja de inestabilidad* del diagrama HR: Cefeidas, Miras y estrellas RR Lyrae.

Hay estrellas cuya pulsación es **no radial**: la estrella cambia de forma, pero no de volumen. La pulsación no radial da lugar a amplitudes de variación más pequeñas.

Algunas estrellas - las estrellas β Cephei, δ Scuti y, en menor medida, las estrellas RR Lyrae - pulsan tanto en modo radial como no radial.



Modelos de estrellas con pulsaciones no radiales (derechos de autor: Coen Schrijvers) <http://staff.not.iac.es/jht/science/>

Tipos de estrellas variables pulsantes

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

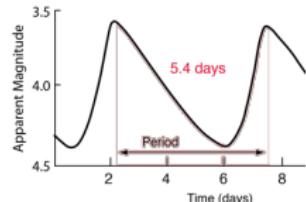
Perspectivas

Buscamos estrellas **brillantes** y **estrictamente periódicas***

*Advertencia: esta condición no siempre se puede cumplir.

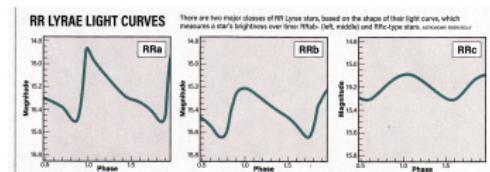
Cefeidas

- El brillo nos permite observarlas en otras galaxias de nuestro Grupo Local (como las Nubes de Magallanes, M31 y M33).
- La relación entre el período y la luminosidad las convierte en importantes candelas estándar ⇒ escala de distancias.



Estrellas RR Lyrae

- numerosos en los cúmulos globulares de la Vía Láctea, por lo que en su día se denominaron "variables de cúmulo".
- menos brillantes que las Cefeidas
- La relación entre el período y la luminosidad, junto con su edad, los convierte en importantes indicadores de la antigua subestructura del halo de la Vía Láctea.



Cefeidas

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

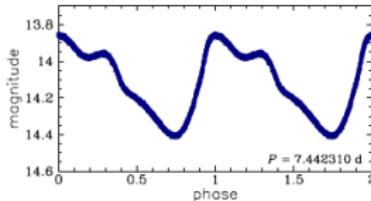
Perspectivas



Cefeidas clásicas (Tipo I)

Amarillo brillante, muy luminoso,
variables pulsantes supergigantes.

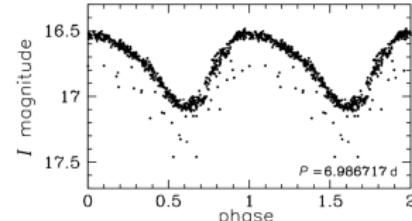
- amplitudes: $\sim 0.01 - 2 \text{ mag}_V$
- períodos: 1 - 135 días
- variabilidad es estrictamente regular
- tipo espectral: F en el máximo de
luminosidad, G a K en el mínimo;
cuanto más largo es el período, más
tardío es el tipo espectral.



Cefeidas de población II (Tipo II)

Curva de luz similar a la del Tipo I,
pero con una historia evolutiva
diferente.

- estrellas más antiguas y de baja
masa
- fósiles importantes de la primera
generación de estrellas de
nuestra galaxia



estrellas RR Lyrae

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

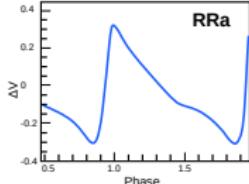
Perspectivas

prototipo: RR Lyrae (variabilidad descubierta por Williamina Fleming, ~ 1900); Las estrellas RR Lyrae son estrellas variables antiguas que consuman helio, de tipo espectral A5 a F5, con $0,5 M_{\odot}$

RRab

Curvas de luz asimétricas
con ascenso pronunciado.

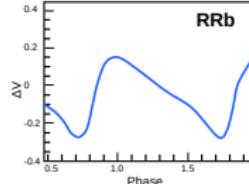
- períodos:
 $0,3 - 1,2$ días
- amplitudes:
 $0,5 - 2$ mag_V



RRc

Curvas de luz casi
simétricas

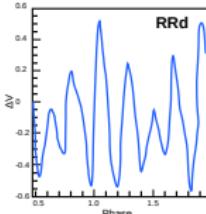
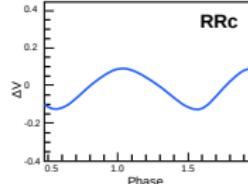
- períodos:
 $0,2 - 0,5$ días
- amplitudes:
 $< 0,8$ mag_V



RRd

Estrellas RR Lyrae de doble
modo, fundamental
y primer armónico.

- período fundamental:
 $0,5$ días
- relación de períodos:
 $0,74$ días



Las estrellas pulsantes como estimadores de distancia

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

Vimos:

La ecuación del **módulo de distancia** por sí sola no es suficiente:

$$d = 10^{(m - M + 5)/5} \text{ parsec}$$

Las estrellas pulsantes como estimadores de distancia

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

Mecanismo de pulsación

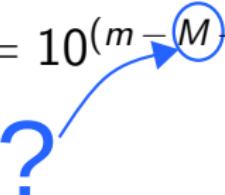
Tipos

Distancias

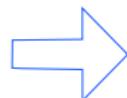
Perspectivas

Vimos:

La ecuación del **módulo de distancia** por sí sola no es suficiente:

$$d = 10^{(m - M + 5)/5} \text{ parsec}$$


Las estrellas pulsantes son una herramienta importante para determinar distancias en astronomía, ya que el período de pulsación está correlacionado con la luminosidad de la estrella, y esta relación puede calibrarse.



la relación entre el período y la luminosidad (y metalicidad) (*period-luminosity(-metallicity) relation*)

Las estrellas pulsantes como estimadores de distancia

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

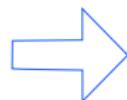
Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

La relación más conocida entre el período y la magnitud absoluta es la ley de proporcionalidad directa para las **variables Cefeidas clásicas** (Henrietta Swan Leavitt, 1908).



base para escalar **distancias galácticas y extragalácticas**

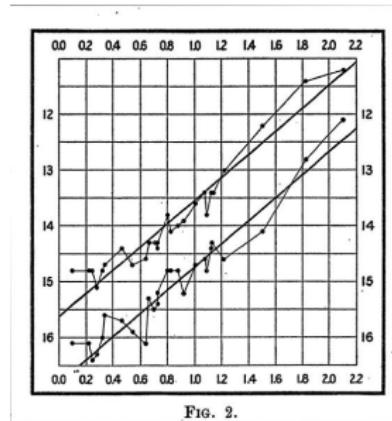


FIG. 2.

Gráfico del artículo de Leavitt de 1912. El eje horizontal es el logaritmo del período de la Cefeida, y el eje vertical es su magnitud aparente.

Las estrellas pulsantes como estimadores de distancia

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

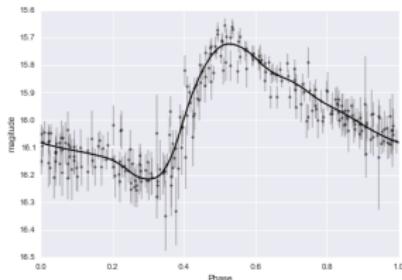
Distancias

Perspectivas

Las estrellas Cefeidas y RR Lyrae son estrellas variables cuyo período está directamente relacionado con su brillo verdadero (absoluto).

Concepto básico:

- medida magnitud aparente media m
- medida período P



Las estrellas pulsantes como estimadores de distancia

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

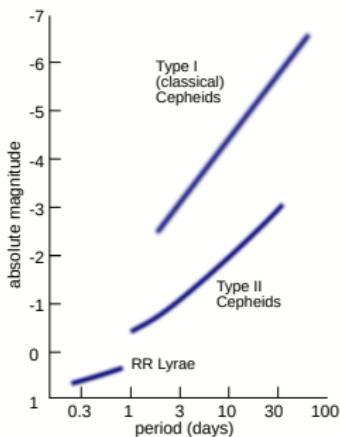
Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

Las estrellas Cefeidas y RR Lyrae son estrellas variables cuyo período está directamente relacionado con su brillo verdadero (absoluto).



- medida magnitud aparente media m
- medida período P
- Utilizando la **relación período-luminosidad**, obtenga la magnitud absoluta M
- Resuelve la distancia utilizando la ecuación del **módulo de distancia** $d = 10^{(m-M+5)/5}$ parsec
1 parsec = $3,086^{16}$ m = 3,26156 lyr

Las estrellas pulsantes como estimadores de distancia

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

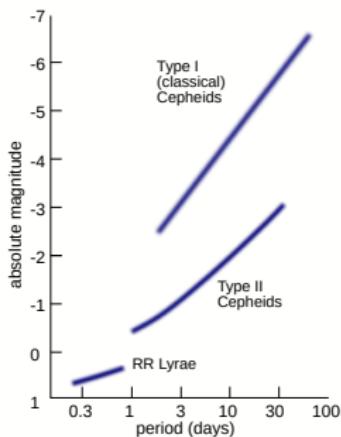
Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

Las estrellas Cefeidas y RR Lyrae son estrellas variables cuyo período está directamente relacionado con su brillo verdadero (absoluto).



- medida magnitud aparente media m
- medida período P
- Utilizando la **relación período-luminosidad**, obtenga la magnitud absoluta M
- Resuelve la distancia utilizando la ecuación del **módulo de distancia** $d = 10^{(m-M+5)/5}$ parsec
1 parsec = $3,086^{16}$ m = 3,26156 lyr

⇒ Permítenos crear *mapas 3D* de estructuras dentro y fuera de nuestra Vía Láctea.

Calibración

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

Los cúmulos globulares tienen poca profundidad: podemos considerar que todas las estrellas de un cúmulo se encuentran aproximadamente a la misma distancia de la Tierra.

Diagrama color-magnitud de las estrellas de cúmulo globular M3:

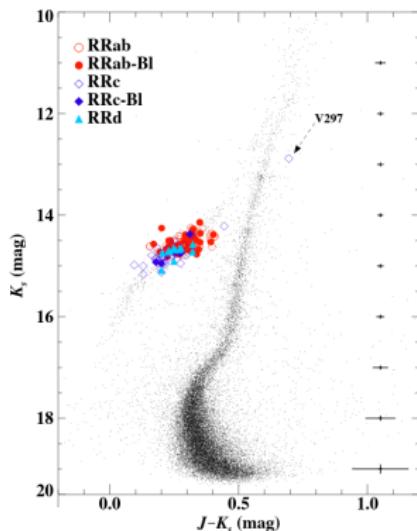


Figura 3 tomada de Bhardwaj et al.,
AJ 160, 220 (2020)

Calibración

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

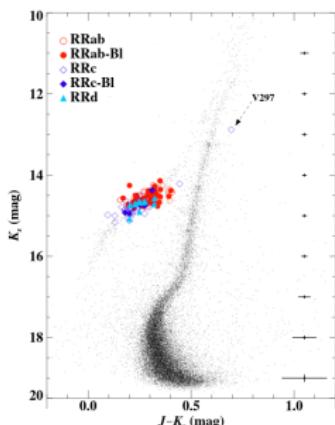
Tipos

Distancias

Perspectivas

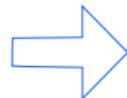
Los cúmulos globulares tienen poca profundidad: podemos considerar que todas las estrellas de un cúmulo se encuentran aproximadamente a la misma distancia de la Tierra.

Diagrama color-magnitud de las estrellas de cúmulo globular M3:



Todas las estrellas RR Lyrae tienen
aproximadamente la misma
magnitud aparente.

⇒ Como la distancia debe ser \sim la
misma, también tienen la misma
magnitud absoluta.



Si conocemos la magnitud absoluta, podemos calcular la
distancia a cada estrella a partir del módulo de distancia.

Calibración

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

Una mirada más detallada:

Para cada estrella RR Lyrae del cúmulo, representa gráficamente la magnitud aparente en función de su período.

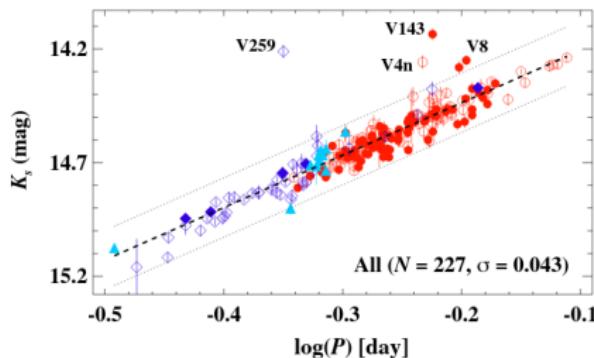
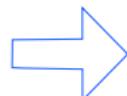


Figura 10 (ligeramente
modificada) tomada de Bhardwaj
et al., AJ 160, 220 (2020)



Tendencia leve: las estrellas con períodos más largos
son un poco más brillantes.

Calibración

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

Para resumir todo:

1. Conocemos la ecuación del **módulo de distancia**:

$$d = 10^{(m-M+5)/5} \text{ parsec}$$

Calibración

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

Para resumir todo:

1. Conocemos la ecuación del **módulo de distancia**:

$$d = 10^{(m-M+5)/5} \text{ parsec}$$

2. Las estrellas situadas aproximadamente a la misma distancia muestran una ligera **tendencia**: las estrellas con períodos más largos son un poco más brillantes.

Calibración

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

Para resumir todo:

1. Conocemos la ecuación del **módulo de distancia**:

$$d = 10^{(m-M+5)/5} \text{ parsec}$$

2. Las estrellas situadas aproximadamente a la misma distancia muestran una ligera **tendencia**: las estrellas con períodos más largos son un poco más brillantes.

3. También hay una pequeña tendencia en la metalicidad Z .)

Calibración

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos
Distancias

Perspectivas

Para resumir todo:

1. Conocemos la ecuación del **módulo de distancia**:
 $d = 10^{(m-M+5)}/5$ parsec
2. Las estrellas situadas aproximadamente a la misma distancia muestran una ligera **tendencia**: las estrellas con períodos más largos son un poco más brillantes.
3. También hay una pequeña tendencia en la metalicidad Z .)



La metalicidad es la abundancia de elementos presentes en las estrellas que son más pesados que el hidrógeno y el helio.



Para $d(m, P, Z)$, necesitamos **calibrar** la relación período-luminosidad(-metalicidad).

Calibración

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

calibracion de la relación período-luminosidad(-metalicidad):

Los siguientes métodos pueden utilizarse para determinar magnitudes absolutas, por ejemplo:

Estudio estadístico de los movimientos de las estrellas RR Lyrae de campo:

Paralaje estadístico. Esto da valores de M_V que van desde +0,9 para estrellas de período corto y alta metalicidad, hasta +0,5 para estrellas de período más largo y menor metalicidad.

Como método estadístico, debe aplicarse a una gran muestra de estrellas, que puede no ser homogénea.

La relación período-luminosidad(-metalicidad)

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

Para las estrellas RR Lyrae: la suposición de magnitud absoluta idéntica se mantiene bien.

Pero no es así en el caso de las cefeidas:

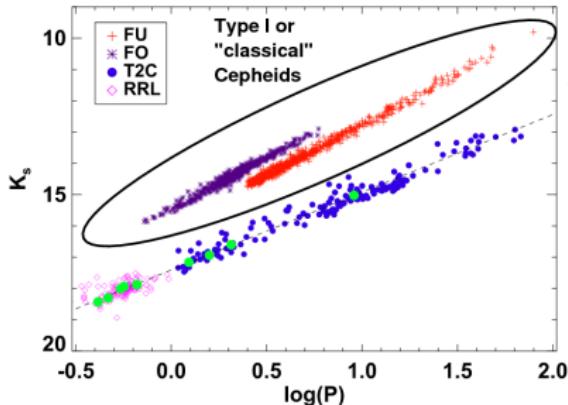


Figure 9. Comparison of K_s -band P-L relation with Classical Cepheids from LMCNIISS data and RR Lyraes in the LMC. The green circles represent the calibrator T2Cs and RRLs.



Las estrellas RR Lyrae situadas aproximadamente a la misma distancia presentan pocas variaciones en su período y magnitud, mientras que las Cefeidas muestran grandes variaciones en ambos aspectos.

La relación período-luminosidad(-metalicidad)

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

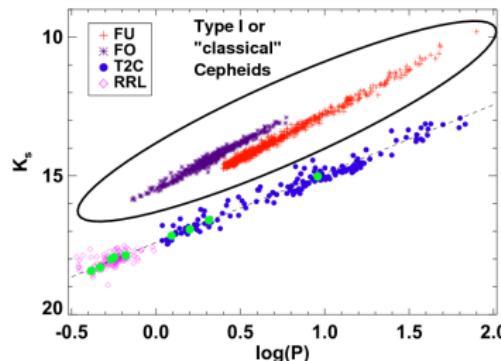


Figure 9. Comparison of K_s -band P-L relation with Classical Cepheids from LMCNIISS data and RR Lyraes in the LMC. The green circles represent the calibrator T2Cs and RRLs.

¿Cuál es el rango de períodos de estas cefideas?

La relación período-luminosidad(-metallicidad)

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

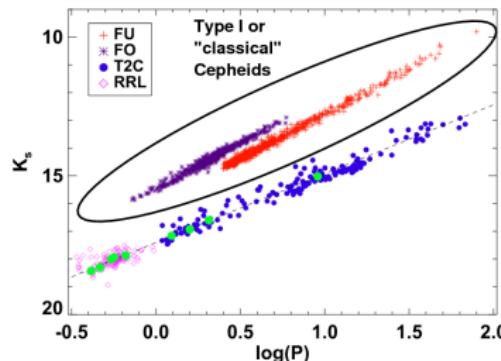


Figure 9. Comparison of K_s -band P-L relation with Classical Cepheids from LMCNIISS data and RR Lyraes in the LMC. The green circles represent the calibrator T2Cs and RRLs.

¿Cuál es el rango de períodos de estas cefideas?

El rango es de $\log_{10}(P) = -0,1 \Rightarrow P = 0,8$ days a

$\log_{10}(P) = +1,9 \Rightarrow P = 79$ days

⇒ eso es aproximadamente un factor de 100

La relación período-luminosidad(-metallicidad)

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

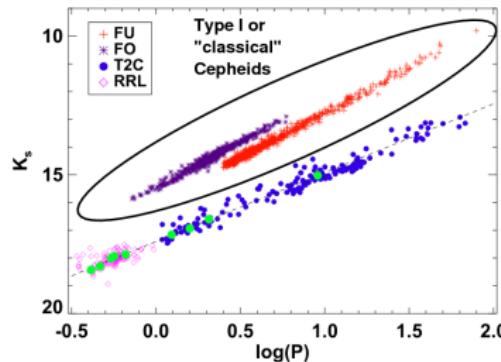


Figure 9. Comparison of K_s -band P-L relation with Classical Cepheids from LMCNIISS data and RR Lyraes in the LMC. The green circles represent the calibrator T2Cs and RRLs.

¿Cuál es el rango de períodos de estas cefeidas?

El rango es de $\log_{10}(P) = -0,1 \Rightarrow P = 0,8$ days a

$\log_{10}(P) = +1,9 \Rightarrow P = 79$ days

⇒ eso es aproximadamente un factor de 100

¿Cuál es el rango de magnitudes de estas Cefeidas?

La relación período-luminosidad(-metallicidad)

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

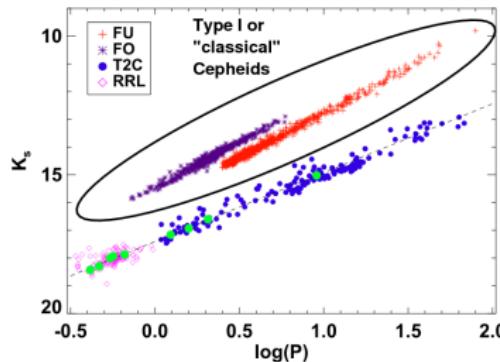


Figure 9. Comparison of K_s -band P-L relation with Classical Cepheids from LMCNIISS data and RR Lyraes in the LMC. The green circles represent the calibrator T2Cs and RRLs.

¿Cuál es el rango de períodos de estas cefideas?

El rango es de $\log_{10}(P) = -0,1 \Rightarrow P = 0,8$ days a
 $\log_{10}(P) = +1,9 \Rightarrow P = 79$ days
⇒ eso es aproximadamente un factor de 100

¿Cuál es el rango de magnitudes de estas Cefideas?

Las magnitudes aparentes en la banda K son de 16 a 10, lo que supone un rango de 6 magnitudes, es decir, un factor de aproximadamente 250 en cuanto a brillo.

La relación período-luminosidad(-metalicidad)

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

Para medir la distancia a una Cefeida, debemos seguir cuatro pasos:

1. Medir la magnitud aparente media m de la estrella.
2. Medir el periodo P de variación de la magnitud.
3. Utilice el período para calcular la magnitud absoluta M .
4. Utiliza la fórmula del módulo de distancia para calcular la distancia a la estrella.

La relación período-luminosidad(-metalicidad)

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

ejemplo 1: Relación período-luminosidad para las cefeidas

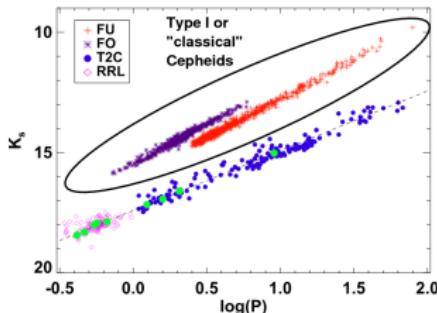


Figure 9. Comparison of K_s -band P-L relation with Classical Cepheids from LMCNII data and RR Lyraes in the LMC. The green circles represent the calibrator T2Cs and RRLs.

Solución:

Encontrar una ecuación de la forma

$$M(V) = A \times \log_{10}(P) + B$$

lo cual concuerda con los datos del gráfico.

La relación período-luminosidad(-metalicidad)

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

ejemplo: Relación período-luminosidad para las cefeidas

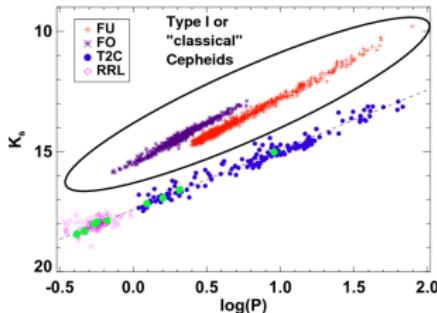


Figure 9. Comparison of K_s -band P-L relation with Classical Cepheids from LMCNISS data and RR Lyraes in the LMC. The green circles represent the calibrator T2Cs and RRLs.

Continuamos:

Encontrar una ecuación de la forma

$$M(V) = A \times \log_{10}(P) + B$$

lo cual concuerda con los datos del gráfico.

A partir de la línea trazada en el diagrama, podemos hallar los extremos $(0, 6; -3, 0)$ y $(2, 0; -6, 5)$. La pendiente de la línea es entonces aprox.

$$A = \frac{-6,5 - (-3,0)}{2,0 - 0,6} = -0,25$$

La relación período-luminosidad(-metallicidad)

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

ejemplo: Relación período-luminosidad para las cefeidas

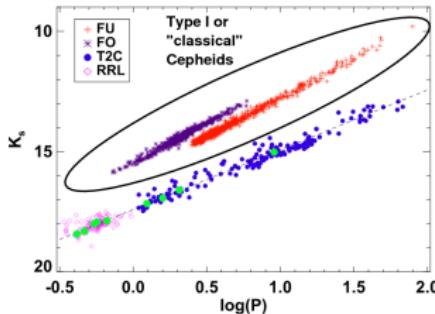


Figure 9. Comparison of K_s -band P-L relation with Classical Cepheids from LMCNIISS data and RR Lyraes in the LMC. The green circles represent the calibrator T2Cs and RRLs.

Continuamos: Si lo introducimos en la ecuación

$$-3,0 = (-2,5 \times 0,6) + B$$

y resolviendo para B , podemos hallar la intersección con el eje y :

$$B = -1,5$$

Por lo tanto, la relación entre el período y la magnitud absoluta es aproximadamente

$$M(V) = -2,5 \times \log_{10}(P) - 1,5$$

La relación período-luminosidad(-metalicidad)

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

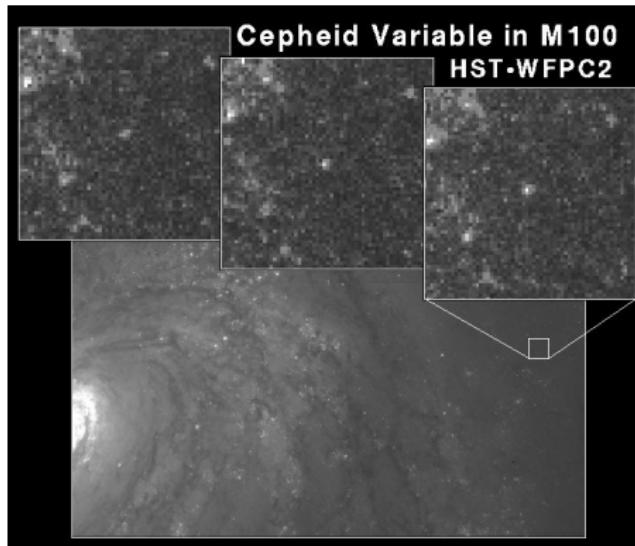
Distancias

Perspectivas

Un ejemplos para que los pruebes:



Aplicamos esta relación a las mediciones de estrellas variables Cefeidas en una galaxia relativamente cercana: M100.



La relación período-luminosidad(-metalicidad)

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

Mecanismo de pulsación

Tipos

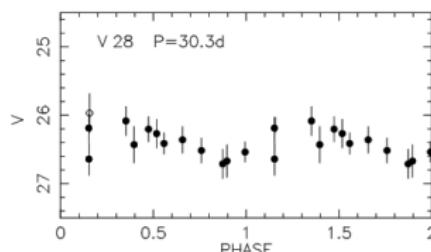
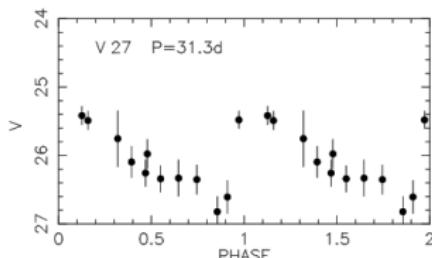
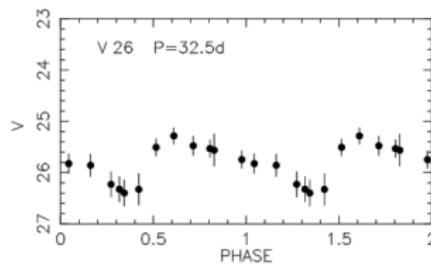
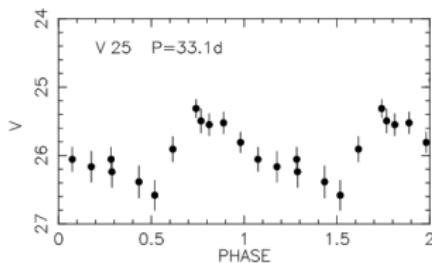
Distancias

Perspectivas

Un ejemplos para que los pruebes:



Para calcular la distancia a M100, determinamos el período y la magnitud aparente de algunas curvas de luz de las Cefeidas en esta galaxia.



La relación período-luminosidad(-metalicidad)

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

Un ejemplo para que los pruebes:



Determinamos el período y la magnitud aparente de algunas curvas de luz de las Cefeidas en esta galaxia.

Solución:

1. Elija una estrella cefeida. Mida su magnitud aparente media, m_V .
2. Utilice su período para determinar su magnitud absoluta M_V .
3. Calcule el módulo de distancia ($m_V - M_V$).
4. Calcule la distancia a esta galaxia, en Mpc. Deberías obtener una distancia de ~ 17 Mpc.

La relación período-luminosidad(-metalicidad)

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

Mecanismo de pulsación

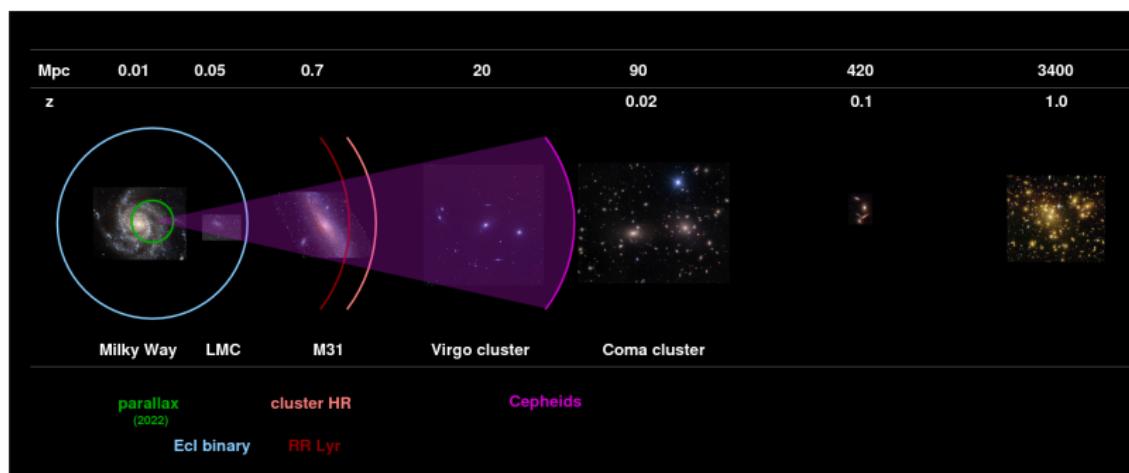
Tipos

Distancias

Perspectivas

Como las cefeidas son más luminosas que las RR Lyrae, con ellas podemos medir distancias más lejanas en las profundidades del espacio.

En particular, las cefeidas permiten medir la distancia al cúmulo de galaxias más cercano, el cúmulo de Virgo.



Relaciones período-luminosidad(-metalicidad) para las cefeidas y las RR Lyrae

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

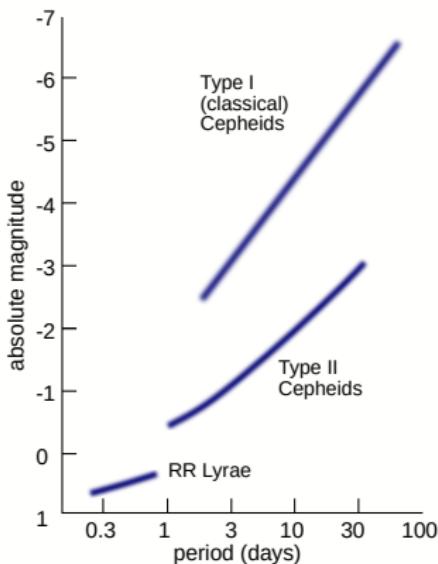
Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

Se conocen las relaciones entre el período y la luminosidad de varios tipos de estrellas variables pulsantes: cefeidas de tipo I, cefeidas de tipo II, variables RR Lyrae, variables Mira y otras estrellas variables de largo período.



Relaciones período-luminosidad(-metalicidad) para las cefeidas y las RR Lyrae

La escalera de distancias cósmicas (II)

Revisión

Estrellas variables pulsantes

Mecanismo de pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

Población I de cefeidas:

Las cefeidas de población I son estrellas con una metalicidad relativamente alta (como nuestro Sol). Por esta razón, son estrellas de "segunda generación" que se encuentran en el disco de nuestra galaxia.

Las cefeidas clásicas experimentan pulsaciones con períodos muy regulares del orden de días a meses.

La siguiente relación entre el período P de una Cefeida de Población I y su magnitud absoluta media M_v se estableció a partir de las paralajes trigonométricas del Telescopio Espacial Hubble para 10 Cefeidas cercanas (Thomas et al. (2007), Benedict et al. (2002)):

$$M_v = (-2.43 \pm 0.12) (\log_{10} P - 1) - (4.05 \pm 0.02)$$

Perspectivas

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

La investigación sobre estrellas variables **proporciona información sobre las propiedades estelares**, tales como masa, radio, luminosidad, temperatura, estructura interna y externa, composición y evolución.

Perspectivas

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

La investigación sobre estrellas variables **proporciona información sobre las propiedades estelares**, tales como masa, radio, luminosidad, temperatura, estructura interna y externa, composición y evolución.

Además, las estrellas variables proporcionan **información sobre la distancia** (palabra clave: *escala de distancias cósmicas*) en nuestra vecindad galáctica.

Perspectivas

La escalera de
distancias
cósmicas (II)

Revisión

Estrellas
variables
pulsantes

Mecanismo de
pulsación

Tipos

Distancias

Perspectivas

En la próxima clase veremos cómo podemos continuar en la escala de distancias cósmicas y cómo los investigadores comprendieron el tamaño de nuestra Vía Láctea.

