



---

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
PROGRAMA DE POSGRADO EN ASTROFÍSICA  
INSTITUTO DE RADIOASTRONOMÍA Y ASTROFÍSICA

**ESTUDIANDO LAS TENSIONES EN EL MODELO  
ESTÁNDAR DE LA COSMOLOGÍA MEDIANTE  
TRAZADORES COSMOLÓGICOS ALTERNATIVOS**

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA  
BIANCA ALEXIS GONZÁLEZ DE LA MORA

Tutor Principal:  
**Dr. Ricardo Chávez Murillo**  
INSTITUTO DE RADIOASTRONOMÍA Y  
ASTROFÍSICA



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DEDICATORIA**

*A mi mamá, mis hermanos y a la memoria de mi papá, porque sin ustedes esto no hubiera sido posible.*

*A Adrián por su paciencia, apoyo y todo su cariño brindado en esta etapa.*

*A los amigos que formé durante la maestría, por llenarme de calidez y ayudarme siempre.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por financiar mi proyecto de tesis.*

*A la máxima casa de estudios de México, la Universidad Autónoma de México (UNAM), por la formación académica de calidad que me brindó.*

*Al Instituto de Radioastronomía y Astrofísica (IRYA) por su gran preparación académica y calidez de cada uno de sus integrantes.*

*A mi asesor el Dr. Ricardo Chávez Murillo, por brindarme su apoyo, conocimiento y paciencia en todo momento, desde explicarme temas de cosmología más de una vez hasta ayudarme en mis momentos de confusión.*

*Al equipo de divulgación: Rafa, René y Bernardo, por todo el conocimiento brindado y las buenas experiencias que me llevo de cada uno de los eventos.*

*A mis profesores, en especial al Dr. Bernardo Cervantes Sodi y al Mtro. Daniel Díaz González, por permitirme ir a sus oficinas a consultar dudas.*

*A los miembros de mi comité tutor, la Dra. Susana Lizano y el Dr. Gustavo Bruzual, por sus recomendaciones y observaciones para mejorar cada semestre.*

*A mis sinodales, el Dr. Roberto, la Dra. Verónica, el Dr. Bernardo, el Dr. Erick y la*





---

*Dra. Rosa por todas sus observaciones y preguntas acerca de mi proyecto de tesis.*

*A Karin por ayudarme con los trámites y por escucharme cuando lo necesitaba.*

# Resumen

En la actualidad existen diferentes modelos que buscan explicar el origen y la formación de la estructura a gran escala en el cosmos. Uno de ellos es el modelo estándar de la cosmología:  $\Lambda$ CDM, en el cual se le atribuye a la constante cosmológica  $\Lambda$ , que se relaciona con la energía oscura, ser la responsable de la expansión acelerada del Universo. Este modelo se basa en el principio cosmológico, es decir que el Universo es espacialmente homogéneo e isotrópico a escalas cosmológicas.

Al estudiar los parámetros cosmológicos de este modelo, en particular a la constante de Hubble (la cual establece la razón entre la velocidad de recesión de las galaxias y su distancia en el tiempo presente) se encuentra que el valor de ésta varía al ser medida con datos de reglas estándar (como son el Fondo Cósmico de Microondas y las Oscilaciones Acústicas de Bariones) y compararla con los datos de candelas estándar (como son supernovas Ia, cefeidas, galaxias HII, entre otros). La tensión entre estas medidas es de al menos  $4\sigma$ . Aún se desconoce la razón por la que el valor con diferentes observables varía, sin embargo, conocer su valor exacto es de vital importancia para obtener mediciones precisas de la distancia a objetos extragalácticos.

El enfoque de la presente tesis es estudiar los errores asociados de los siguientes trazadores cosmológicos: Fondo Cósmico de Microondas, Oscilaciones Acústicas de Bariones, supernovas Ia y galaxias y regiones HII. Nuestra propuesta consiste en que

la tensión de Hubble es debido a los errores sistemáticos de las muestras de datos locales (dos últimos trazadores mencionados previamente).

Para probarlo, se plantean las funciones de verosimilitud de cada trazador para encontrar el valor con mayor probabilidad que pueden presentar los parámetros cosmológicos y, en conjunto con el método de Monte Carlo anidado, se buscan entender las incertidumbres asociadas a estos valores.

Siguiendo el planteamiento anterior, para la muestra Pantheon+ con 1701 SNIa se obtuvieron los valores de los parámetros  $\{M_B, h, \Omega_m, w_0\} = \{-19.247 \pm 0.029, 0.733 \pm 0.010, 0.284^{+0.081}_{-0.057}, -0.90^{+0.16}_{-0.13}\}$ . Para una muestra de 217 galaxias y regiones HII se obtuvieron los valores de los parámetros  $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0\} = \{33.26 \pm 0.14, 5.01 \pm 0.12, 0.726 \pm 0.041, 0.276^{+0.14}_{-0.079}, -1.01^{+0.52}_{-0.28}\}$ . Para el CMB se obtuvieron los parámetros  $\{\Omega_m, w_0, \omega_b\} = \{0.3107 \pm 0.0029, -0.954 \pm 0.020, 0.02225 \pm 0.00016\}$ . Finalmente para una muestra de censos de galaxias de BAOs se obtuvieron los parámetros  $\{\Omega_m, w_0\} = \{0.301^{+0.034}_{-0.039}, -0.98^{+0.11}_{-0.13}\}$ .

Por su parte, haciendo cortes para diferentes corrimientos al rojo para galaxias y regiones HII y midiendo la constante de Hubble, se obtuvo que a menores corrimientos al rojo, el valor de la constante es mayor. Se propone que esto es debido a los movimientos peculiares, los cuales a escalas menores, son más considerables.

Finalmente, se concluye que la hipótesis planteada en la presente tesis no resuelve satisfactoriamente la tensión de Hubble. Proponemos que esto se debe a que los errores sistemáticos de las muestras locales aunque son parte de la problemática, no son suficientes para explicar la tensión. Por esta razón, los errores sistemáticos de los datos de las reglas estándar, como el CMB, deben ser reanalizados. Por otro lado, resulta prudente el explorar nuevas teorías físicas distintas al modelo  $\Lambda$ CDM, las cuales que incluyan la evolución de la energía oscura, como podría ser el modelo Early



---

Dark Energy.

# ÍNDICE

<b>Resumen</b>	<b>9</b>
<b>Lista de figuras</b>	<b>9</b>
<b>Lista de Tablas</b>	<b>13</b>
<b>I. Introducción</b>	<b>14</b>
1.1. Objetivos . . . . .	15
1.2. Estructura del trabajo . . . . .	16
<b>II. Principios básicos de la astrofísica y la cosmología</b>	<b>18</b>
2.1. Principios básicos de la astrofísica . . . . .	19
2.1.1. Espectro electromagnético y color . . . . .	21
2.2. Fundamentos cosmológicos . . . . .	22
<b>III. Trazadores cosmológicos y retos observacionales</b>	<b>31</b>
3.1. Trazadores cosmológicos . . . . .	31
3.1.1. Radiación Cósmica de Fondo . . . . .	37
3.1.2. Oscilaciones Acústicas de Bariones . . . . .	43
3.1.3. Galaxias y Regiones HII . . . . .	48
3.1.4. Supernovas Ia . . . . .	52
3.2. Retos observacionales . . . . .	54
3.2.1. Errores sistemáticos . . . . .	54

---

3.2.2. Errores sistemáticos de las galaxias HII . . . . .	59
3.2.3. Errores sistemáticos de las SNIa . . . . .	60
<b>IV. Fundamentos estadísticos</b>	<b>64</b>
4.1. Bases de la inferencia Bayesiana . . . . .	64
4.1.1. Función de verosimilitud . . . . .	66
4.1.2. Matriz de covarianza . . . . .	69
4.2. Método de Monte Carlo . . . . .	70
4.2.1. Monte Carlo basado en Cadenas de Markov (MCMC) . . . . .	72
4.2.2. Monte Carlo Anidado . . . . .	73
<b>V. Muestras de Datos</b>	<b>77</b>
5.1. Datos de galaxias HII . . . . .	77
5.2. Datos de SNIa . . . . .	84
5.3. Datos CMB . . . . .	87
5.4. Datos BAOs . . . . .	88
<b>VI. Análisis de datos y resultados</b>	<b>90</b>
6.1. Supernovas Ia . . . . .	90
6.2. Galaxias HII . . . . .	94
6.3. CMB . . . . .	113
6.4. BAOs . . . . .	113
6.5. Resultados en conjunto . . . . .	116
<b>VII. Conclusiones</b>	<b>124</b>
<b>A. Datos de SNIa</b>	<b>127</b>
<b>B. Librerías de Python</b>	<b>159</b>



# Índice de figuras

2.1. Mediciones recientes para la constante de Hubble $H_0$ con distintos métodos . . . . .	28
2.2. Medidas de alta precisión para $H_0$ . . . . .	30
3.1. Representación gráfica de la escalera cósmica para la calibración de supernovas tipo Ia con cefeidas. . . . .	32
3.2. Esquema de la escalera de distancias . . . . .	35
3.3. Imagen de WMAP del CMB en la esfera celeste . . . . .	39
3.4. Espectro de potencias de CMB . . . . .	40
3.5. Sensibilidad de las anisotropías en el espectro de potencias del CMB . . . . .	44
3.6. Ilustración de BAOs en el CMB. . . . .	45
3.7. Sensores de galaxias para conocer la escala acústica . . . . .	47
3.8. Función de correlación para las fluctuaciones de materia a distintos $z$ en coordenadas comóviles usando la cosmología de WMAP7 . . . . .	48
3.9. Colección de diferentes galaxias HII . . . . .	50
3.10. Relación $L(H\beta) - \sigma$ . . . . .	51
3.11. Curvas de luz de SNIa . . . . .	53
3.12. Extinción promedio de la Vía Láctea . . . . .	57



---

4.1. Diagrama representativo del método de Montecarlo . . . . .	71
4.2. Funcionamiento del método de Monte Carlo anidado . . . . .	75
4.3. Representación del funcionamiento del algoritmo Multinest . . . . .	76
5.1. Matriz de Covarianza para SNIa . . . . .	86
6.1. Diagrama de Hubble empleando datos de Pantheon+ . . . . .	91
6.2. Contornos de la función de verosimilitud para $\{M_B, h\}$ para la muestra Pantheon+ de SNIa . . . . .	92
6.3. Contornos de la función de verosimilitud para $\{M_B, h, \Omega_m\}$ para la mues- tra Pantheon+ de SNIa . . . . .	92
6.4. Contornos de la función de verosimilitud para $\{M_B, h, \Omega_m, w_0\}$ para la muestra Pantheon+ de SNIa . . . . .	93
6.5. Distribuciones posterior de la función de verosimilitud para $\{\Omega_m\}$ para la muestra Full y GM 2021 de HIIG y GEHR . . . . .	98
6.6. Contornos de la función de verosimilitud para $\{h, \Omega_m\}$ para la muestra Full y GM 2021 de galaxias HII . . . . .	99
6.7. Contornos de la función de verosimilitud para $\{h, \Omega_m, w_0\}$ para la muestra Full de HIIG y GEHR . . . . .	100
6.8. Contornos de la función de verosimilitud para $\{h, \Omega_m, w_0\}$ para la muestra GM 2021 de HIIG y GEHR . . . . .	101
6.9. Contornos de la función de verosimilitud para $\{\Omega_m, w_0\}$ para la muestra Full y GM 2021 de HIIG y GEHR . . . . .	102
6.10. Distribuciones posteriores de la función de verosimilitud para $\{h\}$ para la muestra Global y Global-lit de HIIG y GEHR . . . . .	103

---

6.11. Contornos de la función de verosimilitud para $\{\alpha, \beta, h\}$ para la muestra Global y Global-lit de HIIG y GEHR . . . . .	104
6.12. Contornos de la función de verosimilitud para $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m\}$ para la muestra Global de HIIG y GEHR . . . . .	105
6.13. Contornos de la función de verosimilitud para $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m\}$ para la muestra Global-lit de HIIG y GEHR . . . . .	106
6.14. Contornos de la función de verosimilitud para $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0\}$ para la muestra Global de HIIG y GEHR para errores sistemáticos . . . . .	107
6.15. Contornos de la función de verosimilitud para $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0\}$ para la muestra Global de HIIG y GEHR para errores estadísticos . . . . .	108
6.16. Contornos de la función de verosimilitud para $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0\}$ para la muestra Global-lit de HIIG y GEHR para errores sistemáticos . . . . .	109
6.17. Contornos de la función de verosimilitud para $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0\}$ para la muestra Global-lit de HIIG y GEHR para errores estadísticos . . . . .	110
6.18. Distribuciones posteriores de la función de verosimilitud para $\{\alpha, \beta, h\}$ para galaxias y regiones HII con $z < 0.1$ . . . . .	111
6.19. Distribuciones posteriores de la función de verosimilitud para $\{\alpha, \beta, h\}$ para galaxias y regiones HII con $z < 0.08$ . . . . .	111
6.20. Distribuciones posteriores de la función de verosimilitud para $\{\alpha, \beta, h\}$ para galaxias y regiones HII con $z < 0.04$ . . . . .	112
6.21. Contornos de la función de verosimilitud para $\{h, \Omega_m, w_0\}$ usando datos de CMB . . . . .	114
6.22. Distribución posterior de la función de verosimilitud para $\{\Omega_m\}$ usando datos de BAOs . . . . .	115

---

6.23. Contornos de la función de verosimilitud para $\{\Omega_m, w_0\}$ usando datos de BAOs . . . . .	115
6.24. Gráfica de comparación de $\{h\}$ recopilando las diferentes restricciones de las muestras de cada trazador cosmológico. . . . .	121
6.25. Gráfica de comparación de $\{\Omega_m\}$ recopilando las diferentes restricciones de las muestras de cada trazador cosmológico. . . . .	122
6.26. Gráfica de comparación de $\{w_0\}$ recopilando las diferentes restricciones de las muestras de cada trazador cosmológico. . . . .	123
2.1. Contornos de verosimilitud para $\{\alpha, \beta, h\}$ , derivados a partir de galaxias HII con ZEUS. . . . .	160
2.2. Contornos de verosimilitud para $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m\}$ , derivados a partir de galaxias HII con ZEUS. . . . .	161
2.3. Contornos de verosimilitud para $\{\alpha, \beta, h, \Omega, w_0\}$ , derivados a partir de galaxias HII con ZEUS. . . . .	162

# Índice de tablas

2.1. Parámetro de la ecuación de estado para las diferentes componentes del fluido cósmico. . . . .	24
3.1. Características de GEHRs y galaxias HII . . . . .	49
3.2. Sistemáticos de las galaxias HII . . . . .	61
5.1. Datos de las GEHRs . . . . .	78
5.2. Datos de galaxias HII . . . . .	79
5.3. Datos de SNIa de Pantheon+ . . . . .	84
5.4. Vector de datos CMB . . . . .	88
5.5. Conjunto de datos de BAOs . . . . .	88
6.1. Distribuciones a priori para los diferentes parámetros cosmológicos . . . . .	90
6.2. Acotaciones de muestras de datos para regiones y galaxias HII . . . . .	96
6.3. Valores para parámetros de referencia . . . . .	117
6.4. Valores de los parámetros cosmológicos para cada trazador. . . . .	118
1.1. Datos de SNIa de Pantheon+ . . . . .	127

# Capítulo I

## Introducción

Existen diferentes modelos que buscan explicar el origen y la formación de la estructura a gran escala del Universo. Entre ellos se encuentra el modelo estándar de la cosmología:  $\Lambda$ CDM (cf. [Frieman et al., 2008](#)). Este modelo propone que la expansión acelerada del Universo se debe a la constante cosmológica  $\Lambda$ , que se relaciona con la energía oscura. La base teórica de este modelo es el principio cosmológico: el Universo es espacialmente homogéneo e isotrópico a escalas cosmológicas.

Al emplear las ecuaciones de la relatividad general de Einstein para describir esta cosmología se obtiene la métrica de Friedmann-Robertson-Walker-Lemaitre, la cual incluye un término matemático llamado factor de escala, que expresa la escala a la que se ha expandido el Universo desde su origen.

El factor de escala se escribe en términos del parámetro de Hubble, cuyo valor presente, conocido como la constante de Hubble,  $H_0$ , expresa la razón entre la velocidad de recesión de las galaxias y la distancia a la que se encuentran del observador. Su nombre se remonta a la década de 1920, cuando Edwin Hubble (y George Lemaitre), mediante datos de la velocidad de distintas galaxias en ese entonces también llamadas nebulosas, notó que entre más lejanas estén de nosotros, la velocidad a la que se

---

alejan (de recesión) es mayor debido a la expansión del Universo.

Sin embargo, actualmente, la constante de Hubble presenta una tensión en la determinación de su valor, pues al medirlo con trazadores cosmológicos del Universo temprano, tales como el Fondo Cósmico de Microondas (CMB; [Planck Collaboration et al., 2020](#)) y las Oscilaciones Acústicas de Bariones (BAOs) y compararlo con la medición obtenida mediante trazadores locales (o del Universo tardío), tal como las supernovas del tipo Ia (SNIa), calibradas con cefeidas, entre otros ([Riess et al., 2022](#)); se obtiene que ambas mediciones difieren en al menos  $4\sigma$  (es decir, al menos 4 veces la distancia entre el valor de la media y la medición). Aún se desconoce la razón por la que el valor con diferentes observables varía, sin embargo, conocer su valor exacto es de vital importancia para tener mediciones precisas de la distancia a objetos extragalácticos en particular.

Existen dos principales interpretaciones por lo que esto sucede ([Di Valentino et al., 2021](#)): que el modelo cosmológico estándar  $\Lambda$ CDM debe ser replanteado, por lo tanto la interpretación de los datos de CMB, Nucleosíntesis del Big Bang (BNN) y BAOs no es completa o existen sesgos desconocidos en ellos; o que los errores sistemáticos de las mediciones de las candelas estándar (como las SNIa, etc) sesgan la correcta medición de los parámetros cosmológicos.

## 1.1. Objetivos

La propuesta que exploramos en la presente tesis es la segunda interpretación: que el valor de los errores sistemáticos sesga la medición local de  $H_0$ . Por esta razón empleamos datos de trazadores cosmológicos locales bien conocidos como SNIa, así como alternativos, como las galaxias HII y comparamos sus resultados con los de tra-

---

zadores del Universo temprano, tales como CMB y BAOs. Así estudiamos diferentes parámetros cosmológicos y contrastamos los errores tanto estadísticos como sistemáticos, identificando aquellos sistemáticos que puedan desempeñar un papel más relevante.

Para lograrlo, analizamos los datos de las distintas muestras empleando herramientas de la estadística bayesiana como son los métodos de Monte Carlo basados en muestreo anidado (Multinest; [Feroz et al., 2009](#)).

## 1.2. Estructura del trabajo

En el segundo capítulo se presenta una introducción a la cosmología, pasando brevemente por algunas de sus bases en la astrofísica teórica y observacional. Mediante esta introducción se presenta el modelo cosmológico sobre el cuál se trabajará y que en la actualidad resulta ser el más aceptado:  $\Lambda$ CDM. A partir de este modelo se describen los parámetros cosmológicos, entre los cuales se encuentra la constante de Hubble.

En el tercer capítulo se describe primero qué son los trazadores cosmológicos y cuáles se emplean en la presente tesis. También se mencionan cuáles son los retos observacionales con los que nos enfrentamos al trabajar con los datos observacionales, sobre todo de candelas estándar.

En el cuarto capítulo se introducen los elementos de la estadística bayesiana y se describe el método MCMC, que es el que empleamos en el análisis de los datos de los distintos trazadores cosmológicos para obtener distintos parámetros físicos.

En el quinto capítulo se presenta la recopilación de las diferentes muestras de datos para cada uno de nuestros trazadores cosmológicos: galaxias HII, SNIa, CMB y

BAOs.

En el sexto capítulo se emplean las herramientas presentadas en el capítulo 4 y se muestra más a detalle el análisis estadístico aplicado a los datos presentados en el capítulo 5. Además, se presentan tanto los resultados obtenidos como su discusión.

Finalmente, el séptimo capítulo presenta las conclusiones encontradas mediante los resultados obtenidos.



## Capítulo II

# Principios básicos de la astrofísica y la cosmología

Hasta ahora la forma más efectiva de estudiar el Universo ha sido a través de la radiación electromagnética proveniente de los fenómenos que ocurren en éste. La luz emitida por los diversos objetos celestes nos puede dar información acerca de su movimiento, composición química, distancia, edad, entre muchos otros (e.g. [Eddington, 1920](#); [Payne, 1925](#); [Hoyle, 1954](#); [Gingerich, 2013](#); [Gaia Collaboration et al., 2018](#)).

En este capítulo se introducen las herramientas matemáticas que, mediante la información proporcionada por la radiación electromagnética, permiten conocer la distancia al objeto emisor. Además se establecen las condiciones del modelo más aceptado que describe la evolución del Universo:  $\Lambda$ CDM; el cual incluye los parámetros cosmológicos entre los cuales se encuentra la constante de Hubble. La medición de este parámetro presenta una tensión entre su valor obtenido mediante datos de épocas tempranas y tardías del Universo.

## 2.1. Principios básicos de la astrofísica

La información proveniente del cosmos la obtenemos principalmente mediante la medición del flujo radiativo,  $F$ , proveniente de los objetos y fenómenos que ocurren en éste, el cual se define como:

$$F = \frac{L}{4\pi d_L^2}, \quad (2.1)$$

en donde  $L$  es la luminosidad del objeto, la cual es un valor intrínseco, y  $d_L$  es la distancia de luminosidad al objeto.

Puede verse que el flujo es la cantidad total de luz (a todas las longitudes de onda) que cruza una unidad de área perpendicular a la dirección en la que la luz viaja, por unidad de tiempo. Cabe señalar que en la expresión anterior se define al flujo suponiendo que la luz no interactúa con nada durante su trayecto desde el objeto emisor hasta el observador ([Carroll & Ostlie, 2017](#)).

El flujo entonces nos habla del conjunto de rayos de luz incidentes sobre el detector, y por lo tanto del brillo total del objeto. Sin embargo, por la forma en que están contruidos los telescopios, lo que se detecta es la radiación de un punto en específico o, por la geometría de los objetos emisores, de un ángulo sólido.

Por esta razón definimos a la intensidad específica,  $I_\nu$ , la cual nos dice cuánta energía,  $dE$ , pasa por unidad de área,  $dA$ , por una unidad de ángulo sólido,  $d\Omega$ , por unidad de tiempo,  $dt$  y además para un rango de frecuencia,  $d\nu$ ,

$$I_\nu = \frac{dE}{dA d\Omega d\nu dt}. \quad (2.2)$$

Puede notarse que el cálculo de la intensidad está en función de la frecuencia de las

ondas de luz y la dirección en que se emite la radiación.

Como vimos anteriormente, la luminosidad de un objeto es una cantidad intrínseca de éste. Para conocerla se usa el sistema de magnitudes, el cual es definido mediante la relación entre flujos de dos fuentes emisoras de radiación,  $F_1$  y  $F_2$ . Por definición, una diferencia de 5 magnitudes entre la fuente 2 y la fuente 1 corresponde a un factor de 100 en brillo; por lo tanto

$$\frac{F_1}{F_2} = 100^{(m_1 - m_2)/5}, \quad (2.3)$$

relación que al reescribirse da origen a la definición de magnitud aparente,  $m$ :

$$m_1 - m_2 = -2.5 \log \left( \frac{F_1}{F_2} \right). \quad (2.4)$$

Se ha encontrado que es útil proponer cómo sería el flujo de las estrellas a una distancia de 10 pc. Así, al tener la misma fuente a diferentes distancias, la expresión (2.4) queda como

$$m - M = -2.5 \log \left( \frac{d}{10 \text{ pc}} \right)^2 = 5 \log(d) - 5, \quad (2.5)$$

donde  $M$  se define como la magnitud absoluta. Para escalas extragalácticas y usando la distancia de luminosidad se tiene

$$\mu^o = m - M = 5 \log \left( \frac{d_L}{\text{Mpc}} \right) + 25. \quad (2.6)$$

A esta expresión se le denomina módulo de distancia observado,  $\mu^o$ , el cual nos ayuda a determinar la distancia a la fuente. Al despejar la distancia se obtiene:

$$d_L = 10^{(\mu^o - 25)/5} \text{ Mpc}. \quad (2.7)$$

---

### 2.1.1. Espectro electromagnético y color

Se define al espectro electromagnético como la distribución en frecuencias o en longitudes de onda de la radiación, es decir, es la distribución energética de las ondas electromagnéticas. Analizar el espectro de las fuentes es similar a tener su “huella digital”, pues provee información única de cada una.

El espectro nos habla entonces de la distribución electrónica de los componentes de la fuente y de esta manera, de sus elementos, moléculas, isótopos, entre otros y la abundancia de éstos. Por lo tanto, la información más fundamental que se obtiene es la composición química, la densidad y la temperatura de la fuente.

Al obtener el espectro de las estrellas, por ejemplo, se encuentra que su distribución de energía es similar a la de un cuerpo negro, por lo que se puede utilizar la Ley de desplazamiento de Wien para conocer su temperatura efectiva

$$\lambda_{max} = \frac{2897.6 \mu\text{m K}}{T}. \quad (2.8)$$

Mediante esta relación podemos observar que según el pico de la longitud de onda de la radiación que emita la fuente se tendrá información de su temperatura. Así, objetos con longitudes de onda más cortas (con tendencia al azul) serán más calientes que objetos con longitudes de onda más largas (con tendencia al rojo).

De lo anterior encontramos que el color de los objetos también nos da información importante. Para definir el color se usa la fotometría, en la cual se emplean diferentes sistemas de filtros que permiten que la luz con cierta longitud de onda pase a través de ellos.

Dentro de la astronomía moderna el sistema de filtros elemental es el de Johnson-Morgan, el cual es un sistema de banda ancha que incluye los siguientes filtros ([John-](#)

son & Morgan, 1953):

- **U**: con un ancho efectivo de 68 nm, está centrado en los 365 nm.
- **B**: su ancho efectivo es de 98 nm y está centrado en los 440 nm.
- **V**: su ancho efectivo es de 89 nm y está centrado en los 550 nm.

Con estos filtros se puede definir al índice de color que es la diferencia entre las magnitudes absolutas de color. Así, con el sistema de filtros anterior, se tienen 2 índices de color: el primero es el índice  $U - B$

$$U - B = M_U - M_B, \quad (2.9)$$

y el segundo  $B - V$

$$B - V = M_B - M_V. \quad (2.10)$$

Por otro lado, para conocer qué tanto del brillo de una estrella o galaxia ha sido extinguido por el medio interestelar, se debe añadir la corrección por extinción  $A$ . Por lo tanto, para obtener el brillo, o en este caso, el índice de color intrínseco de una fuente de luz en el Universo, se obtiene el exceso de color restando el índice de color observado menor el índice de color intrínseco,  $(B - V)_O$ , el cual depende del índice de extinción en cada banda fotométrica. Es decir,

$$E_{B-V} = (B - V) - (B - V)_O = A_B - A_V. \quad (2.11)$$

## 2.2. Fundamentos cosmológicos

En la actualidad existen diferentes modelos que buscan explicar el origen y la formación de la estructura a gran escala en el cosmos. El modelo más aceptado de la

cosmología es el modelo  $\Lambda$ CDM (e.g. [Ratra & Vogeley, 2008](#); [Frieman et al., 2008](#)), en el cual la constante cosmológica (la cual se puede interpretar como la densidad de energía oscura)  $\Lambda$  domina en el presente.

Este modelo se basa en dos principios:

1. El Universo puede ser descrito por la Relatividad General de Einstein.
2. El Universo es espacialmente homogéneo e isotrópico a escalas cosmológicas (maximalmente simétrico), lo cual se conoce como el principio cosmológico.

Como consecuencia del principio cosmológico se obtiene la métrica de Friedman-Robertson-Walker-Lemaître (tomando  $c = 1$ ):

$$ds^2 = -dt^2 + a^2(t) \left( \frac{dr^2}{1 - Kr^2} + r^2 d^2\theta + r^2 \sin^2 \theta d^2\phi \right), \quad (2.12)$$

que describe un espacio con coordenadas cómoviles esféricas, siendo  $t$  la coordenada temporal,  $r, \theta$  y  $\phi$  las coordenadas espaciales, con un factor de escala  $a(t)$ , que es la escala o tamaño del Universo en un tiempo  $t$  relativo al actual en el tiempo presente  $a(t_0) = 1$  y  $K$  es la curvatura del espacio.

Usando la métrica anterior, la solución a las ecuaciones de Einstein da como resultado las ecuaciones de dinámica de Friedman:

$$H^2(t) = \left( \frac{\dot{a}(t)}{a(t)} \right)^2 = \frac{8\pi G}{3} \rho - \frac{K}{a^2} \quad (2.13)$$

$$\frac{\ddot{a}(t)}{a(t)} = -\frac{4\pi G}{3} (\rho + 3p), \quad (2.14)$$

en donde  $H(t)$  se denomina el parámetro de Hubble en el tiempo  $t$ . Si se evalúa el parámetro de Hubble en el tiempo presente,  $t_0$ , a esta nueva cantidad se le denomina

Tabla 2.1: Parámetro de la ecuación de estado para las diferentes componentes del fluido cósmico.

Componente dominante	$w$	$\rho$	$p$
Materia	0	$a^{-3}$	$a^{-5}$
Radiación	1/3	$a^{-4}$	$a^{-4}$
Constante cosmológica ( $\Lambda$ )	-1	$a^0$	$a^0$

constante de Hubble ( $H_0$ ). Además,  $\rho$  es la densidad de energía,  $G$  es la constante de gravitación Universal y  $p$  la presión del fluido cósmico.

Para encontrar soluciones explícitas para el factor de escala, se supone que las fuentes de energía-momento del Universo se comportan como un fluido ideal, específicamente uno formado por bariones, materia oscura fría, energía oscura y partículas relativistas, por lo cual su presión y la densidad de energía están relacionadas por una ecuación de estado de la forma:

$$p = w\rho, \quad (2.15)$$

en donde  $w$  es el parámetro de la ecuación de estado.

Así, la solución a la ecuación (2.14) es de la forma

$$\rho \propto a^{-3(w+1)}, \quad (2.16)$$

y plantea cómo evoluciona la densidad de energía del universo según sea el componente del fluido cósmico dominante.

Esta ecuación tendrá una solución diferente según la componente que gobierne el Universo, como se muestra en la Tabla 2.1.

Nótese que la densidad de energía de la constante cosmológica no se diluye, es decir es independiente del factor de escala. Por esto es que se le denomina “constante” cosmológica, porque se mantiene constante conforme el Universo se expande.

---

Regresando al parámetro de Hubble, durante los años 20s del siglo pasado, mediante datos de galaxias (en ese entonces también llamadas nebulosas), tanto Lemaître como Hubble, principalmente, pudieron formalizar la ley que hoy lleva su nombre y que establece que entre más lejanas estén de nosotros las galaxias (denotado por  $\delta x$ , la velocidad a la que se alejan (velocidad de recesión denotada por  $\delta v$ ) es mayor debido a la expansión del universo, es decir

$$\delta v = H_0 \delta x, \quad (2.17)$$

en donde  $H_0$  nos habla de la tasa de expansión del universo en el tiempo actual.

Como puede verse de la ecuación (2.13), el parámetro de Hubble depende del factor de escala. Éste último permite definir el corrimiento al rojo cosmológico:

$$z = \frac{1}{a(t)} - 1, \quad (2.18)$$

el cual indica a qué fracción de la edad del Universo fue emitida la luz de un objeto. Por esta razón, al emplear esta definición no esperamos tener corrimientos al azul, pues eso significaría que la luz fue observada antes de ser emitida. Mayores valores del corrimiento al rojo establecerán entonces épocas más cercanas al origen del Universo.

Si queremos conocer cómo ha ido evolucionando el universo desde su origen se puede hacer un análisis cosmológico. Para establecer un modelo físico del Universo se deben establecer parámetros cosmológicos, los cuales se determinan principalmente mediante el corrimiento al rojo y la distancia a objetos celestes (estrellas, galaxias, supernovas, entre otros).

Uno de estos parámetros es la densidad de energía,  $\Omega$ , que se define como

$$\Omega_i \equiv \frac{\rho_i}{\rho_c} = \frac{8\pi G}{3H^2} \rho_i, \quad (2.19)$$



donde  $\rho_i$  es la densidad de energía de la componente correspondiente y  $\rho_c$  es la densidad crítica, la cual expresa la densidad que debe tener el Universo para ser plano (o cerrarse), y es igual a

$$\rho_c = \frac{3H^2}{8\pi G}. \quad (2.20)$$

Por lo tanto, el parámetro de densidad nos habla de la relación entre la densidad de alguna componente cosmológica y la densidad crítica .

Dentro de los parámetros de densidad, encontramos el de densidad de materia,  $\Omega_m$ , que incluye tanto materia bariónica como materia oscura fría, es decir:

$$\Omega_m = \Omega_b + \Omega_{CDM}. \quad (2.21)$$

Con esta expresión es posible definir al parámetro de densidad total en un Universo plano

$$\Omega_{tot} = \Omega_m + \Omega_\Lambda + \Omega_r = 1, \quad (2.22)$$

donde  $\Omega_\Lambda$  es el parámetro de densidad de la constante cosmológica y  $\Omega_r$  el de la radiación.

Si se multiplica el parámetro de densidad por la constante de Hubble reducida,  $h$ , que se expresa como

$$h^2 = \left( \frac{H_0}{100 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}} \right)^2, \quad (2.23)$$

entonces se obtiene el parámetro físico de densidad de energía, que es la densidad de energía escalada considerando la expansión del Universo. Éste se define como (Mo et al., 2010)

$$\omega_i = \Omega_i h^2, \quad (2.24)$$

---

el cual, e.g., para la materia bariónica será

$$\omega_b = \Omega_b h^2. \quad (2.25)$$

Puede verse que los parámetros físicos de densidad de energía dependen de la constante de Hubble, cuyo valor ha causado gran controversia. La razón de dicha tensión es que, mientras las medidas tomadas de manera indirecta con datos del fondo cósmico de microondas (CMB, por sus siglas en inglés), nucleosíntesis del Big Bang (BBN, por sus siglas en inglés) y oscilaciones acústicas de bariones (BAOs, por sus siglas en inglés) apuntan a que el Universo se expande a una tasa de  $67.49 \pm 0.53 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  (Planck Collaboration et al., 2020), los datos obtenidos de manera directa, por ejemplo, con datos de SNIa calibrados con cefeidas, arrojan un valor de  $73.04 \pm 1.04 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$  (Riess et al., 2022). Esta 'tensión' se visualiza claramente en la Figura 2.1, en donde Freedman (2021) compara la densidad de probabilidad relativa de diferentes valores de  $H_0$  obtenidos mediante diferentes métodos de calibración. De manera similar, la Figura 2.2 muestra, no sólo la tensión de la constante de Hubble con datos de diferentes trazadores cosmológicos y muestras observacionales, sino además los intervalos de confianza al 68% de cada uno de ellos.

Aún se desconoce la razón por la que el valor de  $H_0$  obtenido con diferentes observables varía; sin embargo, conocer su valor exacto es de vital importancia para tener mediciones precisas de la distancia a objetos extragalácticos. Existen dos principales interpretaciones por lo que esto sucede:

- **Modelo cosmológico erróneo:** se propone que el modelo  $\Lambda$ CDM debe ser replanteado, por lo que la interpretación de los datos de CMB, BNN y BAOs no es completa.

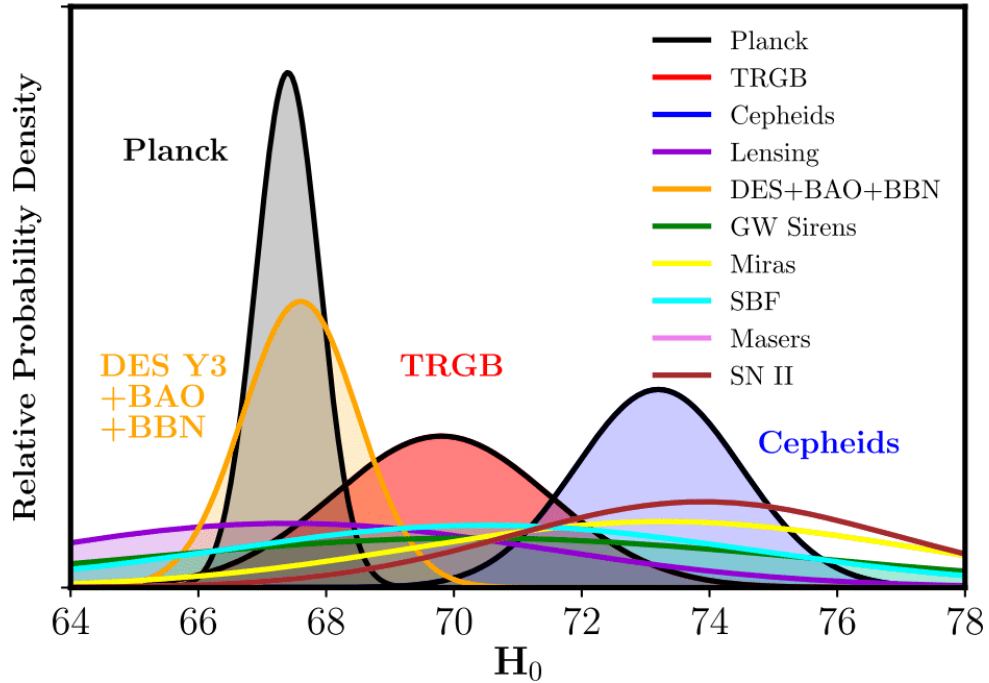


Figura 2.1: Tensión en la medición del valor de la constante de Hubble  $H_0$  (con unidades de  $km\ s^{-1}Mpc$ ) con diferentes métodos de calibración. Se comparan datos del CMB (Planck Collaboration et al., 2020); la parte superior de la rama de las gigantes rojas, TRGB, por sus siglas en inglés, (Freedman, 2021); cefeidas (Riess et al., 2021); lentes gravitacionales fuertes (Birrer et al., 2020); el sondeo de energía oscura, DES+BAO+BNN (Abbott et al., 2022); ondas gravitacionales, GW (Hotokezaka et al., 2019); estrellas variables miras (Huang et al., 2018); fluctuaciones de brillo superficial, SBF (Khetan et al., 2021); máseres (Reid et al., 2019). Tomada de Freedman (2021).

- Errores sistemáticos:** los errores sistemáticos asociados a las muestras de trazadores cosmológicos locales observados (e.g., SNIa, galaxias HII, etc.) podrían sesgar la medición de  $H_0$  y alejarla del valor deducido a partir de los trazadores del Universo temprano (e.g., CMB).

En esta tesis proponemos explorar detalladamente el efecto de los errores, tanto aleatorios como sistemáticos, sobre la determinación de los principales parámetros cosmológicos del modelo estándar de la cosmología,  $\Lambda$ CDM, entre ellos,  $H_0$ ; para ello

---

empleamos trazadores locales (SNIa y galaxias HII) y del Universo temprano (CMB, BAOs), y contrastamos detalladamente el efecto de sus errores sistemáticos sobre los parámetros cosmológicos.

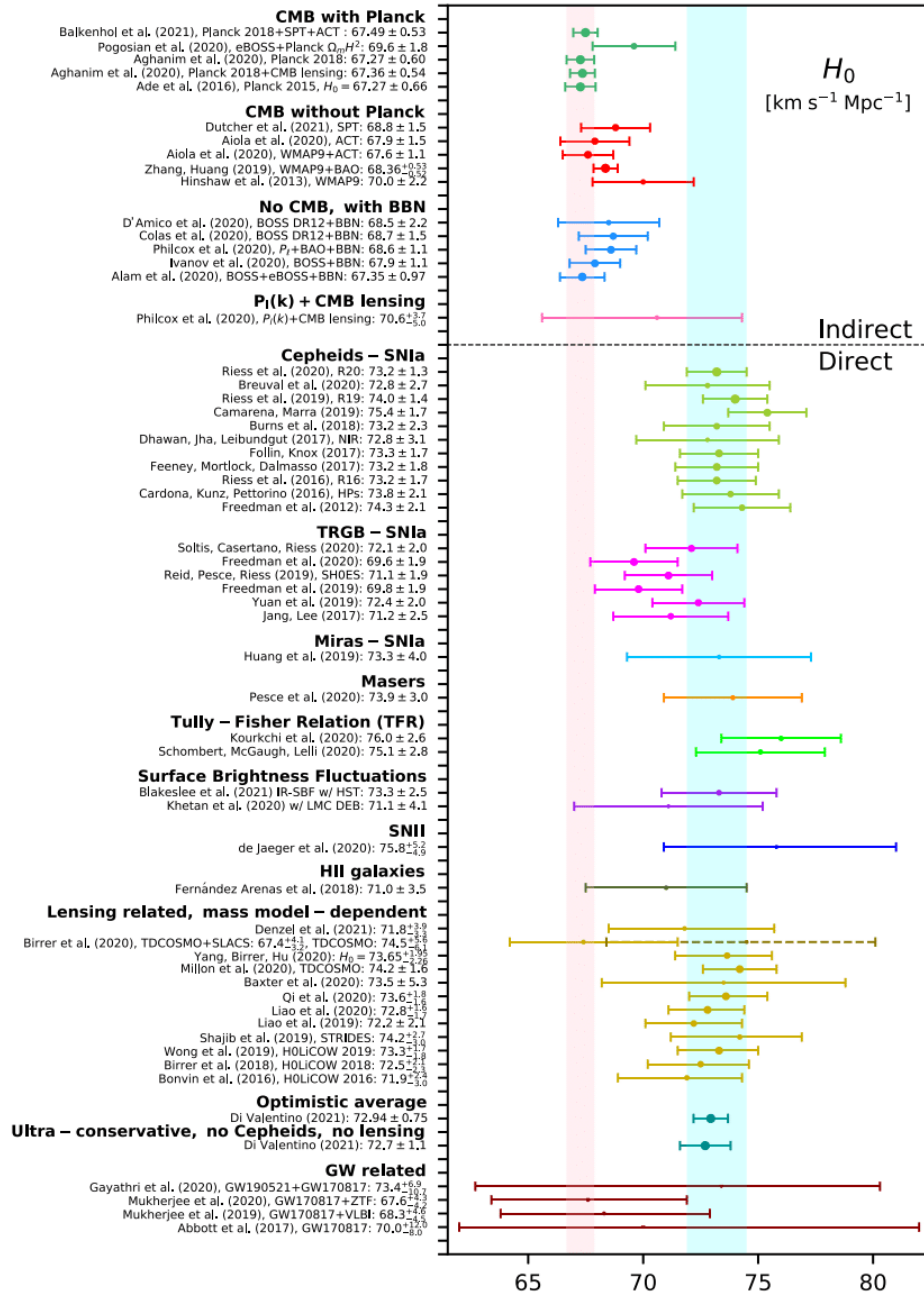


Figura 2.2: Gráfica horizontal que restringe al 68% el intervalo de confianza del valor de la constante de Hubble  $H_0$ . Se muestran las diferentes medidas con trazadores directos e indirectos. La banda vertical cian delimita el valor para  $H_0$  obtenido con la muestra de datos de Riess et al. (2021), y la línea rosa delimita el del consorcio Planck Collaboration et al. (2020) obtuvo tomando en cuenta un universo gobernado por la constante cosmológica. Tomada de: Di Valentino et al. (2021).

## Capítulo III

# Trazadores cosmológicos y retos observacionales

El poder medir la distancia de objetos extragalácticos es fundamental para conocer la constante de Hubble pues, como se mencionó inicialmente, la expansión del Universo se da a escalas cosmológicas. Sin embargo, uno de los problemas recurrentes en la astrofísica es la determinación exacta de distancias a objetos celestes, cuestión que se complica conforme los objetos son más lejanos.

Este capítulo describe a los trazadores cosmológicos, cuyas características permiten describir la evolución del Universo. Se establece cuáles de éstos se empleó en el estudio de la presente tesis y se hace una descripción de ellos. Además, se enumeran los retos observacionales que afectan a cada trazador actualmente.

### 3.1. Trazadores cosmológicos

La escalera cósmica consiste en el empleo sucesivo de métodos para medir distancias de objetos astronómicos. En la Figura 3.1 se representa gráficamente cómo funciona esta herramienta con cefeidas y supernovas tipo Ia; la figura está basada en

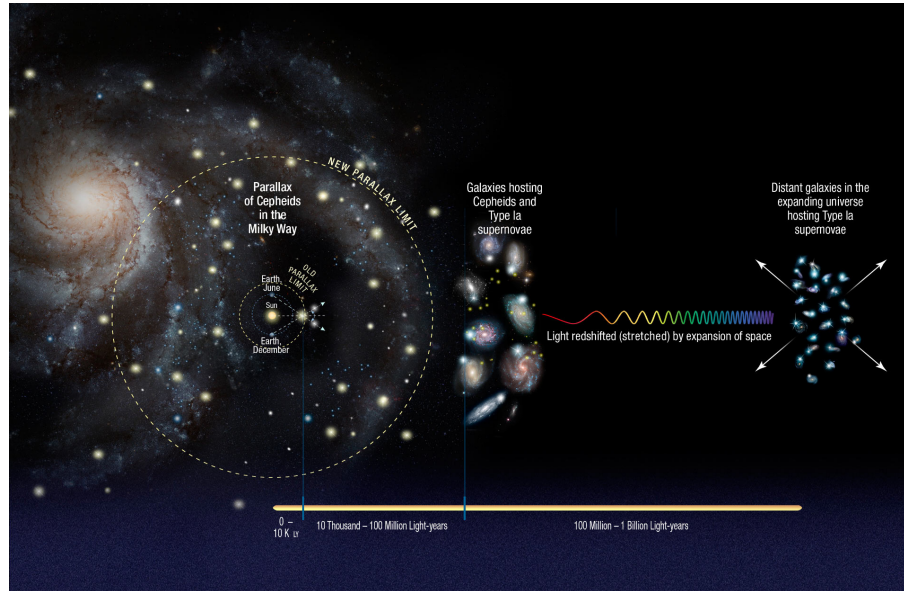


Figura 3.1: Representación gráfica de la escalera de distancias para la calibración de supernovas tipo Ia con cefeidas. Primero, se mide con paralaje trigonométrico la distancia a cefeidas en la vecindad solar en la galaxia; con esto se calibra la relación entre su periodo y su luminosidad. Con esta relación calibrada se buscan regiones en donde existan tanto cefeidas como SNIa, se calcula la distancia y con esto se obtiene la magnitud de referencia de las SNIa. Con este valor calibrado se puede buscar regiones más lejanas que alberguen SNIa y así obtener la distancia hasta estos lugares. Tomada de: [NASA \(2016\)](#).

resultados obtenidos por [Riess et al. \(2016\)](#).

En cosmología se le denomina trazadores cosmológicos a aquellos fenómenos u objetos astrofísicos que permiten medir la evolución del Universo, ya que nos permiten medir distancias a escalas relevantes para la cosmología (e.g. [Chavez, 2014](#)). Estos fenómenos y objetos incluyen ciertas estrellas, SNIa, galaxias, espectros de potencias, que disponen de características específicas, como pueden ser su relación periodo-luminosidad, magnitud absoluta, tamaño angular, temperatura, etc., que permiten obtener información de la expansión del Universo y su estructura a gran escala. Los trazadores cosmológicos pueden ser tanto candelas estándar como reglas estándar.

dar; ambos son indicadores de distancias.

En seguida se muestran los que son relevantes para este trabajo.

- **Candelas estándar:** objetos cuya distancia es determinada a partir de su luminosidad, mediante la definición de distancia de luminosidad dada en (2.1). Pueden ser de dos tipos ([Rowan-Robinson, 2008](#)):
  - **Tipo primario:** la distancia es determinada directamente al objeto.
    - **Cefeidas:** estos objetos son estrellas evolucionadas; fueron estudiadas por Henrietta Levitt, quien encontró que su brillo variaba con una periodicidad determinada, proporcional a su luminosidad. A esta relación se le denomina periodo - luminosidad, la cual es específica según sea el tipo de cefeida, I o II. Con la relación anterior es posible calcular su módulo de distancia.
    - **Parte superior de la rama de las gigantes rojas (TRGB):** se le llama gigante roja a la etapa de la evolución estelar cuando las estrellas ya han terminado de fusionar hidrógeno en su núcleo y ahora lo que man en una capa alrededor de su núcleo inerte de helio. Estas estrellas comienzan a agruparse en una parte específica del diagrama Hertzsprung–Russell (HR), y poseen una luminosidad máxima (encontrándose en la parte superior). Al hacer censos de estrellas evolucionadas se puede establecer esta luminosidad y, por lo tanto, conocer la distancia a estos objetos ([Freedman, 2021](#)).
  - **Tipo secundario:** los trazadores han sido calibrados con un trazador primario.



- **Galaxias HII y regiones HII gigantes extragalácticas (GEHR):** se calibra la relación  $L-\sigma$ , que permite estimar la luminosidad de las líneas de emisión de Balmer a partir de la dispersión de velocidades del gas ionizado del sistema (Chávez et al., 2016). Esto se explica más en detalle en la sección 3.1.3
- **SN Ia:** las supernovas tipo Ia son el resultado de la explosión de una enana blanca en un sistema binario. Tienen la característica de que su curva de luz alcanza un nivel de energía máximo, independiente de las condiciones del medio, por lo que su magnitud es una cantidad de referencia (Wolschin, 2010) que sigue la representación de la Figura 3.2. Son calibradas mediante cefeidas.
- **Reglas estándar:** Para determinar su distancia se emplea un método indirecto, que se basa en medir su distancia del diámetro angular,  $\theta$  (medida en radianes), mediante la siguiente relación (Dodelson & Schmidt, 2020):

$$\theta \approx \frac{r}{d_A}; \quad (3.1)$$

aquí,  $r$  es el tamaño físico del objeto y  $d_A$  es la distancia angular. Es posible hacer esta aproximación porque la distancia angular es muy pequeña (Grøn & Hervik, 2007). Las dos principales reglas estándar son:

- **CMB:** las fluctuaciones del fondo cósmico de microondas (ver Figura 3.3) pueden transformarse en un espectro de potencias como el que se muestra en la Figura 3.4. Mediante esta herramienta se puede obtener el tamaño de la escala acústica  $l_a$ , el parámetro de "shift",  $R$  y la densidad de bariones  $\omega_b$  (cuya descripción se da en detalle en la sección 3.1.1).

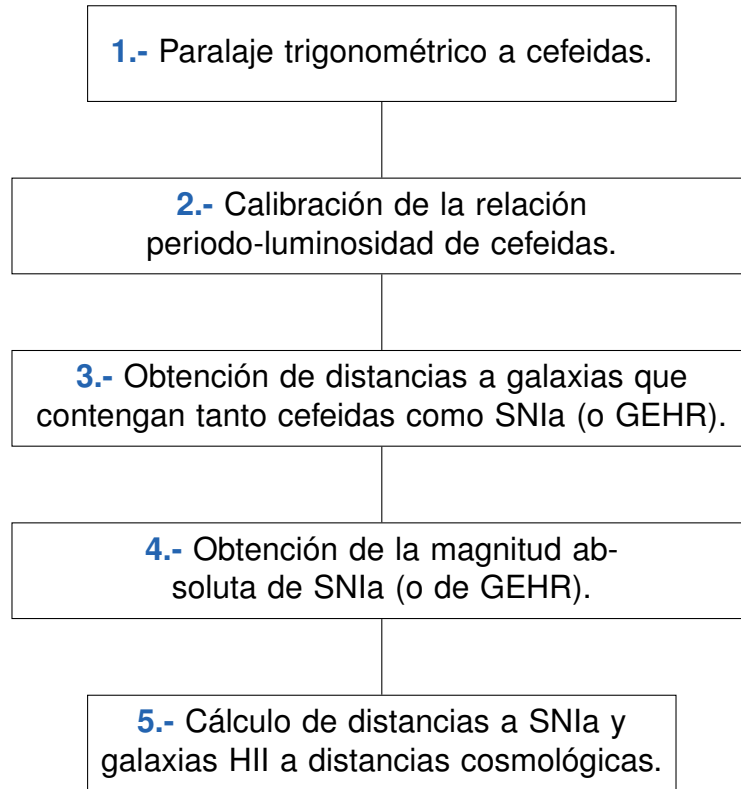


Figura 3.2: Representación esquemática de la escalera cósmica de distancias de la Figura 3.1. Este esquema fue el que se siguió en esta tesis.

- **BAOs:** una forma de obtener la distancia entre los picos de ondas acústicas, los cuales se relacionan con el tamaño de los pozos de potencial de materia oscura en la época de recombinación, es usando la información dada por el espectro de potencias del CMB. Esto, junto con la distribución de galaxias, es sólo una de varias técnicas que permiten estimar el espectro de potencias de las BAOs (explicado con más detalle en la subsección 3.1.2).

Como se expuso anteriormente, mediante el módulo de distancia se puede obtener la distancia de luminosidad. Así, se define a esta última en función del corrimiento al rojo  $z$  y de los parámetros cosmológicos  $\theta$  (cf. [González-Morán et al., 2019](#)):

$$d_L(z, \theta) = \frac{c(1+z)}{H_0} \int_0^z \frac{dz'}{E(z', \theta)}, \quad (3.2)$$

que también se puede expresar como:

$$d_L = \frac{cD_L}{H_0}, \quad (3.3)$$

donde  $D_L$  es la distancia de luminosidad escrita de forma independiente de la constante de Hubble,

$$D_L(z, \theta) = (1+z) \int_0^z \frac{dz'}{E(z', \theta)}. \quad (3.4)$$

Para un universo plano,

$$E^2(z, \theta) = \Omega_r(1+z)^4 + \Omega_m(1+z)^3 + \Omega_w(1+z)^{3y} \times \exp\left(\frac{-3w_a z}{1+z}\right), \quad (3.5)$$

en donde  $y = (1 + w_0 + w_a)$ . Los parámetros  $w_0$  y  $w_a$  son los dos primeros términos de la expansión del parámetro de la ecuación de estado de la energía oscura,  $w(z)$ , en el modelo CPL ([Chevallier & Polarski, 2001](#); [Linder, 2003](#)), el cual propone que la ecuación de estado (EdE) de la energía oscura ha evolucionado con el tiempo. El término  $w(z)$  se obtiene al hacer una expansión de Taylor a segundo orden para el parámetro de la ecuación de estado, en función del corrimiento al rojo, y evaluarlo en la época actual:

$$w(z) = w_0 + w_a \frac{z}{1+z}. \quad (3.6)$$

Dicho lo anterior,  $\Omega_w$  es el parámetro de densidad de la energía oscura. Si  $w_0 = -1$  y  $w_a = 0$ , es decir, no hay evolución temporal de la energía oscura, entonces se tiene el modelo cosmológico  $\Lambda$ CDM y por lo tanto

$$\Omega_w = \Omega_\Lambda. \quad (3.7)$$

Por su parte, el módulo de distancia teórico de una fuente se puede expresar como

$$\mu_\theta = 5 \log D_L(z, \theta) + \mu_0, \quad (3.8)$$

donde  $\mu_0 = 42.384 - 5 \log h$  ([González-Morán et al., 2019](#)).

En las siguientes subsecciones se describe qué son cada uno de estos trazadores, sus características principales y cómo pueden ser usados para calcular distancias.

### 3.1.1. Radiación Cómica de Fondo

Antes de explicar cómo se usa el CMB como regla estándar, damos un contexto histórico teórico.

El modelo cosmológico actual propone que el Universo se originó a partir del Big Bang ([Lemaitre, 1934](#)), hace unos 13,800 millones de años, iniciando en un punto extremadamente caliente ( $10^{32}$  K) y compacto. Algunas teorías, como la de Gran Unificación ([Georgi & Glashow, 1974](#)), proponen que en el intervalo de los 0 a los  $10^{-43}$  segundos después del nacimiento del Universo (época de Planck) las cuatro fuerzas fundamentales de la física estaban unificadas: gravedad, electromagnetismo, fuerza nuclear fuerte y fuerza nuclear débil.

Después de este tiempo, a los  $10^{-36}$  segundos, el Universo se expandió y se enfrió ( $10^{29}$  K), lo que provocó que la gravedad se desacoplara. Posteriormente, a los  $10^{-32}$  segundos, inicia la época de inflación, durante la cual el Universo se expande de manera acelerada, lo que provoca menor una temperatura ( $10^{28} - 10^{22}$  K) y que la fuerza nuclear fuerte se desacople de la fuerza electrodébil ([Mo et al., 2010](#)).

Cuando la época de inflación termina, a los  $10^{-32}$  segundos, inmediatamente hay un recalentamiento en el Universo ( $10^{15} - 10^{12}$  K), lo que provoca que se forme un fluido cósmico o plasma relativista de quarks, electrones y neutrinos. Se ha propuesto

que debido a una ruptura de simetría estos componentes adquieren masa y entonces el fluido cósmico queda compuesto solamente por quarks y electrones. Conforme el Universo se sigue expandiendo, la temperatura disminuye ( $10^9$  K) y, gracias a esto, se forman los primeros neutrones y protones, lo que favorece que el Universo se enfríe incluso más ( $10^7$  K) y que eventualmente se formen los primeros núcleos atómicos (e.g. [Liddle, 2015](#)). A esto se le denomina nucleosíntesis primordial o nucleosíntesis del Big Bang y ocurre en los primeros 3 minutos de la existencia del Universo.

Para este momento el fluido cósmico es un plasma de bariones y fotones que se encuentran acoplados. Esta época se define estar dominada por radiación. Durante este tiempo, de los primeros  $10^{-32}$  segundos hasta aproximadamente  $3.70 \times 10^5$  años, la dinámica del plasma es la siguiente: debido a la naturaleza de los bariones, éstos comienzan a aglomerarse por la existencia de pozos de potencial gravitacionales; sin embargo, la presión de radiación de los fotones comienza a empujar el plasma fuera de esos pozos. Esto genera perturbaciones en el fluido, lo que se conoce como BAOs ([Eisenstein et al., 2005](#)).

Casi al final de esta etapa, cuando el Universo tenía unos  $3 \times 10^5$  años, comenzó la formación de los primeros átomos neutros de hidrógeno y helio, ya que la temperatura había disminuido a unos 4000 K ([Mo et al., 2010](#)). Esto da inicio a la época de recombinación, en la cual sucede el desacoplamiento entre bariones y fotones, y se produce la primera luz del Universo, pues los fotones pueden finalmente viajar libremente. A la radiación que producen esos primeros fotones se le denomina CMB.

La Figura [3.3](#) muestra el mapa de las fluctuaciones de temperatura con alta resolución (con una precisión de  $10^{-5}$  K) del CMB (a  $z \approx 1100$ ), el cual fue tomado por la misión [Planck Collaboration et al. \(2020\)](#).

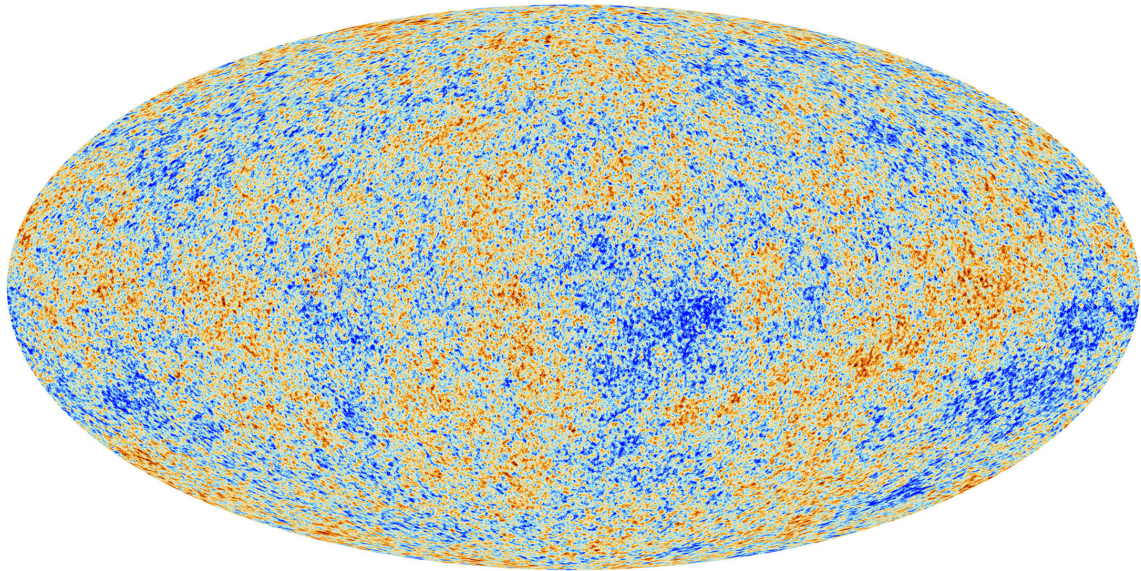


Figura 3.3: Mapa celeste de la señal del CMB, tomada con el satélite Planck. Se muestra las fluctuaciones de la temperatura, cuyo promedio es de 2.73 K, con una precisión de  $10^{-5}$  K; los puntos más rojos poseen temperaturas ligeramente más elevadas que los puntos azules. Tomada de: ESA/Planck.

Ahora bien, sabiendo que lo que el CMB mide es la intensidad de las ondas de microondas y que a bajas frecuencias ( $h\nu \ll kT$ ), la ecuación (2.2) se comporta como el límite de Rayleigh-Jeans, es decir

$$I_\nu \propto \nu^2 T, \quad (3.9)$$

entonces

$$\frac{\delta I_\nu}{I} = \frac{\delta T}{T}. \quad (3.10)$$

Debido a que se analiza la esfera celeste, se usan armónicos esféricos para encontrar las soluciones a las variaciones de la temperatura normalizadas, las cuales varían en conjunto, lo que permite emplear una descripción estadística llamada correlación a dos puntos.

De esta manera, se divide la bóveda celeste en multipolos, es decir, se varía el

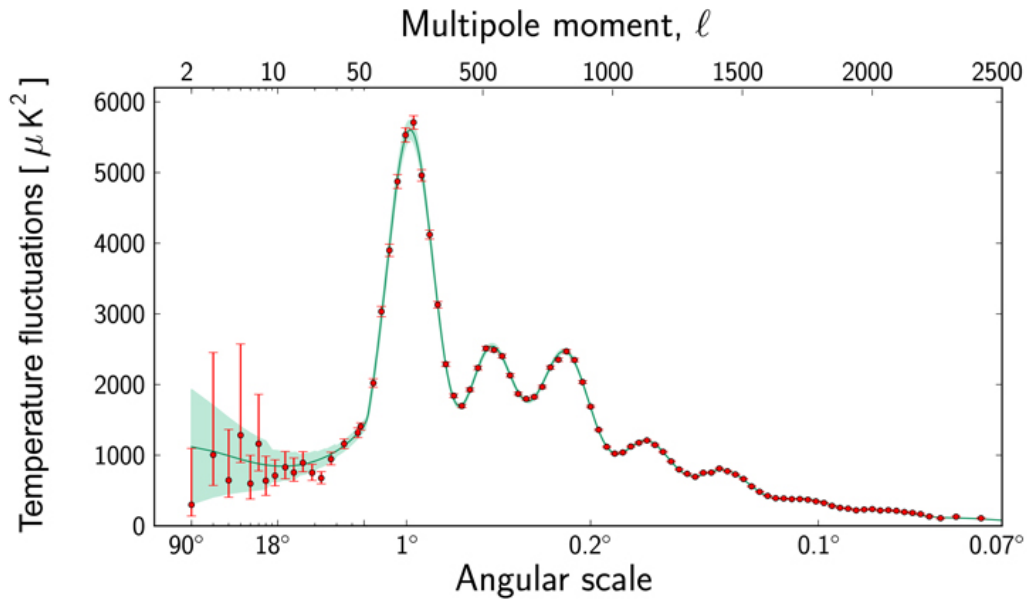


Figura 3.4: Espectro de potencias del CMB. El eje vertical denota la fluctuación de temperatura en  $\mu K$ , y el eje horizontal los multipolos denotados por  $l$  en escala logarítmica en la parte superior, y la escala angular en la parte inferior. Tomado de ESA y Planck Collaboration.

tamaño o distancia angular entre cada punto del cielo. La Figura 3.4 muestra cómo se comportan las fluctuaciones de temperatura dependiendo del tamaño del desarrollo multipolar. A esto se le denomina el espectro de potencias de las anisotropías del CMB.

Para entender mejor esta figura cabe mencionar que el multipolo  $l = 0$  es toda la bóveda celeste, por lo que no hay fluctuación de temperatura, es uniforme. Hasta el multipolo  $l \approx 30$ , nótese que las fluctuaciones son pequeñas y que las barras de error son grandes. Esto se debe a que se tienen pocas mediciones de las fluctuaciones promediadas en grandes regiones de la bóveda celeste.

A  $l \approx 100$  se tiene el primer pico acústico, en donde las fluctuaciones de temperatu-



ra son máximas. Este primer pico corresponde, según el modelo cosmológico  $\Lambda$ CDM, al momento en que el plasma de bariones y fotones acoplados cae en los pozos potenciales gravitacionales; comprimiendo al plasma. Posteriormente, éste experimentó rarefacciones (debido a la presión de radiación de los fotones) y nuevamente compresiones, que se muestran en los picos siguientes.

Estos picos del espectro de potencias son denominados picos acústicos, y justamente son éstos los que proveen la información necesaria para usar al CMB como una regla estándar. La metodología es la siguiente: la información geométrica principal que se tiene del CMB son las fluctuaciones de temperatura, que a su vez se pueden expresar en forma de distancia angular como

$$d_A(z, \theta) = \frac{c}{H_0} \frac{1}{1+z} \int_0^z \frac{dz'}{E(z', \theta)}. \quad (3.11)$$

Puesto que se analiza el CMB, es necesario definir el corrimiento al rojo de los fotones emitidos desde el tiempo de desacople hasta su detección (última dispersión), que es el siguiente:

$$z_* = 1048[1 + 0.00124(\Omega_b h^2)^{-0.738}][1 + g_1(\Omega_m h^2)^{g_2}]; \quad (3.12)$$

$g_1$  y  $g_2$  son parametrizaciones de la densidad bariónica y se definen, respectivamente (Hu & Sugiyama, 1996), como

$$g_1 = \frac{0.0783(\Omega_b h^2)^{-0.238}}{1 + 39.5(\Omega_b h^2)^{0.763}} \quad (3.13)$$

y

$$g_2 = \frac{0.560}{1 + 21.1(\Omega_b h^2)^{1.81}}. \quad (3.14)$$

Por su parte, el plasma de bariones y fotones acoplados es un fluido que establece



el horizonte comóvil de la velocidad del sonido (suponiendo un universo plano; [Wang & Dai, 2016](#)) y se expresa como

$$r_s(z, \theta) = \frac{c}{H_0} \int_0^{1/(1+z)} da \frac{c_s(a)}{a^2 E(a)}, \quad (3.15)$$

en donde  $c_s(a)$  es la velocidad del sonido en función del parámetro de escala de este plasma antes de recombinación. Esta cantidad depende de la densidad energética de bariones ( $\Omega_b$ ) y de fotones ( $\Omega_\gamma$ ), de la siguiente forma:

$$c_s(a) = \frac{1}{\sqrt{3 + 3(3\Omega_b/4\Omega_\gamma)a}}. \quad (3.16)$$

Nótese que las ecuaciones (3.15) y (3.16) están en función del factor de escala, que a su vez depende de la constante de Hubble. Para medir los diferentes parámetros cosmológicos de manera independiente del parámetro de Hubble, se realizan simulaciones cosmológicas que siguen el modelo  $\Lambda$ CDM y reproducen el espectro de potencias del CMB, mostrado en la Figura 3.4.

Para tener una referencia al modelo observado se emplean diferentes parametrizaciones ([Nesseris & Perivolaropoulos, 2007](#)). Primero se define la escala acústica,  $l_a$ , la cual representa el tamaño angular del horizonte acústico (o tamaño angular del primer pico acústico) y depende de la distancia angular y del horizonte sónico comóvil en recombinación,

$$l_a = (1 + z_*) \frac{\pi d_A(z_*, \theta)}{r_s(z_*, \theta)}. \quad (3.17)$$

En segundo lugar se define el parámetro de "shift",  $R(\theta)$ , que representa una prueba geométrica de la energía oscura dada por la escala angular del horizonte de sonido en la superficie de la última dispersión. Esta información se encuentra en el primer pico acústico del espectro de potencias del CMB y para un universo plano, es decir  $K=0$ ,

este parámetro se define como

$$R(\theta) = \sqrt{\Omega_m} \int_0^{z_*} \frac{dz}{E(z, \theta)}. \quad (3.18)$$

Es importante mencionar que este parámetro depende del modelo cosmológico empleado.

La Figura 3.5 muestra la sensibilidad del espectro de temperaturas del CMB, obtenida por [Hu & Dodelson \(2002\)](#), en donde se representan las curvas de diferentes simulaciones que siguen al modelo estándar,  $\Lambda$ CDM. En cada panel se representan a las distintas familias de curvas obtenidas mediante la variación de los valores de las ecuaciones (3.17) y (3.18) y de algunos parámetros cosmológicos, como son la densidad total de energía  $\Omega_{tot}$ , la densidad de constante cosmológica  $\Omega_\Lambda$ , la densidad bariónica  $\Omega_b h^2$  y la densidad de materia  $\Omega_m h^2$ .

Finalmente, habiendo explicado las bases geométricas del CMB, la manera de usarlo como una regla estándar es mediante el vector de parámetros (cf. [González-Morán et al., 2019](#)),  $\mathbf{P}_o$ :

$$\mathbf{P}_o = \{l_a, R(\theta), \omega_b\}. \quad (3.19)$$

Puede verse que este vector conjunta: el tamaño de los picos acústicos, dado por la escala acústica; la cantidad de materia oscura, relacionada con el parámetro de "shift"; y la densidad bariónica.

### 3.1.2. Oscilaciones Acústicas de Bariones

Las fluctuaciones de temperatura del CMB se relacionan directamente con la estructura filamentaria del Universo y, por lo tanto, con la distribución de materia en éste ([Peebles & White, 1981](#)). Como se mencionó anteriormente, justo antes de la época

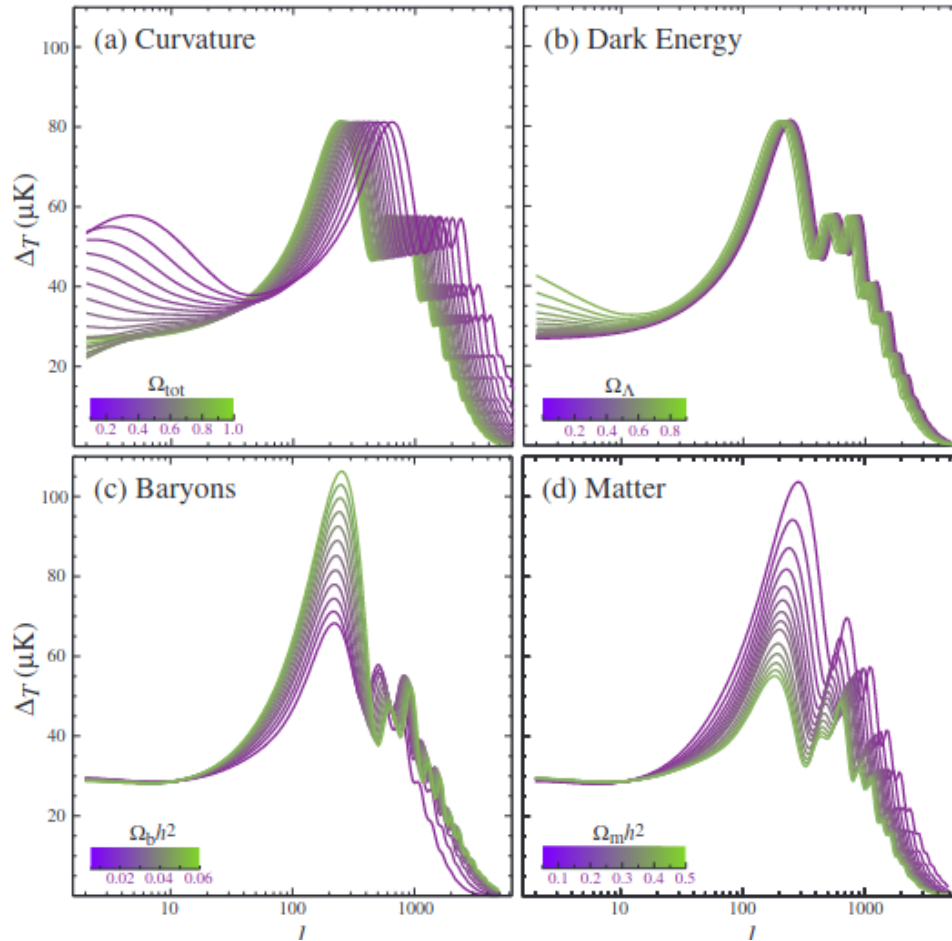


Figura 3.5: Sensibilidad de las anisotropías en el espectro de potencias del CMB para diferentes parámetros cosmológicos: (a) curvatura cuantificada a partir de  $\Omega_{tot}$ ; (b) cuantificación de la constante cosmológica  $\Omega_{\Lambda}$  ( $w_{\Lambda} = 1$ ); (c) densidad física de bariones  $\Omega_b h^2$  (d) densidad física de materia  $\Omega_m h^2$ . Estos parámetros se varían con respecto a los valores de referencia del modelo, donde  $\Omega_{tot} = 1$ ,  $\Omega_{\Lambda} = 0.65$ ,  $\Omega_b h^2 = 0.02$  y  $\Omega_m h^2 = 0.147$ . Tomado de [Hu & Dodelson \(2002\)](#)

de recombinación, el plasma de bariones y fotones se aglomeraba en sobredensidades o pozos de materia oscura, cuyo tamaño quedó impreso al desacoplarse el fluido. La Figura 3.6 muestra la representación de este fenómeno.

Según el modelo estándar de la cosmología, estos pozos de materia oscura son los responsables de la formación de las primeras galaxias en el Universo. Se trata de

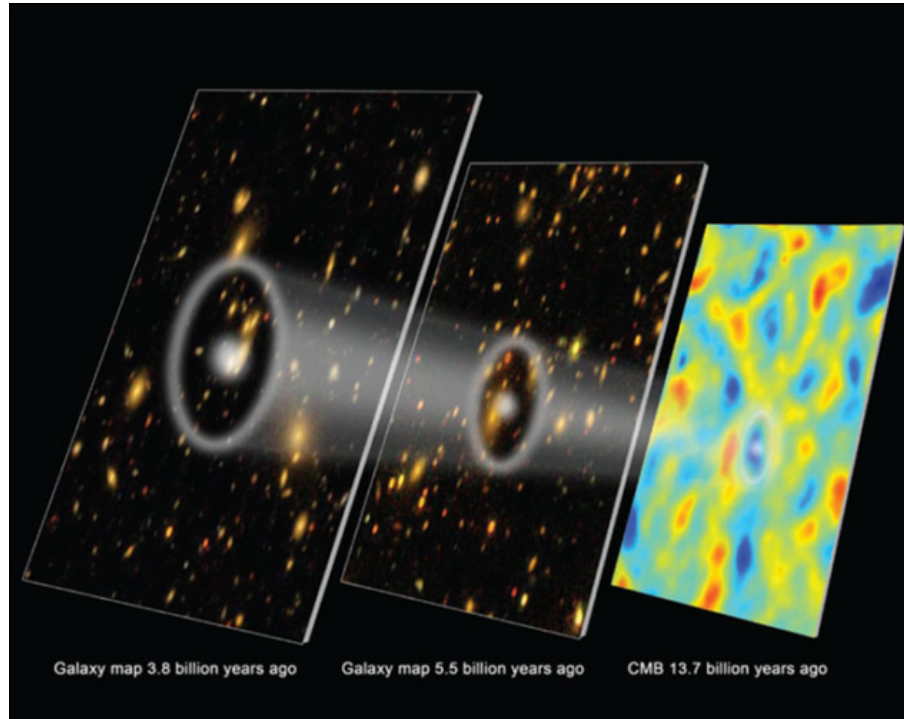


Figura 3.6: Representación ilustrativa de las oscilaciones acústicas de bariones (círculos blancos) en el fondo cósmico de microondas. El Universo más temprano se localiza del lado derecho y puede notarse que, justamente donde se presenta una fluctuación de temperatura, conforme el Universo evoluciona, ahí es donde se comienzan a formar galaxias. Tomada de E. M. Huff, la colaboración SDSS-III y la colaboración del South Pole Telescope. Gráficos Zosia Rostomian.

pozos de potencial gravitacional, que crean sobredensidades de materia, que a su vez colapsa y comienza a formar estructura (Carnero, 2011).

Para usar las BAOs como reglas estándar es preciso conocer el tamaño angular de estos pozos. Para ello, primeramente se realizan censos de galaxias para zonas específicas del cielo a diferentes corrimientos al rojo. La Figura 3.7 muestra la distribución de galaxias locales, en donde se puede apreciar que existen sobredensidades (o cúmulos) de galaxias en ciertas partes del cielo.

Posteriormente, se emplea la correlación de dos puntos ( $\xi$ ) que es una herramien-

ta de la estadística de campos aleatorios. Esta función permite cuantificar el exceso de probabilidad de encontrar una galaxia a una distancia  $r$ , con relación a la probabilidad de encontrar una galaxia a la misma distancia, en una distribución uniforme con la misma densidad media ([Dodelson & Schmidt, 2020](#)).

La Figura 3.8 muestra esta función de correlación, en función de una escala comóvil para diferentes modelos, obtenida por el equipo de [Eisenstein et al. \(2005\)](#). Puede observarse que entre 90 Mpc/h y 130 Mpc/h existe una sobredensidad en la distribución de galaxias. El valor máximo de este rango se alcanza a los 100 Mpc/h aproximadamente. Este valor indica el tamaño de la escala de longitud a la que se da la sobredensidad en la distribución de galaxias.

Para encontrar el tamaño de las BAOs se debe establecer el tipo de métrica de distancia que se usará para medir la escala de longitud de la sobredensidad, y esto dependerá del corrimiento al rojo al que se encuentren las distribuciones de galaxias. Se puede usar un parámetro general llamado parámetro de distancia,  $\lambda$  ([Anagnostopoulos et al., 2019](#)), se define en función del corrimiento al rojo como

$$\lambda(z, \theta) = \begin{cases} d_V r_{d, fid} / r_d \\ d_A / r_d, \end{cases}, \quad (3.20)$$

siendo  $d_V$  la distancia tal que tenemos una medida del volumen en la que la densidad numérica de los objetos es constante con el flujo de Hubble ([Hogg, 1999](#)):

$$d_V = \left[ \frac{cd_A^2 z(1+z)^2}{H(z, \theta)} \right]^{1/3}, \quad (3.21)$$

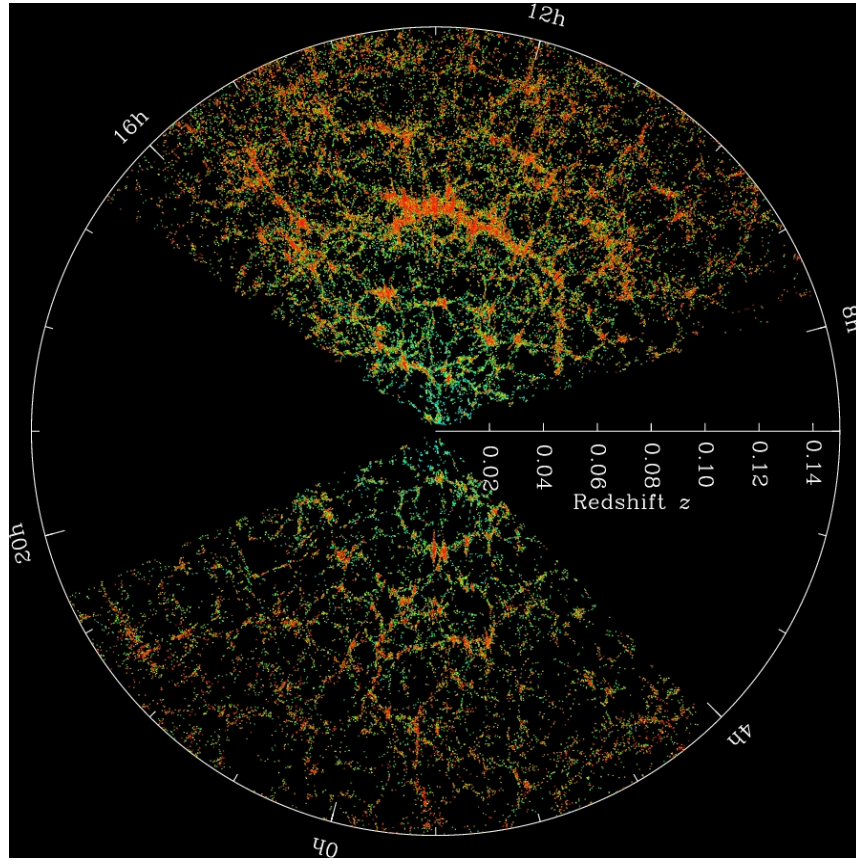


Figura 3.7: Mapa de distribución realizado mediante el censo de galaxias locales hecho por la colaboración del Sloan Digital Sky Survey, SDSS. En esta figura se muestra la estructura filamentaria de materia en el Universo, en donde los colores más cálidos representan sobredensidades (y por lo tanto, galaxias) y los más azules representan menos densidad de materia. Crédito: M. Blanton y SDSS.

donde  $d_A$  es la distancia angular que también se puede definir como

$$d_A = \frac{d_L(z, \theta)}{(1+z)^2}. \quad (3.22)$$

Además, para el modelo  $\Lambda$ CDM,  $r_d$  es igual al horizonte sónico comóvil,  $r_s$ , en la época de dragado de bariones (Verde et al., 2017).

Finalmente, de manera similar al CMB, para usar a las BAOs como reglas estándar

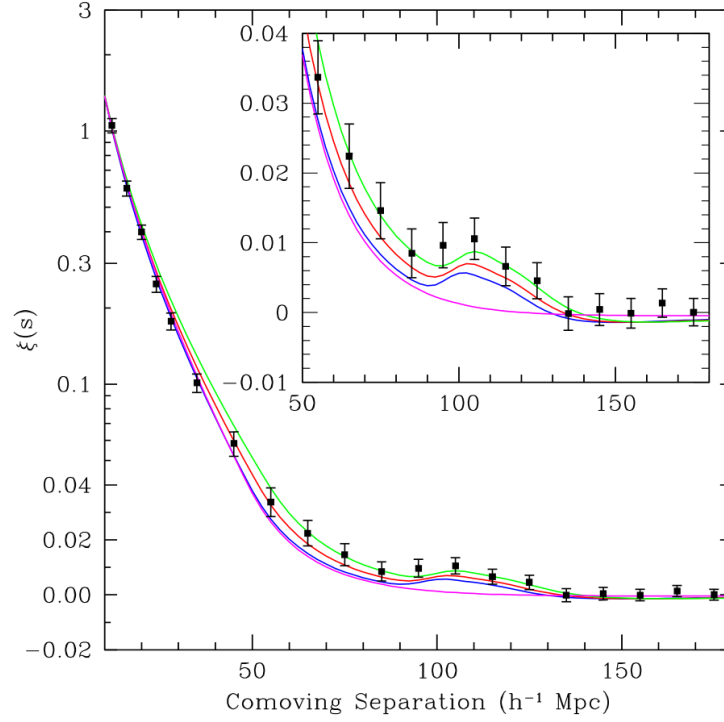


Figura 3.8: Función de correlación para las fluctuaciones de materia a distintos  $z$  en coordenadas comóviles y con la cosmología de WMAP7. La curva verde sigue el modelo  $\Omega_m h^2 = 0.12$ ; la curva roja, 0.13; la azul 0.14; y la curva rosa es un modelo CDM con  $\Omega_m h^2 = 0.105$ . Todas las curvas tienen los valores  $\Omega_b h^2 = 0.024$ . Tomada de [Eisenstein et al. \(2005\)](#).

se utiliza el vector de parámetros  $\mathbf{P}_{z,\theta}$ , que se define como

$$\mathbf{P}_{z,\theta} = \{\lambda(z, \theta)\}. \quad (3.23)$$

### 3.1.3. Galaxias y Regiones HII

Las galaxias HII son sistemas ionizados compactos que presentan uno o más brotes de formación estelar recientes, teniendo así líneas de emisión intensas. Asimismo, las GEHRs son nebulosas ionizadas con características similares, que se encuentran en galaxias irregulares y en los brazos de galaxias espirales generalmente. Ambas,



tanto galaxias HII como GEHRs, son ionizadas por cúmulos masivos de estrellas O y B (Sérsic, 1963; Luyten & Haro, 1959) y cuentan con un alta tasa de formación estelar, de aproximadamente  $1 - 10 M_{\odot}/yr$ . Además, presentan temperaturas típicas de  $10^4$  K, poseen baja metalicidad y presentan líneas de Balmer intensas. Adicionalmente, estos objetos presentan una correlación entre la luminosidad de las líneas de Balmer y su dispersión de velocidades (Terlevich & Melnick, 1981). Estas características las hacen ideales para ser empleadas como indicadores de distancias . La Figura 3.9 muestra un conjunto de galaxias HII, con la finalidad de ilustrar la morfología que tienen estos trazadores.

La Tabla 3.1 muestra las características principales de las GEHRs y las galaxias HII (Chavez, 2014). Puede observarse que las primeras son regiones más pequeñas que las segundas.

Tabla 3.1: Comparación de las características principales de GEHRs y galaxias HII.

GEHRs	Galaxias HII
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonas de intensa formación estelar en galaxias tipo Sc e irregulares.</li> <li>• Tamaño típico: <math>10^2</math>- <math>10^3</math> pc.</li> <li>• Ionizadas por un cúmulos de estrellas OB.</li> <li>• Masa total entre <math>10^4</math>-<math>10^6 M_{\odot}</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Galaxias enanas con un brote de formación estelar reciente.</li> <li>• Radio efectivo menor a 2 kpc.</li> <li>• Ionizados por uno o varios super cúmulos de estrellas OB.</li> <li>• Masa total menor que <math>10^{10} M_{\odot}</math>.</li> </ul>

La Figura 3.10 muestra un análisis, realizado por Melnick et al. (2000), de algunas poblaciones de galaxias HII a distintos corrimientos al rojo. Aquí puede apreciarse que, independientemente de su lejanía, existe una correlación lineal entre la luminosidad de estos objetos y su dispersión de velocidades. Además, es relevante mencionar que el ancho equivalente,  $W(H\beta)$ , tiene una relación con la edad de las galaxias HII, por lo que se tomarán las que posean mayores anchos equivalentes.



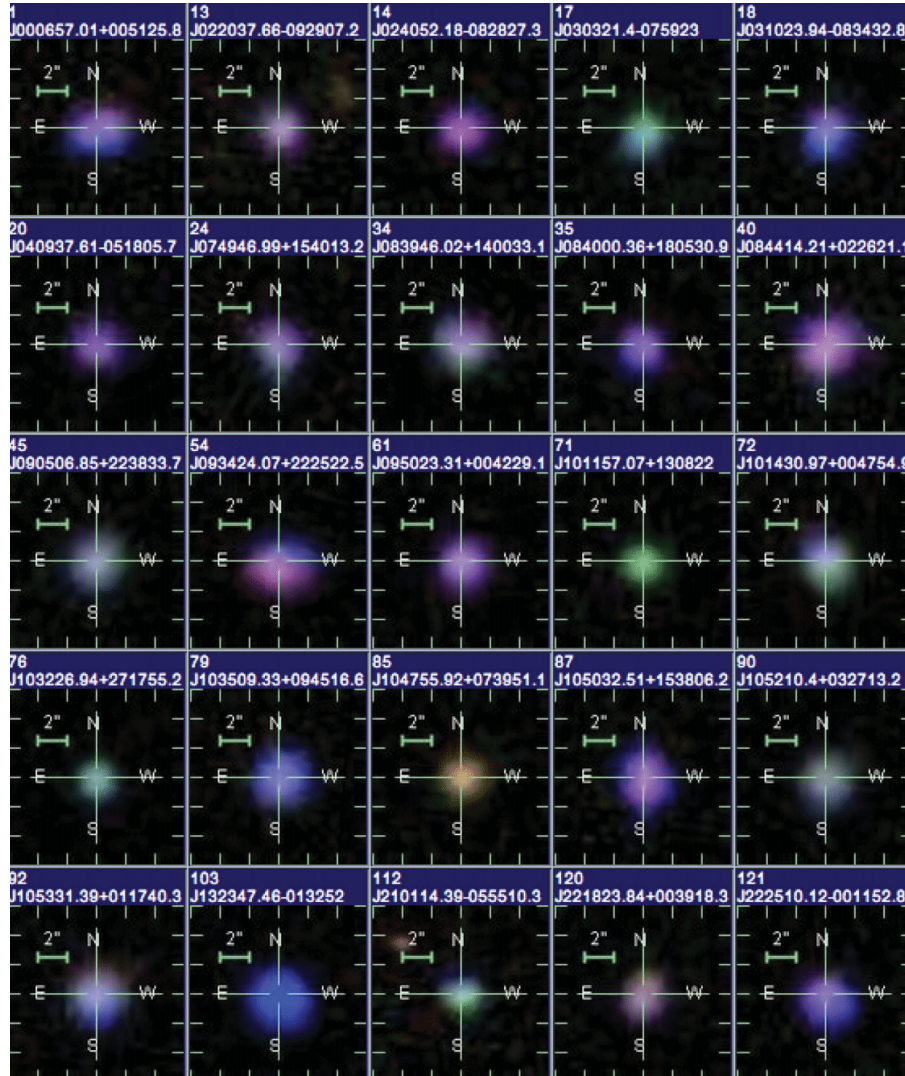


Figura 3.9: Colección de imágenes de diferentes galaxias HII, con la finalidad de mostrar la forma compacta que suelen tener estos trazadores cosmológicos. Los colores están relacionados con el corrimiento al rojo de los objetos y se debe principalmente a la abundancia de [OIII]  $\lambda\lambda 4959$ , en donde el verde representa, basándose en los filtros del SDSS, mayor abundancia y el rojo, menor. Tomada de [Chavez \(2014\)](#).

Para emplear estos objetos como indicadores de distancias se usa la relación entre la luminosidad y la dispersión de velocidades, también llamada  $L(H\beta) - \sigma$  ([Melnick et al., 1988](#)), donde  $\sigma$  es la dispersión de velocidades y  $L(H\beta)$  es la luminosidad

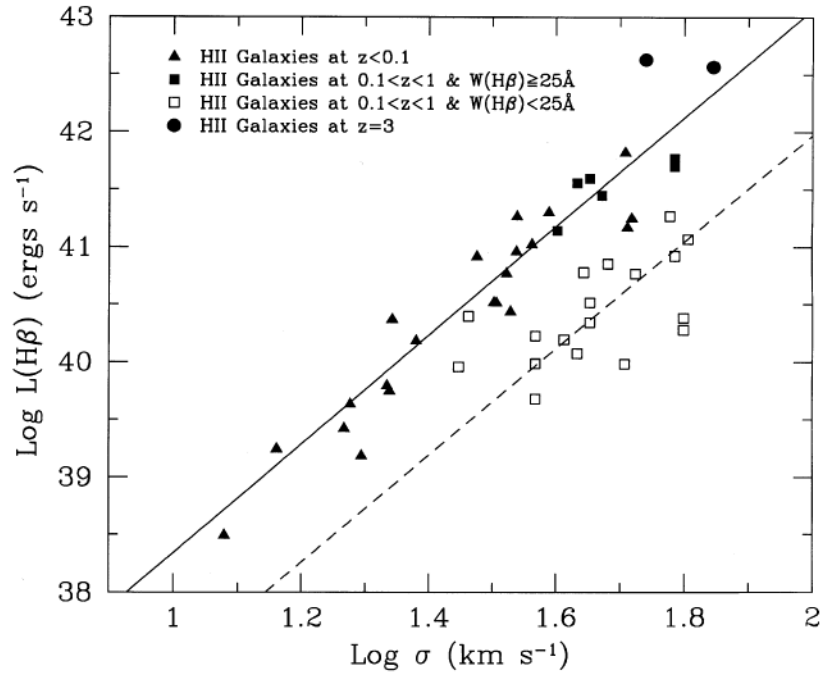


Figura 3.10: Relación  $L(H\beta) - \sigma$  para poblaciones de galaxias HII con diferentes corrimientos al rojo. Tomada de [Melnick et al. \(2000\)](#)

estimada para la línea de Balmer,

$$\log L(H\beta) = \alpha + \beta \log \sigma; \quad (3.24)$$

$\alpha$  y  $\beta$  son los parámetros de referencia, que se obtienen mediante la calibración de la muestra de galaxias HII con las distancias dadas por cefeidas (o TRGB) a las GEHR en galaxias cercanas ([Chávez et al., 2012](#)).

Esto se emplea para conocer el módulo de distancia observado

$$\mu^O = 2.5(\alpha + \beta \log \sigma) - 2.5 \log F(H\beta) - 100.195, \quad (3.25)$$

donde  $F(H\beta)$  es el flujo medido en la línea de  $H\beta$ .

---

### 3.1.4. Supernovas Ia

Las SNIa son explosiones que ocurren a partir de un sistema binario de estrellas que han salido de la secuencia principal, en donde una de ellas es una enana blanca y la otra es una estrella que ya salió de la secuencia principal (e.g. [Maguire, 2017](#)). En este sistema, la enana blanca acreta el material que pierde su compañera evolucionada (por ejemplo, una gigante roja), alcanza el límite de masa de Chandrasekhar y explota como supernova, emitiendo una cantidad de energía característica, que es la magnitud fiducial como se mencionó en la sección [3.1](#).

La Figura [3.11](#) muestra varias curvas de luz de distintas SNIa, con datos de [Hicken et al. \(2009\)](#) y [Stritzinger et al. \(2011\)](#). En el panel izquierdo se muestran estas curvas sin ajuste, y puede notarse que poseen el mismo comportamiento. En el panel derecho se aplica un ajuste por el ancho de la curva de luz (determinado por el tiempo de difusión, que es proporcional a la opacidad producida por la SNIa), con lo que se obtiene la magnitud de referencia para esta muestra de datos.

Ya que las curvas de luz de las SNIas alcanzan un valor máximo en el brillo, la magnitud máxima es una cantidad de referencia, lo que las hace idóneas para ser empleadas como candelas estándar. Gracias a esto se ha podido medir las distancias de galaxias lejanas al implementarse el modelo SALT2 ([Guy et al., 2007](#)), que es un modelo empírico de la evolución temporal espectro- fotométrica de SNIas y permite medir módulos de distancias. Otro hecho relevante es que mediante estos objetos se obtuvo la primera prueba directa de que el Universo se expande de manera acelerada ([Riess et al., 1998](#); [Perlmutter et al., 1999](#)), hecho que es consistente con el modelo  $\Lambda$ CDM, en lo que se refiere a la presencia de energía oscura en el Universo.

Para calcular el módulo de distancia con datos observacionales de SNIa se emplea

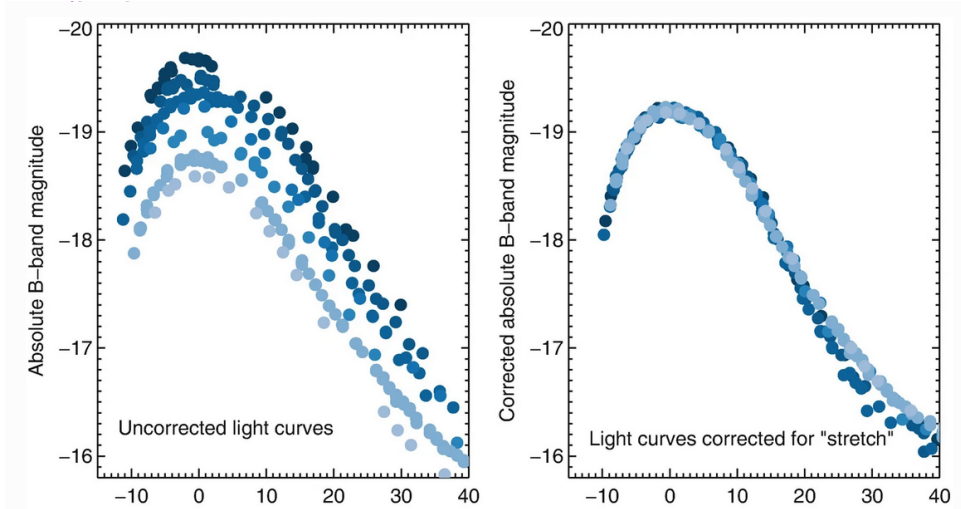


Figura 3.11: Curvas de luz de SNIa trazadas a partir de datos tomados por [Hicken et al. \(2009\)](#) y [Stritzinger et al. \(2011\)](#). El panel izquierdo muestra las diferentes curvas sin ajustar y el panel derecho muestra los datos después de corregir el parámetro de ensanchamiento. Tomada de: [Maguire \(2017\)](#).

la relación de Phillips ([Phillips, 1993](#)), que expresa que los picos de luminosidad de las SNIa están correlacionados con el ancho de su curva de luz de la siguiente forma ([Brout et al., 2022](#)):

$$\mu^O = m_B + \alpha x_1 - \beta c - M - \delta_{bias} + \delta_{host}, \quad (3.26)$$

donde  $m_B$  es la magnitud aparente en el filtro  $B$ ;  $\alpha$ ,  $\beta$  son parámetros de referencia relacionados con el ancho de la curva de luz y el color, respectivamente;  $M$  es la magnitud de referencia de una SNIa;  $\delta_{bias}$  es una corrección por el sesgo de selección ([Brout et al., 2022](#)), y  $\delta_{host}$  es la corrección de luminosidad para la correlación de residuos entre el brillo estándar de una SNIa y la masa de la galaxia anfitriona.

---

## 3.2. Retos observacionales

Es un hecho que trabajar con datos observacionales implica tener errores estadísticos y sistemáticos. La metodología, el tamaño de la muestra, supuestos teóricos incompletos, el límite de la capacidad instrumental, sesgos de selección, contaminación del medio, entre otros, añaden diferentes incertidumbres al análisis estadístico de los datos.

En la presente tesis nos interesamos especialmente en los errores sistemáticos reportados en la literatura de las distintas muestras de datos locales, con la finalidad de entender mejor cuáles de éstos afectan directamente a cada trazador cosmológico y cómo influyen en la medición de los parámetros cosmológicos.

### 3.2.1. Errores sistemáticos

Los errores sistemáticos son aquellas incertidumbres que se obtienen para cada medida, independientemente del tamaño de la muestra. Se pueden deber a la calibración de un instrumento o a sesgos de selección, por la naturaleza de los datos, entre otros factores ([Hernández Sapiere et al., 1991](#)).

Para poder eliminar estas incertidumbres del análisis de datos primero debe entenderse de dónde surgen. Por ejemplo, se sabe que estos errores son más comunes en candelas estándar que en reglas estándar porque el polvo vuelve más tenues a las fuentes, haciendo que parte de su información se pierda. Esto sin duda afecta de manera directa a la obtención de los parámetros cosmológicos.

A continuación se presentan los principales errores sistemáticos para SNIa y galaxias HII.

---

## Sesgos de selección

Los sesgos de selección se relacionan con la inferencia errónea de las características mostradas por el grupo de datos elegidos (Cortes et al., 2008), i.e., la información de la muestra no refleja las características de la población de datos en general.

Uno de los mayores problemas que condicionan las observaciones en la astronomía extragaláctica es el sesgo de Malmquist (Schneider, 2015). De esta manera se le denomina a la tendencia de que, a mayor corrimiento al rojo, la muestra de datos estará preferencialmente poblada por objetos más luminosos.

Lo anterior sucede porque la mayoría de las muestras de datos seleccionan galaxias cuyo flujo esté por encima de un límite establecido. De esta manera, las observaciones se saturarán por incluir a las galaxias intrínsecamente más brillantes. Para entender mejor este fenómeno, defínase la magnitud límite de detección,  $m_{lim}$ . Así, la magnitud absoluta se definirá como

$$M = -5 \log D_L + 5 + m_{lim}. \quad (3.27)$$

Por lo tanto, al aumentar la distancia  $D_L$  y teniendo un valor fijo para  $m_{lim}$ , la magnitud absoluta de los objetos observados es cada vez más negativa, o sea, más brillante, por lo que se tendrán afectaciones a la medición del módulo de distancia.

Este sesgo puede corregirse de dos maneras:

- construyendo una muestra limitada en volumen, en donde se seleccionen todas las galaxias en un volumen determinado;
- pesando cada galaxia por el inverso del volumen dentro del que podría haberse observado.

Además, es importante añadir la corrección  $K$  en el modulo de distancia.

Por otro lado, lamentablemente, por la dilución geométrica las galaxias intrínsecamente débiles sólo pueden ser observadas a una distancia relativamente cercana.

## Influencia de la Vía Láctea

La Vía Láctea es de las fuentes que más contaminan los datos extragalácticos. El medio interestelar es el principal responsable de este efecto, en especial el polvo.

El polvo interestelar provoca los siguientes efectos en la luz:

- la absorbe,
- la enrojece,
- la dispersa.

Las zonas de absorción se han estudiado con detenimiento en los últimos 50 años. Por ejemplo, [Cardelli et al. \(1989\)](#) derivó una curva de extinción mediante datos de [Fitzpatrick & Massa \(1986, 1988\)](#); por su parte [Schlegel et al. \(1998\)](#) publicaron mapas de extinción interestelar a partir de datos de COBE. Gracias a estos estudios se ha mostrado que, de manera general, las zonas con mayor absorción son las partes galácticas internas, cerca del agujero negro supermasivo.

Cuando la luz es absorbida por el polvo, puede extinguirla o enrojecerla. El enrojecimiento se puede definir como

$$E(B - V) = (B - V) - (B - V)_0, \quad (3.28)$$

siendo  $(B - V)$  el color percibido y  $(B - V)_0$  el color intrínseco (e.g., [Carroll & Ostlie \(2017\)](#)).



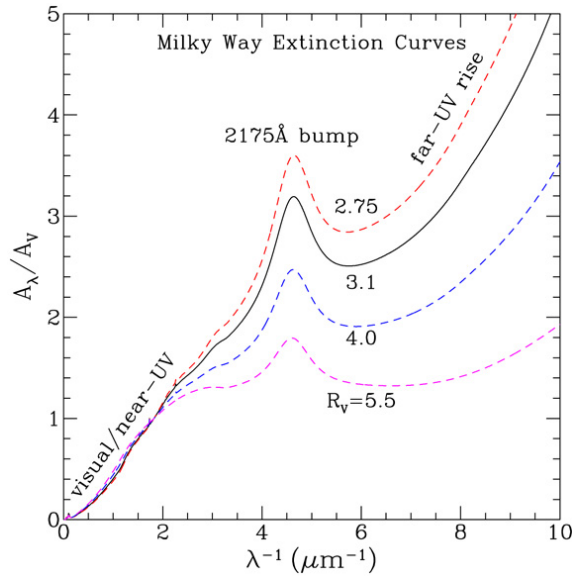


Figura 3.12: Curva de la extinción promedio de la Vía Láctea. Se muestra la relación entre el enrojecimiento y la extinción, en función del inverso de la longitud de onda. Tomada de [Li \(2008\)](#).

Por su parte, la extinción se define como ([Cardelli et al., 1988](#)):

$$R_V = \frac{A_V}{E(B - V)}, \quad (3.29)$$

donde  $A_V$  es la absorción en el visible.

El grado de extinción depende de la longitud de onda de la luz que interactúe con el polvo, siendo más evidente este efecto en el azul que en el rojo. La Figura 3.12 muestra la curva de extinción promedio de la Vía Láctea en diferentes longitudes de onda obtenida tomada de [Li \(2008\)](#) mediante datos de [Fitzpatrick \(1999\)](#). Puede observarse que la extinción es menor para longitudes de onda más largas (es decir, en el infrarrojo), y conforme la longitud de onda se hace más corta, la extinción aumenta. Se aprecia un pico característico en el ultravioleta (entre los 2000-2500 Å), que sucede porque el tamaño del polvo interestelar es del orden de estas longitudes de onda, de



---

manera que dispersa la luz azul y sólo deja pasar longitudes de onda más largas o rojas.

Para corregir este error sistemático, se emplean los mapas de [Schlegel et al. \(1998\)](#) y la curva de extinción, de [Fitzpatrick \(1999\)](#), con un parámetro de  $R_V = 3.1$ .

## Microlente gravitacional

El efecto de lente gravitacional es una predicción de la relatividad general de Einstein, la cual define a la gravedad como la curvatura del espacio-tiempo debido a la masa de un objeto. De esta manera, cuando la luz pase cerca de un objeto masivo, su trayectoria se padea ([Grøn & Hervik, 2007](#)), la emisión de la fuente se magnifica e/o incluso se pueden producir imágenes múltiples, justamente como se da en la interacción entre la luz y una lente. Este fenómeno fue comprobado en el año de 1919 por Arthur Eddington y su equipo de astrónomos ([Will, 2015](#)).

Los microlentes gravitacionales actúa de manera similar a los lentes gravitacionales. Suceden debido a la presencia de estrellas a lo largo de la línea de visión, ocasionando una ligera desviación de la luz cuya trayectoria coincide con la línea visual.

Por lo tanto, los microlentes gravitacionales afectan directamente las funciones de luminosidad, en especial de candelas estándar que estén a corrimientos al rojo altos. Esto se debe a que, entre más lejanas las fuentes emisoras, existe una mayor cantidad de objetos entre ellas y el receptor, los cuales pueden deflectar y magnificar la luz emitida ([Plionis et al., 2011](#)).

Una forma de corregir este efecto es mediante modelos cosmológicos que lo tomen en cuenta. Sin embargo, el desconocimiento del valor de la masa de las galaxias que curvan las trayectorias de la luz acarrea errores. También contribuyen a los errores en el cálculo del cizallamiento gravitacional las incertidumbres en las estimaciones

fotométricas de los corrimientos al rojo de las lentes y las fuentes, las formas intrínsecas de las galaxias fuente y las incertidumbres teóricas en el espectro de energía de masas a pequeñas escalas (Frieman et al., 2008).

Según estudios de Brout et al. (2022) el error añadido por este fenómeno es de  $\sigma_{\text{lente}} = 0.055 z$ .

### 3.2.2. Errores sistemáticos de las galaxias HII

Además de los errores anteriores, la naturaleza de las galaxias y las regiones HII posee sus propios errores sistemáticos. Esto se observa en el comportamiento de la relación de  $L(H\beta) - \sigma$ , pues presenta dispersión debido a diferentes componentes, como lo son:

- **Edad:** Copetti et al. (1986) encontraron que los anchos equivalentes ( $W$ ) de las líneas de emisión permiten determinar la edad del brote estelar. Se ha observado que de 3 a 6 Ma (mega años) posteriores al brote, el flujo de las líneas de emisión decae rápida y continuamente, mientras que el flujo del continuo es aproximadamente constante (Chavez, 2014). Para minimizar los efectos sistemáticos sobre la relación  $L(H\beta) - \sigma$  es necesario considerar este efecto y restringir la muestra a objetos con brotes estelares jóvenes y alto  $W(H\beta)$  ( $> 50 \text{ \AA}$ ). Esto minimiza los efectos de una posible población vieja subyacente, sobre el ancho equivalente de las líneas de emisión.
- **Tamaño del brote:** Al analizar la relación  $L(H\beta) - \sigma$  se percibe que es necesario añadir un segundo parámetro para explicar la dispersión de la correlación, a saber, el tamaño del brote (Chavez, 2014). Sin embargo, este parámetro es difícil de tratar, pues a mayores corrimientos al rojo es complicado determinar con

exactitud las dimensiones de estas regiones, pues son compactas. Este efecto se puede corregir con mediciones en los objetos más cercanos.

- **Extinción:** De manera similar a la extinción que provoca el polvo interestelar de la Vía Láctea, el polvo dentro de las regiones HII produce un enrojecimiento de la luz emitida. Para corregir este efecto se determina el decremento de Balmer, para las líneas de  $H\alpha$ ,  $H\beta$  y  $H\gamma$ . Así, la razón entre los flujos de una línea específica,  $F(\lambda)$ , y  $F(H\beta)$  es:

$$\frac{F(\lambda)}{F(H\beta)} = \frac{F_O(\lambda)}{F_O(H\beta)} 10^{0.4A_V[k(\lambda)-k(H\beta)]/R_V}, \quad (3.30)$$

con  $k(\lambda) = A(\lambda)/E(B - V)$ , la ley de extinción para la longitud de onda que se observe ([Rosa-González et al., 2002](#)).

- **Metalicidad:** La metalicidad es otro sistemático relevante ([Terlevich & Melnick, 1981](#)). En específico para estas regiones, la abundancia usualmente utilizada es la de oxígeno. El error asociado a este efecto, aunque existe, es pequeño y debe incluirse en la relación  $L(H\beta) - \sigma$  como sigue ([Melnick et al., 2000](#)):

$$\mu^O = 2.5 \log \left( \frac{\sigma^5}{F(H\beta)} \right) - 2.5 \log(O/H) - A_{H\beta} - 26.44, \quad (3.31)$$

donde  $A(H\beta)$  es la extinción total.

La Tabla 3.2 muestra los valores típicos de estos errores sistemáticos recopilados por [Chavéz et al. 2023 en prep.](#)

### 3.2.3. Errores sistemáticos de las SNIa

Por su parte, además de los sistemáticos generales, para todas las SNIa los principales factores que añaden sistemáticos están relacionados principalmente con ca-

Tabla 3.2: Valores típicos de los sistemáticos sobre el módulo de distancia de galaxias HII. Fuente: *Chavéz et al. 2023 en prep.*

Error sistemático	Error asociado (mag)
Edad del brote	0.025
Tamaño del brote	0.03
Espectrofotometría	0.015
Extinción interna	0.025
Metalicidad	0.02
Total	0.053

racterísticas de las galaxias huésped. Éstas son: la extinción, la masa, la metalicidad y los movimientos peculiares.

Primeramente, la masa de la galaxia anfitriona se relaciona con la luminosidad de la SNIa. Las simulaciones del conjunto de datos muestran correlaciones entre el color y el ancho de la curva de luz de la supernova (véase ecuación 3.26). Hay indicios de que el polvo y la masa estelar de la galaxia también están correlacionados ([Popovic et al., 2021](#)), por lo que a mayor masa estelar, mayor extinción por polvo .

Para corregir este sesgo debido a la masa de la galaxia anfitriona, se mostró en la ecuación 3.26 el parámetro llamado  $\delta_{host}$ , que corrige la luminosidad de la SN por los residuos entre el brillo estandarizado de una SNIa y la masa de la galaxia anfitriona ([Brout et al., 2022](#)),

$$\delta_{host} = \gamma \times \left(1 + e^{(M_* - S)/\tau_{M_*}}\right)^{-1} - \frac{\gamma}{2}. \quad (3.32)$$

$\gamma$  es la diferencia en magnitud entre las SNIa que se encuentran, respectivamente, en galaxias con alta y baja masa estelar,  $M_*$ . Dicha masa estelar es medida en masas solares ( $M_{\odot}$ ), y es inferida a partir de la distribución de energía espectral que se ajusta a la fotometría de cada galaxia anfitriona. Por su parte,  $S$  es la masa donde se aplica la corrección de luminosidad (se suele suponer  $S = 10^{10} M_{\odot}$ , i.e. las galaxias con

$M_* > 10^{10} M_\odot$  son consideradas como de alta masa, y aquellas con  $M_* < 10^{10} M_\odot$ , como de baja masa) y  $\tau_{M^*}$  describe el ancho de la corrección para cada curva.

Por otro lado, como se mencionó en la sección 3.1.4, para conocer los parámetros, como magnitud, luminosidad y ancho  $(m_b, c, x_1)$ , de todas las curvas de luz de las SNIa, se les ajusta el modelo SALT2 (Brout et al., 2022). Sin embargo, esto también añade incertidumbres, debido a la calibración fotométrica, que incluye los sesgos producidos por la extinción y la metalicidad. Para corregir esto se reentrena el ajuste de las curvas mediante un escalamiento. Para esta tesis usamos la escala dada por Betoule et al. (2014), que es de  $\sigma_\psi = 1/3$  (que se añade en los errores).

Finalmente, otra cantidad que propicia la incertidumbre son los movimientos peculiares de las galaxias. Las correcciones son aplicadas a los corrimientos al rojo observados (después del ajuste de la curva de luz) basándose en mapas de velocidad peculiar derivados de grandes censos espectroscópicos de galaxias. Con esto se ha obtenido un valor de  $\sigma_{\text{vpec}} = 240$  km/s.

Al juntar todas las correcciones sistemáticas, el error del módulo de distancias para las SNIa se puede expresar como sigue

$$\sigma_{\mu,i}^2 = f(z_i, c_i, M_{*,i})\sigma_{\text{meas},i}^2 + \sigma_{\text{floor}}^2(z_i, c_i, M_{*,i}) + \sigma_{\text{lente},i}^2 + \sigma_{z,i}^2 + \sigma_{\text{vpec},i}^2, \quad (3.33)$$

donde  $f(z_i, c_i, M_{*,i})$  es la función específica para cada curva de luz según su corrimiento al rojo, color y masa de galaxia anfitriona. Este parámetro escala a  $\sigma_{\text{meas},i}^2$  que es la incertidumbre de cada curva ajustada en el modelo SALT2. Por su parte,  $\sigma_{\text{floor}}^2$  representa a los errores añadidos del fondo asociados a la estandarización del modelo;  $\sigma_{\text{lente},i}^2$  es el error debido a las lentes gravitacionales;  $\sigma_{z,i}$  es la incertidumbre del corrimiento al rojo asociada al módulo de distancia estimada para  $z < 0.1$ ; y  $\sigma_{\text{vpec},i}^2$  es

---

el error por las velocidades o movimientos peculiares ([Brout et al., 2022](#)).

## Capítulo IV

# Fundamentos estadísticos

En este capítulo se describen los elementos de la estadística bayesiana empleados en el análisis de los datos de los distintos trazadores cosmológicos, con el fin de obtener algunos parámetros cosmológicos.

Se presenta de manera general la función de verosimilitud o de "likelihood" para el evento con máxima probabilidad; el método de cadenas de Markov Monte Carlo (MCMC, por sus siglas en inglés) y su implementación computacional en el algoritmo Multinest.

## 4.1. Bases de la inferencia Bayesiana

La probabilidad y la estadística consisten en analizar las tendencias tanto de poblaciones como de muestras de datos obtenidos, mediante un experimento, con el fin de realizar inferencias con un modelo. En general, si se tiene un espacio muestral definido como  $\Omega$ , la distribuciones de probabilidad del evento  $A$  en  $\Omega$  serán obtenidas por medio de las leyes de la probabilidad o axiomas de [Kolmogorov \(1933\)](#):

1.  $P(A) \geq 0 \forall A \subseteq \Omega$ .

- 
2.  $P(\Omega) = 1$ .
  3. Para cualquier secuencia de eventos disjuntos  $A_1, A_2, \dots$  contenidos en el espacio muestral se cumple que  $P(A_1 \cup A_2 \cup \dots) = P(A_1) + P(A_2) + \dots$ .
  4. Para eventos dependientes,  $P(A_1 \cap A_2) = P(A_1)P(A_2|A_1)$ , siendo  $P(A_2|A_1)$  la probabilidad condicional de que ocurra el evento  $A_2$  dado que ha ocurrido el evento  $A_1$ .

Dentro de la probabilidad existen teorías que proponen diferentes interpretaciones. Una de ellas es la estadística bayesiana, planteada por Thomas Bayes en el siglo XVIII. Ésta define a la probabilidad como una medida condicional de incertidumbre, es decir, mide qué tan verosímil es un evento dado lo que se sabe de él ([Barnard & Bayes, 1958](#)).

La estadística bayesiana se basa en el uso de variables aleatorias asociadas a una distribución de probabilidad  $P$ , en donde se verá reflejado el grado de incertidumbre de los datos recolectados. Esta distribución permite incorporar de forma coherente información inicial, denominada "a priori". La metodología bayesiana representa un cimiento sólido para la inferencia, ya que proporciona una justificación lógica a varios procedimientos estadísticos mediante aproximaciones adecuadas, pues hace explícitas las condiciones de la muestra de datos.

La principal aportación de la inferencia bayesiana es el teorema de Bayes, el cual establece la relación que debe haber entre conocimiento inicial y la evidencia aportada por la muestra de datos para obtener un modelo, es decir, la distribución de probabilidad posterior ([Barnard & Bayes, 1958](#)). Dicho de otro manera, plantea la probabilidad



---

de una hipótesis dado un conjunto de datos, es decir:

$$P(H|D) = \frac{P(D|H)P(H)}{P(D)}, \quad (4.1)$$

donde  $H$  representa la hipótesis,  $D$  representa a los datos,  $P(H|D)$  es la probabilidad posterior,  $P(D|H)$  representa a la función de verosimilitud (véase 4.1.1),  $P(H)$  es la distribución a priori o inicial y  $P(D)$  es la evidencia.

Puede verse entonces que es necesario contar con distribuciones iniciales, que condicionarán a las distribuciones posteriores. Cabe mencionar que la muestra de datos obtenidos puede estar representada como funciones de parámetros de interés, que pueden conocerse mediante la función de verosimilitud de la que se hablará a continuación.

### 4.1.1. Función de verosimilitud

Al hacer un análisis estadístico sobre un espacio muestral  $\Omega$  con un vector de datos  $X$ , es fundamental establecer la distribución de probabilidad o modelo que presentan estos datos. Esta distribución, definida como  $f(X|\theta)$ , llevará consigo la descripción del mecanismo que ha dado origen a  $X$  como una función de un parámetro  $\theta \in \Omega$ , que será tratado como una variable aleatoria y del cual se tiene información limitada (e.g., [Gutiérrez & González \(2013\)](#)).

Como se mencionó anteriormente, para realizar inferencias estadísticas las incertidumbres iniciales deben representarse mediante distribuciones de probabilidad que contengan la información que se conoce de  $\theta$ , las cuales se definen como distribuciones a priori y se expresan como  $\pi(\theta)$ .

De esta manera se puede definir finalmente a la distribución posterior en función

---

del parámetro  $\theta$ , dados los datos  $X$ , como

$$\pi(\theta|X) \propto \mathcal{L}(X|\theta)\pi(\theta), \quad (4.2)$$

donde  $\mathcal{L}(X|\theta)$  representa la función o de verosimilitud, que define la probabilidad de haber obtenido  $X$  si el parámetro  $\theta$  fuera verdadero. Esta función, entonces, sintetiza toda la información que puede ofrecer  $X$  sobre el parámetro  $\theta$ ; en conjunto con la función a priori, dará como resultado la distribución posterior con el o los valores de  $\theta$  más plausibles.

Para entender lo anterior, damos el siguiente ejemplo. Si se tienen dos valores diferentes para  $\theta$ , definidos como  $\theta'$  y  $\theta''$ , donde  $\mathcal{L}(X|\theta') > \mathcal{L}(X|\theta'')$ , entonces el valor más admisible que puede tomar  $\theta$  será  $\theta'$ , porque su probabilidad según los datos es mayor que el valor de  $\theta''$  (Gutiérrez & González, 2013). Este valor se define como  $\hat{\theta}$ , y es el que maximiza la función de verosimilitud, al ser el valor más probable para  $\theta$ , dada la distribución de datos  $X$ .

La función de verosimilitud se define como

$$\mathcal{L}(X|\theta) = \prod_i f(x_i|\theta). \quad (4.3)$$

Por convención y para trabajar con sumatorias y no con productorias, esta función se suele definir logarítmicamente, esto es:

$$\log \mathcal{L}(X|\theta) = \sum_i \log f(x_i|\theta). \quad (4.4)$$

Según sea la densidad de la distribución  $f(X|\theta)$ , ésta definirá a la función de verosimilitud. Si la distribución de los datos es gaussiana, entonces de manera simple se

tendrá

$$f(x|\theta) = \frac{1}{(\sigma\sqrt{2\pi})^n} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}, \quad (4.5)$$

donde  $\sigma$  es la desviación estándar,  $\mu$  es el valor de la media y  $n$  es el número de datos o variables (Patel & Read, 1996).

Al sustituir 4.5 en 4.4 se obtiene

$$\log \mathcal{L}(X|\theta) = -\frac{1}{2} \left[ n \log(2\pi) + 2n \log(\sigma) + \sum_i \left( \frac{x_i - \mu}{\sigma} \right)^2 \right]. \quad (4.6)$$

Puesto que  $\mathcal{L}$  es una función decreciente en

$$\sum_i (x_i - \mu)^2, \quad (4.7)$$

se busca el valor que minimice esta suma para así obtener el valor de máxima verosimilitud. De esta forma, esta función deberá expresarse como sigue

$$\log \mathcal{L}(X|\theta) \approx -\frac{1}{2} \sum_i \left( \frac{x_i - \mu}{\sigma} \right)^2. \quad (4.8)$$

Si se define a la muestra de datos  $X$  como una muestra de módulos de distancia, entonces  $x_i$  de la ecuación anterior se puede definir como los valores observados  $\mu_{0i}$ . Por lo tanto, la media  $\mu$  será el valor teórico de la media del módulo de distancia,  $\mu_m$ , y la desviación estándar  $\sigma$  será los errores,  $\varepsilon_{0i}$ . Con estas nuevas parametrizaciones se establece de diferente manera la función de verosimilitud:

$$\log \mathcal{L} = -\frac{1}{2} \chi^2, \quad (4.9)$$

donde  $\chi$  es la función xi cuadrada, que representa a la varianza y se define como

$$\chi^2 = \sum_i \frac{(\mu_{0i} - \mu_{mi})^2}{\varepsilon_{0i}^2}. \quad (4.10)$$

El objetivo de la inferencia estadística para este caso es minimizar la función  $\chi^2$  (que es equivalente a maximizar la función  $\mathcal{L}$ ). Esto significaría que el modelo  $\mu_m$  es el más cercano a los datos y, por lo tanto, es el mejor. Ésta es la piedra angular de la presente tesis, pues como se mencionó anteriormente, la finalidad de este proyecto es encontrar los parámetros cosmológicos que mejor representen a las observaciones.

### 4.1.2. Matriz de covarianza

Al final de la subsección anterior se introdujo la varianza, la cual representa el cuadrado de la distancia promedio entre los datos observados y su media. A esta media también se le conoce como valor esperado. El aplicar la covarianza a cada dato ayuda a controlar los errores sistemáticos, aumentando la precisión de la medida obtenida (Badii et al., 2017). Esto se logra por medio de la covarianza, que mide la variabilidad conjunta de dos variables aleatorias, mostrando la dependencia lineal entre cada ellas. Se define como el valor esperado del producto de las raíces cuadradas de sus varianzas.

Para entender mejor la diferencia entre la varianza y la covarianza, considérese el vector de datos  $\mathbf{X}$ , cuya dimensión es  $n$ . Los datos son variables aleatorias y su matriz de covarianza se expresará como (Snedecor et al., 1968):

$$C_{ij} = \text{Cov}(X_i, X_j). \quad (4.11)$$

La diagonal de la matriz contiene las varianzas, es decir, cuando  $i = j$  se cumple que

$$C_{ii} = \text{Cov}(X_i, X_i) = \text{Var}(\mathbf{X}). \quad (4.12)$$

Esta diagonal indica el error propio de cada dato. Lo relevante de esta matriz es

---

que al considerar las características de cada variable y compararlas aleatoriamente entre sí, los errores asociados que influyen, tanto en una parte de la muestra de datos como las características propias de cada uno, se reducen drásticamente. Es decir, al comparar aleatoriamente los errores de cada dato, se encuentra su correlación entre sí, disminuyendo la propagación errores.

## 4.2. Método de Monte Carlo

El método de Monte Carlo es una técnica estadística que consiste en usar una muestra previa de datos para generar aleatoriamente el siguiente valor de la muestra. Su nombre se inspira en el Casino de Montecarlo, en la ciudad de Mónaco ([Peña, 2014](#)), conocida como la capital de los juegos de azar y en donde el juego de la ruleta es un claro ejemplo de un generador de números aleatorios.

Este método es propiamente una simulación que imita el comportamiento de una o varias acciones, con la finalidad de predecir la posible evolución de una serie de eventos inciertos (e.g. [Gutiérrez & González, 2013](#)). Es decir, mediante simulaciones con variables aleatorias que siguen un modelo matemático se infiere una distribución posterior.

El funcionamiento de esta simulación se muestra en el diagrama [4.1](#). Se debe comenzar por definir un modelo matemático que incluya las variables de entrada y de salida (puede ser una ecuación matemática). Posteriormente, se establece la distribución de probabilidad a priori (por ejemplo, una distribución gaussiana) que seguirá la muestra de datos que se generará a continuación. Las variables aleatorias iniciales serán generadas mediante herramientas computacionales; a mayor número de simulaciones, mejor estimación podrá alcanzar la distribución posterior ([Kalos, 2010](#)). La

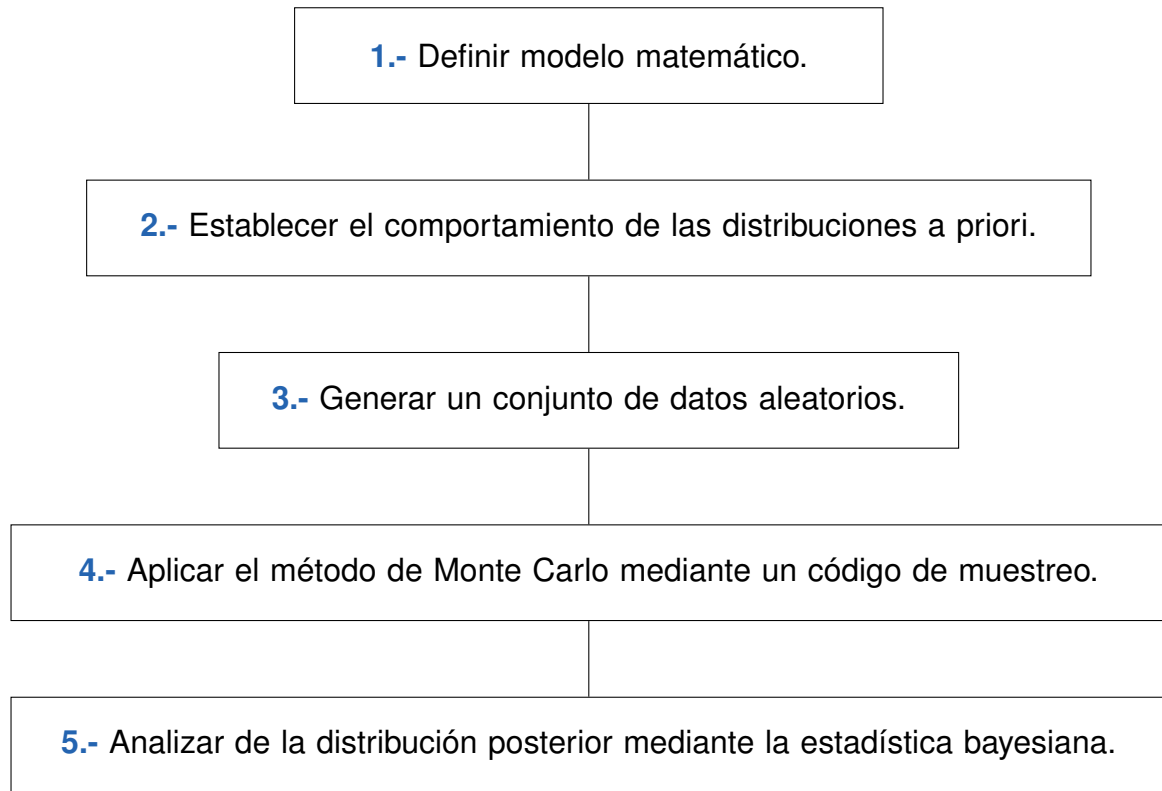


Figura 4.1: Diagrama a seguir del método de Montecarlo.

aplicación del método de Monte Carlo con algún código de muestreo permite hacer simulaciones en diferentes etapas y reducir el error en la siguiente generación de datos (se hablará más en detalle de esto en la sección 4.2.2). Finalmente, se analizan los resultados mediante estadística bayesiana, en particular, a través de la función de verosimilitud definida en la sección 4.1.1.

El análisis de Monte Carlo se ha visto beneficiado por las herramientas computacionales. En la actualidad su aplicación es incluida en las paqueterías de diferentes lenguajes de programación, que pueden usar diferentes técnicas. Hablaremos de ellas en las siguientes secciones.

---

### 4.2.1. Monte Carlo basado en Cadenas de Markov (MCMC)

Los métodos de Monte Carlo basados en cadenas de Markov (denotados como MCMC) consisten en construir una muestra de variables aleatorias continuas autocorrelacionadas, cuya densidad de probabilidad sea proporcional a la función a priori. La ventaja de emplear este algoritmo es que se puede introducir múltiples parámetros.

Estos métodos son el resultado de la unión entre las cadenas de Markov y el método Monte Carlo. Una cadena de Markov es un tipo de proceso estocástico que genera una secuencia de variables aleatorias cuyo valor depende del valor probabilístico de la variable inicial (e.g., [Gamerman & Lopes \(2006\)](#)). Al finalizar la secuencia, la selección de la siguiente variable dependerá solamente de la última variable en la cadena previa (inicial de ésta) y así, sucesivamente.

La recursividad permite que los valores generados por los algoritmos cada vez vayan tendiendo hacia un valor similar al presentado por los datos observados.

Al combinar las cadenas de Markov con el método de Monte Carlo se pueden realizar inferencias para las distribuciones de probabilidad posteriores de muestras de datos que son dependientes de la función a priori ([Karamanis, 2023](#)). De esta manera, aunque una muestra de datos aleatorios sea generada a partir de la muestra anterior, las muestras sucesivas serán generadas a partir de las distribuciones que se acerquen cada vez más a la distribución posterior que mejor se ajuste al modelo matemático, descartando aquellas que no se encuentren cerca.

A pesar del hecho de ser un método ampliamente empleado en varias disciplinas que hacen uso de la probabilidad y la estadística, como lo es la astrofísica, lo cierto es que MCMC suele requerir de un ajuste cuidadoso para muestrear de manera eficiente, y las pruebas de convergencia pueden ser problemáticas, pues puede existir una

degeneración considerable en distribuciones multimodales. Además, al ser un método multivariable, los MCMC pueden ser intensivo computacionalmente (Feroz et al., 2009).

## 4.2.2. Monte Carlo Anidado

El método de Monte Carlo anidado es una técnica que evalúa eficazmente la inferencia bayesiana, estimando la evidencia del modelo. También puede proporcionar muestras ponderadas usando las inferencias posteriores como un subproducto (Skilling, 2004). Esto lo hace ideal, tanto para tareas de estimación de parámetros, como para la comparación de modelos.

Su mecanismo se basa en aproximar la evidencia bayesiana integrando la distribución a priori en “caparazones” anidados de probabilidad constante. A partir de la evidencia bayesiana,  $P(D)$ , definida como

$$P(D) = \int \mathcal{L}(\theta)\pi(\theta)d\theta. \quad (4.13)$$

Se transforma la distribución a priori en una integral unidimensional sobre el volumen inicial  $X(\lambda)$ :

$$X(\lambda) = \int_{\mathcal{L}(\theta) > \lambda} \pi(\theta)d\theta, \quad (4.14)$$

donde la integral se extiende a todas las regiones del espacio del parámetro contenido en el contorno de distribución uniforme para la función de verosimilitud, esto es,  $\mathcal{L}(\theta) = \lambda$ . Más adelante se verá que este espacio irá disminuyendo conforme se realicen simulaciones.



De esta manera, la ecuación 4.13 puede reescribirse como

$$P(D) = \int_0^1 \mathcal{L}(\lambda)\pi(X)dX. \quad (4.15)$$

Para entender mejor esta técnica estadística, la Figura 4.2, tomada de [Karamanis \(2023\)](#), muestra esquemáticamente cómo funciona. El panel superior comienza mostrando una serie de puntos que siguen la distribución a priori, que es uniforme en un “caparazón”, es decir, dentro de un intervalo. Posteriormente, en el segundo paso se identifican y se remueven los parámetros con menor valor de verosimilitud (i.e., los “peores” parámetros, o cuya probabilidad es menor). El tercer paso muestra cómo estos puntos removidos son reposicionados como nuevos puntos para la distribución inicial, restringidos según la función de verosimilitud. Finalmente, el volumen o intervalo inicial se reduce al eliminar los puntos más alejados de la distribución o valores con mayor verosimilitud. La simulación es hecha miles de veces hasta conseguir que ese volumen arroje el parámetro de mayor verosimilitud, es decir,

$$\Delta P(D) = \mathcal{L}_{\max} X_m. \quad (4.16)$$

A esta condición se le conoce como criterio de terminación ([Feroz et al., 2009](#)).

## Multinest

El algoritmo Multinest se basa en el muestreo anidado elipsoidal simultáneo. Esto es, se aproxima el contorno de isoverosimilitud,  $\mathcal{L} > \mathcal{L}_i$  mediante un elipsoide de la misma dimensión que la matriz de covarianza para los puntos activos. A partir de esto, se seleccionan los nuevos puntos de la distribución a priori que están dentro del contorno elipsoidal, se remueve el punto con menor probabilidad, y se obtiene un

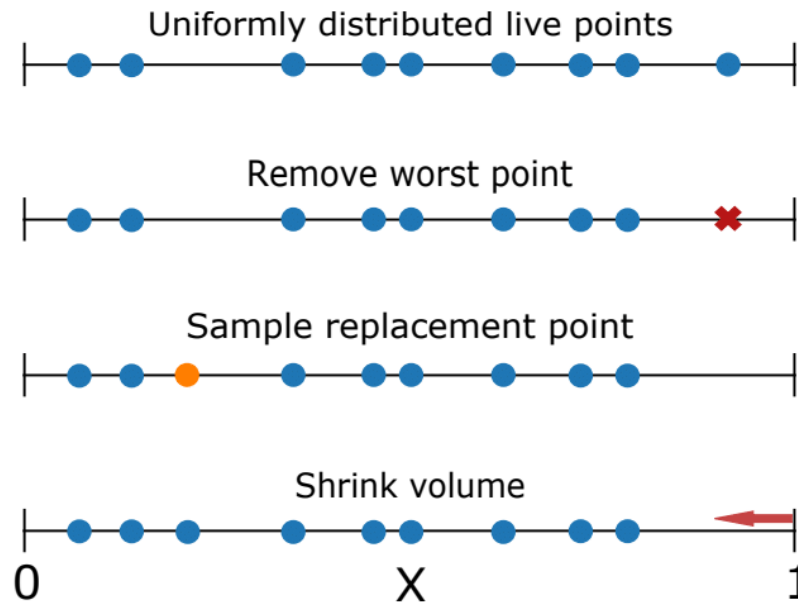


Figura 4.2: Funcionamiento del método de Monte Carlo anidado. El panel superior muestra que se comienza con una distribución de puntos que siguen una distribución uniforme. En el segundo panel, se identifican y se remueven los puntos con menor valor de verosimilitud (“peores” parámetros). En el tercer paso estos puntos son repositionados. Finalmente, el volumen inicial se reduce, al eliminar el intervalo que contenía a los “peores” parámetros. El uso iterado de esta técnica va formando la distribución de probabilidad posterior. Tomada de [Karamanis \(2023\)](#).

punto con mayor probabilidad (mayor verosimilitud) que la del punto que fue eliminado. De esta manera se va generando que el límite del elipsoide coincida con el contorno de isoverosimilitud y que la tasa de aceptación tienda a la unidad ([Feroz et al., 2009](#)).

Posteriormente, se elimina el punto de menor probabilidad del conjunto completo y se reemplaza por un nuevo punto extraído del conjunto de elipsoides, teniendo en cuenta cualquier superposición. Una vez que un punto se elimina, ya no aparece en el proceso siguiente, sin embargo, sus detalles se almacenan. Esto da como resultado un conjunto de elipsoides. La Figura 4.3 representa este funcionamiento para una distribución bimodal simple.

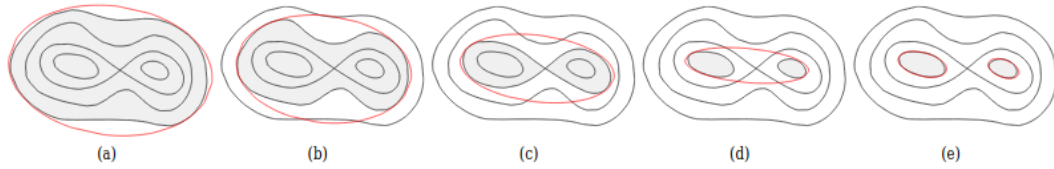


Figura 4.3: Representación del funcionamiento del algoritmo Multinest para una distribución bimodal. (a) Región del contorno elipsoidal inicial. De (b) a (d) puede notarse cómo los contornos de aceptación van reduciéndose hasta estar en el límite de los dos picos bimodales. (e) Finalmente se encuentran las regiones de mayor verosimilitud de forma separada. Tomada de [Feroz et al. \(2009\)](#)

Como puede verse, es básicamente el mismo método anidado pero aproximando mediante elipsoides. Lo relevante de Multinest es que, en cada iteración del proceso de muestreo, se divide todo el conjunto de puntos vivos o activos y se construyen límites elipsoidales con hipercubos de datos y sets de partición para éstos. Este proceso es muy eficiente y tiene la ventaja de que acomoda automáticamente las degeneraciones de curvas alargadas, sin descuidar la alta eficiencia para problemas más simples.

# Capítulo V

## Muestras de Datos

En este capítulo se presenta la recopilación de las diferentes muestras de datos para cada uno de nuestros trazadores cosmológicos: galaxias HII, SNIa, CMB y BAOs.

Cada sección describe cuáles fueron las cantidades físicas empleadas para el análisis estadístico de cada trazador.

### 5.1. Datos de galaxias HII

En esta sección se presentan los datos, tanto de regiones HII gigantes extragalácticas (GEHRs), como de galaxias HII (HIIGs).

La Tabla 5.1 contiene una muestra de 36 GEHRs contenidas en 13 galaxias ([Fernández Arenas et al., 2018](#)). Sus columnas representan lo siguiente:

1. índice o número de cada región;
2. dispersión de velocidades de cada región en logaritmo de base 10;
3. flujo específico, también de manera logarítmica;
4. módulo de distancia medido mediante cefeidas o TRGB.

Tabla 5.1: Datos de las GEHRs. La columna (1) representa el índice; (2) es el logaritmo de la dispersión de velocidades; (3) es el logaritmo del flujo radiado por estas regiones; y (4) es el módulo de distancia. Tomados de [Fernández Arenas et al. \(2018\)](#).

(1) Index	(2) $\log \sigma$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	(3) $\log f$ ( $\text{erg s}^{-1} \text{cm}^{-2} \text{Å}$ )	(4) $\mu$ (mag)
1	$1.180 \pm 0.014$	$-10.25 \pm 0.06$	$24.22 \pm 0.13$
2	$1.114 \pm 0.012$	$-10.48 \pm 0.06$	$24.22 \pm 0.13$
3	$1.414 \pm 0.023$	$-11.05 \pm 0.06$	$29.15 \pm 0.10$
4	$1.369 \pm 0.021$	$-11.92 \pm 0.05$	$29.15 \pm 0.10$
5	$1.296 \pm 0.018$	$-11.86 \pm 0.06$	$29.15 \pm 0.10$
6	$1.304 \pm 0.018$	$-12.09 \pm 0.04$	$29.15 \pm 0.10$
7	$1.303 \pm 0.018$	$-11.83 \pm 0.06$	$29.15 \pm 0.10$
8	$1.105 \pm 0.011$	$-11.32 \pm 0.10$	$24.58 \pm 0.10$
9	$1.011 \pm 0.009$	$-11.57 \pm 0.08$	$24.58 \pm 0.10$
10	$1.246 \pm 0.016$	$-10.76 \pm 0.08$	$24.58 \pm 0.10$
11	$1.269 \pm 0.017$	$-10.69 \pm 0.08$	$24.58 \pm 0.10$
12	$1.131 \pm 0.012$	$-12.01 \pm 0.13$	$27.80 \pm 0.10$
13	$1.275 \pm 0.017$	$-11.24 \pm 0.14$	$27.80 \pm 0.10$
14	$1.308 \pm 0.019$	$-12.71 \pm 0.13$	$31.35 \pm 0.22$
15	$0.969 \pm 0.008$	$-12.65 \pm 0.15$	$27.63 \pm 0.14$
16	$1.178 \pm 0.014$	$-11.86 \pm 0.06$	$27.63 \pm 0.14$
17	$1.197 \pm 0.014$	$-11.73 \pm 0.05$	$27.63 \pm 0.14$
18	$1.202 \pm 0.014$	$-11.78 \pm 0.06$	$27.63 \pm 0.14$
19	$1.177 \pm 0.014$	$-12.05 \pm 0.10$	$27.49 \pm 0.23$
20	$1.234 \pm 0.015$	$-11.91 \pm 0.05$	$27.49 \pm 0.23$
21	$1.292 \pm 0.018$	$-11.67 \pm 0.07$	$27.49 \pm 0.23$
22	$1.030 \pm 0.010$	$-13.36 \pm 0.12$	$29.80 \pm 0.10$
23	$1.188 \pm 0.014$	$-13.09 \pm 0.06$	$29.80 \pm 0.10$
24	$1.126 \pm 0.012$	$-13.42 \pm 0.09$	$29.80 \pm 0.10$
25	$1.210 \pm 0.015$	$-12.12 \pm 0.13$	$29.37 \pm 0.06$
26	$1.329 \pm 0.019$	$-11.69 \pm 0.11$	$29.37 \pm 0.06$
27	$1.101 \pm 0.012$	$-12.84 \pm 0.12$	$28.22 \pm 0.12$
28	$1.297 \pm 0.018$	$-11.75 \pm 0.13$	$28.22 \pm 0.12$
29	$1.022 \pm 0.010$	$-12.95 \pm 0.08$	$28.22 \pm 0.12$
30	$1.226 \pm 0.034$	$-12.97 \pm 0.05$	$30.35 \pm 0.12$
31	$1.243 \pm 0.025$	$-12.80 \pm 0.04$	$30.35 \pm 0.12$
32	$1.262 \pm 0.006$	$-12.72 \pm 0.02$	$30.35 \pm 0.12$
33	$1.326 \pm 0.030$	$-12.41 \pm 0.11$	$30.65 \pm 0.14$
34	$1.286 \pm 0.011$	$-12.68 \pm 0.05$	$30.65 \pm 0.14$
35	$1.221 \pm 0.007$	$-12.66 \pm 0.24$	$30.65 \pm 0.14$
36	$1.238 \pm 0.028$	$-12.64 \pm 0.07$	$30.75 \pm 0.13$

De manera similar, la Tabla 5.2 muestra datos de las galaxias HII. A diferencia de

las GEHRs, aquí en la columna (4), en lugar del módulo de distancia, se emplea el corrimiento al rojo; dado que estos objetos se encuentran más lejanos que los anteriores y no se tiene una medida directa del módulo de distancia.

Además, se agrega una columna extra (5) que indica de dónde proviene cada conjunto de datos:

1. datos de galaxias HII locales tomados de [Chavez \(2014\)](#);
2. datos recabados por [Erb et al. \(2006\)](#);
3. observaciones con el espectrógrafo XShooter del telescopio Very Large Telescope (VLT), tomados de [Terlevich et al. \(2015\)](#);
4. observaciones con el espectrógrafo MOSFIRE del telescopio Keck, tomados de [González-Morán et al. \(2019\)](#);
5. datos observados con el espectrógrafo KMOS del telescopio VLT, tomados de [González-Morán et al. \(2021\)](#).

Tabla 5.2: Datos de las galaxias HII. Las columnas (1), (2) y (3) representan las mismas cantidades que en la Tabla 5.1; mientras que (4) es el corrimiento al rojo (corregido por movimientos peculiares) y (5) es la muestra de donde fueron tomados los datos

(1) Index	(2) $\log \sigma$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	(3) $\log f$ ( $\text{erg s}^{-1} \text{cm}^{-2} \text{Å}$ )	(4) $z$	(5) muestra
1	$1.377 \pm 0.039$	$-12.96 \pm 0.06$	$0.0220 \pm 0.0005$	1
2	$1.463 \pm 0.036$	$-13.32 \pm 0.06$	$0.0519 \pm 0.0007$	1
3	$1.538 \pm 0.034$	$-13.17 \pm 0.09$	$0.0126 \pm 0.0005$	1
4	$1.577 \pm 0.034$	$-13.30 \pm 0.10$	$0.0164 \pm 0.0005$	1
5	$1.454 \pm 0.036$	$-13.93 \pm 0.06$	$0.0364 \pm 0.0006$	1
6	$1.529 \pm 0.034$	$-13.90 \pm 0.08$	$0.0571 \pm 0.0008$	1
7	$1.527 \pm 0.033$	$-14.11 \pm 0.06$	$0.0942 \pm 0.0011$	1
8	$1.283 \pm 0.042$	$-13.96 \pm 0.10$	$0.0181 \pm 0.0005$	1
9	$1.369 \pm 0.040$	$-13.53 \pm 0.06$	$0.0172 \pm 0.0005$	1
10	$1.625 \pm 0.033$	$-13.55 \pm 0.06$	$0.0557 \pm 0.0007$	1
11	$1.144 \pm 0.060$	$-13.68 \pm 0.10$	$0.0121 \pm 0.0005$	1
12	$1.706 \pm 0.033$	$-13.64 \pm 0.07$	$0.1124 \pm 0.0012$	1
13	$1.651 \pm 0.034$	$-13.51 \pm 0.07$	$0.0816 \pm 0.0010$	1
14	$1.590 \pm 0.034$	$-13.76 \pm 0.11$	$0.0769 \pm 0.0009$	1
15	$1.390 \pm 0.038$	$-13.54 \pm 0.11$	$0.0142 \pm 0.0005$	1
16	$1.782 \pm 0.032$	$-14.03 \pm 0.05$	$0.1642 \pm 0.0017$	1
17	$1.419 \pm 0.039$	$-13.99 \pm 0.14$	$0.0510 \pm 0.0007$	1

Continúa en la pagina siguiente . . .

(1) Index	(2) $\log \sigma$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	(3) $\log f$ ( $\text{erg s}^{-1} \text{cm}^{-2} \text{\AA}$ )	(4) $z$	(5) muestra
18	$1.350 \pm 0.041$	$-13.69 \pm 0.11$	$0.0228 \pm 0.0005$	1
19	$1.548 \pm 0.034$	$-13.88 \pm 0.07$	$0.0744 \pm 0.0009$	1
20	$1.446 \pm 0.026$	$-13.51 \pm 0.37$	$0.0504 \pm 0.0007$	1
21	$1.576 \pm 0.025$	$-13.57 \pm 0.05$	$0.0635 \pm 0.0008$	1
22	$1.567 \pm 0.022$	$-13.98 \pm 0.10$	$0.0749 \pm 0.0009$	1
23	$1.484 \pm 0.026$	$-13.56 \pm 0.12$	$0.0399 \pm 0.0006$	1
24	$1.791 \pm 0.032$	$-13.11 \pm 0.07$	$0.0705 \pm 0.0009$	1
25	$1.463 \pm 0.035$	$-13.28 \pm 0.10$	$0.0202 \pm 0.0005$	1
26	$1.480 \pm 0.026$	$-13.70 \pm 0.16$	$0.0208 \pm 0.0005$	1
27	$1.565 \pm 0.033$	$-13.76 \pm 0.12$	$0.0555 \pm 0.0007$	1
28	$1.588 \pm 0.033$	$-13.11 \pm 0.14$	$0.0237 \pm 0.0006$	1
29	$1.532 \pm 0.035$	$-14.04 \pm 0.10$	$0.0877 \pm 0.0010$	1
30	$1.649 \pm 0.033$	$-13.68 \pm 0.11$	$0.0973 \pm 0.0011$	1
31	$1.688 \pm 0.025$	$-13.47 \pm 0.07$	$0.1094 \pm 0.0012$	1
32	$1.707 \pm 0.024$	$-13.77 \pm 0.11$	$0.1125 \pm 0.0012$	1
33	$1.664 \pm 0.019$	$-13.74 \pm 0.07$	$0.0730 \pm 0.0009$	1
34	$1.637 \pm 0.034$	$-13.08 \pm 0.09$	$0.0426 \pm 0.0007$	1
35	$1.652 \pm 0.024$	$-13.46 \pm 0.09$	$0.0848 \pm 0.0010$	1
36	$1.490 \pm 0.035$	$-13.03 \pm 0.05$	$0.0307 \pm 0.0006$	1
37	$1.747 \pm 0.024$	$-13.19 \pm 0.05$	$0.0921 \pm 0.0010$	1
38	$1.449 \pm 0.035$	$-13.40 \pm 0.06$	$0.0313 \pm 0.0006$	1
39	$1.406 \pm 0.040$	$-12.95 \pm 0.05$	$0.0113 \pm 0.0005$	1
40	$1.725 \pm 0.032$	$-13.11 \pm 0.06$	$0.0769 \pm 0.0009$	1
41	$1.766 \pm 0.024$	$-13.39 \pm 0.10$	$0.0992 \pm 0.0011$	1
42	$1.646 \pm 0.025$	$-13.87 \pm 0.09$	$0.1264 \pm 0.0014$	1
43	$1.566 \pm 0.025$	$-13.75 \pm 0.06$	$0.0404 \pm 0.0006$	1
44	$1.535 \pm 0.035$	$-13.11 \pm 0.06$	$0.0277 \pm 0.0006$	1
45	$1.477 \pm 0.035$	$-13.61 \pm 0.06$	$0.0229 \pm 0.0006$	1
46	$1.614 \pm 0.024$	$-13.88 \pm 0.07$	$0.0582 \pm 0.0008$	1
47	$1.737 \pm 0.023$	$-13.58 \pm 0.07$	$0.1081 \pm 0.0012$	1
48	$1.561 \pm 0.025$	$-13.89 \pm 0.08$	$0.0949 \pm 0.0011$	1
49	$1.441 \pm 0.036$	$-13.20 \pm 0.07$	$0.0135 \pm 0.0005$	1
50	$1.700 \pm 0.024$	$-13.66 \pm 0.06$	$0.0854 \pm 0.0010$	1
51	$1.787 \pm 0.031$	$-13.26 \pm 0.08$	$0.1026 \pm 0.0011$	1
52	$1.602 \pm 0.025$	$-13.74 \pm 0.27$	$0.0459 \pm 0.0007$	1
53	$1.536 \pm 0.034$	$-13.47 \pm 0.05$	$0.0156 \pm 0.0005$	1
54	$1.496 \pm 0.036$	$-14.09 \pm 0.06$	$0.0233 \pm 0.0006$	1
55	$1.434 \pm 0.036$	$-13.51 \pm 0.06$	$0.0177 \pm 0.0005$	1
56	$1.440 \pm 0.035$	$-13.52 \pm 0.07$	$0.0182 \pm 0.0005$	1
57	$1.750 \pm 0.025$	$-13.60 \pm 0.06$	$0.0988 \pm 0.0011$	1
58	$1.746 \pm 0.025$	$-13.52 \pm 0.06$	$0.1203 \pm 0.0013$	1
59	$1.296 \pm 0.044$	$-13.49 \pm 0.07$	$0.0158 \pm 0.0005$	1
60	$1.425 \pm 0.042$	$-13.11 \pm 0.06$	$0.0162 \pm 0.0005$	1
61	$1.297 \pm 0.035$	$-14.16 \pm 0.08$	$0.0326 \pm 0.0006$	1

Continúa en la página siguiente ...

(1) Index	(2) $\log \sigma$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	(3) $\log f$ ( $\text{erg s}^{-1} \text{cm}^{-2} \text{\AA}$ )	(4) $z$	(5) muestra
62	$1.532 \pm 0.034$	$-13.33 \pm 0.06$	$0.0252 \pm 0.0006$	1
63	$1.681 \pm 0.042$	$-13.26 \pm 0.06$	$0.0624 \pm 0.0008$	1
64	$1.612 \pm 0.025$	$-13.60 \pm 0.06$	$0.0556 \pm 0.0007$	1
65	$1.709 \pm 0.032$	$-13.92 \pm 0.07$	$0.1449 \pm 0.0015$	1
66	$1.774 \pm 0.024$	$-13.73 \pm 0.14$	$0.1481 \pm 0.0016$	1
67	$1.279 \pm 0.044$	$-13.96 \pm 0.07$	$0.0139 \pm 0.0005$	1
68	$1.560 \pm 0.037$	$-13.14 \pm 0.06$	$0.0348 \pm 0.0006$	1
69	$1.540 \pm 0.034$	$-13.29 \pm 0.45$	$0.0338 \pm 0.0006$	1
70	$1.791 \pm 0.033$	$-12.75 \pm 0.06$	$0.0458 \pm 0.0007$	1
71	$1.597 \pm 0.022$	$-13.96 \pm 0.08$	$0.0699 \pm 0.0009$	1
72	$1.630 \pm 0.034$	$-14.00 \pm 0.12$	$0.0505 \pm 0.0007$	1
73	$1.593 \pm 0.025$	$-13.79 \pm 0.10$	$0.0781 \pm 0.0009$	1
74	$1.410 \pm 0.038$	$-13.36 \pm 0.06$	$0.0145 \pm 0.0005$	1
75	$1.593 \pm 0.034$	$-13.00 \pm 0.06$	$0.0278 \pm 0.0006$	1
76	$1.446 \pm 0.036$	$-13.23 \pm 0.06$	$0.0122 \pm 0.0005$	1
77	$1.639 \pm 0.033$	$-12.57 \pm 0.06$	$0.0304 \pm 0.0006$	1
78	$1.561 \pm 0.033$	$-13.29 \pm 0.05$	$0.0856 \pm 0.0010$	1
79	$1.544 \pm 0.026$	$-13.53 \pm 0.07$	$0.0531 \pm 0.0007$	1
80	$1.569 \pm 0.034$	$-13.87 \pm 0.08$	$0.0467 \pm 0.0007$	1
81	$1.587 \pm 0.032$	$-14.14 \pm 0.17$	$0.1513 \pm 0.0016$	1
82	$1.660 \pm 0.024$	$-13.93 \pm 0.13$	$0.1250 \pm 0.0013$	1
83	$1.396 \pm 0.038$	$-13.33 \pm 0.06$	$0.0111 \pm 0.0005$	1
84	$1.434 \pm 0.027$	$-13.43 \pm 0.05$	$0.0249 \pm 0.0006$	1
85	$1.465 \pm 0.016$	$-13.31 \pm 0.06$	$0.0219 \pm 0.0005$	1
86	$1.407 \pm 0.020$	$-13.38 \pm 0.38$	$0.0277 \pm 0.0006$	1
87	$1.431 \pm 0.022$	$-13.35 \pm 0.12$	$0.0267 \pm 0.0006$	1
88	$1.309 \pm 0.032$	$-13.53 \pm 0.07$	$0.0236 \pm 0.0006$	1
89	$1.424 \pm 0.027$	$-13.37 \pm 0.07$	$0.0151 \pm 0.0005$	1
90	$1.609 \pm 0.024$	$-13.18 \pm 0.04$	$0.0314 \pm 0.0006$	1
91	$1.683 \pm 0.024$	$-13.45 \pm 0.11$	$0.0333 \pm 0.0006$	1
92	$1.688 \pm 0.024$	$-12.85 \pm 0.02$	$0.0281 \pm 0.0006$	1
93	$1.739 \pm 0.023$	$-13.27 \pm 0.04$	$0.0344 \pm 0.0006$	1
94	$1.340 \pm 0.021$	$-13.59 \pm 0.07$	$0.0109 \pm 0.0005$	1
95	$1.494 \pm 0.025$	$-12.58 \pm 0.00$	$0.0088 \pm 0.0005$	1
96	$1.397 \pm 0.017$	$-13.44 \pm 0.10$	$0.0271 \pm 0.0006$	1
97	$1.441 \pm 0.036$	$-13.76 \pm 0.17$	$0.0266 \pm 0.0006$	1
98	$1.559 \pm 0.046$	$-14.09 \pm 0.10$	$0.1088 \pm 0.0012$	1
99	$1.757 \pm 0.033$	$-13.72 \pm 0.07$	$0.1151 \pm 0.0013$	1
100	$1.707 \pm 0.025$	$-13.81 \pm 0.08$	$0.1073 \pm 0.0012$	1
101	$1.627 \pm 0.031$	$-13.59 \pm 0.07$	$0.0655 \pm 0.0008$	1
102	$1.662 \pm 0.033$	$-13.43 \pm 0.06$	$0.0793 \pm 0.0009$	1
103	$1.660 \pm 0.033$	$-13.02 \pm 0.06$	$0.0609 \pm 0.0008$	1
104	$1.318 \pm 0.046$	$-13.45 \pm 0.06$	$0.0228 \pm 0.0005$	1
105	$1.568 \pm 0.033$	$-13.03 \pm 0.07$	$0.0287 \pm 0.0006$	1

Continua en la pagina siguiente ...



(1) Index	(2) $\log \sigma$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	(3) $\log f$ ( $\text{erg s}^{-1} \text{cm}^{-2} \text{\AA}$ )	(4) $z$	(5) muestra
106	$1.393 \pm 0.041$	$-14.05 \pm 0.18$	$0.0328 \pm 0.0006$	1
107	$1.573 \pm 0.033$	$-13.68 \pm 0.07$	$0.0648 \pm 0.0008$	1
108	$1.799 \pm 0.062$	$-16.50 \pm 0.05$	$2.2713 \pm 0.0227$	2
109	$1.792 \pm 0.070$	$-16.85 \pm 0.05$	$2.1663 \pm 0.0217$	2
110	$1.845 \pm 0.093$	$-16.55 \pm 0.06$	$2.1814 \pm 0.0218$	2
111	$1.785 \pm 0.028$	$-16.09 \pm 0.05$	$2.1816 \pm 0.0218$	2
112	$1.875 \pm 0.046$	$-16.11 \pm 0.05$	$2.1558 \pm 0.0216$	2
113	$1.903 \pm 0.076$	$-16.40 \pm 0.05$	$2.2473 \pm 0.0225$	2
114	$1.808 \pm 0.009$	$-16.26 \pm 0.05$	$2.1735 \pm 0.0217$	3
115	$1.869 \pm 0.094$	$-16.72 \pm 0.06$	$2.0138 \pm 0.0201$	2
116	$1.792 \pm 0.084$	$-16.50 \pm 0.05$	$2.2664 \pm 0.0227$	2
117	$1.699 \pm 0.035$	$-16.08 \pm 0.05$	$2.0300 \pm 0.0203$	2
118	$1.616 \pm 0.010$	$-15.58 \pm 0.18$	$0.6364 \pm 0.0064$	3
119	$1.703 \pm 0.045$	$-15.59 \pm 0.18$	$0.8509 \pm 0.0085$	3
120	$1.559 \pm 0.011$	$-15.75 \pm 0.18$	$0.6816 \pm 0.0068$	3
121	$1.565 \pm 0.098$	$-16.58 \pm 0.13$	$1.4720 \pm 0.0147$	2
122	$1.675 \pm 0.082$	$-16.71 \pm 0.43$	$1.4120 \pm 0.0141$	2
123	$1.695 \pm 0.044$	$-16.08 \pm 0.06$	$1.3000 \pm 0.0130$	2
124	$1.833 \pm 0.045$	$-16.18 \pm 0.05$	$1.4440 \pm 0.0144$	2
125	$1.837 \pm 0.066$	$-16.10 \pm 0.06$	$1.5040 \pm 0.0150$	2
126	$1.654 \pm 0.039$	$-16.25 \pm 0.05$	$1.5430 \pm 0.0154$	2
127	$1.749 \pm 0.039$	$-16.34 \pm 0.05$	$1.6100 \pm 0.0161$	2
128	$1.814 \pm 0.040$	$-16.25 \pm 0.06$	$2.1580 \pm 0.0216$	2
129	$1.869 \pm 0.041$	$-16.39 \pm 0.05$	$2.1650 \pm 0.0217$	2
130	$1.829 \pm 0.039$	$-16.34 \pm 0.05$	$2.1770 \pm 0.0218$	2
131	$1.767 \pm 0.063$	$-16.67 \pm 0.06$	$2.1910 \pm 0.0219$	2
132	$1.643 \pm 0.040$	$-16.70 \pm 0.05$	$2.2150 \pm 0.0222$	2
133	$1.709 \pm 0.043$	$-16.44 \pm 0.05$	$2.2340 \pm 0.0223$	2
134	$1.837 \pm 0.044$	$-16.11 \pm 0.05$	$2.2640 \pm 0.0226$	2
135	$1.701 \pm 0.044$	$-16.48 \pm 0.05$	$2.3150 \pm 0.0232$	2
136	$1.785 \pm 0.025$	$-16.42 \pm 0.10$	$2.4294 \pm 0.0004$	4
137	$1.788 \pm 0.046$	$-16.66 \pm 0.09$	$1.3592 \pm 0.0004$	4
138	$1.769 \pm 0.075$	$-17.07 \pm 0.15$	$1.6113 \pm 0.0004$	4
139	$1.754 \pm 0.030$	$-16.48 \pm 0.07$	$1.6658 \pm 0.0004$	4
140	$1.650 \pm 0.052$	$-17.03 \pm 0.13$	$1.6001 \pm 0.0004$	4
141	$1.816 \pm 0.010$	$-16.31 \pm 0.13$	$2.1856 \pm 0.0004$	4
142	$1.765 \pm 0.080$	$-16.75 \pm 0.10$	$1.6814 \pm 0.0004$	4
143	$1.829 \pm 0.035$	$-16.50 \pm 0.08$	$1.6114 \pm 0.0004$	4
144	$1.627 \pm 0.016$	$-16.36 \pm 0.07$	$1.6482 \pm 0.0004$	4
145	$1.447 \pm 0.085$	$-17.01 \pm 0.10$	$1.4433 \pm 0.0004$	4
146	$1.617 \pm 0.025$	$-16.67 \pm 0.11$	$1.4366 \pm 0.0004$	4
147	$1.821 \pm 0.027$	$-16.16 \pm 0.06$	$1.6491 \pm 0.0004$	4
148	$1.727 \pm 0.039$	$-16.87 \pm 0.09$	$1.5820 \pm 0.0004$	4
149	$1.655 \pm 0.022$	$-16.35 \pm 0.07$	$1.4120 \pm 0.0004$	4

Continúa en la página siguiente ...

(1) Index	(2) $\log \sigma$ ( $\text{km s}^{-1}$ )	(3) $\log f$ ( $\text{erg s}^{-1} \text{cm}^{-2} \text{\AA}$ )	(4) $z$	(5) muestra
150	$1.502 \pm 0.046$	$-16.62 \pm 0.08$	$1.6554 \pm 0.0004$	4
151	$1.792 \pm 0.043$	$-16.76 \pm 0.10$	$1.4950 \pm 0.0004$	5
152	$1.876 \pm 0.019$	$-16.01 \pm 0.06$	$1.6220 \pm 0.0004$	5
153	$1.726 \pm 0.056$	$-16.76 \pm 0.12$	$1.6720 \pm 0.0004$	5
154	$1.744 \pm 0.044$	$-16.73 \pm 0.09$	$1.6650 \pm 0.0004$	5
155	$1.721 \pm 0.067$	$-16.89 \pm 0.12$	$1.7380 \pm 0.0004$	5
156	$1.593 \pm 0.047$	$-16.92 \pm 0.09$	$1.7680 \pm 0.0004$	5
157	$1.810 \pm 0.041$	$-16.69 \pm 0.09$	$1.6390 \pm 0.0004$	5
158	$1.678 \pm 0.073$	$-17.07 \pm 0.15$	$1.6630 \pm 0.0004$	5
159	$1.583 \pm 0.074$	$-17.01 \pm 0.08$	$1.6690 \pm 0.0004$	5
160	$1.685 \pm 0.064$	$-16.64 \pm 0.09$	$1.7380 \pm 0.0004$	5
161	$1.761 \pm 0.056$	$-16.77 \pm 0.08$	$1.6800 \pm 0.0004$	5
162	$1.514 \pm 0.063$	$-16.68 \pm 0.10$	$1.7160 \pm 0.0004$	5
163	$1.743 \pm 0.018$	$-16.34 \pm 0.06$	$1.6870 \pm 0.0004$	5
164	$1.806 \pm 0.043$	$-16.47 \pm 0.09$	$1.7690 \pm 0.0004$	5
165	$1.618 \pm 0.063$	$-16.99 \pm 0.09$	$1.7380 \pm 0.0004$	5
166	$1.578 \pm 0.085$	$-17.01 \pm 0.10$	$1.7310 \pm 0.0004$	5
167	$1.792 \pm 0.027$	$-16.30 \pm 0.03$	$2.2880 \pm 0.0004$	5
168	$1.848 \pm 0.034$	$-16.55 \pm 0.12$	$2.2320 \pm 0.0004$	5
169	$1.817 \pm 0.084$	$-16.78 \pm 0.23$	$2.1120 \pm 0.0004$	5
170	$1.966 \pm 0.060$	$-16.27 \pm 0.14$	$2.3290 \pm 0.0004$	5
171	$1.920 \pm 0.018$	$-16.61 \pm 0.16$	$2.5680 \pm 0.0004$	5
172	$1.683 \pm 0.074$	$-16.77 \pm 0.19$	$2.2320 \pm 0.0004$	5
173	$1.674 \pm 0.034$	$-16.37 \pm 0.09$	$2.1140 \pm 0.0004$	5
174	$1.894 \pm 0.030$	$-16.24 \pm 0.10$	$2.4540 \pm 0.0004$	5
175	$1.897 \pm 0.066$	$-16.74 \pm 0.10$	$2.4340 \pm 0.0004$	5
176	$1.807 \pm 0.034$	$-16.60 \pm 0.08$	$2.5450 \pm 0.0004$	5
177	$1.870 \pm 0.025$	$-16.63 \pm 0.08$	$2.5760 \pm 0.0004$	5
178	$1.774 \pm 0.046$	$-16.15 \pm 0.05$	$2.1720 \pm 0.0004$	5
179	$1.710 \pm 0.047$	$-16.61 \pm 0.05$	$2.1740 \pm 0.0004$	5
180	$1.821 \pm 0.056$	$-16.55 \pm 0.06$	$2.1780 \pm 0.0004$	5
181	$1.727 \pm 0.035$	$-16.50 \pm 0.09$	$2.3400 \pm 0.0004$	5
182	$1.904 \pm 0.029$	$-16.51 \pm 0.05$	$2.3400 \pm 0.0004$	5
183	$1.638 \pm 0.058$	$-16.55 \pm 0.11$	$2.3780 \pm 0.0004$	5
184	$1.895 \pm 0.030$	$-16.27 \pm 0.18$	$2.4453 \pm 0.0004$	5
185	$1.830 \pm 0.010$	$-16.19 \pm 0.13$	$2.2980 \pm 0.0004$	5
186	$1.880 \pm 0.022$	$-16.30 \pm 0.16$	$2.2970 \pm 0.0004$	5
187	$1.655 \pm 0.020$	$-16.50 \pm 0.15$	$2.1980 \pm 0.0004$	5
188	$1.725 \pm 0.023$	$-16.46 \pm 0.25$	$2.2200 \pm 0.0004$	5
189	$1.756 \pm 0.007$	$-15.82 \pm 0.06$	$1.4774 \pm 0.0148$	3
190	$1.761 \pm 0.006$	$-16.24 \pm 0.08$	$2.3052 \pm 0.0231$	3

## 5.2. Datos de SNIa

La muestra de datos de Pantheon+ es de las más completas para las SNIa, pues contiene 1701 curvas de luz de 1550 supernovas tipo Ia diferentes, cuyo corrimiento al rojo se encuentra entre  $0 < z < 2.26$ .

Para nuestro análisis usamos los datos recabados por [Brout et al. \(2022\)](#), los cuales fueron calibrados por medio del proyecto Supernova H0 for the Equation State (SH0ES). Éste se basa en obtener mediciones de alta precisión para  $H_0$  mediante SNIa. La distancia a las galaxias anfitrionas fue calculada mediante cefeidas calibradas con la paralaje medida por Gaia, y la covarianza de todas las SNIa fue tomada en cuenta, al igual que la ecuación de la energía oscura.

En la Tabla 5.3 se muestran estos datos, donde cada columna representa lo siguiente:

1. nombre de la SNIa o ID del candidato (CID);
2. corrimiento al rojo del diagrama de Hubble ( $z_{HD}$ ) corregido por movimientos aparentes;
3. magnitud aparente en el filtro B y su error;
4. magnitud aparente (corregida) en el filtro  $B$  del Sloan y su error;
5. módulo de distancia con su error;
6. corrección del color de la curva de luz, que incluye tanto el color intrínseco como la extinción por polvo, con su error;
7. ancho de la curva de luz.

Tabla 5.3: Datos de las Supernovas tipo Ia. Tomados de [Brout et al. \(2022\)](#)

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $m_b$ (mag)	(4) $m_b^{corr}$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) c	(7) $x_1$
2011fe	$0.0012 \pm 0.0008$	$9.58 \pm 0.03$	$9.75 \pm 1.52$	$29.00 \pm 1.52$	$-0.108 \pm 0.040$	$-0.55 \pm 0.13$
2011fe	$0.0012 \pm 0.0008$	$9.78 \pm 0.04$	$9.80 \pm 1.52$	$29.06 \pm 1.52$	$-0.033 \pm 0.038$	$-0.38 \pm 0.09$
2012cg	$0.0026 \pm 0.0008$	$11.82 \pm 0.02$	$11.47 \pm 0.78$	$30.72 \pm 0.78$	$0.101 \pm 0.018$	$0.49 \pm 0.02$
2012cg	$0.0026 \pm 0.0008$	$11.88 \pm 0.04$	$11.49 \pm 0.80$	$30.74 \pm 0.80$	$0.122 \pm 0.039$	$0.71 \pm 0.08$
1994DRichmond	$0.0030 \pm 0.0008$	$11.53 \pm 0.03$	$11.52 \pm 0.88$	$30.78 \pm 0.88$	$-0.112 \pm 0.026$	$-1.62 \pm 0.05$
1981B	$0.0032 \pm 0.0008$	$11.66 \pm 0.03$	$11.54 \pm 0.61$	$30.79 \pm 0.61$	$-0.005 \pm 0.031$	$-0.45 \pm 0.17$
2013aa	$0.0033 \pm 0.0009$	$10.89 \pm 0.11$	$11.21 \pm 0.59$	$30.46 \pm 0.59$	$-0.104 \pm 0.054$	$0.51 \pm 0.15$
2013aa	$0.0033 \pm 0.0009$	$10.84 \pm 0.10$	$11.30 \pm 0.58$	$30.55 \pm 0.58$	$-0.158 \pm 0.036$	$0.63 \pm 0.14$
2017cbv	$0.0033 \pm 0.0009$	$10.77 \pm 0.09$	$11.15 \pm 0.58$	$30.40 \pm 0.58$	$-0.126 \pm 0.032$	$0.62 \pm 0.05$
2017cbv	$0.0033 \pm 0.0009$	$10.91 \pm 0.10$	$11.26 \pm 0.58$	$30.51 \pm 0.58$	$-0.096 \pm 0.035$	$0.82 \pm 0.07$

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $m_b$ (mag)	(4) $m_{b,corr}$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) c	(7) $x_1$
2001el	0.0033 ± 0.0008	12.47 ± 0.03	12.25 ± 0.59	31.50 ± 0.59	0.074 ± 0.025	-0.13 ± 0.03
2011by	0.0035 ± 0.0008	12.63 ± 0.02	12.54 ± 0.55	31.79 ± 0.55	0.011 ± 0.019	-0.33 ± 0.04
1998aq	0.0035 ± 0.0008	12.05 ± 0.03	12.24 ± 0.54	31.50 ± 0.55	-0.119 ± 0.025	-0.45 ± 0.04
1990N	0.0036 ± 0.0008	12.40 ± 0.03	12.44 ± 0.55	31.70 ± 0.55	-0.006 ± 0.026	0.63 ± 0.07
2021pit	0.0038 ± 0.0008	12.09 ± 0.04	11.75 ± 0.57	31.00 ± 0.57	0.072 ± 0.042	-0.04 ± 0.12
2005df	0.0041 ± 0.0008	12.02 ± 0.04	12.14 ± 0.48	31.39 ± 0.48	-0.059 ± 0.027	-0.10 ± 0.08
2005df-ANU	0.0041 ± 0.0008	11.98 ± 0.03	12.12 ± 0.48	31.38 ± 0.48	-0.077 ± 0.026	-0.02 ± 0.05
2013dy	0.0043 ± 0.0008	12.44 ± 0.08	12.25 ± 0.51	31.50 ± 0.51	0.074 ± 0.026	0.87 ± 0.02
2013dy	0.0043 ± 0.0008	12.45 ± 0.09	12.31 ± 0.53	31.56 ± 0.53	0.069 ± 0.046	1.17 ± 0.14
2012ht	0.0047 ± 0.0008	12.75 ± 0.04	12.68 ± 0.44	31.93 ± 0.44	-0.066 ± 0.041	-1.28 ± 0.11
2012ht	0.0047 ± 0.0008	12.69 ± 0.03	12.78 ± 0.42	32.03 ± 0.42	-0.128 ± 0.023	-1.16 ± 0.04
1980N	0.0048 ± 0.0008	12.15 ± 0.03	11.99 ± 0.56	31.25 ± 0.56	-0.011 ± 0.028	-1.14 ± 0.12
2012fr	0.0048 ± 0.0009	11.79 ± 0.04	11.88 ± 0.45	31.13 ± 0.45	0.048 ± 0.042	1.50 ± 0.13
2007on	0.0048 ± 0.0009	12.75 ± 0.02	12.40 ± 0.56	31.65 ± 0.56	0.003 ± 0.024	-2.22 ± 0.04
2012fr	0.0048 ± 0.0009	11.71 ± 0.02	11.97 ± 0.41	31.22 ± 0.41	-0.036 ± 0.021	1.16 ± 0.04
1992A	0.0048 ± 0.0009	12.27 ± 0.03	12.09 ± 0.56	31.34 ± 0.56	-0.030 ± 0.025	-1.67 ± 0.04
2007on	0.0048 ± 0.0009	12.81 ± 0.04	12.51 ± 0.57	31.76 ± 0.57	-0.018 ± 0.041	-2.28 ± 0.09
2015F	0.0049 ± 0.0008	12.50 ± 0.12	12.19 ± 0.45	31.45 ± 0.45	0.044 ± 0.054	-1.16 ± 0.12
2015F	0.0049 ± 0.0008	12.28 ± 0.11	12.29 ± 0.41	31.54 ± 0.41	-0.069 ± 0.033	-0.99 ± 0.03
2011B	0.0054 ± 0.0008	12.49 ± 0.04	12.40 ± 0.51	31.65 ± 0.51	-0.027 ± 0.041	-1.02 ± 0.10
2018aoz	0.0055 ± 0.0009	12.40 ± 0.06	12.48 ± 0.50	31.73 ± 0.50	-0.118 ± 0.030	-1.13 ± 0.07
2016coj	0.0057 ± 0.0008	12.79 ± 0.02	12.66 ± 0.47	31.91 ± 0.47	-0.053 ± 0.020	-1.69 ± 0.04
SN2016coj	0.0057 ± 0.0008	12.87 ± 0.04	12.65 ± 0.48	31.90 ± 0.48	-0.007 ± 0.034	-1.48 ± 0.09
2007sr	0.0057 ± 0.0008	12.46 ± 0.04	12.43 ± 0.37	31.68 ± 0.38	0.017 ± 0.027	0.11 ± 0.05
2007sr	0.0057 ± 0.0008	12.50 ± 0.04	12.38 ± 0.38	31.63 ± 0.39	0.047 ± 0.027	0.06 ± 0.04
2007gi	0.0059 ± 0.0008	12.83 ± 0.03	12.49 ± 0.49	31.74 ± 0.49	0.022 ± 0.027	-1.37 ± 0.08
1994ae	0.0059 ± 0.0008	12.70 ± 0.03	12.93 ± 0.34	32.18 ± 0.34	-0.073 ± 0.026	0.44 ± 0.06
2015bp	0.0059 ± 0.0008	13.46 ± 0.05	13.22 ± 0.49	32.47 ± 0.49	-0.050 ± 0.045	-2.13 ± 0.11
2018gv	0.0060 ± 0.0009	12.47 ± 0.04	12.69 ± 0.34	31.94 ± 0.34	-0.067 ± 0.023	0.40 ± 0.08
2018gv	0.0060 ± 0.0009	12.47 ± 0.04	12.81 ± 0.34	32.07 ± 0.34	-0.112 ± 0.022	0.59 ± 0.04
2018gv	0.0060 ± 0.0009	12.38 ± 0.05	12.66 ± 0.35	31.91 ± 0.35	-0.112 ± 0.031	0.12 ± 0.05
1981D	0.0062 ± 0.0008	12.28 ± 0.06	11.65 ± 0.52	30.91 ± 0.52	0.161 ± 0.059	-1.15 ± 0.36
2006dd	0.0062 ± 0.0008	12.04 ± 0.03	11.93 ± 0.45	31.19 ± 0.45	0.021 ± 0.026	-0.29 ± 0.04
2007af	0.0063 ± 0.0008	12.85 ± 0.04	12.81 ± 0.32	32.07 ± 0.33	-0.020 ± 0.026	-0.53 ± 0.04
2007af	0.0063 ± 0.0008	12.91 ± 0.04	12.75 ± 0.36	32.00 ± 0.36	0.032 ± 0.038	-0.44 ± 0.04
2007af	0.0063 ± 0.0008	12.82 ± 0.03	12.85 ± 0.32	32.10 ± 0.32	-0.046 ± 0.022	-0.56 ± 0.03
2007af	0.0063 ± 0.0008	12.89 ± 0.04	12.78 ± 0.34	32.03 ± 0.34	0.015 ± 0.026	-0.39 ± 0.03
2007le	0.0063 ± 0.0008	13.58 ± 0.03	12.82 ± 0.53	32.08 ± 0.53	0.209 ± 0.019	0.21 ± 0.04
2007le	0.0063 ± 0.0008	13.57 ± 0.03	12.83 ± 0.54	32.08 ± 0.54	0.207 ± 0.021	0.23 ± 0.03
2007le	0.0063 ± 0.0008	13.57 ± 0.04	12.77 ± 0.54	32.02 ± 0.54	0.226 ± 0.026	0.27 ± 0.05
1998dm	0.0063 ± 0.0009	14.40 ± 0.04	13.58 ± 0.56	32.83 ± 0.56	0.229 ± 0.040	0.56 ± 0.05
2014bv	0.0063 ± 0.0009	13.67 ± 0.05	13.15 ± 0.48	32.40 ± 0.48	0.057 ± 0.049	-2.41 ± 0.16
2019np	0.0065 ± 0.0008	13.13 ± 0.03	13.21 ± 0.32	32.46 ± 0.32	-0.028 ± 0.019	0.12 ± 0.05
2019np	0.0065 ± 0.0008	13.12 ± 0.04	13.18 ± 0.32	32.43 ± 0.32	-0.025 ± 0.030	0.11 ± 0.07
1997br	0.0067 ± 0.0009	13.33 ± 0.08	12.48 ± 0.53	31.73 ± 0.53	0.238 ± 0.034	0.34 ± 0.06
2011iv	0.0067 ± 0.0009	12.16 ± 0.02	11.97 ± 0.42	31.22 ± 0.42	-0.056 ± 0.022	-1.90 ± 0.04

El resto de los datos se encuentra en el apéndice 6.5.

Con la finalidad de analizar los datos de la Tabla 5.3, primeramente es necesario conocer la covarianza entre los errores sistemáticos y los estadísticos. De esta manera, Brout et al. (2022) definen a los errores estadísticos para la  $i$ -ésima curva de luz de cada SNIa como:

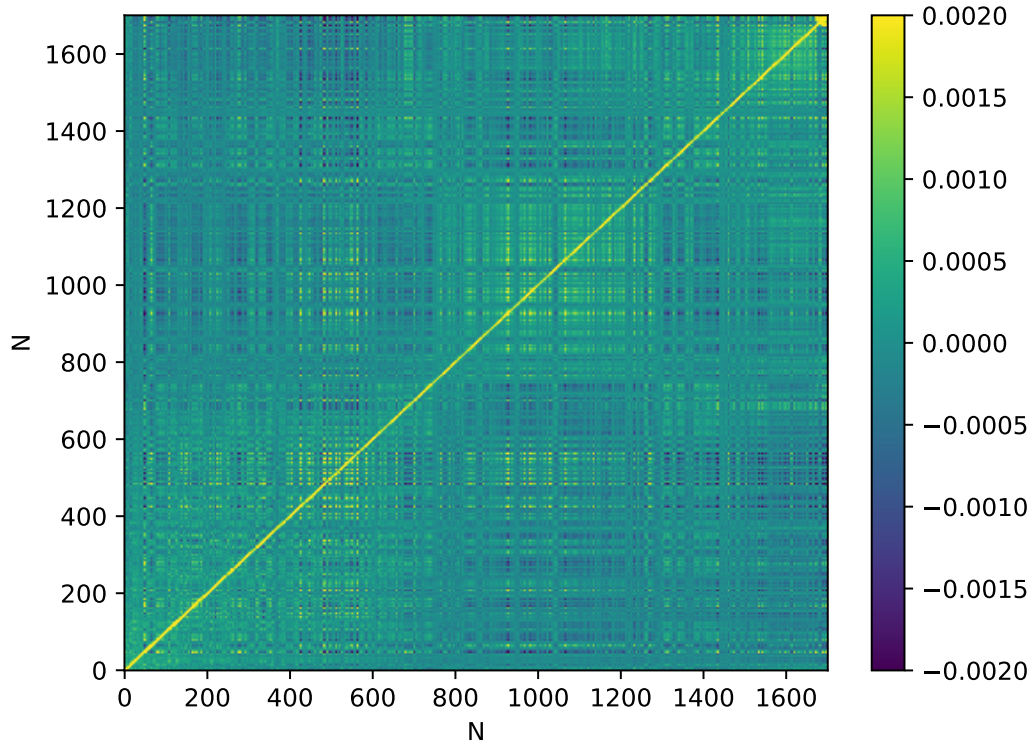


Figura 5.1: Matriz de covarianza de 1701 x 1701 elementos, que representan los errores sistemáticos y estadísticos en función del número de supernovas. La barra de color indica el valor de la covarianza en magnitudes. Adaptada de [Brout et al. \(2022\)](#)

$$C_{est}(i, j) = \begin{cases} \sigma_{\mu}^2, & \text{si } i = j, \\ \sigma_{\text{floor}}^2 + \sigma_{\text{lente}}^2 + \sigma_z^2 + \sigma_{\text{vpec}}^2, & \text{si } i \neq j, \end{cases} \quad (5.1)$$

donde  $\sigma_{\mu}$  son los errores asociados al módulo de distancia;  $\sigma_{\text{floor}}$  son los errores asociados a la estandarización del modelo;  $\sigma_{\text{lens}}$  son errores debido a lentes gravitacionales;  $\sigma_z$  son las incertidumbres asociadas al corrimiento al rojo; y finalmente  $\sigma_{\text{vpec}}$  son los errores asociados a las velocidades peculiares de las galaxias huésped.

Por su parte, se definen 3 categorías para los errores sistemáticos:

1. Aspectos que afectan el ajuste de la curva de luz, por ejemplo: muestras fotométricas, calibración, modelo SALT2 ([Guy et al., 2007](#)).

2. Propagación de errores, desde aquéllos en los corrimientos al rojo hasta los relacionados con el módulo de distancia debido al modelo cosmológico.
3. Suposiciones astrofísicas o dependientes de las simulaciones utilizadas para las correcciones de sesgo.

Considerando que  $\psi$  es un índice que corre de uno a tres, según la categoría de error sistemático, se calcula la derivada de cada error y de cada curva de luz a fin de obtener la matriz de covarianza sistemática, definida como

$$C_{sist}^{ij} = \sum_{\psi} \frac{\partial \Delta \mu_{\psi}^i}{\partial S_{\psi}} \frac{\partial \Delta \mu_{\psi}^j}{\partial S_{\psi}} \sigma_{\psi}^2. \quad (5.2)$$

$\Delta \mu_{\psi}^i$  es el conjunto de errores sistemáticos tomando en cuenta la propagación por el corrimiento al rojo en los módulos de distancia para cada curva de luz;  $S_{\psi}$  es el peso o tamaño de los errores sistemáticos; y  $\sigma_{\psi}^2$  es la incertidumbre de cada error sistemático.

Al sumar la matriz de errores estadísticos, (5.1), y la de los errores sistemáticos, (5.2), se obtiene la matriz de covarianza mostrada en la Figura 5.1, la cual es relevante para estimar estos errores de los parámetros de un modelo estadístico. En este caso, se encuentran ambos tipos de errores para los parámetros físicos mencionados en la tabla.

## 5.3. Datos CMB

Como se mencionó en la sección 3.1, para calibrar el vector de la muestra de datos del CMB se necesita el parámetro de “shift”  $R$ , la escala acústica  $l_a$  y la densidad de energía de bariones  $\omega_b$ . La Tabla 5.4 muestra los valores obtenidos por Wang & Dai (2016) para estos parámetros cosmológicos, calculados por medio de la función de verosimilitud a partir de observaciones de la Planck Collaboration et al. (2016), suponiendo un universo plano.

Para los datos de la Tabla 5.4, el inverso de la matriz de covarianza  $C^{-1}$ , que nos dice qué tan dispersos están los datos observados de los datos del modelos teórico y por lo tanto permite calcular los errores asociados a las mediciones, está dada por:

$$C_{CMB}^{-1} = \begin{bmatrix} 1.475 \times 10^2 & -9.502 \times 10^2 & 6.753 \times 10^3 \\ -9.495 \times 10^2 & 8.877 \times 10^4 & 1.665 \times 10^6 \\ 6.785 \times 10^3 & 1.665 \times 10^6 & 7.470 \times 10^7 \end{bmatrix}. \quad (5.3)$$

Tabla 5.4: Valores de parámetros cosmológicos calculados por [Wang & Dai \(2016\)](#), considerando un universo plano y obtenidos a partir de observaciones de la [Planck Collaboration et al. \(2016\)](#).

Parámetro		Valor
Escala acústica	$l_a$	$301.77 \pm 0.09$
Parámetro de shift	$R$	$1.7482 \pm 0.0048$
Densidad de energía bariónica	$\omega_b$	$0.02226 \pm 0.00016$

## 5.4. Datos BAOs

Por su parte, para la muestra de datos de BAOs se emplearon mediciones del Reconstructed 6-degree Field Galaxy Survey ([Carter et al., 2018](#)); del WiggleZ DE Survey ([Kazin et al., 2014](#)); y del Sloan Digital Sky Survey (SDSS) III BOSS ([Gil-Marín et al., 2016, 2018](#)), recopiladas por [Anagnostopoulos et al. \(2019\)](#).

Esta recopilación de datos se muestra en la Tabla 5.5. En la primera columna se tiene el índice,  $i$ , que es el número del objeto correspondiente y corre de 1 a 9; la segunda columna muestra el corrimiento al rojo,  $z$ ; en la tercera, la distancia,  $\lambda$ , de la ecuación 3.20, que para esta muestra de datos se define como sigue:

$$\lambda(z_i, \theta) = \begin{cases} d_V r_{d, fid}/r_d, & \text{si } 1 \leq i \leq 4, \\ d_A/r_d, & \text{si } 5 \leq i \leq 9. \end{cases} \quad (5.4)$$

Tabla 5.5: Muestra de datos de BAOs usados para este análisis, recopilados por [Anagnostopoulos et al. \(2019\)](#). Las primeras 6 columnas fueron tomadas de censos de galaxias y las últimas 3 fueron tomadas de censos de cuásares.

Índice (i)	$z$	$\lambda$	$\sigma_\lambda$	$r_{d, fid}$ (Mpc)	Referencias
1	0.122	539.0 Mpc	17	147.5	<a href="#">Carter et al. (2018)</a>
2	0.44	1716.40 Mpc	83	148.6	<a href="#">Kazin et al. (2014)</a>
3	0.6	2220.80 Mpc	101	148.6	<a href="#">Kazin et al. (2014)</a>
4	0.73	2516.00 Mpc	86	148.6	<a href="#">Kazin et al. (2014)</a>
5	0.32	6.67	0.13	148.11	<a href="#">Gil-Marín et al. (2016)</a>
6	0.57	9.52	0.19	148.11	<a href="#">Gil-Marín et al. (2016)</a>
7	1.19	12.6621	0.9876	147.78	<a href="#">Gil-Marín et al. (2018)</a>
8	1.5	12.4349	1.0429	147.78	<a href="#">Gil-Marín et al. (2018)</a>
9	1.83	13.1305	1.04465	147.78	<a href="#">Gil-Marín et al. (2018)</a>



Según datos de [Anagnostopoulos et al. \(2019\)](#), el valor de  $r_d$  es  $143.272^{+1.967}_{-1.936}$  Mpc.

Siguiendo con la descripción de la Tabla 5.5, la columna 4 representa la incertidumbre relativa para cada distancia medida. La columna 5 es el valor de referencia del horizonte sónico en el modelo cosmológico  $\Lambda$ CDM usado para obtener la medición. Finalmente, la última columna muestra el origen de los datos. Cabe mencionar que las mediciones de los objetos del índice 1 al 6 fueron tomadas de censos de galaxias y las de los objetos del 7 al 9 fueron tomadas de censos de cuásares.

La matriz de covarianza,  $C^{-1}$ , de los datos presentados en la Tabla 5.5 para conocer los errores aleatorios y estadísticos de la muestra de datos, se muestra en la expresión siguiente:

$$\begin{bmatrix}
 3.46 \times 10^{-3} & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\
 0.00 & 1.71 \times 10^{-4} & -7.18 \times 10^{-5} & -1.12 \times 10^{-4} & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\
 0.00 & -7.18 \times 10^{-5} & 1.65 \times 10^{-4} & 4.70 \times 10^{-5} & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\
 0.00 & -1.12 \times 10^{-4} & 4.70 \times 10^{-5} & 2.18 \times 10^{-4} & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\
 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 59.17 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\
 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 27.70 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 \\
 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 1.23 & -0.52 & 0.28 & 0.00 \\
 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & -0.52 & 1.30 & -0.54 & 0.00 \\
 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.28 & -0.54 & 1.14 & 0.00 \\
 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.69
 \end{bmatrix}.$$

(5.5)



# Capítulo VI

## Análisis de datos y resultados

Se aplicó la función de verosimilitud de la sección 4.1.1 a los datos presentados en el capítulo V para cada trazador cosmológico. Se utilizó el método de Monte Carlo anidado, implementado mediante el algoritmo Multinest, para minimizar las incertidumbres y obtener los parámetros cosmológicos más probables. Las distribuciones a priori de cada parámetro se muestran en la tabla 6.1.

### 6.1. Supernovas Ia

Con los datos de Pantheon+ para las SNIa (Brout et al., 2022), se obtuvo el diagrama de Hubble que se muestra en la Figura 6.1, en donde puede apreciarse que los datos no se alejan considerablemente del modelo  $\Lambda$ CDM (con  $h = 0.7$ ,  $\Omega_m = -0.3$  y  $w_0 = -1.0$ ). Nótese que a menor corrimiento al rojo se tienen menos datos y mayor

Tabla 6.1: Distribuciones de probabilidad a priori para los diferentes parámetros cosmológicos.

Parámetro	Distribución a priori
Parámetros cosmológicos	
$h$	Uniforme [0.5, 1.0]
$\Omega_m$	Uniforme [0.0, 1.0]
$w_0$	Uniforme [-2.0, 0.0]
$w_a$	Uniforme [-1.0, 1.0]
$\omega_b$	Uniforme [0.0, 0.05]
Parámetros de referencia	
$M_B$	Uniforme [-21.0, -18.0]
$\alpha$	Uniforme [32.5, 34.5]
$\beta$	Uniforme [4.5, 5.5]

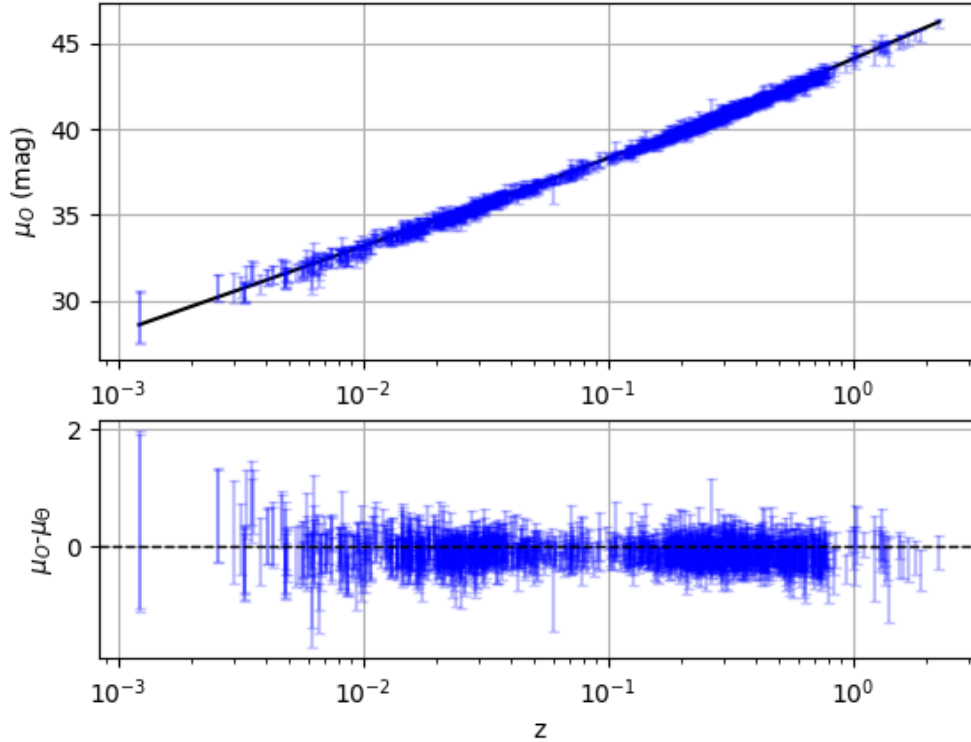


Figura 6.1: El panel superior muestra el diagrama de Hubble obtenido con los datos de Pantheon+. El panel inferior muestra los residuos de la diferencia entre el módulo de distancia observado,  $\mu_O$ , y el teórico,  $\mu_\theta$ .

error, esto se debe a que, a escalas locales, las velocidades peculiares aumentan la incertidumbre.

Por otro lado, para obtener los parámetros cosmológicos se debe establecer la función de verosimilitud, que está dada por [González-Morán et al. \(2019\)](#):

$$\mathcal{L}_{SNIa} \propto \exp \left[ -\frac{1}{2} (\mu_O - \mu_m(z|\theta)) \mathbf{C}^{-1} (\mu_O - \mu_m(z|\theta))^\dagger \right], \quad (6.1)$$

donde  $\mathbf{C}$  es la matriz de covarianza mostrada en [5.1](#).

Para obtener muestras de los módulos de distancia teóricos de la ecuación [6.1](#) se empleó el algoritmo Multinest, con el que se generaron muestras de datos aleatorios, cuyas distribuciones iniciales se muestran en la [Tabla 6.1](#) para cada parámetro cosmológico.

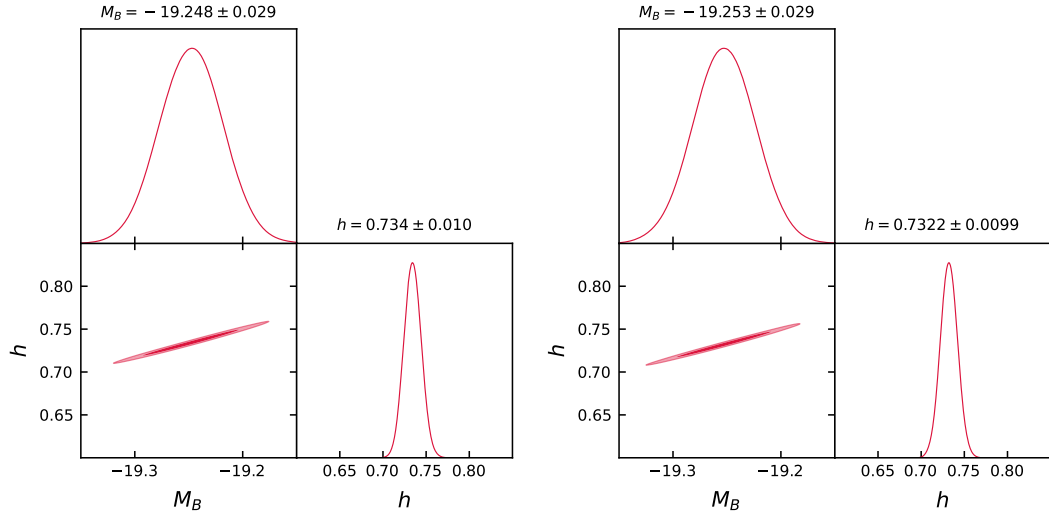


Figura 6.2: Contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de 1 y  $2\sigma$ , para los parámetros  $\{M_B, h\}$  con distribución a priori uniforme, a partir de la muestra Pantheon+ de SNIa. El panel de la izquierda muestra las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y el de la derecha sólo las aleatorias.

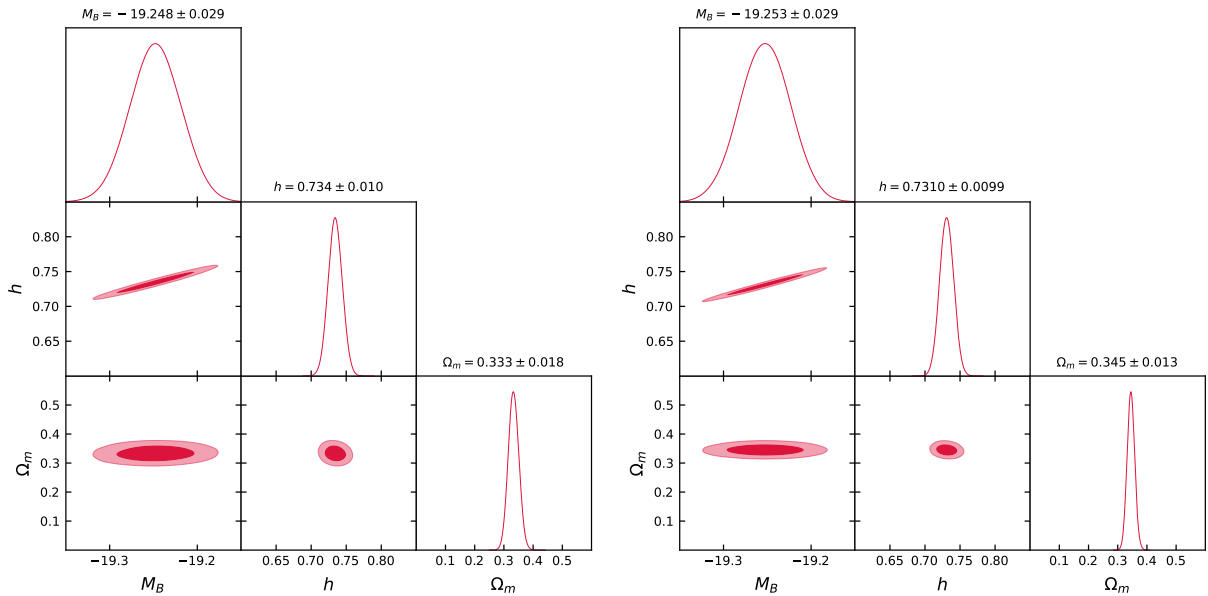


Figura 6.3: Contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de 1 y  $2\sigma$ , para los parámetros  $\{M_B, h, \Omega_m\}$  con distribución a priori uniforme, a partir de la muestra Pantheon+ de SNIa. El panel de la izquierda muestra las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y el de la derecha sólo las aleatorias.

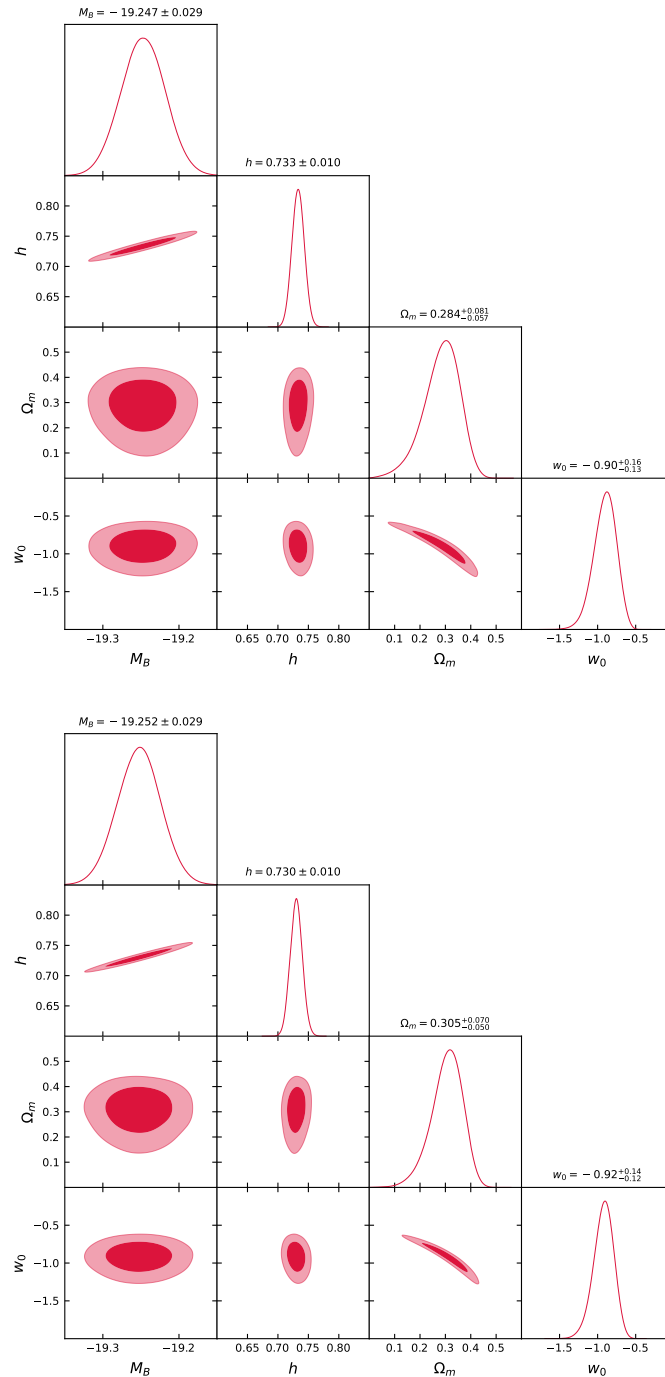


Figura 6.4: Contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de 1 y  $2\sigma$ , para los parámetros  $\{M_B, h, \Omega_m, w_0\}$  con distribución a priori uniforme, a partir de la muestra Pantheon+ de SNIa. El panel de la izquierda muestra las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y el de la derecha sólo las aleatorias.

La Figura 6.2 representa los contornos de la función de verosimilitud, a niveles de confianza  $1\sigma$  (contorno interior) y  $2\sigma$  (contorno exterior), para los parámetros magnitud absoluta y  $h$ , es decir  $\{M_B, h\}$ , en un modelo  $\Lambda$ CDM plano, cuya distribución de probabilidad a priori se muestra en la Tabla 6.1. Se comparan errores sistemáticos con aleatorios a la izquierda y sólo aleatorios a la derecha. Puede verse que entre ambos parámetros existe una degeneración, esto quiere decir que son parámetros que dependen el uno del otro. Esto es cierto, pues al calcular la constante de Hubble mediante SNIa se requiere del modulo de distancia, el cual depende de la magnitud absoluta.

La Figura 6.3 representa los contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza  $1\sigma$  (contorno interior) y  $2\sigma$  (contorno exterior) para los parámetros  $\{M_B, h, \Omega_m\}$  incluyendo errores sistemáticos y aleatorios del lado izquierdo y solamente aleatorios de lado derecho. Nótese que al comparar tanto  $h$  y  $\Omega_m$  con  $M_B$  aparecen contornos degenerados, siendo menor la degeneración con  $\Omega_m$  lo que de nuevo indica linealidad entre ambas variables, pues para medir estos dos parámetros se necesita el módulo de distancia de las SNIa dado por la magnitud absoluta. Por su parte,  $h$  y  $\Omega_m$  poseen poca degeneración, lo que significa que pueden ser medidos de manera independiente, pues son variables linealmente independientes.

Por último, la Figura 6.4 representa los contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza  $1\sigma$  (contorno interior) y  $2\sigma$  (contorno exterior) para los parámetros  $\{M_B, h, \Omega_m, w_0\}$  incluyendo errores sistemáticos y aleatorios del lado izquierdo y solamente aleatorios de lado derecho. Puede verse que al añadir más parámetros restringidos, la degeneración entre  $M_B$  y  $\Omega_m$  va disminuyendo, pues la figura de contorno se comienza a hacer más circular. Por su parte,  $M_B$  y  $w_0$  presentan una mayor degeneración que los parámetros anteriores, siendo de igual manera linealmente dependientes. Es decir, se necesita la magnitud absoluta para obtener el parámetro de la ecuación de estado. Por su parte, la degeneración entre  $h$  y  $\Omega_m$  aumenta. Para  $w_0$  y  $h$ , la degeneración es pequeña, es decir, son se pueden obtener de manera independiente. Por último,  $\Omega_m$  y  $w_0$  presental alta degeneración, es decir, existe linealidad, esto debido a que es necesario establecer la época del parámetro de la ecuación de estado para obtener la densidad de materia presente en esa época.

## 6.2. Galaxias HII

De igual manera como se procedió con los datos de SNIa, para galaxias HII se define su función de verosimilitud (González-Morán et al., 2021):

$$\mathcal{L}_{HII} \propto \exp\left(-\frac{1}{2}\chi_{HII}^2\right), \quad (6.2)$$

donde  $\chi^2$  se puede escribir en función  $h$  y otros parámetros cosmológicos, como

$$\chi_{HII}^2 = \sum_n \frac{\mu^O(\log f, \log \sigma | \alpha, \beta) - \mu_\theta(z | \theta)}{\epsilon^2}. \quad (6.3)$$

$\mu^O$  es el módulo de distancia observado, definido en 3.25, y  $\mu_\theta$  es el módulo de distancia teórico, en función de los parámetros cosmológicos, mostrado en 3.8.

Nótese que la ecuación 6.3 está pesada por la incertidumbre  $\epsilon^2$ . Esta incertidumbre tiene contribuciones de los siguientes errores :

$$\epsilon^2 = \epsilon_{\mu_0, \text{stat}}^2 + \epsilon_{\mu_\theta, \text{stat}}^2 + \epsilon_{\text{sys}}^2, \quad (6.4)$$

con

$$\epsilon_{\mu_0, \text{stat}}^2 = 6.25(\epsilon_{\log f}^2 + \beta^2 \epsilon_{\log \sigma}^2 + \epsilon_\beta^2 \log \sigma^2 + \epsilon_\alpha^2). \quad (6.5)$$

$\epsilon_{\mu_0, \text{stat}}^2$  son los errores estadísticos o aleatorios de los datos observados, que a su vez incluyen las incertidumbres asociadas al flujo, a la dispersión de velocidades y a la intersección del flujo de la relación  $L(H\beta) - \sigma$ , respectivamente.  $\epsilon_{\mu_\theta, \text{stat}}^2$  son los errores asociados con el módulo de distancia, que pueden ser debido al corrimiento al rojo (para galaxias HII) o a las medidas de cefeidas (para GEHR).  $\epsilon_{\text{sys}}^2$  son los errores sistemáticos, de los cuales se habló en las secciones 3.2.1 y 3.2.2.

Si se desea escribir la función  $\chi^2$  de forma independiente de la constante de Hubble, quedaría como

$$\chi_{HII}^2(\theta) = A(\theta) - 2B(\theta)\mu_0 + C\mu_0^2, \quad (6.6)$$

donde  $A(\theta)$ ,  $B(\theta)$  y  $C$  son parametrizaciones del modelo teórico que minimizan los errores del módulo de distancia. Se definen respectivamente como

$$A(\theta) = \sum_{i=1}^N \frac{[\mu_0(z_i) - 5 \log D_L(z_i, \theta)]^2}{\epsilon^2}, \quad (6.7)$$

$$B(\theta) = \sum_{i=1}^N \frac{\mu_0(z_i) - 5 \log D_L(z_i, \theta)}{\epsilon^2}, \quad (6.8)$$

$$C = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\epsilon^2}, \quad (6.9)$$

con  $D_L$  siendo la distancia de luminosidad, definida en 3.4.

Establecidas las funciones de verosimilitud para las galaxias y regiones HII, se dividieron las muestras de datos como se muestra en la Tabla 6.2. La muestra Local consta de galaxias HII locales con datos de Chavez (2014). La muestra Full incluye datos de la muestra Local y además de datos de Erb et al. (2006), datos espectrográficos tomados por Terlevich et al. (2015), González-Morán et al. (2019) y González-Morán

Tabla 6.2: Acotaciones de las diferentes muestras de datos. Se tomaron las muestras presentadas en la Tabla 5.2 y 5.1. Cabe mencionar que la muestra denominada GM 2021 consta de datos tomados de [González-Morán et al. \(2021\)](#).

Nombre de muestra	Muestras de las Tablas 5.1 y/ó 5.2	Número de objetos
Local	1	107
Full	1,2,3,4,5	181
GM 2021	1,3,4,5	157
GEHR	5.1	36
Global	5.1 y 1,2,3,4,5	217
Global-lit	5.1 y 1,3, 4, 5	193

[et al. \(2021\)](#). La muestra GM 2021 incluye a la muestra Local, datos de [Terlevich et al. \(2015\)](#), datos de [González-Morán et al. \(2019\)](#) y [González-Morán et al. \(2021\)](#). La muestra GEHR consta de datos tomados por [Fernández Arenas et al. \(2018\)](#) para regiones gigantes HII y son los datos de la tabla 5.1. La muestra Global engloba los datos de la muestra GEHR y de la muestra Full. Finalmente, la muestra Global-lit es similar a la muestra Global, pero excluye los datos de [Erb et al. \(2006\)](#).

Definidas las muestras de datos, se establecieron las distribuciones de probabilidad iniciales, mostradas en la la Tabla 6.1 y se empleó el algoritmo Multinest.

La Figura 6.5 muestra los contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de 1 y  $2\sigma$ , para el parámetro  $\{\Omega_m\}$  con distribución a priori uniforme. Los paneles superiores muestran los resultados a partir de la muestra Full (con 181 objetos) y los inferiores a partir de la muestra GM 2021 (con 157 objetos) para galaxias y regiones HII. Los paneles de la izquierda muestran las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y los de la derecha sólo las aleatorias.

Con las mismas muestras de datos, Full y GM 2021, se obtuvo la Figura 6.6, mostrando las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias del lado izquierdo y las aleatorias del lado derecho para los parámetros  $\{h, \Omega_m\}$ . Notese que hay poca degeneración, por lo que  $h$  y  $\Omega_m$  son linealmente independientes.

La Figura 6.7 muestra las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias en el panel superior y las aleatorias en el inferior, para los parámetros  $\{h, \Omega_m, w_0\}$  usando la muestra Full (con 181 objetos). Puede notarse que la degeneración entre  $h$  y  $\Omega_m$  es la menor, seguida por la de  $h$  y  $w_0$  y por último la de  $\Omega_m$  con  $w_0$ . Esto debido a la correlación entre cada parámetro, teniendo así que  $h$  y  $\Omega_m$  tienen mayor independencia lineal entre ellos, seguida de  $h$  con  $w_0$  y finalmente  $\Omega_m$  con  $w_0$ .

Análogamente, en la Figura 6.8 se realiza el mismo análisis utilizando la muestra GM 2021 (con 157 objetos) y el comportamiento es el mismo.

Para finalizar, la Figura 6.9 compara estas mismas muestras para los parámetros  $\{\Omega_m, w_0\}$ . Nótese que existe una alta correlación entre ambos parámetros, pues como

se mencionó, para obtener el valor preciso de  $\Omega_m$  es necesario establecer la época cosmológica, información contenida dentro de  $w_0$ , pues ésta relaciona la densidad del Universo con su presión, lo que tendrá altas repercusiones sobre la densidad de materia.

La Figura 6.10 muestra los contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza  $1\sigma$  y  $2\sigma$  para el parámetro  $\{h\}$  con distribución a priori uniforme. Los paneles superiores son los resultados a partir de la muestra Global (con 217 objetos) y los inferiores para la muestra Global-lit (con 193 objetos) para galaxias y regiones HII. Los paneles de la izquierda muestran las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y los de la derecha, sólo las aleatorias.

La Figura 6.11 muestra los contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de  $1$  y  $2\sigma$ , para los parámetros  $\{\alpha, \beta, h\}$  con distribución a priori uniforme. Los paneles superiores muestran los resultados a partir de la muestra Global (217 objetos) y los inferiores para la muestra Global-lit (193 objetos) para galaxias y regiones HII. Los paneles izquierdas muestran las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y los derechos sólo las aleatorias. nótese que entre  $\alpha$  y  $\beta$  existe una alta degeneración, por lo tanto una alta correlación, esto sucede porque ambos parámetros calibran a la relación  $L(H\beta) - \sigma$ . Como se necesitan ambos parámetros para definir al módulo de distancia, con el cual se obtiene el valor de  $h$ , al compararlos respecto a este parámetro, existe degeneración, por lo tanto, hay una dependencia lineal, es decir,  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $h$  están correlacionados.

La Figura 6.12 muestra los contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de  $1$  y  $2\sigma$ , para los parámetros  $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m\}$  con distribución a priori uniforme, a partir de la muestra Global (con 217 objetos) para galaxias y regiones HII. El panel superior muestra las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y el inferior sólo las aleatorias. Puede notarse que todos los parámetros muestran algún grado de dependencia lineal, siendo  $\alpha$  y  $\beta$  los de mayor grado, seguido de  $\beta$  y  $h$ ,  $\alpha$  y  $h$ , esto debido a que ambos parámetros son necesarios para calcular  $h$ . Seguido se tiene  $\beta$  y  $\Omega_m$ , donde  $\beta$  establece la relación entre la luminosidad y la dispersión de velocidades. Posteriormente se tiene a  $h$  y  $\Omega_m$ . Se finaliza con  $\alpha$  y  $\Omega$ , teniendo la menor degeneración en este caso porque  $\alpha$  se relaciona con la luminosidad, y esa es una propiedad intrínseca de las fuentes.

Análogamente, la Figura 6.13 presenta este mismo análisis usando la muestra Global-lit (con 193 objetos). Puede notarse que el comportamiento es el mismo.

Para la muestra Global (con 217 objetos), las Figuras 6.14 y 6.15 muestran las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y solamente las aleatorias, respectivamente, para los parámetros  $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0\}$ . Puede verse que al añadir más parámetros el área de los niveles de confianza, aumenta, porque la linealidad se comienza a ver afectada por las restricciones de cada parámetro. Nótese que como se ha venido observando, la restricción de  $\Omega_m$  con  $w_0$  es altamente degenerada.



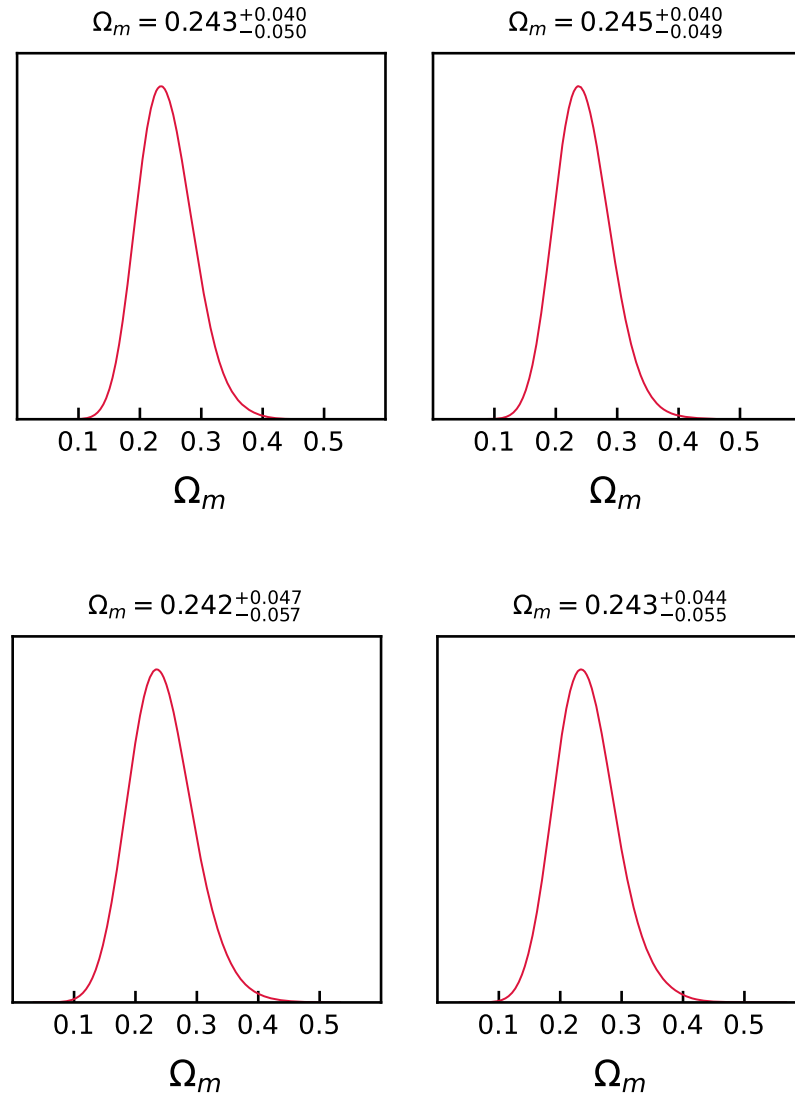


Figura 6.5: Distribuciones posteriores de la función de verosimilitud para el parámetro  $\{\Omega_m\}$  con distribución a priori uniforme. Los paneles superiores muestran los resultados a partir de la muestra Full (con 181 objetos) y los inferiores a partir de la muestra GM 2021 (con 157 objetos) para galaxias y regiones HII. Los paneles de la izquierda muestran las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y los de la derecha sólo las aleatorias.

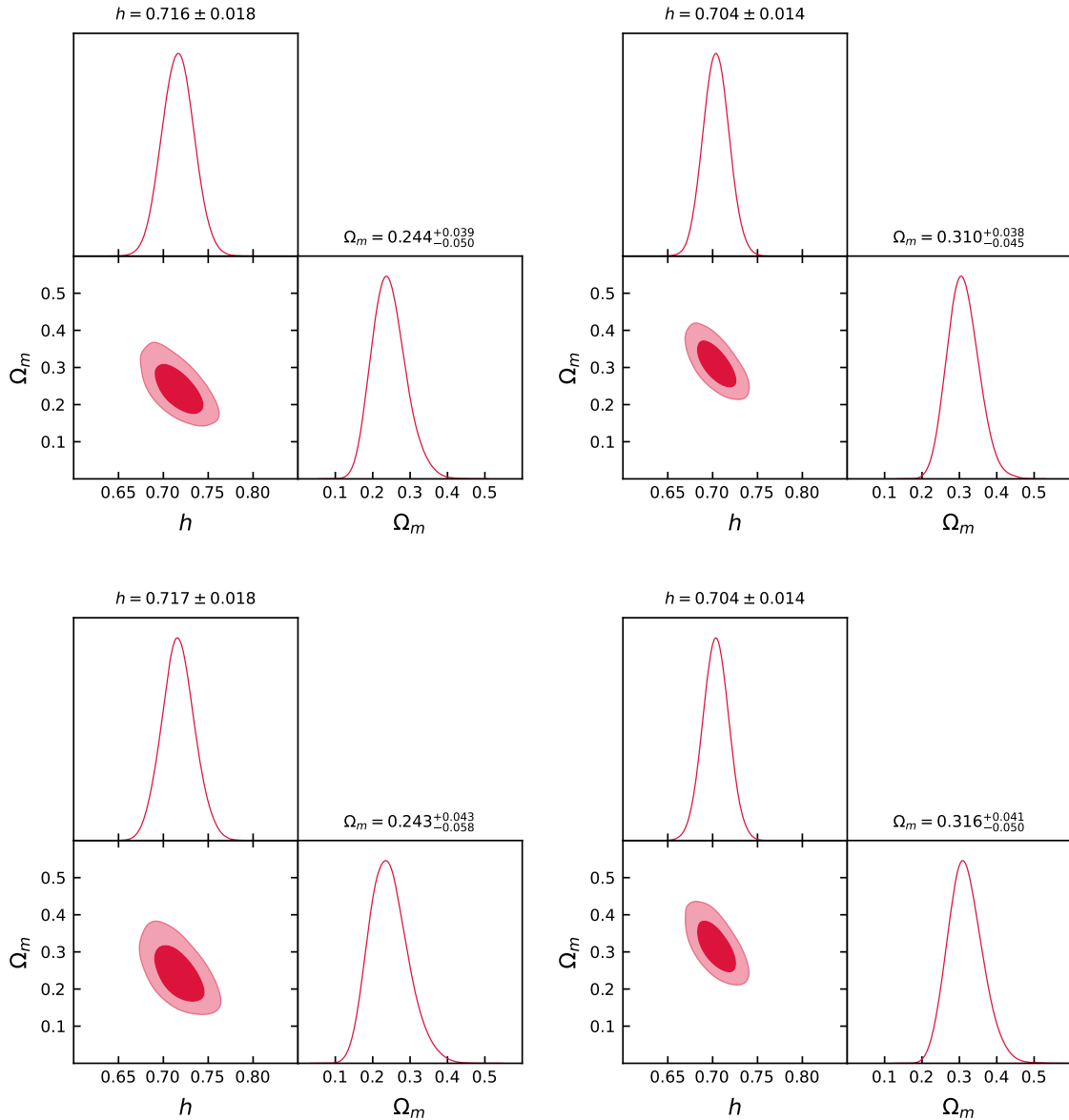


Figura 6.6: Contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de 1 y  $2\sigma$ , para los parámetros  $\{h, \Omega_m\}$  con distribución a priori uniforme. Los paneles superiores muestran los resultados a partir de la muestra Full (con 181 objetos) y los inferiores a partir de la muestra GM 2021 (con 157 objetos) para galaxias y regiones HII. Los paneles de la izquierda muestran las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y los de la derecha sólo las aleatorias.

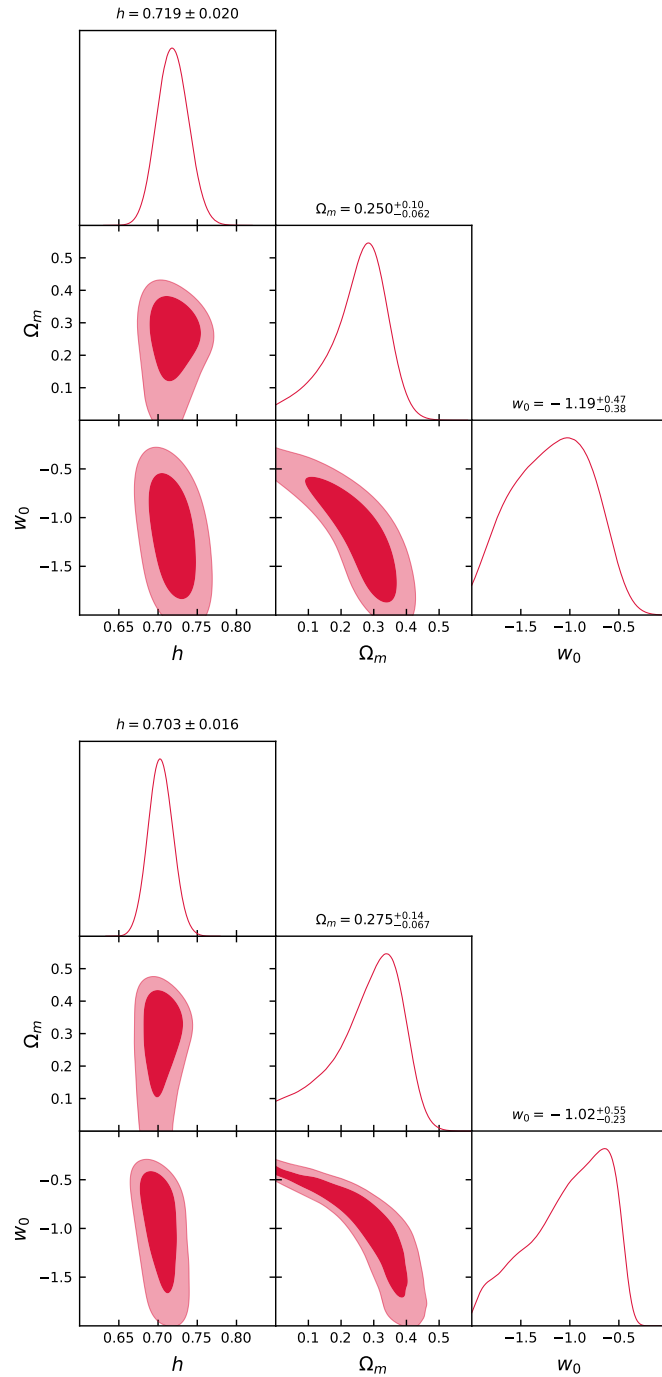


Figura 6.7: Contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de 1 y  $2\sigma$ , para los parámetros  $\{h, \Omega_m, w_0\}$  con distribución a priori uniforme, a partir de la muestra Full (con 181 objetos) para galaxias y regiones HII. El panel superior muestra las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y el inferior sólo las aleatorias.

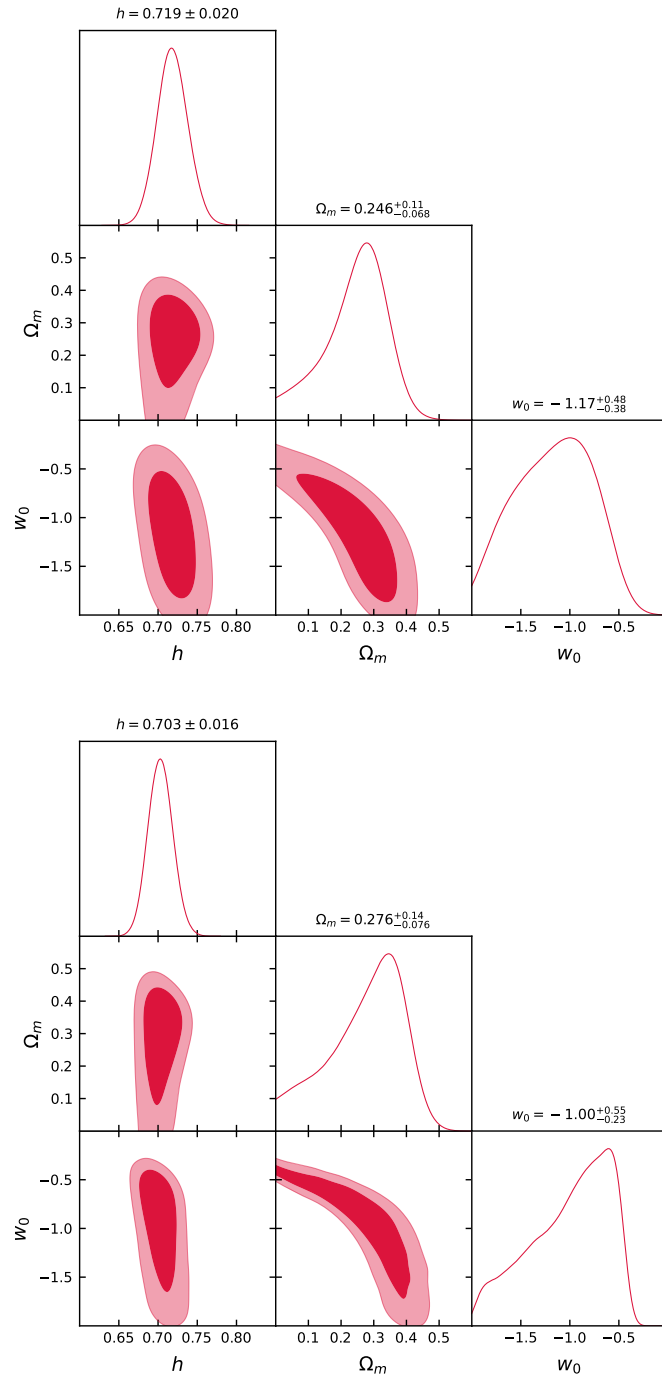


Figura 6.8: Contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de 1 y  $2\sigma$ , para los parámetros  $\{h, \Omega_m, w_0\}$  con distribución a priori uniforme, a partir de la muestra GM 2021 (con 157 objetos) para galaxias y regiones HII. El panel superior muestra las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y el inferior sólo las aleatorias.

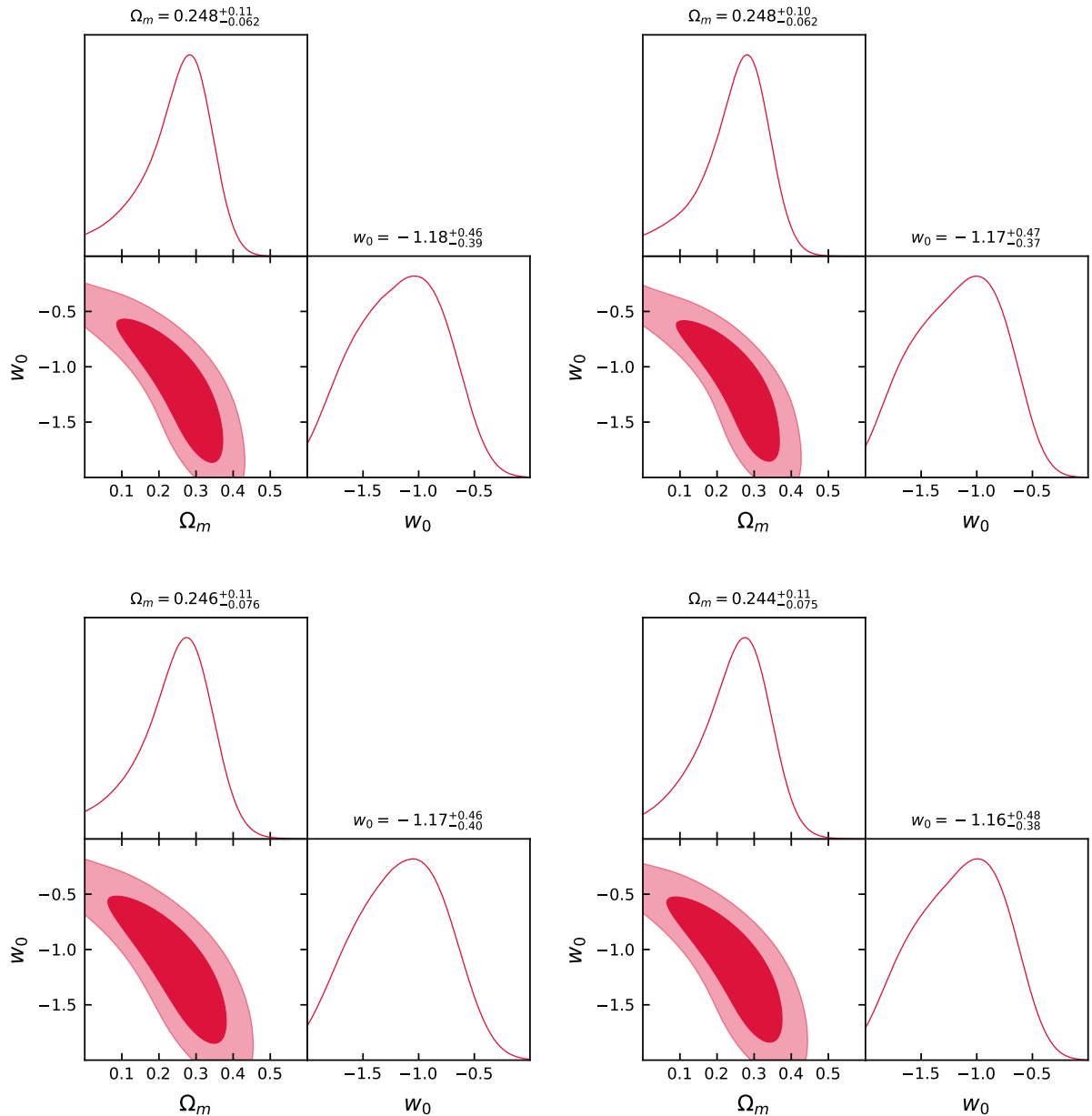


Figura 6.9: Contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de 1 y  $2\sigma$ , para los parámetros  $\{\Omega_m, w_0\}$  con distribución a priori uniforme. Los paneles superiores muestran los resultados a partir de la muestra Full (con 181 objetos) y los inferiores a partir de la muestra GM 2021 (con 157 objetos) para galaxias y regiones HII. Los paneles de la izquierda muestra las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y los de la derecha sólo las aleatorias.

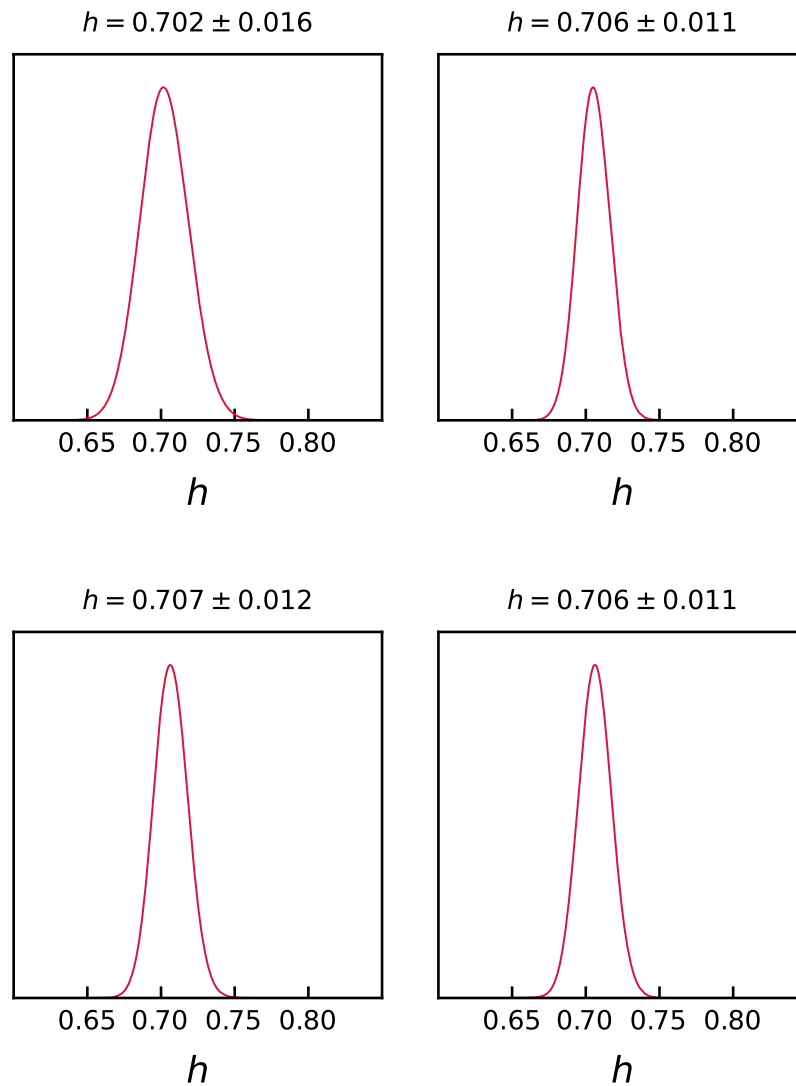


Figura 6.10: Distribuciones posteriores de la función de verosimilitud para los parámetros  $\{h\}$  con distribución a priori uniforme. Los paneles superiores son los resultados a partir de la muestra Global (con 217 objetos) y los inferiores a partir de la muestra Global-lit (con 193 objetos) para galaxias y regiones HII. Los paneles de la izquierda muestran las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y los de la derecha sólo las aleatorias.

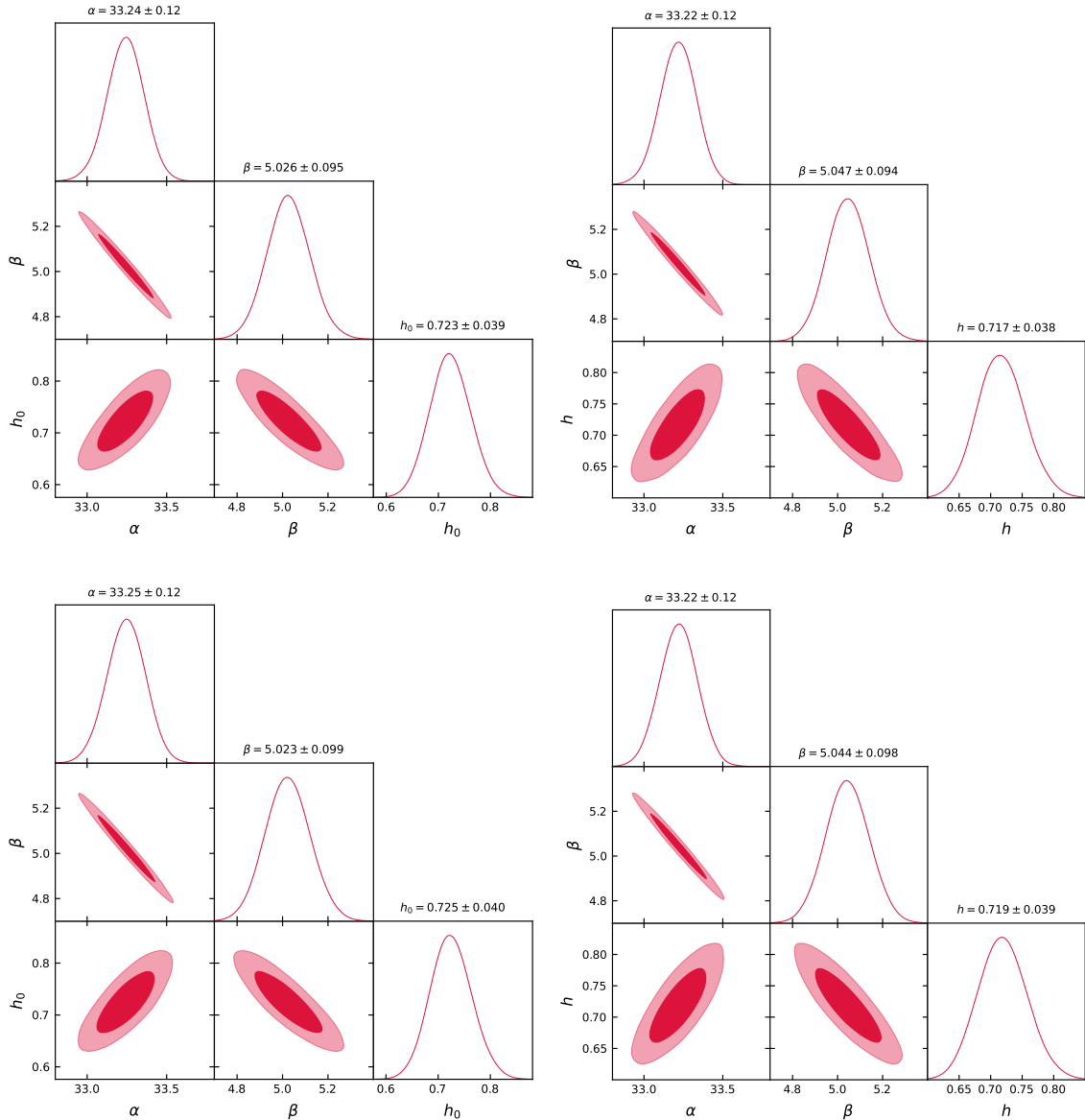


Figura 6.11: Contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de 1 y  $2\sigma$ , para los parámetros  $\{\alpha, \beta, h\}$  con distribución a priori uniforme. Los paneles superiores muestran los resultados a partir de la muestra Global (217 objetos) y los inferiores para la muestra Global-lit (193 objetos) para galaxias y regiones HII. Los paneles izquierdas muestran las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y los derechos sólo las aleatorias.

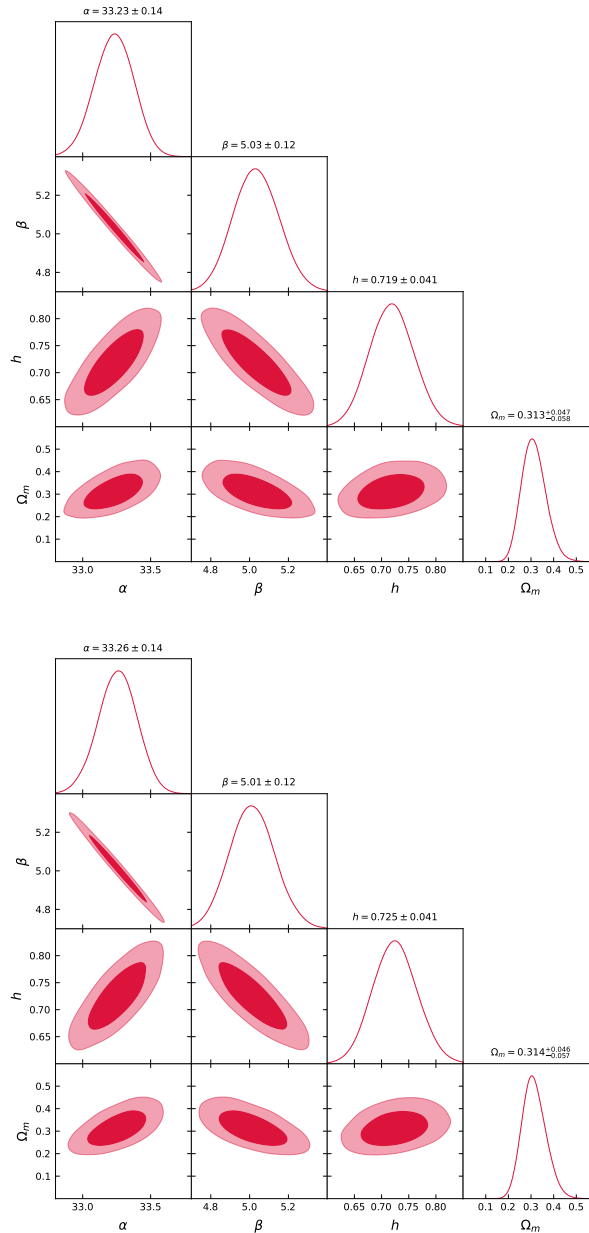


Figura 6.12: Contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de 1 y  $2\sigma$ , para los parámetros  $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m\}$  con distribución a priori uniforme, a partir de la muestra Global (con 217 objetos) para galaxias y regiones HII. El panel superior muestra las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y el inferior sólo las aleatorias.



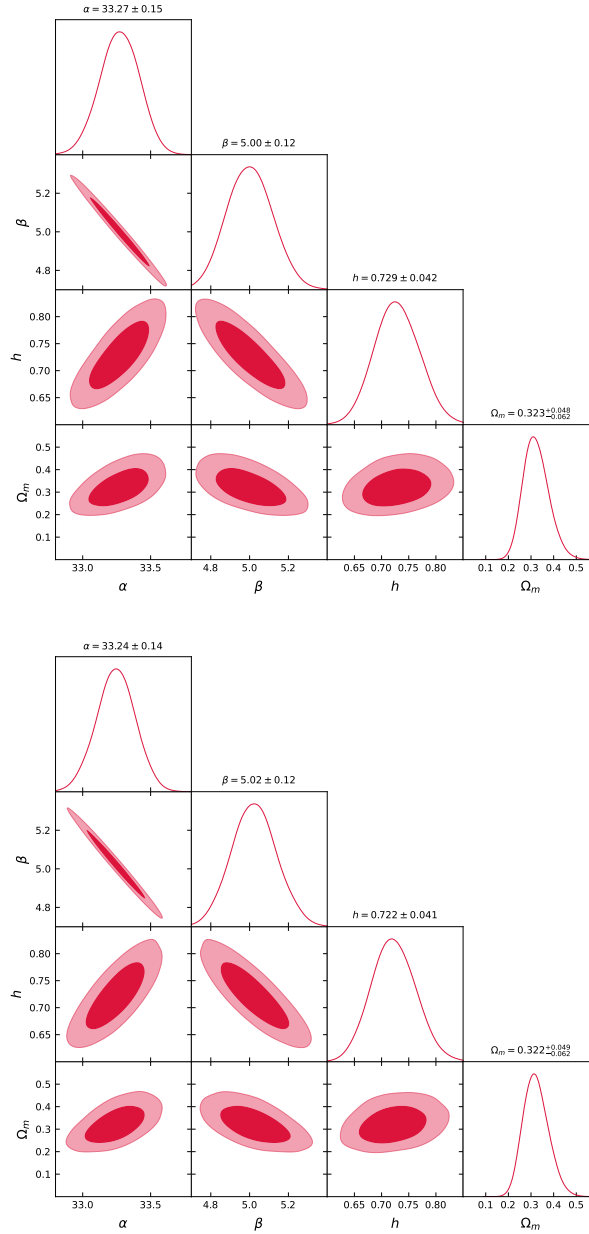


Figura 6.13: Contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de 1 y  $2\sigma$ , para los parámetros  $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m\}$  con distribución a priori uniforme, a partir de la muestra Global-lit (con 193 objetos) para galaxias y regiones HII. El panel superior muestra las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y el inferior sólo las aleatorias.

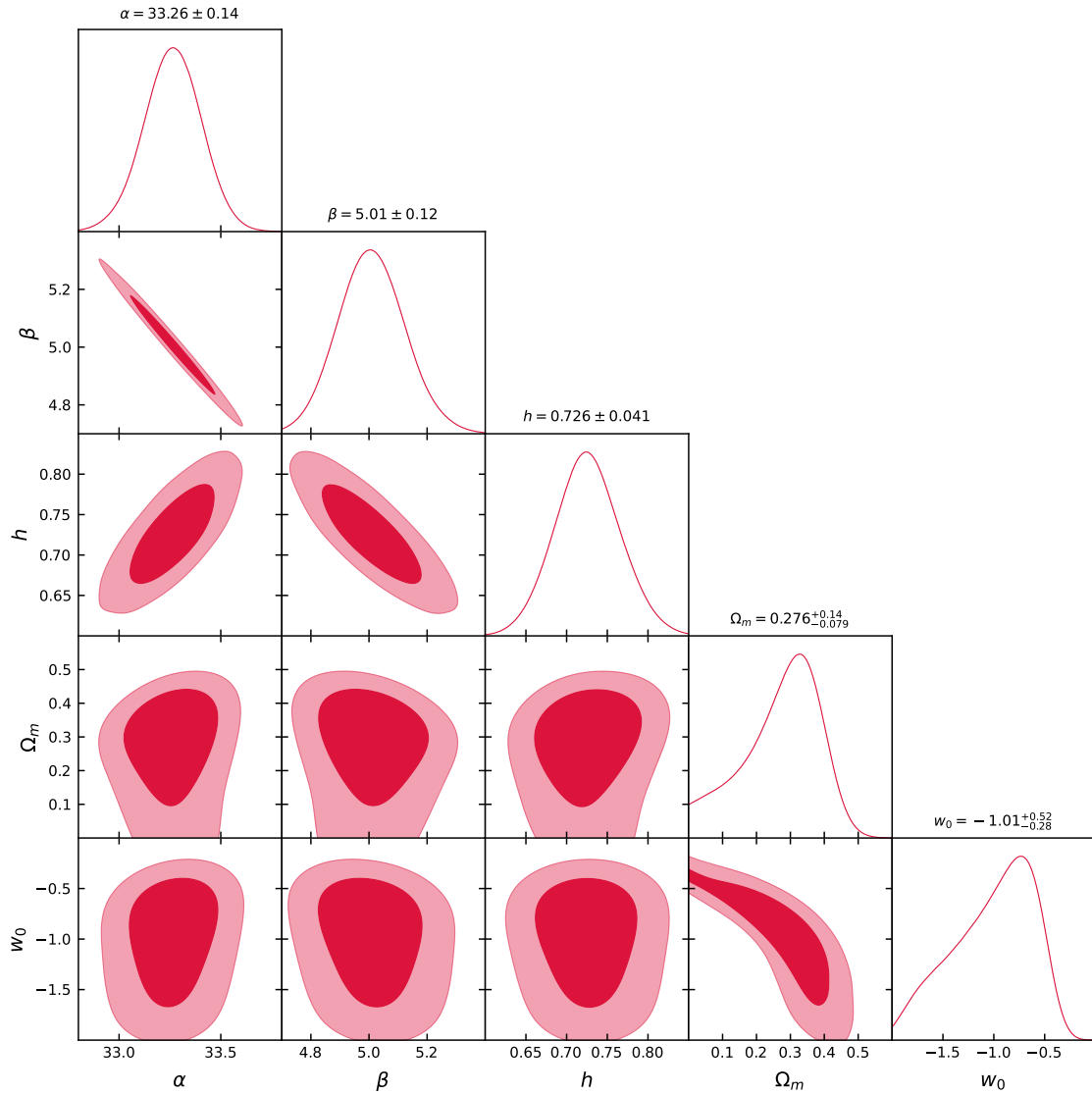


Figura 6.14: Contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de 1 y  $2\sigma$ , para los parámetros  $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0\}$  con distribución a priori uniforme, a partir de la muestra Global (con 217 objetos) para galaxias y regiones HII, mostrando solamente las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias.

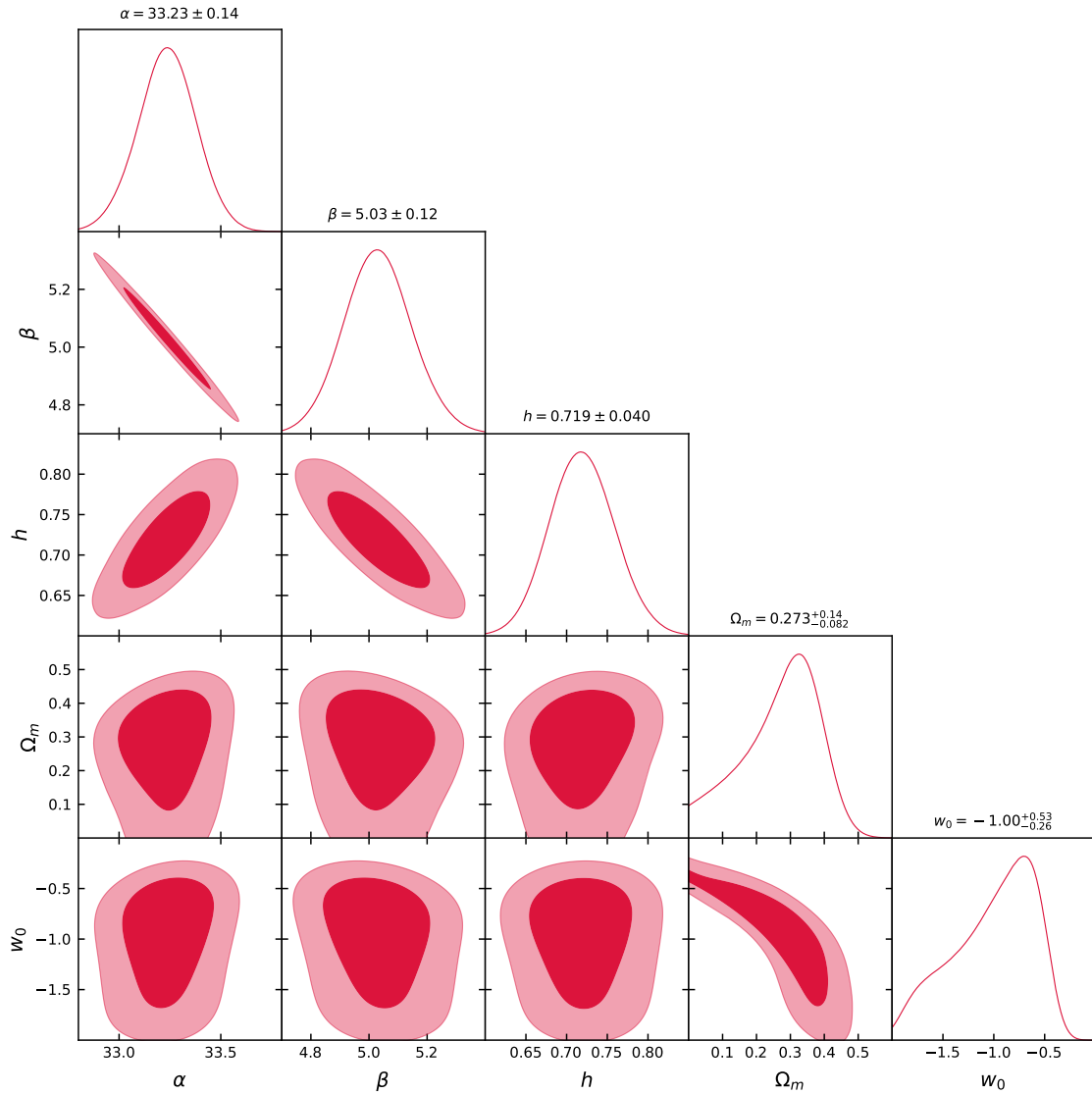


Figura 6.15: Contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de 1 y  $2\sigma$ , para los parámetros  $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0\}$  con distribución a priori uniforme, a partir de la muestra Global (con 217 objetos) para galaxias HII mostrando solamente las incertidumbres aleatorias.

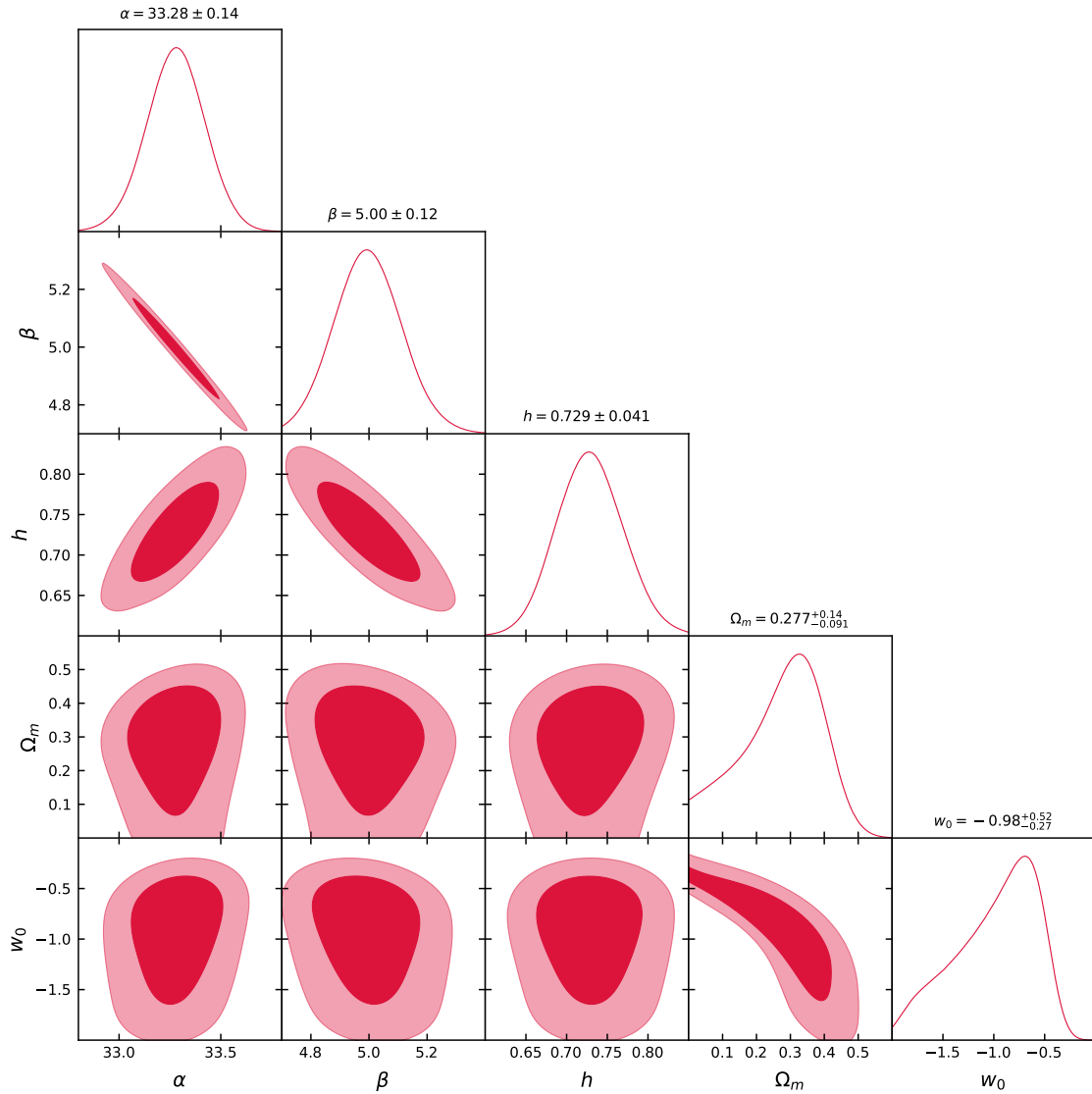


Figura 6.16: Contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de 1 y  $2\sigma$ , para los parámetros  $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0\}$  con distribución a priori uniforme, a partir de la muestra Global-lit (con 193 objetos) para galaxias y regiones HII mostrando las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias.

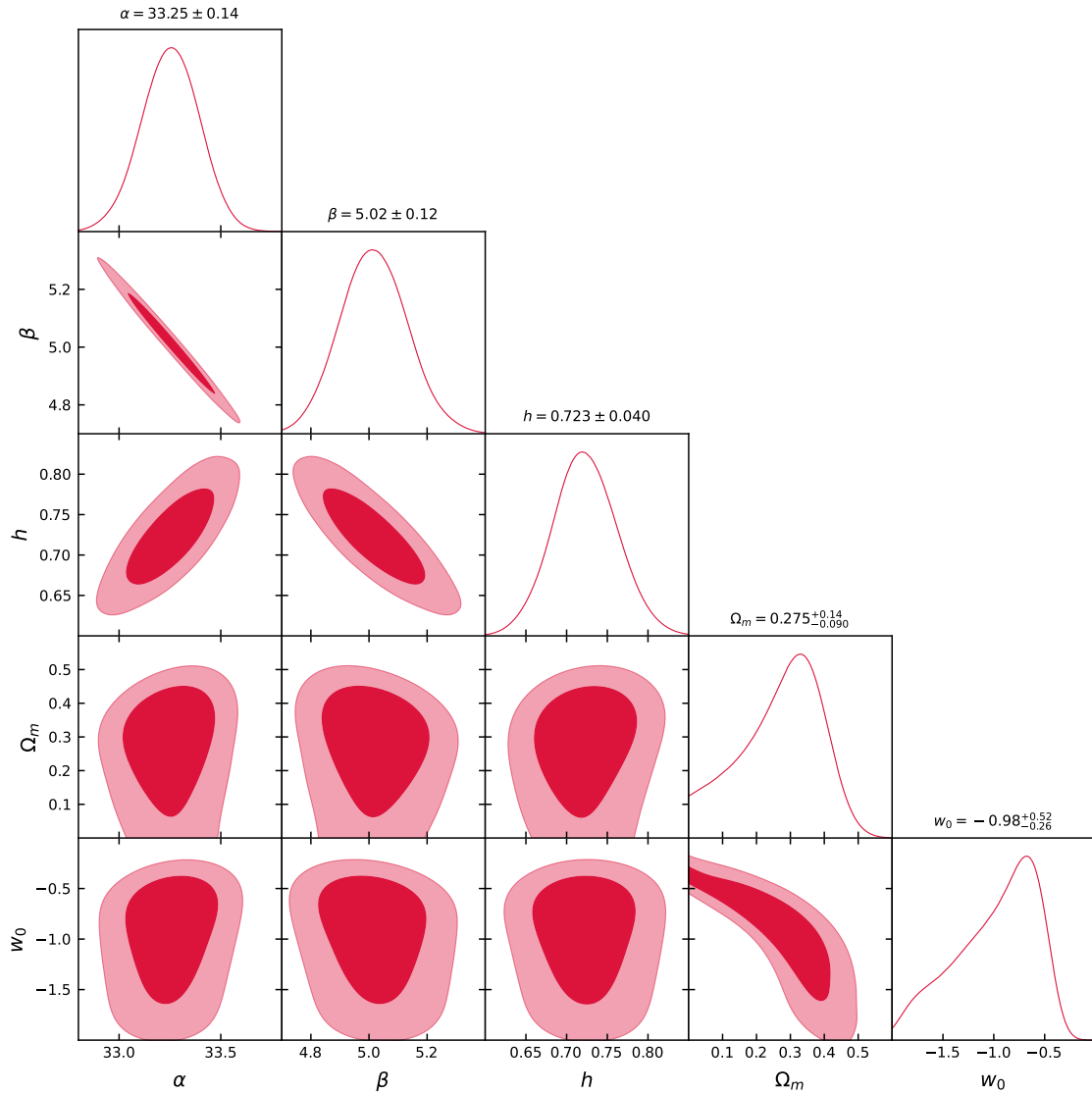


Figura 6.17: Contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de 1 y  $2\sigma$ , para los parámetros  $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0\}$  con distribución a priori uniforme, a partir de la muestra Global-lit (con 193 objetos) para galaxias y regiones HII mostrando solamente las incertidumbres aleatorias.

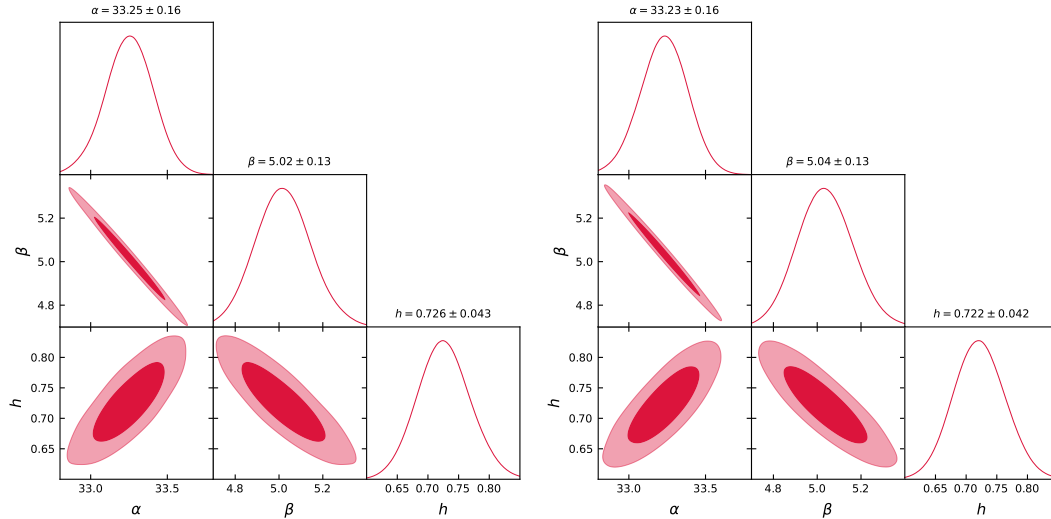


Figura 6.18: Distribuciones posteriores de la función de verosimilitud para los parámetros  $\{\alpha, \beta, h\}$  con distribución a priori uniforme, para galaxias y regiones HII con  $z < 0.1$  (128 objetos). El panel de la izquierda muestra los resultados para las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y el derecho, sólo las aleatorias.

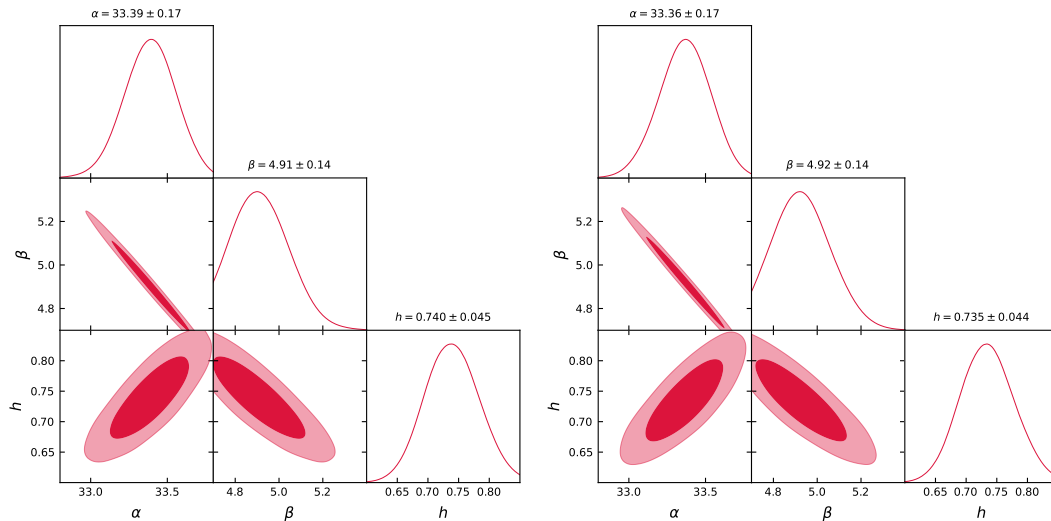


Figura 6.19: Distribuciones posteriores de la función de verosimilitud para los parámetros  $\{\alpha, \beta, h\}$  con distribución a priori uniforme, para galaxias y regiones HII con  $z < 0.08$  (117 objetos). El panel de la izquierda muestra los resultados para las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y el derecho, sólo las aleatorias.

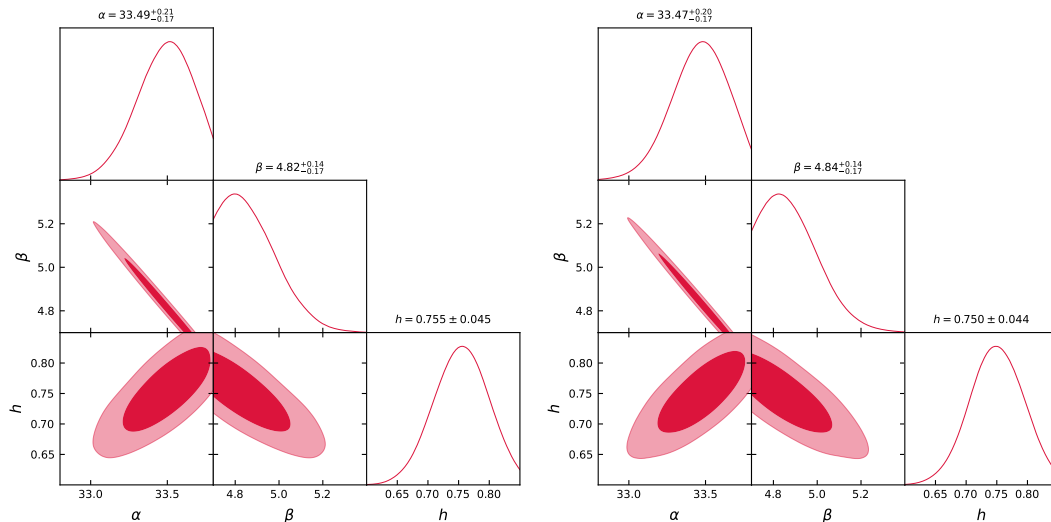


Figura 6.20: Distribuciones posteriores de la función de verosimilitud para los parámetros  $\{\alpha, \beta, h\}$  con distribución a priori uniforme, para galaxias y regiones HII con  $z < 0.04$  (88 objetos). El panel de la izquierda muestra los resultados para las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y el derecho, sólo las aleatorias.

Análogamente, para la muestra Global-lit (con 193 objetos) las Figuras 6.16 y 6.17 muestran las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y solamente las aleatorias, respectivamente, siguiendo el análisis anterior. El comportamiento es el similar.

Finalmente, las Figuras 6.18, 6.19 y 6.19 muestran las distribuciones posteriores para los parámetros  $\{\alpha, \beta, h\}$  a partir diferentes restricciones para el corrimiento al rojo para galaxias y regiones HII, como son  $z < 0.1$  (con 128 objetos),  $z < 0.08$  (con 117 objetos) y  $z < 0.04$  (con 88 objetos), respectivamente. Para ello se usó la cosmología *Flat $\Lambda$ CDM* de Astropy (ver anexo 6.5), cuyos valores cosmológicos son los siguientes:

- $H_0 = 70 \text{ km/Mpc/s}$ ,
- $\Omega_{m0} = 0.3$ ,
- $w_0 = -1.0$ .

Los paneles de la izquierda representan los resultados para las incertidumbres sistemáticas junto con las aleatorias y los derechos sólo las aleatorias. Puede notarse que conforme el corrimiento al rojo disminuye, el valor para  $h$  aumenta. Esto podría suceder, según lo propuesto por Tully et al. (2023), debido a los movimientos peculiares, los cuales son considerables a bajo corrimiento al rojo y además acarrear incertidumbres mayores, por lo que su corrección tendría que revisarse cuidadosamente.

## 6.3. CMB

La función de verosimilitud para usar datos del CMB es la siguiente:

$$\mathcal{L}_{CMB} \propto \exp\left[-\frac{1}{2}\Delta\mathbf{C}^{-1}\Delta^\dagger\right], \quad (6.10)$$

donde  $\mathbf{C}^{-1}$  es la matriz de covarianza presentada en 5.3 y  $\Delta$  representa los residuos del vector de parámetros  $\mathbf{P}_o$  definido en 3.19, es decir,

$$\mathbf{P}_o = \{l_a, R, \omega_b\}, \quad (6.11)$$

que, escrito con los valores correspondientes mostrados en la Tabla 5.4, es igual a

$$\mathbf{P}_o = \{301.77 \pm 0.09, 1.7482 \pm 0.0048, 0.02226 \pm 0.00016\}. \quad (6.12)$$

De esta manera, los residuales se definen como

$$\Delta = \mathbf{P}_\theta - \mathbf{P}_o. \quad (6.13)$$

La Figura 6.21 muestra los contornos de las distribuciones posteriores de los parámetros cosmológicos  $\{h, \Omega_m, w_0\}$  siguiendo una cosmología *Flat $w_0$ waCDM*, usando datos del CMB. Puede notarse que el valor presentado para  $h$  no coincide con el reportado por [Planck Collaboration et al. \(2020\)](#), esto debido a que este parámetro está restringido de manera diferente, pues sólo se analiza una muestra de todos los datos obtenidos por esta colaboración. Además, como se ha venido observando, existe una alta degeneración entre  $h$  y  $w_0$ , sugiriendo que ambos parámetros son fuertemente dependientes en este modelo, por lo que no se puede medir uno sin medirse el otro. Por su parte, tanto  $h$  y  $\Omega_m$  como  $w_0$  y  $\Omega_m$  presentan una alta correlación entre sí. El primer caso se debe a que, siguiendo las ecuaciones de Friedman, para calcular la densidad de materia se debe conocer el valor de la constante de Hubble. El segundo caso es debido a que, como se ha estado comentando, la mediación de la densidad de materia dependerá de la época cosmológica.

## 6.4. BAOs

La función de verosimilitud para BAOs es

$$\mathcal{L}_{BAO} \propto \exp\left[-\frac{1}{2}\Delta_z\mathbf{C}^{-1}\Delta_z^\dagger\right]. \quad (6.14)$$



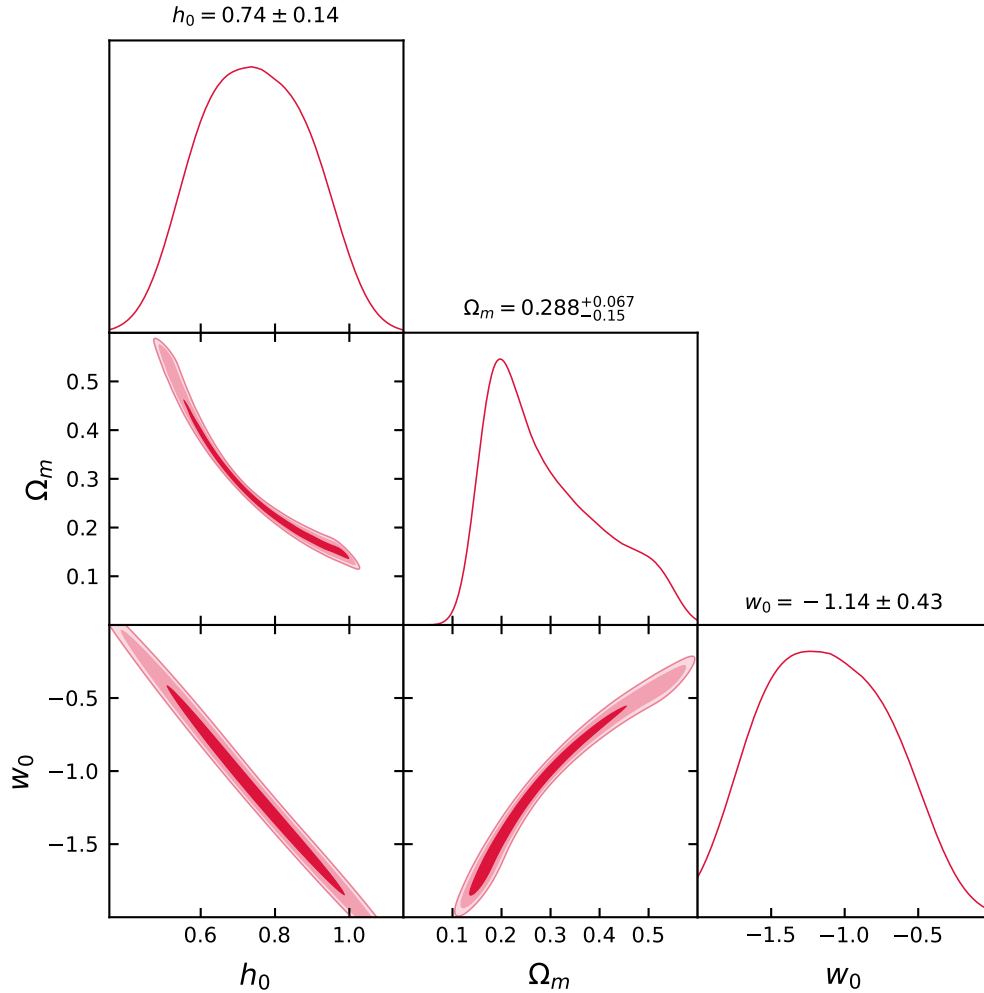


Figura 6.21: Contornos de la función de verosimilitud para  $\{h, \Omega_m, w_0\}$  usando la distribución a priori de la Tabla 6.1 para el CMB.

Aunque (6.10) y (6.14) son similares, nótese que aquí el vector de residuos tiene una dependencia del corrimiento al rojo pues, como se mencionó en la sección 5.4, la definición de distancia empleada para estos objetos se determina según su lejanía, y esto repercute en su módulo de distancia. Así, se define  $\Delta_z$  como

$$\Delta_z = \mathbf{P}_{z,\theta} - \mathbf{P}_o, \quad (6.15)$$

con el vector de parametros

$$\mathbf{P}_{z,\theta} = \{\lambda(z_i, \theta)\}. \quad (6.16)$$

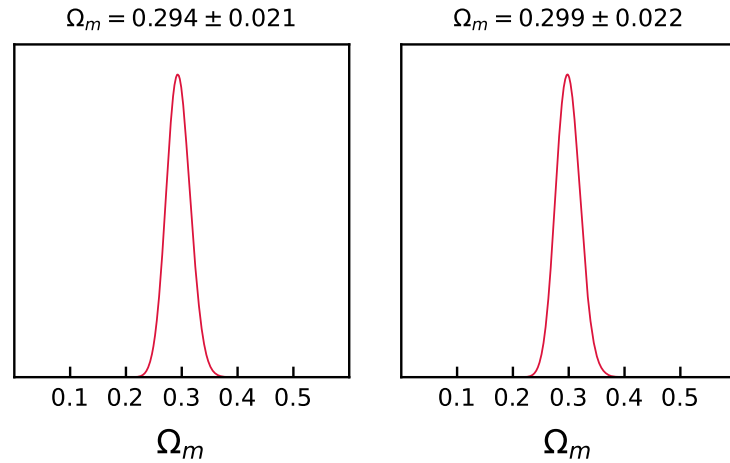


Figura 6.22: Distribución posterior de la función de verosimilitud para  $\{\Omega_m\}$  usando la distribución a priori de la Tabla 6.1 para la muestra de datos de BAOs. El panel izquierdo muestra el valor del parámetro considerando los primeros 6 objetos de la Tabla 5.5 (sensores de galaxias) y en el panel derecho considera todos los datos, incluyendo sensores de galaxias y cúasares.

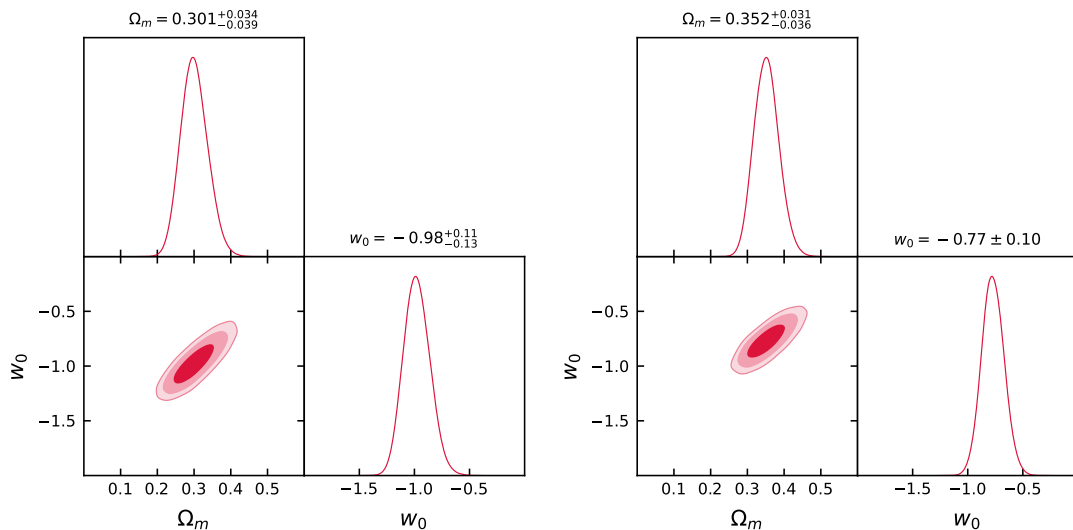


Figura 6.23: Contornos de la función de verosimilitud a niveles de confianza de 1 y  $2\sigma$  para  $\{\Omega_m, w_0\}$  usando la distribución a priori de la Tabla 6.1 para la muestra de datos de BAOs. El panel izquierdo muestra el valor del parámetro considerando los primeros 6 objetos de la Tabla 5.5 (sensores de galaxias) y en el panel derecho considera todos los datos de la tabla ya mencionada, que incluye sensores de galaxias y cúasares.

La Figura 6.22 muestra la distribución posterior de la función de verosimilitud para  $\{\Omega_m\}$  usando la distribución a priori de la Tabla 6.1 para la muestra de datos de BAOs. El panel izquierdo muestra el valor del parámetro considerando los primeros 6 objetos de la Tabla 5.5, que representan sensores de galaxias y en el panel derecho considera todos los datos, incluyendo sensores de galaxias y cúasares.

Con lo mismos datos, la Figura 6.23 muestra los contornos de la función de verosimilitud para  $\{\Omega_m, w_0\}$ . Puede notarse que la correación entre ambos parámetros es poco degenerada, por lo que presentan independencia lineal, es decir, se pueden obtener de manera independiente usando datos de BAOs.

## 6.5. Resultados en conjunto

Con el fin de facilitar la comparación entre los resultados obtenidos de las secciones 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4; las Tablas 6.3 y 6.4 recopilan los resultados para los parámetros de referencia y los cosmológicos, respectivamente. La primera muestra los valores del parámetro de referencia para las SNIa,  $M_B$ , y los parámetros de referencia para galaxias y regiones HII,  $\alpha$  y  $\beta$  mediante diferentes parámetros restringidos.

Puede notarse que en el caso de las SNIa, el valor obtenido para  $M_B$  siguiendo la restricción  $\{M_B, h\}$  se tiene que  $M_B = -19.248 \pm 0.0029$ , el cual es muy similar con el presentado por [Riess et al. \(2022\)](#),  $M_B = -19.253$ .

Por su parte, para galaxias y regiones HII usando la muestra Global-lit, que contiene 193 objetos, y siguiendo la restricción  $\{\alpha, \beta, h\}$  se tienen que  $\alpha = 33.25 \pm 0.12$  y  $\beta = 5.023 \pm 0.099$ . Por su parte, para la muestra Global, que contiene 217 objetos, se tiene  $\alpha = 33.24 \pm 0.12$  y  $\beta = 5.026 \pm 0.095$ . En contraste con los resultados de [González-Morán et al. \(2021\)](#), donde  $\alpha = 33.268 \pm 0.083$  y  $\beta = 5.022 \pm 0.058$ ; nuestros resultados coinciden, pues son similares a los presentados en el estudio referido.

La Tabla 6.4 agrupa los diferentes resultados para los parámetros cosmológicos  $h, \Omega_m, w_0$  y  $w_a$  para diferentes parámetros restringidos. Para ilustrar esta comparación, las Figuras 6.24, 6.25 y 6.26 comparan sólo los valores de  $h, \Omega_m$  y  $w_0$  respectivamente.

La Figura 6.24 es la gráfica de comparación para  $h$  recopilando las diferentes restricciones y para las muestras de datos presentada en las secciones 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4. La banda morada corresponde al valor reportado por [Planck Collaboration et al. \(2020\)](#),  $h = 0.6727 \pm 0.0060$ ; la banda verde corresponde al valor reportado por [Fernández Arenas et al. \(2018\)](#),  $h = 0.71 \pm 0.035$ , la banda naranja representa el valor reportado por [Brout et al. \(2022\)](#) con  $h = 0.735 \pm 0.011$  y la banda rosa es el valor reportado por [Tully et al. \(2023\)](#) con  $h = 0.746 \pm 0.031$ .

Puede notarse que en general, los resultados para SNIa se encuentran dentro del intervalo acotado por el resultado de [Brout et al. \(2022\)](#). Por su parte, para la muestra Full y GM 2021 los valores de  $h$  no se dispersan considerablemente, pero para las

muestras Global-lit y Global sí existe una dispersión considerable. Esto se relaciona con el número de parámetros en la restricción. De esta manera, a mayor número de parámetros en la restricción, la dispersión en las barras de error se dispersan, debido a la sensibilidad de la media, con la cual se calculan los intervalos de confianza.

Tabla 6.3: Valores para parámetros de referencia para SNIa, galaxias y regiones HII mediante la combinación de diferentes restricciones para los parámetros tanto de referencia como cosmológicos.

Restricción	$M_B$	Muestra	$\alpha$	$\beta$
		<b>SNIa</b>		
		<b>N=1701</b>		
$\{M_B, h\}$	$-19.248 \pm 0.029$			
$\{M_B, \Omega_m\}$	$-19.2469 \pm 0.0068$			
$\{M_B, h, \Omega_m\}$	$-19.248 \pm 0.029$			
$\{M_B, h, \Omega_m, w_0\}$	$-19.247 \pm 0.029$			
$\{M_B, h, \Omega_m, w_0, w_a\}$	$-19.247 \pm 0.029$			
		<b>HIIG y GEHR</b>		
		<b>Global-lit</b>		
		<b>N=193</b>		
$\{\alpha, \beta, h\}$			$33.25 \pm 0.12$	$5.023 \pm 0.099$
$\{\alpha, \beta, h, \Omega_m\}$			$33.27 \pm 0.15$	$5.00 \pm 0.12$
$\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0\}$			$33.28 \pm 0.14$	$5.00 \pm 0.12$
$\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0, w_a\}$			$33.29 \pm 0.14$	$4.99 \pm 0.12$
		<b>Global</b>		
		<b>N=217</b>		
$\{\alpha, \beta, h\}$			$33.24 \pm 0.12$	$5.026 \pm 0.095$
$\{\alpha, \beta, h, \Omega_m\}$			$33.26 \pm 0.14$	$5.01 \pm 0.12$
$\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0\}$			$33.26 \pm 0.14$	$5.01 \pm 0.12$
$\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0, w_a\}$			$33.24 \pm 0.14$	$5.03 \pm 0.12$
		<b>z&lt;0.1</b>		
		<b>N=128</b>		
$\{\alpha, \beta, h\}$			$33.25 \pm 0.16$	$5.02 \pm 0.13$
		<b>z&lt;0.08</b>		
		<b>N=117</b>		
$\{\alpha, \beta, h\}$			$33.39 \pm 0.17$	$4.91 \pm 0.14$
		<b>z&lt;0.04</b>		
		<b>N=88</b>		
$\{\alpha, \beta, h\}$			$33.49^{+0.21}_{-0.17}$	$4.82^{+0.14}_{-0.17}$

Tabla 6.4: Valores de los parámetros cosmológicos para SNIa, galaxias y regiones HI, datos de CMB y BAOs obtenidos mediante la combinación de diferentes restricciones para los parámetros tanto de referencia como cosmológicos.

(1) Reestricción	(2) $h$	(3) Muestra	(4) $\Omega_m$	(5) $w_0$	(6) $w_a$
<b>SNIa N=1701</b>					
$\{h\}$	$0.7324 \pm 0.0012$				
$\{h, \Omega_m\}$	$0.7283 \pm 0.0023$		$0.362 \pm 0.019$		
$\{M_B, h\}$	$0.734 \pm 0.010$				
$\{M_B, \Omega_m\}$			$0.362 \pm 0.018$		
$\{M_B, h, \Omega_m\}$	$0.734 \pm 0.010$		$0.333 \pm 0.018$		
$\{M_B, h, \Omega_m, w_0\}$	$0.733 \pm 0.010$		$0.284^{+0.081}_{-0.057}$	$-0.90^{+0.16}_{-0.13}$	
$\{M_B, h, \Omega_m, w_0, w_a\}$	$0.733 \pm 0.010$		$0.260^{+0.13}_{-0.065}$	$-0.89^{+0.17}_{-0.13}$	$0.06^{+0.78}_{-0.43}$
<b>HIIG y GEHR Full N=181</b>					
$\{\Omega_m\}$			$0.243^{+0.040}_{-0.050}$		
$\{\Omega_m, w_0\}$			$0.248^{+0.11}_{-0.062}$	$-1.18^{+0.46}_{-0.39}$	
$\{h, \Omega_m\}$	$0.716 \pm 0.018$		$0.244^{+0.039}_{-0.050}$		
$\{h, \Omega_m, w_0\}$	$0.719 \pm 0.020$		$0.250^{+0.10}_{-0.062}$	$-1.19^{+0.47}_{-0.38}$	
<b>GM 2021 N=157</b>					
$\{\Omega_m\}$			$0.242^{+0.047}_{-0.057}$		
$\{\Omega_m, w_0\}$			$0.246^{+0.11}_{-0.076}$	$-1.17^{+0.46}_{-0.40}$	
$\{h, \Omega_m\}$	$0.717 \pm 0.018$		$0.243^{+0.043}_{-0.058}$		
$\{h, \Omega_m, w_0\}$	$0.719 \pm 0.020$		$0.246^{+0.11}_{-0.068}$	$-1.17^{+0.48}_{-0.38}$	
<b>Global-lit N=193</b>					
$\{h\}$	$0.707 \pm 0.012$				
$\{\alpha, \beta, h\}$	$0.725 \pm 0.040$				
$\{\alpha, \beta, h, \Omega_m\}$	$0.729 \pm 0.042$		$0.323^{+0.048}_{-0.062}$		
$\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0\}$	$0.729 \pm 0.041$		$0.277^{+0.14}_{-0.091}$	$-0.98^{+0.52}_{-0.27}$	
$\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0, w_a\}$	$0.729 \pm 0.040$		$0.293^{+0.13}_{-0.081}$	$-0.85^{+0.61}_{-0.30}$	$-0.76^{+0.048}_{-1.2}$
<b>Global N=207</b>					
$\{h\}$	$0.702 \pm 0.016$				
$\{\alpha, \beta, h\}$	$0.723 \pm 0.039$				
$\{\alpha, \beta, h, \Omega_m\}$	$0.725 \pm 0.041$		$0.314^{+0.047}_{-0.058}$		
$\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0\}$	$0.726 \pm 0.041$		$0.276^{+0.14}_{-0.079}$	$-1.01^{+0.52}_{-0.28}$	
$\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0, w_a\}$	$0.718 \pm 0.040$		$0.287^{+0.12}_{-0.072}$	$-0.87^{+0.59}_{-0.31}$	$-0.73^{+0.51}_{-1.2}$
<b>z&lt;0.1 128</b>					
$\{\alpha, \beta, h\}$	$0.726 \pm 0.043$				
<b>z&lt;0.08</b>					

Continúa en la pagina siguiente . . .

(1) Reestricción	(2) $h$	(3) Muestra	(4) $\Omega_m$	(5) $w_0$	(6) $w_a$
		<b>117</b>			
$\{\alpha, \beta, h\}$	$0.740 \pm 0.045$	<b>z&lt;0.04</b>			
		<b>88</b>			
		<b>CMB</b>			
$\{h, \Omega_m, w_0\}$	$0.74 \pm 0.14$		$0.288^{+0.067}_{-0.15}$	$-1.14 \pm 0.43$	
$\{\Omega_m, w_0, \omega_b\}$			$0.3107 \pm 0.0029$	$-0.954 \pm 0.020$	
		<b>BAOs</b>			
		<b>N=6</b>			
$\{\Omega_m\}$			$0.294 \pm 0.021$		
		<b>N=10</b>			
$\{\Omega_m\}$			$0.299 \pm 0.022$		
		<b>N=6</b>			
$\{\Omega_m, w_0\}$			$0.301^{+0.034}_{-0.039}$	$-0.98^{+0.11}_{-0.13}$	
		<b>N=10</b>			
$\{\Omega_m, w_0\}$			$0.352^{+0.031}_{-0.036}$	$-0.77 \pm 0.10$	

La Figura 6.25 es la gráfica de comparación para  $\Omega_m$  recopilando las diferentes restricciones y muestras de datos presentados en las secciones 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4. La banda morada corresponde al valor reportado por [Planck Collaboration et al. \(2020\)](#),  $\Omega_m = 0.315 \pm 0.0070$ ; la banda verde corresponde al valor reportado por [González-Morán et al. \(2021\)](#),  $\Omega_m = 0.244^{+0.040}_{-0.049}$  y la banda naranja representa el valor reportado por [Brout et al. \(2022\)](#) con  $\Omega_m \pm 0.338 \pm 0.018$ .

Nótese que aquí, usando las reestricciones  $\{h, \Omega_m\}$  y  $\{M_B, \Omega_m\}$  para SNIa, los resultados para  $\Omega_m$  sale fuera de la banda marcada por el resultado de [Brout et al. \(2022\)](#). Esto se debe a los parámetros que se están restringiendo en cada una. Para galaxias y regiones HII, se tienen coincidencias con los resultados de [González-Morán et al. \(2021\)](#), excepto para algunos casos de la muestra Global-lit y Global. De igual manera, esto sucede por el número de parámetros dentro de las restricciones empleadas. Para datos de CMB, el resultado tiene menor dispersión que el presentado por Planck, esto debido a que no añadimos los errores sistemáticos de este trazador. Finalmente para BAOs puede verse que el resultado para  $\{\Omega_m, w_0\}$  para la muestra con 10 datos se aleja de los valores anteriores. Esto porque los cuásares poseen errores relevantes.

Para finalizar, la Figura 6.26 muestra la gráfica de comparación para  $w_0$  recopilando las diferentes restricciones y muestras de datos presentados en las secciones 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4. La banda morada corresponde al valor reportado por [Planck Collaboration et al. \(2020\)](#),  $w_0 = -1.03 \pm 0.030$ ; la banda verde corresponde al valor reportado por

---

[González-Morán et al. \(2021\)](#),  $w_0 = -1.18^{+0.45}_{-0.41}$  y la banda naranja representa el valor reportado por [Brout et al. \(2022\)](#) con  $w_0 = -0.9 \pm 0.14$ .

Para los resultados de SNIa, todos coinciden con los de [Brout et al. \(2022\)](#). Para galaxias y regiones HII, los resultados de las muestras Full y GM 2021 presentan una alta coincidencia con los de [González-Morán et al. \(2021\)](#). Por su parte, los resultados de las muestras Global-lit y Global se acercan más al valor dado para las SNIa. El resultado para CMB se sale del intervalo de confianza reportado por [Planck Collaboration et al. \(2020\)](#). Esto debido a que nuestro análisis de usa con la restricción para 3 parámetros y en el artículo referenciado, sólo se restringe  $\omega_b$ .

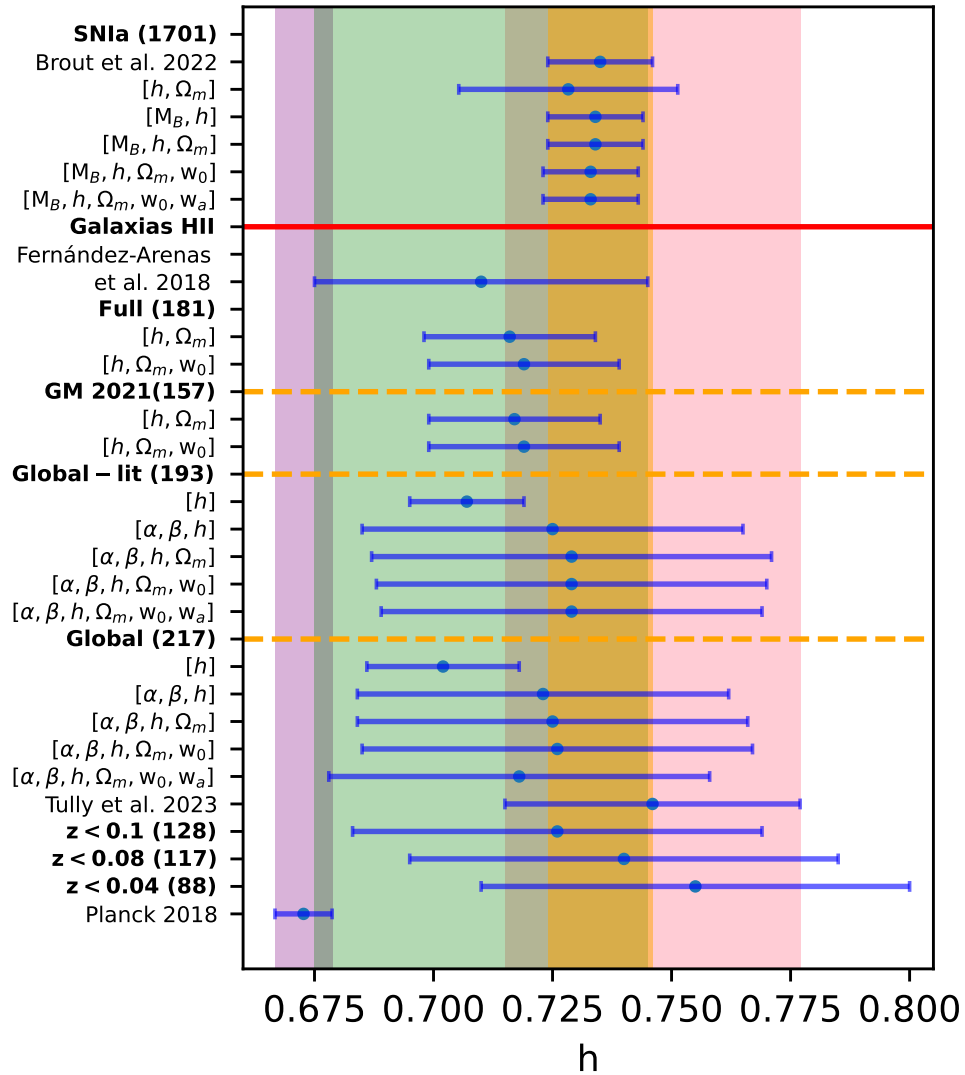


Figura 6.24: Gráfica de comparación para  $\{h\}$  recopilando las diferentes restricciones y muestras de datos de los diferentes trazadores cosmológicos. La banda morada corresponde al valor reportado por [Planck Collaboration et al. \(2020\)](#),  $h = 0.6727 \pm 0.0060$ ; la banda verde corresponde al valor reportado por [Fernández Arenas et al. \(2018\)](#),  $h = 0.71 \pm 0.035$ , la banda naranja representa el valor reportado por [Brout et al. \(2022\)](#) con  $h = 0.735 \pm 0.011$  y la banda rosa es el valor reportado por [Tully et al. \(2023\)](#) con  $h = 0.746 \pm 0.031$ .



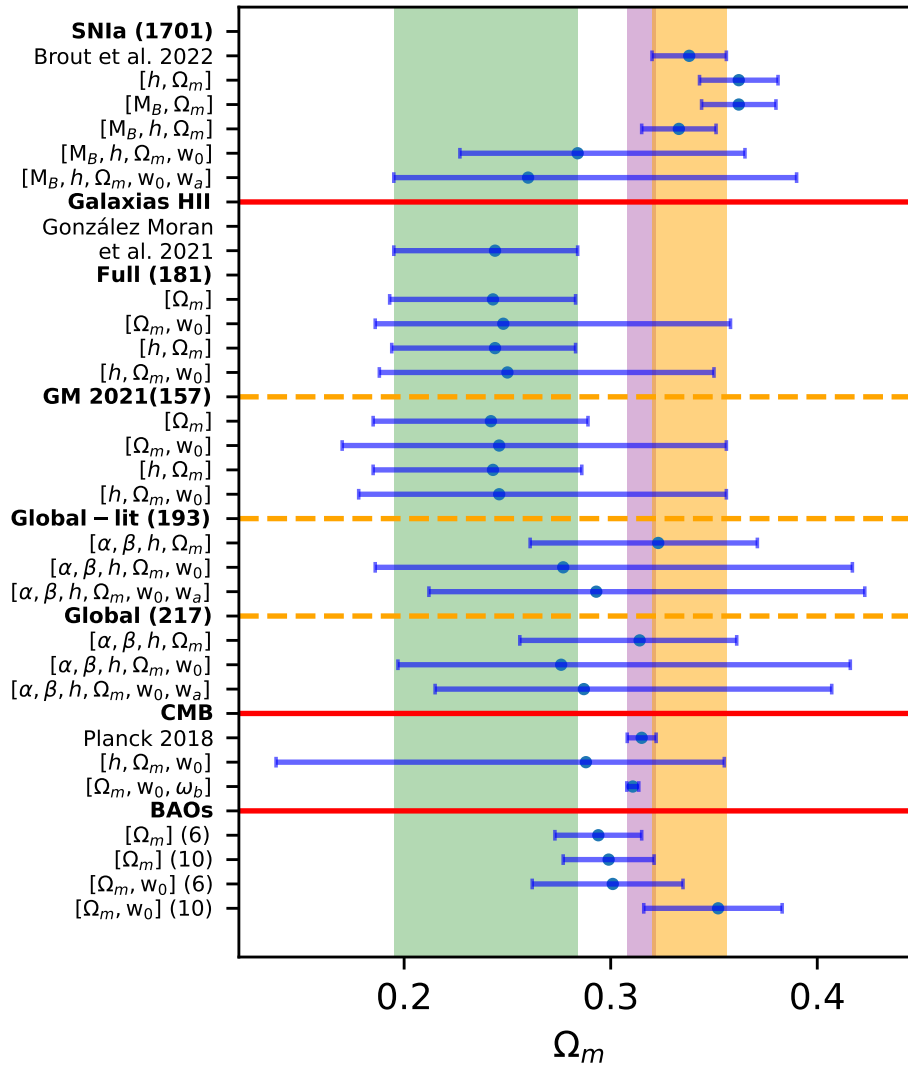


Figura 6.25: Gráfica de comparación para  $\{\Omega_m\}$  recopilando las diferentes restricciones y muestras de datos para los diferentes trazadores cosmológicos. La banda morada corresponde al valor reportado por [Planck Collaboration et al. \(2020\)](#),  $\Omega_m = 0.315 \pm 0.0070$ ; la banda verde corresponde al valor reportado por [González-Morán et al. \(2021\)](#),  $\Omega_m = 0.244^{0.040}_{0.049}$  y la banda naranja representa el valor reportado por [Brout et al. \(2022\)](#) con  $\Omega_m = 0.338 \pm 0.018$ .

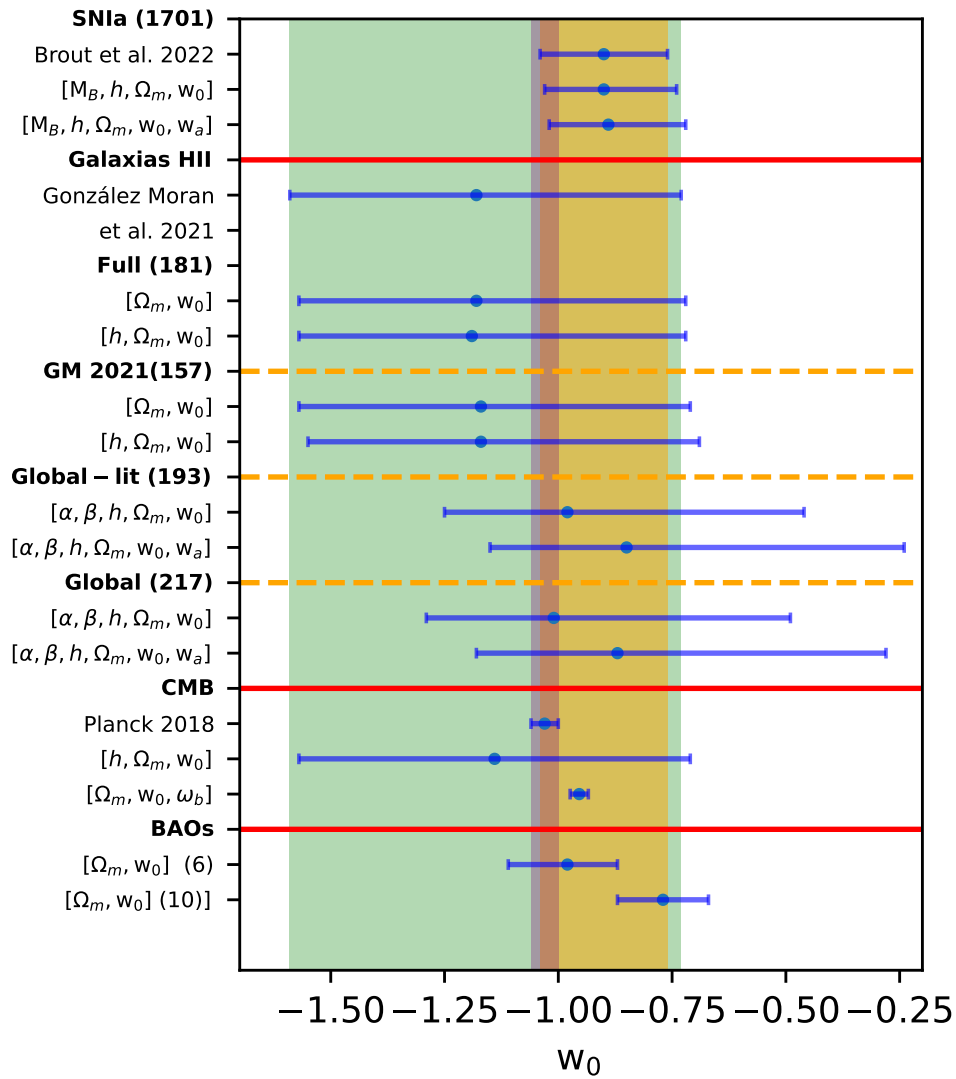


Figura 6.26: Gráfica de comparación para  $\{w_0\}$  recopilando las diferentes restricciones y muestras de datos para los diferentes trazadores cosmológicos. La banda morada corresponde al valor reportado por [Planck Collaboration et al. \(2020\)](#),  $w_0 = -1.03 \pm 0.030$ ; la banda verde corresponde al valor reportado por [González-Morán et al. \(2021\)](#),  $w_0 = -1.18^{0.45}_{0.41}$  y la banda naranja representa el valor reportado por [Brout et al. \(2022\)](#) con  $w_0 = -0.9 \pm 0.14$ .

# Capítulo VII

## Conclusiones

En el presente proyecto de tesis se buscó estudiar las tensiones en los valores de los parámetros cosmológicos encontrados mediante diferentes trazadores cosmológicos, como lo son las SNIa, galaxias y regiones HII, el CMB y las BAOs. Para ello, se hizo un reanálisis en donde se emplearon todos los datos disponibles de galaxias y regiones HII (con 217 objetos) presentada por [González-Morán et al. \(2021\)](#); la muestra de datos más reciente para SNIa, Pantheon+ (con 1701 objetos) presentada por [Brout et al. \(2022\)](#) y se compara con la literatura más reciente para CMB y BAOs dada por [Planck Collaboration et al. \(2020\)](#) y [Anagnostopoulos et al. \(2019\)](#), respectivamente.

La hipótesis en la que se basa este proyecto es que la razón de esta tensión se debe a los errores sistemáticos presentados por muestras de datos para objetos locales. Para estudiar estas incertidumbres se empleó el método de muestreo Anidado de Monte Carlo para maximizar la función de verosimilitud y analizar los errores ya mencionados.

Como producto de la aplicación del análisis bayesiano a través del algoritmo Multi-nest, se obtuvieron los valores con mayor verosimilitud para los parámetros cosmológicos  $h, \Omega_m$  y  $w_0$ . Estos valores fueron analizados de manera individual y en conjunto, mediante las figuras de contornos de incertidumbre obtenidas y los valores de las incertidumbres de los parámetros marginalizados.

Los principales resultados que obtuvimos para los diferentes trazadores cosmológicos son los siguientes: para SNIa se obtuvieron los valores de los parámetros  $\{M_B, h, \Omega_m, w_0\} = \{-19.247 \pm 0.029, 0.733 \pm 0.010, 0.284^{+0.081}_{-0.057}, -0.90^{+0.16}_{-0.13}\}$  los cuales coinciden con los presentados por [Brout et al. \(2022\)](#). Para la muestra Global de HIIG y GEHR usando la restricción de los parámetros  $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0\} = \{33.26 \pm 0.14, 5.01 \pm 0.12, 0.726 \pm 0.041, 0.276^{+0.14}_{-0.079}, -1.01^{+0.52}_{-0.28}\}$  los cuales se compararon con los presentados por [González-Morán et al. \(2021\)](#) y [Fernández Arenas et al. \(2018\)](#). Para el CMB se obtuvieron los parámetros  $\{\Omega_m, w_0, \omega_b\} = \{0.3107 \pm 0.0029, -0.954 \pm 0.020, 0.02225 \pm 0.00016\}$ , que coinciden con los datos reportados por [Planck Collaboration et al. \(2020\)](#). Final-

mente para la muestra de sensores de galaxias de BAOs se obtuvieron los parámetros  $\{\Omega_m, w_0\} = \{0.301^{+0.034}_{-0.039}, 0.98^{+0.11}_{-0.13}\}$ , los cuales se compararon con los obtenidos por [Anagnostopoulos et al. \(2019\)](#).

Con estos resultados se obtuvo que los parámetros con mayor correlación entre sí, es decir, los que presentan mayor degeneración en sus figuras de contorno, son:

■ **Para SNIa:**

- $h$  con  $M_B$ .
- $\Omega_m$  con  $w_0$ .

■ **Para HIIG y GEHR:**

- $\Omega_m$  con  $w_0$ .
- $\alpha$  y  $\beta$  con  $h$ .

■ **Para CMB:**

- $w_0$  con  $h$ .
- $\Omega_m$  con  $h$ .

De lo anterior se concluye y se comprueba que cada par de parámetros son linealmente dependientes (están degenerados), es decir, se requiere uno de ellos para poder obtener el valor del otro.

Por otro lado, se obtuvo que el valor de la constante de Hubble es mayor para el Universo cercano. Para el caso  $z < 0.04$  se obtuvo que  $h = 0.755 \pm 0.045$ . Esto puede deberse, según lo propuesto por [Tully et al. \(2023\)](#), donde ellos obtienen un valor de  $h = 0.746 \pm 0.031$ , a que a escalas menores, los movimientos peculiares de las galaxias son considerables y su análisis es complejo debido a las altas incertidumbres que éstos acarrearán.

Cabe señalar que nuestra hipótesis no resuelve de manera satisfactoria el problema, pues los errores sistemáticos reportados en la literatura de las muestras locales no son suficientes para explicar la tensión en la constante de Hubble. Se propone para proyectos a futuro reanalizar los datos del CMB obtenidos por [Planck Collaboration et al. \(2020\)](#), esto con el fin de tener una mejor estimación de los errores sistemáticos que los datos de este trazador puedan contener. Además, es pertinente explorar nuevas teorías físicas, las cuales incluyan la evolución de la energía oscura diferente al modelo  $\Lambda$ CDM, como podría ser el modelo Early Dark Energy ([Di Valentino et al., 2021](#)).



# Anexos A

## Datos de SNIa

Tabla 1.1: Datos de supernovas tipo Ia de Pantheon+.

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) c	(7) $x_1$
2011fe	0.0012 ± 0.0008	9.58 ± 0.03	9.75 ± 1.52	29.00 ± 1.52	-0.108 ± 0.040	-0.55 ± 0.13
2011fe	0.0012 ± 0.0008	9.78 ± 0.04	9.80 ± 1.52	29.06 ± 1.52	-0.033 ± 0.038	-0.38 ± 0.09
2012cg	0.0026 ± 0.0008	11.82 ± 0.02	11.47 ± 0.78	30.72 ± 0.78	0.101 ± 0.018	0.49 ± 0.02
2012cg	0.0026 ± 0.0008	11.88 ± 0.04	11.49 ± 0.80	30.74 ± 0.80	0.122 ± 0.039	0.71 ± 0.08
1994DRichmond	0.0030 ± 0.0008	11.53 ± 0.03	11.52 ± 0.88	30.78 ± 0.88	-0.112 ± 0.026	-1.62 ± 0.05
1981B	0.0032 ± 0.0008	11.66 ± 0.03	11.54 ± 0.61	30.79 ± 0.61	-0.005 ± 0.031	-0.45 ± 0.17
2013aa	0.0033 ± 0.0009	10.89 ± 0.11	11.21 ± 0.59	30.46 ± 0.59	-0.104 ± 0.054	0.51 ± 0.15
2013aa	0.0033 ± 0.0009	10.84 ± 0.10	11.30 ± 0.58	30.55 ± 0.58	-0.158 ± 0.036	0.63 ± 0.14
2017cbv	0.0033 ± 0.0009	10.77 ± 0.09	11.15 ± 0.58	30.40 ± 0.58	-0.126 ± 0.032	0.62 ± 0.05
2017cbv	0.0033 ± 0.0009	10.91 ± 0.10	11.26 ± 0.58	30.51 ± 0.58	-0.096 ± 0.035	0.82 ± 0.07
2001el	0.0033 ± 0.0008	12.47 ± 0.03	12.25 ± 0.59	31.50 ± 0.59	0.074 ± 0.025	-0.13 ± 0.03
2011by	0.0035 ± 0.0008	12.63 ± 0.02	12.54 ± 0.55	31.79 ± 0.55	0.011 ± 0.019	-0.33 ± 0.04
1998aq	0.0035 ± 0.0008	12.05 ± 0.03	12.24 ± 0.54	31.50 ± 0.55	-0.119 ± 0.025	-0.45 ± 0.04
1990N	0.0036 ± 0.0008	12.40 ± 0.03	12.44 ± 0.55	31.70 ± 0.55	-0.006 ± 0.026	0.63 ± 0.07
2021pit	0.0038 ± 0.0008	12.09 ± 0.04	11.75 ± 0.57	31.00 ± 0.57	0.072 ± 0.042	-0.04 ± 0.12
2005df	0.0041 ± 0.0008	12.02 ± 0.04	12.14 ± 0.48	31.39 ± 0.48	-0.059 ± 0.027	-0.10 ± 0.08
2005df-ANU	0.0041 ± 0.0008	11.98 ± 0.03	12.12 ± 0.48	31.38 ± 0.48	-0.077 ± 0.026	-0.02 ± 0.05
2013dy	0.0043 ± 0.0008	12.44 ± 0.08	12.25 ± 0.51	31.50 ± 0.51	0.074 ± 0.026	0.87 ± 0.02
2013dy	0.0043 ± 0.0008	12.45 ± 0.09	12.31 ± 0.53	31.56 ± 0.53	0.069 ± 0.046	1.17 ± 0.14
2012ht	0.0047 ± 0.0008	12.75 ± 0.04	12.68 ± 0.44	31.93 ± 0.44	-0.066 ± 0.041	-1.28 ± 0.11
2012ht	0.0047 ± 0.0008	12.69 ± 0.03	12.78 ± 0.42	32.03 ± 0.42	-0.128 ± 0.023	-1.16 ± 0.04
1980N	0.0048 ± 0.0008	12.15 ± 0.03	11.99 ± 0.56	31.25 ± 0.56	-0.011 ± 0.028	-1.14 ± 0.12
2012fr	0.0048 ± 0.0009	11.79 ± 0.04	11.88 ± 0.45	31.13 ± 0.45	0.048 ± 0.042	1.50 ± 0.13
2007on	0.0048 ± 0.0009	12.75 ± 0.02	12.40 ± 0.56	31.65 ± 0.56	0.003 ± 0.024	-2.22 ± 0.04
2012fr	0.0048 ± 0.0009	11.71 ± 0.02	11.97 ± 0.41	31.22 ± 0.41	-0.036 ± 0.021	1.16 ± 0.04
1992A	0.0048 ± 0.0009	12.27 ± 0.03	12.09 ± 0.56	31.34 ± 0.56	-0.030 ± 0.025	-1.67 ± 0.04
2007on	0.0048 ± 0.0009	12.81 ± 0.04	12.51 ± 0.57	31.76 ± 0.57	-0.018 ± 0.041	-2.28 ± 0.09
2015F	0.0049 ± 0.0008	12.50 ± 0.12	12.19 ± 0.45	31.45 ± 0.45	0.044 ± 0.054	-1.16 ± 0.12
2015F	0.0049 ± 0.0008	12.28 ± 0.11	12.29 ± 0.41	31.54 ± 0.41	-0.069 ± 0.033	-0.99 ± 0.03
2011B	0.0054 ± 0.0008	12.49 ± 0.04	12.40 ± 0.51	31.65 ± 0.51	-0.027 ± 0.041	-1.02 ± 0.10
2018aoz	0.0055 ± 0.0009	12.40 ± 0.06	12.48 ± 0.50	31.73 ± 0.50	-0.118 ± 0.030	-1.13 ± 0.07
2016coj	0.0057 ± 0.0008	12.79 ± 0.02	12.66 ± 0.47	31.91 ± 0.47	-0.053 ± 0.020	-1.69 ± 0.04
SN2016coj	0.0057 ± 0.0008	12.87 ± 0.04	12.65 ± 0.48	31.90 ± 0.48	-0.007 ± 0.034	-1.48 ± 0.09
2007sr	0.0057 ± 0.0008	12.46 ± 0.04	12.43 ± 0.37	31.68 ± 0.38	0.017 ± 0.027	0.11 ± 0.05

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
2007sr	0.0057 ± 0.0008	12.50 ± 0.04	12.38 ± 0.38	31.63 ± 0.39	0.047 ± 0.027	0.06 ± 0.04
2007gi	0.0059 ± 0.0008	12.83 ± 0.03	12.49 ± 0.49	31.74 ± 0.49	0.022 ± 0.027	-1.37 ± 0.08
1994ae	0.0059 ± 0.0008	12.70 ± 0.03	12.93 ± 0.34	32.18 ± 0.34	-0.073 ± 0.026	0.44 ± 0.06
2015bp	0.0059 ± 0.0008	13.46 ± 0.05	13.22 ± 0.49	32.47 ± 0.49	-0.050 ± 0.045	-2.13 ± 0.11
2018gv	0.0060 ± 0.0009	12.47 ± 0.04	12.69 ± 0.34	31.94 ± 0.34	-0.067 ± 0.023	0.40 ± 0.08
2018gv	0.0060 ± 0.0009	12.47 ± 0.04	12.81 ± 0.34	32.07 ± 0.34	-0.112 ± 0.022	0.59 ± 0.04
2018gv	0.0060 ± 0.0009	12.38 ± 0.05	12.66 ± 0.35	31.91 ± 0.35	-0.112 ± 0.031	0.12 ± 0.05
1981D	0.0062 ± 0.0008	12.28 ± 0.06	11.65 ± 0.52	30.91 ± 0.52	0.161 ± 0.059	-1.15 ± 0.36
2006dd	0.0062 ± 0.0008	12.04 ± 0.03	11.93 ± 0.45	31.19 ± 0.45	0.021 ± 0.026	-0.29 ± 0.04
2007af	0.0063 ± 0.0008	12.85 ± 0.04	12.81 ± 0.32	32.07 ± 0.33	-0.020 ± 0.026	-0.53 ± 0.04
2007af	0.0063 ± 0.0008	12.91 ± 0.04	12.75 ± 0.36	32.00 ± 0.36	0.032 ± 0.038	-0.44 ± 0.04
2007af	0.0063 ± 0.0008	12.82 ± 0.03	12.85 ± 0.32	32.10 ± 0.32	-0.046 ± 0.022	-0.56 ± 0.03
2007af	0.0063 ± 0.0008	12.89 ± 0.04	12.78 ± 0.34	32.03 ± 0.34	0.015 ± 0.026	-0.39 ± 0.03
2007le	0.0063 ± 0.0008	13.58 ± 0.03	12.82 ± 0.53	32.08 ± 0.53	0.209 ± 0.019	0.21 ± 0.04
2007le	0.0063 ± 0.0008	13.57 ± 0.03	12.83 ± 0.54	32.08 ± 0.54	0.207 ± 0.021	0.23 ± 0.03
2007le	0.0063 ± 0.0008	13.57 ± 0.04	12.77 ± 0.54	32.02 ± 0.54	0.226 ± 0.026	0.27 ± 0.05
1998dm	0.0063 ± 0.0009	14.40 ± 0.04	13.58 ± 0.56	32.83 ± 0.56	0.229 ± 0.040	0.56 ± 0.05
2014bv	0.0063 ± 0.0009	13.67 ± 0.05	13.15 ± 0.48	32.40 ± 0.48	0.057 ± 0.049	-2.41 ± 0.16
2019np	0.0065 ± 0.0008	13.13 ± 0.03	13.21 ± 0.32	32.46 ± 0.32	-0.028 ± 0.019	0.12 ± 0.05
2019np	0.0065 ± 0.0008	13.12 ± 0.04	13.18 ± 0.32	32.43 ± 0.32	-0.025 ± 0.030	0.11 ± 0.07
1997br	0.0067 ± 0.0009	13.33 ± 0.08	12.48 ± 0.53	31.73 ± 0.53	0.238 ± 0.034	0.34 ± 0.06
2011iv	0.0067 ± 0.0009	12.16 ± 0.02	11.97 ± 0.42	31.22 ± 0.42	-0.056 ± 0.022	-1.90 ± 0.04
1995al	0.0067 ± 0.0008	13.03 ± 0.03	13.11 ± 0.36	32.36 ± 0.36	0.036 ± 0.026	1.20 ± 0.12
1996X	0.0068 ± 0.0009	12.74 ± 0.05	12.72 ± 0.41	31.97 ± 0.42	-0.077 ± 0.028	-1.08 ± 0.04
2017erp	0.0068 ± 0.0009	13.00 ± 0.06	12.94 ± 0.34	32.20 ± 0.34	0.033 ± 0.024	0.26 ± 0.02
2017erp	0.0068 ± 0.0009	13.08 ± 0.07	12.92 ± 0.37	32.17 ± 0.37	0.071 ± 0.040	0.47 ± 0.20
2017erp	0.0068 ± 0.0009	13.06 ± 0.07	12.95 ± 0.35	32.20 ± 0.35	0.059 ± 0.031	0.35 ± 0.08
1992G	0.0069 ± 0.0008	13.28 ± 0.08	13.19 ± 0.44	32.44 ± 0.44	0.021 ± 0.058	-0.22 ± 0.10
2005cf	0.0071 ± 0.0008	12.99 ± 0.06	13.07 ± 0.32	32.32 ± 0.33	-0.051 ± 0.023	-0.06 ± 0.02
2005cf	0.0071 ± 0.0008	13.03 ± 0.07	13.08 ± 0.35	32.33 ± 0.35	-0.047 ± 0.045	-0.13 ± 0.14
2005cf	0.0071 ± 0.0008	13.03 ± 0.06	13.07 ± 0.32	32.32 ± 0.32	-0.037 ± 0.029	-0.06 ± 0.05
2002fk	0.0072 ± 0.0009	12.95 ± 0.04	13.19 ± 0.30	32.44 ± 0.30	-0.110 ± 0.025	0.09 ± 0.03
2002fk	0.0072 ± 0.0009	12.91 ± 0.03	13.21 ± 0.30	32.46 ± 0.30	-0.137 ± 0.019	0.06 ± 0.03
2003du	0.0075 ± 0.0008	13.20 ± 0.02	13.54 ± 0.29	32.79 ± 0.29	-0.141 ± 0.020	0.26 ± 0.04
2003du	0.0075 ± 0.0008	13.20 ± 0.03	13.49 ± 0.29	32.74 ± 0.29	-0.123 ± 0.025	0.24 ± 0.06
2003du	0.0075 ± 0.0008	13.25 ± 0.03	13.52 ± 0.29	32.77 ± 0.29	-0.110 ± 0.026	0.24 ± 0.06
2008Q	0.0075 ± 0.0008	13.23 ± 0.06	13.08 ± 0.37	32.33 ± 0.37	-0.056 ± 0.030	-1.86 ± 0.32
2008Q	0.0075 ± 0.0008	13.25 ± 0.06	13.05 ± 0.40	32.30 ± 0.40	-0.021 ± 0.046	-1.66 ± 0.16
2003kf	0.0080 ± 0.0008	13.31 ± 0.17	13.39 ± 0.36	32.64 ± 0.36	-0.021 ± 0.052	0.52 ± 0.07
1998dh	0.0081 ± 0.0008	13.60 ± 0.05	13.46 ± 0.32	32.72 ± 0.32	0.014 ± 0.039	-0.60 ± 0.04
1998dh	0.0081 ± 0.0008	13.63 ± 0.05	13.36 ± 0.32	32.62 ± 0.32	0.054 ± 0.030	-0.77 ± 0.08
2012hr	0.0081 ± 0.0008	13.35 ± 0.04	13.46 ± 0.37	32.71 ± 0.37	-0.048 ± 0.044	-0.02 ± 0.19
2009ig	0.0082 ± 0.0008	13.19 ± 0.04	13.12 ± 0.37	32.37 ± 0.37	0.054 ± 0.043	1.30 ± 0.14
2009ig	0.0082 ± 0.0008	13.15 ± 0.03	13.49 ± 0.28	32.74 ± 0.28	-0.087 ± 0.025	1.07 ± 0.07
2009ig	0.0082 ± 0.0008	13.08 ± 0.04	13.42 ± 0.29	32.67 ± 0.29	-0.076 ± 0.029	1.24 ± 0.16
1996Z	0.0082 ± 0.0009	14.04 ± 0.07	13.19 ± 0.49	32.45 ± 0.49	0.207 ± 0.034	-0.35 ± 0.78
1995D	0.0082 ± 0.0008	12.96 ± 0.04	13.23 ± 0.34	32.48 ± 0.34	-0.066 ± 0.028	0.73 ± 0.08
1991M	0.0082 ± 0.0008	14.22 ± 0.12	13.96 ± 0.46	33.21 ± 0.46	0.009 ± 0.093	-1.10 ± 0.27
2013gh	0.0084 ± 0.0009	14.13 ± 0.03	13.27 ± 0.46	32.52 ± 0.47	0.196 ± 0.023	-0.73 ± 0.05
2013gh	0.0084 ± 0.0009	14.07 ± 0.04	13.44 ± 0.48	32.69 ± 0.48	0.131 ± 0.052	-0.57 ± 0.51
2001bg	0.0086 ± 0.0008	13.77 ± 0.04	13.44 ± 0.36	32.69 ± 0.36	0.098 ± 0.040	-0.38 ± 0.09
2005W	0.0086 ± 0.0008	13.91 ± 0.05	13.60 ± 0.32	32.85 ± 0.32	0.088 ± 0.024	-0.43 ± 0.05
ASASSN-15so	0.0086 ± 0.0008	13.49 ± 0.04	13.50 ± 0.27	32.75 ± 0.27	-0.055 ± 0.032	-0.71 ± 0.08
PSNJ0717457	0.0086 ± 0.0008	13.69 ± 0.05	13.47 ± 0.38	32.72 ± 0.38	0.029 ± 0.035	-0.21 ± 0.20
2005am	0.0086 ± 0.0009	13.41 ± 0.04	13.12 ± 0.34	32.37 ± 0.34	0.003 ± 0.027	-1.80 ± 0.04
2005am	0.0086 ± 0.0009	13.37 ± 0.04	13.14 ± 0.33	32.39 ± 0.33	-0.023 ± 0.025	-1.87 ± 0.03
2005am	0.0086 ± 0.0009	13.37 ± 0.04	13.08 ± 0.34	32.34 ± 0.34	-0.003 ± 0.029	-1.92 ± 0.05

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
1997bp	0.0086 ± 0.0009	13.66 ± 0.04	13.17 ± 0.42	32.42 ± 0.43	0.115 ± 0.028	-0.06 ± 0.06
2019ein	0.0088 ± 0.0008	13.63 ± 0.03	13.61 ± 0.33	32.86 ± 0.33	-0.106 ± 0.024	-1.59 ± 0.04
2002er	0.0091 ± 0.0008	13.90 ± 0.09	13.55 ± 0.37	32.80 ± 0.37	0.044 ± 0.031	-0.93 ± 0.04
2002er	0.0091 ± 0.0008	14.06 ± 0.09	13.50 ± 0.41	32.75 ± 0.41	0.103 ± 0.035	-0.90 ± 0.05
2006D	0.0093 ± 0.0008	13.83 ± 0.04	13.64 ± 0.29	32.89 ± 0.29	-0.026 ± 0.028	-1.31 ± 0.06
2006D	0.0093 ± 0.0008	13.87 ± 0.03	13.64 ± 0.28	32.90 ± 0.28	-0.029 ± 0.024	-1.59 ± 0.03
2006D	0.0093 ± 0.0008	13.88 ± 0.04	13.66 ± 0.28	32.92 ± 0.29	-0.027 ± 0.028	-1.51 ± 0.05
2013cs	0.0094 ± 0.0008	13.40 ± 0.06	13.08 ± 0.40	32.34 ± 0.40	0.054 ± 0.046	-0.33 ± 0.15
1999cp	0.0095 ± 0.0009	13.68 ± 0.03	13.79 ± 0.27	33.04 ± 0.27	-0.045 ± 0.039	0.02 ± 0.04
1999cp	0.0095 ± 0.0009	13.67 ± 0.03	13.96 ± 0.25	33.21 ± 0.25	-0.109 ± 0.026	0.29 ± 0.08
2002cr	0.0095 ± 0.0009	13.91 ± 0.02	13.98 ± 0.25	33.23 ± 0.25	-0.068 ± 0.018	-0.60 ± 0.03
2002cr	0.0095 ± 0.0009	13.97 ± 0.03	13.99 ± 0.25	33.25 ± 0.25	-0.034 ± 0.026	-0.38 ± 0.06
2002dj	0.0096 ± 0.0009	13.65 ± 0.06	13.65 ± 0.31	32.90 ± 0.31	-0.017 ± 0.029	-0.28 ± 0.06
2002dj	0.0096 ± 0.0009	13.75 ± 0.06	13.61 ± 0.33	32.87 ± 0.33	0.053 ± 0.029	0.07 ± 0.13
1998es	0.0097 ± 0.0009	13.57 ± 0.03	13.55 ± 0.36	32.80 ± 0.36	0.039 ± 0.026	1.23 ± 0.07
1998es	0.0097 ± 0.0009	13.60 ± 0.04	13.66 ± 0.37	32.92 ± 0.37	0.033 ± 0.041	1.63 ± 0.11
PTF10icb	0.0099 ± 0.0008	14.24 ± 0.04	14.22 ± 0.37	33.48 ± 0.37	0.013 ± 0.047	0.64 ± 0.40
2009Y	0.0100 ± 0.0009	13.86 ± 0.07	13.39 ± 0.41	32.65 ± 0.41	0.161 ± 0.049	-0.15 ± 0.17
2009Y	0.0100 ± 0.0009	13.77 ± 0.06	13.49 ± 0.36	32.75 ± 0.36	0.115 ± 0.024	0.27 ± 0.03
2009Y	0.0100 ± 0.0009	13.70 ± 0.07	13.65 ± 0.33	32.90 ± 0.33	0.037 ± 0.031	0.36 ± 0.08
2013E	0.0102 ± 0.0009	13.50 ± 0.07	13.53 ± 0.35	32.78 ± 0.35	0.008 ± 0.049	0.36 ± 0.25
1999ac	0.0102 ± 0.0008	13.86 ± 0.04	13.67 ± 0.36	32.92 ± 0.37	0.041 ± 0.038	0.11 ± 0.04
1999ac	0.0102 ± 0.0008	13.90 ± 0.04	13.71 ± 0.34	32.97 ± 0.34	0.038 ± 0.025	0.16 ± 0.03
2009an	0.0103 ± 0.0008	14.32 ± 0.07	14.08 ± 0.31	33.34 ± 0.31	0.010 ± 0.042	-1.34 ± 0.24
2009an	0.0103 ± 0.0008	14.23 ± 0.04	13.97 ± 0.30	33.23 ± 0.30	0.011 ± 0.030	-1.47 ± 0.10
2006bh	0.0103 ± 0.0009	14.06 ± 0.03	14.03 ± 0.25	33.28 ± 0.25	-0.095 ± 0.023	-1.68 ± 0.04
2004S	0.0104 ± 0.0008	13.95 ± 0.07	13.87 ± 0.32	33.12 ± 0.32	-0.006 ± 0.032	-0.18 ± 0.06
2021hpr	0.0104 ± 0.0008	14.03 ± 0.03	13.83 ± 0.34	33.09 ± 0.34	0.046 ± 0.027	0.25 ± 0.07
2002dp	0.0106 ± 0.0008	14.36 ± 0.04	14.13 ± 0.31	33.38 ± 0.31	0.077 ± 0.029	-0.13 ± 0.22
2002dp	0.0106 ± 0.0008	14.20 ± 0.04	14.04 ± 0.27	33.29 ± 0.27	0.007 ± 0.021	-0.88 ± 0.03
1997do	0.0107 ± 0.0008	14.14 ± 0.05	13.86 ± 0.36	33.11 ± 0.36	0.078 ± 0.028	0.39 ± 0.11
1997bq	0.0108 ± 0.0008	14.15 ± 0.04	13.82 ± 0.32	33.07 ± 0.32	0.086 ± 0.028	-0.61 ± 0.09
2008fv-comb	0.0108 ± 0.0008	14.27 ± 0.03	13.93 ± 0.38	33.18 ± 0.38	0.112 ± 0.026	0.74 ± 0.06
ASASSN-16jf	0.0110 ± 0.0008	14.60 ± 0.05	14.32 ± 0.31	33.57 ± 0.31	-0.032 ± 0.043	-1.98 ± 0.15
iPTF13ebh	0.0111 ± 0.0009	14.91 ± 0.06	14.48 ± 0.34	33.73 ± 0.34	0.023 ± 0.051	-2.41 ± 0.14
iPTF13ebh	0.0111 ± 0.0009	14.76 ± 0.05	14.38 ± 0.29	33.64 ± 0.30	0.019 ± 0.025	-2.16 ± 0.03
2010ko	0.0112 ± 0.0008	15.07 ± 0.09	14.58 ± 0.35	33.83 ± 0.35	0.013 ± 0.051	-2.46 ± 0.13
2013ex	0.0112 ± 0.0008	14.19 ± 0.09	14.18 ± 0.28	33.43 ± 0.28	-0.037 ± 0.034	-0.34 ± 0.07
2013ex	0.0112 ± 0.0008	14.12 ± 0.09	14.24 ± 0.32	33.49 ± 0.33	-0.093 ± 0.053	-0.41 ± 0.24
2009ab	0.0116 ± 0.0009	14.41 ± 0.12	14.33 ± 0.28	33.58 ± 0.28	-0.048 ± 0.037	-1.00 ± 0.05
2011ao	0.0120 ± 0.0008	14.01 ± 0.04	14.24 ± 0.30	33.50 ± 0.30	-0.085 ± 0.043	0.41 ± 0.14
2001cz	0.0121 ± 0.0009	14.82 ± 0.06	14.63 ± 0.35	33.88 ± 0.35	0.041 ± 0.029	0.12 ± 0.06
2009kk	0.0122 ± 0.0009	14.40 ± 0.09	14.45 ± 0.27	33.70 ± 0.27	-0.121 ± 0.036	-1.34 ± 0.08
2010Y	0.0123 ± 0.0008	14.72 ± 0.04	14.49 ± 0.25	33.74 ± 0.25	-0.069 ± 0.032	-2.59 ± 0.09
2008R	0.0125 ± 0.0009	14.95 ± 0.05	14.58 ± 0.26	33.83 ± 0.27	0.014 ± 0.026	-2.24 ± 0.05
2002ha	0.0126 ± 0.0009	14.47 ± 0.06	14.46 ± 0.24	33.71 ± 0.24	-0.091 ± 0.025	-1.47 ± 0.03
2002ha	0.0126 ± 0.0009	14.50 ± 0.07	14.47 ± 0.25	33.72 ± 0.25	-0.073 ± 0.032	-1.30 ± 0.07
2009kq	0.0126 ± 0.0009	14.26 ± 0.04	14.33 ± 0.26	33.59 ± 0.26	-0.055 ± 0.027	-0.14 ± 0.07
2009kq	0.0126 ± 0.0009	14.23 ± 0.04	14.26 ± 0.26	33.52 ± 0.27	-0.037 ± 0.031	-0.09 ± 0.15
2001bt	0.0128 ± 0.0009	15.03 ± 0.05	14.50 ± 0.42	33.75 ± 0.42	0.141 ± 0.028	-0.92 ± 0.05
2001ep	0.0128 ± 0.0009	14.59 ± 0.04	14.38 ± 0.29	33.64 ± 0.29	0.001 ± 0.027	-0.89 ± 0.04
2001ep	0.0128 ± 0.0009	14.67 ± 0.04	14.25 ± 0.33	33.50 ± 0.33	0.060 ± 0.027	-0.95 ± 0.06
2013gy	0.0130 ± 0.0009	14.51 ± 0.04	14.48 ± 0.24	33.74 ± 0.24	-0.024 ± 0.021	-0.51 ± 0.03
2013gy	0.0130 ± 0.0009	14.44 ± 0.05	14.51 ± 0.29	33.76 ± 0.29	-0.094 ± 0.046	-0.93 ± 0.12
AT2017cfd	0.0130 ± 0.0009	14.57 ± 0.04	14.32 ± 0.29	33.58 ± 0.29	0.051 ± 0.034	-0.53 ± 0.09
2017cfd	0.0130 ± 0.0009	14.60 ± 0.03	14.31 ± 0.28	33.57 ± 0.28	0.058 ± 0.027	-0.79 ± 0.10
1999dq	0.0131 ± 0.0009	14.08 ± 0.07	14.27 ± 0.27	33.52 ± 0.27	-0.029 ± 0.042	0.82 ± 0.04

Continúa en la página siguiente ...



(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
1999dq	0.0131 ± 0.0009	14.12 ± 0.07	14.22 ± 0.26	33.47 ± 0.26	0.011 ± 0.030	0.87 ± 0.03
2007hj	0.0133 ± 0.0009	15.34 ± 0.06	14.72 ± 0.30	33.97 ± 0.30	0.099 ± 0.031	-2.30 ± 0.07
2007hj	0.0133 ± 0.0009	15.31 ± 0.06	14.73 ± 0.30	33.98 ± 0.30	0.095 ± 0.027	-2.07 ± 0.04
2007hj	0.0133 ± 0.0009	15.30 ± 0.06	14.67 ± 0.30	33.92 ± 0.30	0.106 ± 0.031	-2.20 ± 0.06
2008hv	0.0138 ± 0.0009	14.47 ± 0.04	14.54 ± 0.28	33.80 ± 0.28	-0.130 ± 0.045	-1.38 ± 0.12
2008hv	0.0138 ± 0.0009	14.46 ± 0.03	14.52 ± 0.23	33.77 ± 0.23	-0.108 ± 0.023	-1.24 ± 0.03
2008hv	0.0138 ± 0.0009	14.45 ± 0.04	14.52 ± 0.23	33.77 ± 0.24	-0.131 ± 0.027	-1.47 ± 0.06
1997E	0.0138 ± 0.0009	14.90 ± 0.08	14.51 ± 0.29	33.76 ± 0.29	0.016 ± 0.033	-1.75 ± 0.09
2007cv	0.0139 ± 0.0009	14.81 ± 0.05	14.42 ± 0.34	33.67 ± 0.35	-0.006 ± 0.047	-2.15 ± 0.12
1992al	0.0139 ± 0.0009	14.20 ± 0.04	14.44 ± 0.23	33.70 ± 0.23	-0.130 ± 0.027	-0.28 ± 0.08
1999dk	0.0139 ± 0.0009	14.61 ± 0.04	14.55 ± 0.29	33.81 ± 0.29	0.019 ± 0.027	0.54 ± 0.11
1999dk	0.0139 ± 0.0009	14.53 ± 0.04	14.41 ± 0.29	33.67 ± 0.30	-0.003 ± 0.041	-0.33 ± 0.07
ASASSN-16dn	0.0141 ± 0.0009	14.31 ± 0.04	14.57 ± 0.25	33.82 ± 0.25	-0.093 ± 0.031	0.48 ± 0.08
ASASSN-16la	0.0142 ± 0.0009	14.26 ± 0.12	14.59 ± 0.26	33.84 ± 0.27	-0.102 ± 0.044	0.83 ± 0.13
2005kc	0.0144 ± 0.0009	15.25 ± 0.08	14.77 ± 0.31	34.02 ± 0.31	0.134 ± 0.029	-0.76 ± 0.04
2005kc	0.0144 ± 0.0009	15.42 ± 0.08	14.77 ± 0.35	34.02 ± 0.35	0.222 ± 0.033	-0.39 ± 0.07
2007ca	0.0144 ± 0.0009	15.57 ± 0.05	15.08 ± 0.37	34.34 ± 0.37	0.151 ± 0.024	0.72 ± 0.13
2007ca	0.0144 ± 0.0009	15.62 ± 0.04	14.93 ± 0.40	34.18 ± 0.40	0.204 ± 0.024	0.57 ± 0.03
2007ca	0.0144 ± 0.0009	15.71 ± 0.05	15.00 ± 0.40	34.25 ± 0.40	0.207 ± 0.028	0.55 ± 0.07
2006N	0.0145 ± 0.0009	14.85 ± 0.06	14.65 ± 0.24	33.91 ± 0.24	-0.059 ± 0.030	-2.01 ± 0.07
2006td	0.0145 ± 0.0009	15.50 ± 0.06	14.92 ± 0.36	34.17 ± 0.37	0.091 ± 0.030	-1.38 ± 0.11
2013gq	0.0145 ± 0.0009	14.38 ± 0.04	14.50 ± 0.21	33.75 ± 0.22	-0.102 ± 0.022	-0.74 ± 0.08
2004eo	0.0146 ± 0.0009	14.76 ± 0.06	14.63 ± 0.25	33.88 ± 0.25	-0.042 ± 0.026	-1.23 ± 0.02
2003gt	0.0146 ± 0.0009	14.67 ± 0.07	14.67 ± 0.24	33.93 ± 0.24	-0.032 ± 0.027	-0.20 ± 0.03
2005bo	0.0146 ± 0.0009	15.38 ± 0.03	14.50 ± 0.39	33.76 ± 0.39	0.194 ± 0.024	-1.12 ± 0.12
2005bo	0.0146 ± 0.0009	15.43 ± 0.04	14.47 ± 0.39	33.72 ± 0.39	0.223 ± 0.028	-1.13 ± 0.10
2001fe	0.0147 ± 0.0009	14.43 ± 0.03	14.64 ± 0.24	33.89 ± 0.24	-0.055 ± 0.026	0.74 ± 0.10
2013fa	0.0147 ± 0.0009	15.37 ± 0.06	14.54 ± 0.40	33.79 ± 0.40	0.206 ± 0.030	-0.56 ± 0.09
2000dm	0.0148 ± 0.0009	14.84 ± 0.11	14.76 ± 0.27	34.01 ± 0.27	-0.114 ± 0.049	-2.12 ± 0.12
PSNJ2043531	0.0149 ± 0.0009	15.74 ± 0.07	14.94 ± 0.37	34.19 ± 0.37	0.093 ± 0.043	-2.56 ± 0.15
2011df	0.0149 ± 0.0009	14.70 ± 0.08	14.60 ± 0.28	33.85 ± 0.28	0.018 ± 0.033	0.21 ± 0.07
2005el	0.0150 ± 0.0009	14.63 ± 0.07	14.72 ± 0.23	33.97 ± 0.23	-0.142 ± 0.029	-1.32 ± 0.05
2005el	0.0150 ± 0.0009	14.67 ± 0.07	14.67 ± 0.23	33.93 ± 0.23	-0.102 ± 0.032	-1.37 ± 0.03
2001cn	0.0152 ± 0.0009	15.04 ± 0.05	14.63 ± 0.29	33.89 ± 0.29	0.118 ± 0.027	-0.55 ± 0.04
2005de	0.0152 ± 0.0009	15.12 ± 0.06	14.93 ± 0.27	34.18 ± 0.27	0.017 ± 0.025	-0.49 ± 0.03
SN2017jl	0.0153 ± 0.0010	14.51 ± 0.06	14.52 ± 0.30	33.77 ± 0.30	-0.002 ± 0.034	0.60 ± 0.12
ASASSN-16ad	0.0153 ± 0.0009	14.90 ± 0.05	14.78 ± 0.34	34.03 ± 0.34	0.014 ± 0.033	0.11 ± 0.07
ATLAS16cxr	0.0154 ± 0.0013	15.36 ± 0.08	15.09 ± 0.37	34.34 ± 0.37	0.046 ± 0.038	-0.05 ± 0.09
iPTF16auf	0.0154 ± 0.0009	15.08 ± 0.04	14.82 ± 0.31	34.07 ± 0.31	0.048 ± 0.031	0.05 ± 0.09
2008bc	0.0155 ± 0.0009	14.42 ± 0.14	14.78 ± 0.22	34.03 ± 0.23	-0.132 ± 0.040	0.57 ± 0.03
2011im	0.0155 ± 0.0009	15.49 ± 0.06	15.02 ± 0.34	34.27 ± 0.34	0.091 ± 0.057	-1.45 ± 0.29
1999ej	0.0155 ± 0.0009	15.13 ± 0.05	15.01 ± 0.27	34.26 ± 0.27	-0.067 ± 0.042	-1.86 ± 0.07
1999ej	0.0155 ± 0.0009	15.11 ± 0.07	14.96 ± 0.26	34.21 ± 0.26	-0.035 ± 0.037	-1.52 ± 0.23
2001en	0.0155 ± 0.0009	14.78 ± 0.04	14.75 ± 0.29	34.00 ± 0.29	-0.051 ± 0.026	-0.77 ± 0.04
2001en	0.0155 ± 0.0009	14.86 ± 0.05	14.63 ± 0.31	33.89 ± 0.31	0.006 ± 0.029	-0.96 ± 0.07
2001V	0.0156 ± 0.0012	14.32 ± 0.03	14.54 ± 0.29	33.79 ± 0.29	-0.033 ± 0.026	0.91 ± 0.08
2001V	0.0156 ± 0.0012	14.29 ± 0.03	14.55 ± 0.29	33.81 ± 0.29	-0.054 ± 0.025	0.87 ± 0.04
2008ec	0.0156 ± 0.0009	15.26 ± 0.05	14.92 ± 0.26	34.17 ± 0.26	0.072 ± 0.028	-0.94 ± 0.05
2008ec	0.0156 ± 0.0009	15.35 ± 0.06	14.88 ± 0.33	34.13 ± 0.33	0.130 ± 0.052	-0.76 ± 0.18
2008eo	0.0157 ± 0.0009	15.00 ± 0.05	15.08 ± 0.28	34.33 ± 0.28	0.002 ± 0.023	1.06 ± 0.09
2009nq	0.0158 ± 0.0009	15.01 ± 0.10	14.91 ± 0.29	34.17 ± 0.29	0.007 ± 0.049	-0.52 ± 0.79
2005al	0.0158 ± 0.0009	14.61 ± 0.04	14.75 ± 0.22	34.00 ± 0.22	-0.149 ± 0.024	-1.25 ± 0.03
2013hn	0.0158 ± 0.0009	14.77 ± 0.07	14.82 ± 0.29	34.07 ± 0.29	-0.141 ± 0.056	-1.76 ± 0.16
2001bf	0.0158 ± 0.0009	14.41 ± 0.06	14.74 ± 0.24	33.99 ± 0.24	-0.087 ± 0.041	0.88 ± 0.05
2001bf	0.0158 ± 0.0009	14.52 ± 0.06	14.65 ± 0.22	33.90 ± 0.22	-0.019 ± 0.030	0.54 ± 0.08
ASASSN-15oh	0.0159 ± 0.0009	15.47 ± 0.10	15.14 ± 0.27	34.39 ± 0.27	0.028 ± 0.047	-1.58 ± 0.17
1994S	0.0159 ± 0.0009	14.50 ± 0.04	14.78 ± 0.22	34.03 ± 0.22	-0.102 ± 0.028	0.30 ± 0.18

Continua en la pagina siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
1999aa	0.0159 ± 0.0009	14.51 ± 0.04	14.91 ± 0.24	34.17 ± 0.24	-0.074 ± 0.040	1.57 ± 0.09
1999aa	0.0159 ± 0.0009	14.46 ± 0.04	14.88 ± 0.21	34.13 ± 0.21	-0.107 ± 0.026	1.17 ± 0.03
2002cs	0.0159 ± 0.0009	14.81 ± 0.07	14.78 ± 0.27	34.03 ± 0.27	0.012 ± 0.032	0.53 ± 0.04
iPTF14bdn	0.0160 ± 0.0009	14.53 ± 0.04	14.85 ± 0.28	34.11 ± 0.28	-0.066 ± 0.045	1.27 ± 0.18
2007ss	0.0165 ± 0.0009	16.01 ± 0.04	15.16 ± 0.35	34.41 ± 0.35	0.248 ± 0.032	-1.31 ± 0.09
2010kg	0.0165 ± 0.0009	15.23 ± 0.10	14.75 ± 0.33	34.00 ± 0.33	0.108 ± 0.057	-1.29 ± 0.19
2013fw	0.0166 ± 0.0009	14.79 ± 0.05	14.91 ± 0.22	34.16 ± 0.22	-0.033 ± 0.022	0.56 ± 0.05
2013Q	0.0166 ± 0.0009	15.22 ± 0.07	14.72 ± 0.41	33.97 ± 0.42	0.118 ± 0.059	-0.18 ± 0.68
iPTF13dge	0.0166 ± 0.0009	14.84 ± 0.06	15.03 ± 0.26	34.28 ± 0.26	-0.087 ± 0.048	-0.12 ± 0.15
2007fs	0.0167 ± 0.0009	14.83 ± 0.03	15.09 ± 0.20	34.34 ± 0.20	-0.078 ± 0.020	0.52 ± 0.08
SN2016gfr	0.0167 ± 0.0009	14.63 ± 0.08	14.65 ± 0.24	33.90 ± 0.25	-0.023 ± 0.038	0.13 ± 0.11
ASASSN-16ip	0.0168 ± 0.0009	15.05 ± 0.04	14.91 ± 0.24	34.17 ± 0.25	-0.020 ± 0.034	-0.88 ± 0.11
2007A	0.0168 ± 0.0009	15.44 ± 0.05	15.21 ± 0.36	34.46 ± 0.36	0.117 ± 0.025	0.57 ± 0.10
2007A	0.0168 ± 0.0009	15.39 ± 0.06	15.28 ± 0.34	34.53 ± 0.34	0.063 ± 0.033	0.39 ± 0.20
PSNJ0107203	0.0168 ± 0.0009	14.79 ± 0.06	14.71 ± 0.28	33.97 ± 0.28	-0.099 ± 0.041	-1.99 ± 0.19
1998ef	0.0169 ± 0.0009	14.59 ± 0.05	14.59 ± 0.29	33.84 ± 0.29	-0.064 ± 0.042	-1.02 ± 0.06
1998ef	0.0169 ± 0.0009	14.58 ± 0.05	14.64 ± 0.26	33.90 ± 0.26	-0.110 ± 0.030	-1.20 ± 0.11
ASASSN-15ti	0.0169 ± 0.0009	15.41 ± 0.09	15.24 ± 0.31	34.49 ± 0.31	-0.042 ± 0.041	-1.48 ± 0.11
ASASSN-15od	0.0170 ± 0.0009	15.05 ± 0.04	15.09 ± 0.23	34.34 ± 0.23	-0.101 ± 0.035	-1.12 ± 0.13
1996bv	0.0170 ± 0.0009	15.11 ± 0.07	14.82 ± 0.30	34.08 ± 0.30	0.147 ± 0.032	0.70 ± 0.20
1997Y	0.0171 ± 0.0009	15.08 ± 0.03	14.94 ± 0.21	34.20 ± 0.21	-0.014 ± 0.028	-1.07 ± 0.14
2001da	0.0172 ± 0.0009	15.20 ± 0.05	14.77 ± 0.31	34.02 ± 0.31	0.121 ± 0.044	-0.69 ± 0.08
2001da	0.0172 ± 0.0009	15.24 ± 0.06	14.95 ± 0.32	34.20 ± 0.33	0.076 ± 0.036	-0.56 ± 0.89
ASASSN-15kx	0.0172 ± 0.0009	15.36 ± 0.10	15.36 ± 0.22	34.61 ± 0.22	-0.096 ± 0.042	-1.45 ± 0.15
2000dk	0.0173 ± 0.0009	15.05 ± 0.05	14.89 ± 0.28	34.14 ± 0.28	-0.093 ± 0.043	-2.44 ± 0.10
2000dk	0.0173 ± 0.0009	15.12 ± 0.05	14.90 ± 0.26	34.15 ± 0.26	-0.037 ± 0.029	-2.04 ± 0.08
2007fb	0.0173 ± 0.0009	15.36 ± 0.04	15.15 ± 0.22	34.40 ± 0.22	-0.029 ± 0.025	-1.56 ± 0.08
2007fb	0.0173 ± 0.0009	15.26 ± 0.05	15.26 ± 0.23	34.51 ± 0.23	-0.119 ± 0.032	-1.64 ± 0.21
2006ef	0.0173 ± 0.0009	15.25 ± 0.03	15.11 ± 0.22	34.36 ± 0.22	-0.057 ± 0.026	-1.56 ± 0.07
2008C	0.0174 ± 0.0009	15.40 ± 0.05	15.06 ± 0.26	34.31 ± 0.26	0.087 ± 0.026	-0.70 ± 0.08
2008C	0.0174 ± 0.0009	15.35 ± 0.06	15.01 ± 0.26	34.27 ± 0.26	0.083 ± 0.031	-0.76 ± 0.12
2004fz	0.0174 ± 0.0009	14.66 ± 0.04	14.53 ± 0.33	33.78 ± 0.33	-0.044 ± 0.024	-1.28 ± 0.06
2006ax	0.0175 ± 0.0009	14.82 ± 0.04	15.07 ± 0.20	34.32 ± 0.20	-0.091 ± 0.027	0.28 ± 0.04
2006ax	0.0175 ± 0.0009	14.75 ± 0.03	15.06 ± 0.20	34.31 ± 0.20	-0.127 ± 0.022	0.17 ± 0.02
1998V	0.0175 ± 0.0009	14.95 ± 0.12	14.89 ± 0.23	34.15 ± 0.23	0.005 ± 0.041	-0.23 ± 0.06
2013gs	0.0178 ± 0.0009	15.20 ± 0.04	14.97 ± 0.32	34.22 ± 0.32	0.036 ± 0.048	-0.23 ± 0.16
2008L	0.0178 ± 0.0009	15.06 ± 0.10	15.08 ± 0.21	34.34 ± 0.21	-0.115 ± 0.040	-1.58 ± 0.11
2008L	0.0178 ± 0.0009	14.91 ± 0.10	14.99 ± 0.21	34.25 ± 0.21	-0.142 ± 0.040	-1.52 ± 0.10
2009le	0.0178 ± 0.0009	15.08 ± 0.02	15.04 ± 0.25	34.29 ± 0.25	0.065 ± 0.022	0.92 ± 0.17
2009le	0.0178 ± 0.0009	15.00 ± 0.04	14.99 ± 0.22	34.24 ± 0.22	0.003 ± 0.033	-0.02 ± 0.12
2000dr	0.0179 ± 0.0009	15.70 ± 0.04	15.04 ± 0.32	34.30 ± 0.32	0.048 ± 0.042	-2.73 ± 0.10
2007as	0.0180 ± 0.0010	15.21 ± 0.08	15.01 ± 0.23	34.27 ± 0.23	0.017 ± 0.030	-0.98 ± 0.04
1992bo	0.0181 ± 0.0009	15.51 ± 0.03	15.35 ± 0.20	34.61 ± 0.20	-0.064 ± 0.028	-2.00 ± 0.06
2010ai	0.0183 ± 0.0009	15.73 ± 0.04	15.73 ± 0.22	34.98 ± 0.22	-0.120 ± 0.031	-1.65 ± 0.09
ASASSN-17co	0.0183 ± 0.0009	15.35 ± 0.07	14.95 ± 0.28	34.20 ± 0.28	0.104 ± 0.039	-0.58 ± 0.15
PS15coh	0.0184 ± 0.0009	14.95 ± 0.09	15.19 ± 0.23	34.44 ± 0.23	-0.036 ± 0.039	1.34 ± 0.10
2009gf	0.0186 ± 0.0009	15.83 ± 0.03	15.24 ± 0.25	34.49 ± 0.26	0.068 ± 0.031	-2.72 ± 0.18
2009gf	0.0186 ± 0.0009	15.83 ± 0.04	15.32 ± 0.30	34.58 ± 0.30	0.037 ± 0.054	-2.72 ± 0.21
2016ffh	0.0187 ± 0.0009	15.60 ± 0.04	15.36 ± 0.24	34.62 ± 0.24	0.051 ± 0.029	-0.61 ± 0.15
ATLAS16cpu	0.0187 ± 0.0009	15.59 ± 0.04	15.32 ± 0.24	34.57 ± 0.24	0.038 ± 0.036	-0.96 ± 0.16
2000cu	0.0187 ± 0.0009	15.68 ± 0.06	15.35 ± 0.28	34.61 ± 0.28	-0.006 ± 0.046	-1.85 ± 0.13
2011fs	0.0188 ± 0.0009	15.03 ± 0.07	15.29 ± 0.21	34.55 ± 0.22	-0.036 ± 0.031	1.19 ± 0.09
2011fs	0.0188 ± 0.0009	15.01 ± 0.08	15.23 ± 0.32	34.49 ± 0.32	-0.084 ± 0.061	0.23 ± 0.81
ASASSN-16cs	0.0191 ± 0.0009	15.34 ± 0.08	15.18 ± 0.28	34.43 ± 0.28	0.034 ± 0.038	0.29 ± 0.12
2006kf	0.0195 ± 0.0009	15.65 ± 0.13	15.52 ± 0.19	34.77 ± 0.20	-0.079 ± 0.042	-2.07 ± 0.06
2006kf	0.0195 ± 0.0009	15.72 ± 0.14	15.56 ± 0.19	34.81 ± 0.20	-0.078 ± 0.045	-2.30 ± 0.11
2008hs	0.0198 ± 0.0009	15.91 ± 0.05	15.50 ± 0.47	34.76 ± 0.47	-0.001 ± 0.052	-2.71 ± 0.19

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
2008hs	0.0198 ± 0.0009	15.84 ± 0.05	15.49 ± 0.43	34.74 ± 0.43	-0.009 ± 0.035	-2.50 ± 0.11
2007au	0.0198 ± 0.0009	16.35 ± 0.05	15.43 ± 0.41	34.69 ± 0.41	0.148 ± 0.033	-2.41 ± 0.14
2016W	0.0200 ± 0.0009	15.57 ± 0.06	15.11 ± 0.29	34.36 ± 0.30	0.047 ± 0.037	-1.42 ± 0.11
2002kf	0.0200 ± 0.0009	15.45 ± 0.07	15.43 ± 0.20	34.69 ± 0.20	-0.068 ± 0.032	-0.99 ± 0.08
1992bc	0.0201 ± 0.0009	14.84 ± 0.03	15.26 ± 0.20	34.51 ± 0.20	-0.138 ± 0.026	0.86 ± 0.07
2009ds	0.0202 ± 0.0009	15.23 ± 0.03	15.25 ± 0.23	34.51 ± 0.23	0.062 ± 0.023	1.25 ± 0.12
2009ds	0.0202 ± 0.0009	15.23 ± 0.04	15.45 ± 0.19	34.70 ± 0.19	-0.061 ± 0.032	0.47 ± 0.13
2006ej	0.0202 ± 0.0009	15.49 ± 0.04	15.35 ± 0.19	34.60 ± 0.19	-0.046 ± 0.029	-1.66 ± 0.08
2006ej	0.0202 ± 0.0009	15.60 ± 0.04	15.25 ± 0.29	34.50 ± 0.30	0.058 ± 0.052	-1.26 ± 0.22
2006ej	0.0202 ± 0.0009	15.45 ± 0.03	15.32 ± 0.19	34.58 ± 0.19	-0.044 ± 0.027	-1.52 ± 0.05
2006ej	0.0202 ± 0.0009	15.49 ± 0.04	15.40 ± 0.19	34.65 ± 0.19	-0.030 ± 0.029	-1.09 ± 0.08
2002jy	0.0202 ± 0.0009	15.51 ± 0.04	15.75 ± 0.19	35.00 ± 0.19	-0.038 ± 0.028	0.94 ± 0.10
2016hpw	0.0203 ± 0.0009	15.59 ± 0.05	15.56 ± 0.24	34.82 ± 0.24	0.012 ± 0.029	0.57 ± 0.11
ATLAS16dqf	0.0203 ± 0.0009	15.73 ± 0.09	15.32 ± 0.37	34.57 ± 0.38	0.121 ± 0.059	0.80 ± 0.20
2005ki	0.0204 ± 0.0009	15.32 ± 0.04	15.32 ± 0.19	34.57 ± 0.19	-0.106 ± 0.030	-1.61 ± 0.06
2005ki	0.0204 ± 0.0009	15.29 ± 0.03	15.31 ± 0.18	34.57 ± 0.18	-0.109 ± 0.023	-1.45 ± 0.03
2005ki	0.0204 ± 0.0009	15.27 ± 0.04	15.24 ± 0.19	34.49 ± 0.19	-0.072 ± 0.030	-1.30 ± 0.11
ASASSN-15lg	0.0204 ± 0.0009	15.43 ± 0.05	15.40 ± 0.21	34.66 ± 0.21	-0.083 ± 0.041	-1.23 ± 0.14
2001dl	0.0205 ± 0.0009	16.57 ± 0.04	15.87 ± 0.37	35.13 ± 0.38	0.204 ± 0.031	0.32 ± 0.11
PSNJ1602512	0.0205 ± 0.0009	15.69 ± 0.04	15.30 ± 0.33	34.56 ± 0.33	0.097 ± 0.032	0.35 ± 0.10
2007st	0.0206 ± 0.0009	15.50 ± 0.03	15.16 ± 0.22	34.42 ± 0.22	0.034 ± 0.025	-1.63 ± 0.05
ASASSN-17bs	0.0206 ± 0.0009	15.66 ± 0.06	15.31 ± 0.25	34.56 ± 0.25	0.063 ± 0.037	-1.01 ± 0.15
2010A	0.0208 ± 0.0009	15.58 ± 0.04	15.23 ± 0.33	34.49 ± 0.33	0.104 ± 0.033	0.48 ± 0.13
2003W	0.0208 ± 0.0009	15.60 ± 0.04	15.42 ± 0.23	34.67 ± 0.23	0.068 ± 0.022	-0.01 ± 0.04
2003W	0.0208 ± 0.0009	15.64 ± 0.04	15.38 ± 0.25	34.63 ± 0.25	0.102 ± 0.026	0.05 ± 0.06
2001br	0.0209 ± 0.0009	15.98 ± 0.05	15.56 ± 0.30	34.81 ± 0.30	0.040 ± 0.044	-1.50 ± 0.14
ASASSN-16lc	0.0210 ± 0.0009	15.23 ± 0.04	15.44 ± 0.21	34.70 ± 0.22	-0.033 ± 0.031	1.19 ± 0.23
AT2016eoa	0.0211 ± 0.0009	15.69 ± 0.06	15.42 ± 0.23	34.67 ± 0.23	0.007 ± 0.041	-1.58 ± 0.16
ASASSN-16lg	0.0212 ± 0.0009	15.23 ± 0.06	15.12 ± 0.20	34.38 ± 0.20	-0.041 ± 0.039	-1.33 ± 0.18
2004bw	0.0212 ± 0.0009	15.58 ± 0.08	15.57 ± 0.19	34.82 ± 0.20	-0.083 ± 0.032	-1.19 ± 0.07
2008Z	0.0212 ± 0.0009	16.14 ± 0.03	15.87 ± 0.31	35.12 ± 0.31	0.090 ± 0.027	0.66 ± 0.11
2008Z	0.0212 ± 0.0009	16.16 ± 0.03	15.95 ± 0.30	35.21 ± 0.30	0.083 ± 0.027	0.98 ± 0.09
2007bc	0.0213 ± 0.0009	15.61 ± 0.03	15.50 ± 0.18	34.76 ± 0.18	-0.021 ± 0.025	-1.01 ± 0.06
2007bc	0.0213 ± 0.0009	15.56 ± 0.02	15.48 ± 0.18	34.73 ± 0.18	-0.036 ± 0.022	-1.09 ± 0.03
2007bc	0.0213 ± 0.0009	15.64 ± 0.03	15.49 ± 0.19	34.74 ± 0.19	-0.021 ± 0.029	-1.28 ± 0.08
SN2016ajf	0.0213 ± 0.0009	16.54 ± 0.10	15.51 ± 0.34	34.76 ± 0.34	0.203 ± 0.050	-2.93 ± 0.17
2009dc	0.0214 ± 0.0009	14.77 ± 0.05	15.09 ± 0.20	34.35 ± 0.20	0.001 ± 0.026	2.24 ± 0.11
2018fop	0.0215 ± 0.0009	15.09 ± 0.05	15.34 ± 0.20	34.59 ± 0.20	-0.077 ± 0.030	0.65 ± 0.14
ASASSN-15uv	0.0215 ± 0.0009	16.35 ± 0.04	15.36 ± 0.39	34.61 ± 0.39	0.274 ± 0.033	0.26 ± 0.13
ASASSN-18da	0.0217 ± 0.0009	15.07 ± 0.04	15.52 ± 0.19	34.77 ± 0.20	-0.134 ± 0.029	1.19 ± 0.14
2006et	0.0218 ± 0.0009	15.71 ± 0.03	15.51 ± 0.28	34.76 ± 0.28	0.120 ± 0.029	0.79 ± 0.14
2006et	0.0218 ± 0.0009	15.70 ± 0.02	15.52 ± 0.25	34.77 ± 0.25	0.108 ± 0.021	0.75 ± 0.03
1999dg	0.0220 ± 0.0009	15.66 ± 0.04	15.61 ± 0.24	34.86 ± 0.25	-0.101 ± 0.046	-1.76 ± 0.16
2001cp	0.0220 ± 0.0009	15.45 ± 0.09	15.71 ± 0.22	34.97 ± 0.22	-0.045 ± 0.047	1.01 ± 0.09
1995ak	0.0220 ± 0.0009	15.78 ± 0.05	15.42 ± 0.25	34.67 ± 0.25	0.072 ± 0.033	-1.06 ± 0.12
2009na	0.0221 ± 0.0009	15.50 ± 0.04	15.49 ± 0.20	34.75 ± 0.20	-0.057 ± 0.029	-0.71 ± 0.10
ASASSN-18iu	0.0221 ± 0.0009	15.31 ± 0.04	15.63 ± 0.18	34.88 ± 0.19	-0.115 ± 0.024	0.56 ± 0.07
ATLAS16dpc	0.0222 ± 0.0009	16.46 ± 0.11	15.80 ± 0.29	35.05 ± 0.29	0.098 ± 0.049	-2.55 ± 0.22
SNF20080514-002	0.0222 ± 0.0009	15.59 ± 0.04	15.76 ± 0.21	35.01 ± 0.22	-0.183 ± 0.028	-1.51 ± 0.08
2006dm	0.0223 ± 0.0009	15.76 ± 0.04	15.55 ± 0.18	34.81 ± 0.18	-0.033 ± 0.028	-1.90 ± 0.07
2006dm	0.0223 ± 0.0009	15.84 ± 0.04	15.57 ± 0.26	34.82 ± 0.26	0.002 ± 0.049	-1.76 ± 0.17
2008ia	0.0223 ± 0.0009	15.67 ± 0.13	15.67 ± 0.17	34.92 ± 0.17	-0.083 ± 0.043	-1.25 ± 0.05
2004bg	0.0223 ± 0.0009	15.18 ± 0.03	15.52 ± 0.20	34.77 ± 0.20	-0.149 ± 0.026	0.19 ± 0.07
2004bg	0.0223 ± 0.0009	15.34 ± 0.05	15.62 ± 0.20	34.87 ± 0.20	-0.090 ± 0.029	0.58 ± 0.12
2002cu	0.0224 ± 0.0009	15.86 ± 0.05	15.53 ± 0.22	34.78 ± 0.22	-0.003 ± 0.028	-1.85 ± 0.06
2006cp	0.0224 ± 0.0009	15.73 ± 0.03	15.52 ± 0.30	34.77 ± 0.30	0.057 ± 0.028	0.32 ± 0.08
2006cp	0.0224 ± 0.0009	15.61 ± 0.03	15.61 ± 0.24	34.86 ± 0.24	-0.016 ± 0.026	0.04 ± 0.10

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) c	(7) $x_1$
2000fa	0.0224 ± 0.0009	15.63 ± 0.05	15.51 ± 0.29	34.76 ± 0.29	0.041 ± 0.042	0.51 ± 0.07
2000fa	0.0224 ± 0.0009	15.65 ± 0.05	15.55 ± 0.25	34.80 ± 0.26	0.033 ± 0.029	0.49 ± 0.08
ASASSN-16bn	0.0224 ± 0.0009	15.38 ± 0.10	15.79 ± 0.21	35.04 ± 0.21	-0.088 ± 0.040	1.47 ± 0.35
ASASSN-17aj	0.0226 ± 0.0009	15.56 ± 0.04	15.48 ± 0.24	34.73 ± 0.24	0.006 ± 0.033	0.14 ± 0.13
AT2017cfb	0.0227 ± 0.0009	15.30 ± 0.04	15.59 ± 0.22	34.84 ± 0.22	-0.077 ± 0.033	0.94 ± 0.15
2006bq	0.0227 ± 0.0009	15.94 ± 0.05	15.62 ± 0.20	34.87 ± 0.20	0.027 ± 0.028	-1.67 ± 0.07
2002ef	0.0227 ± 0.0009	16.38 ± 0.03	15.43 ± 0.36	34.68 ± 0.36	0.254 ± 0.019	-0.55 ± 0.08
2010cr	0.0230 ± 0.0009	16.31 ± 0.07	16.02 ± 0.30	35.27 ± 0.30	0.031 ± 0.066	-1.42 ± 0.35
ASASSN-15il	0.0230 ± 0.0009	15.18 ± 0.10	15.61 ± 0.20	34.86 ± 0.20	-0.112 ± 0.041	1.25 ± 0.12
2000cn	0.0230 ± 0.0009	16.31 ± 0.05	15.75 ± 0.27	35.00 ± 0.27	0.071 ± 0.043	-2.48 ± 0.11
2000cn	0.0230 ± 0.0009	16.30 ± 0.04	15.72 ± 0.24	34.97 ± 0.24	0.075 ± 0.029	-2.56 ± 0.16
2017hoq	0.0230 ± 0.0009	15.49 ± 0.05	15.73 ± 0.19	34.99 ± 0.19	-0.063 ± 0.026	0.78 ± 0.13
2009jb	0.0231 ± 0.0009	15.66 ± 0.05	15.51 ± 0.34	34.77 ± 0.34	0.022 ± 0.059	-0.08 ± 0.52
2014ai	0.0231 ± 0.0009	16.15 ± 0.05	15.77 ± 0.27	35.02 ± 0.27	0.084 ± 0.038	-1.00 ± 0.26
ASASSN-14fa	0.0232 ± 0.0009	15.74 ± 0.05	15.63 ± 0.27	34.88 ± 0.27	-0.090 ± 0.057	-1.94 ± 0.26
2004at	0.0232 ± 0.0009	15.43 ± 0.03	15.66 ± 0.18	34.92 ± 0.18	-0.113 ± 0.023	-0.05 ± 0.05
PS15cku	0.0233 ± 0.0009	15.73 ± 0.04	15.80 ± 0.23	35.05 ± 0.23	-0.011 ± 0.034	0.76 ± 0.14
2007ci	0.0233 ± 0.0009	15.66 ± 0.03	15.39 ± 0.27	34.65 ± 0.27	-0.044 ± 0.027	-2.46 ± 0.10
2007ci	0.0233 ± 0.0009	15.63 ± 0.03	15.18 ± 0.28	34.43 ± 0.28	0.012 ± 0.028	-2.79 ± 0.10
2009al	0.0234 ± 0.0009	16.09 ± 0.04	15.73 ± 0.28	34.99 ± 0.28	0.151 ± 0.028	0.27 ± 0.22
2009al	0.0234 ± 0.0009	15.93 ± 0.03	15.76 ± 0.22	35.01 ± 0.22	0.058 ± 0.024	-0.15 ± 0.06
2009al	0.0234 ± 0.0009	15.95 ± 0.03	15.73 ± 0.22	34.98 ± 0.23	0.057 ± 0.029	-0.49 ± 0.10
2009cz	0.0234 ± 0.0009	15.52 ± 0.04	15.61 ± 0.26	34.86 ± 0.26	0.008 ± 0.050	0.74 ± 0.26
2009cz	0.0234 ± 0.0009	15.43 ± 0.03	15.61 ± 0.17	34.86 ± 0.17	-0.029 ± 0.022	0.70 ± 0.05
ASASSN-15nr	0.0234 ± 0.0009	15.58 ± 0.08	15.58 ± 0.26	34.83 ± 0.26	0.029 ± 0.040	1.21 ± 0.19
2004bk	0.0235 ± 0.0009	15.51 ± 0.04	15.59 ± 0.21	34.84 ± 0.22	-0.022 ± 0.026	0.47 ± 0.07
2018enc	0.0235 ± 0.0009	15.46 ± 0.07	15.75 ± 0.22	35.00 ± 0.22	-0.017 ± 0.034	1.98 ± 0.20
2007qe	0.0236 ± 0.0009	15.75 ± 0.04	15.79 ± 0.20	35.04 ± 0.21	-0.017 ± 0.027	0.35 ± 0.07
2007qe	0.0236 ± 0.0009	15.81 ± 0.04	15.70 ± 0.26	34.95 ± 0.26	0.045 ± 0.027	0.68 ± 0.05
ATLAS17bas	0.0236 ± 0.0009	15.38 ± 0.04	15.32 ± 0.26	34.57 ± 0.26	0.027 ± 0.033	0.80 ± 0.12
ASASSN-15tz	0.0237 ± 0.0009	16.26 ± 0.10	15.70 ± 0.27	34.95 ± 0.27	0.114 ± 0.046	-1.52 ± 0.15
2010ao	0.0237 ± 0.0009	15.56 ± 0.04	15.69 ± 0.21	34.94 ± 0.21	-0.093 ± 0.031	-0.43 ± 0.13
2006sr	0.0239 ± 0.0009	15.91 ± 0.06	15.74 ± 0.18	34.99 ± 0.18	-0.015 ± 0.032	-1.37 ± 0.12
ASASSN-15jt	0.0239 ± 0.0009	16.75 ± 0.04	15.64 ± 0.40	34.89 ± 0.40	0.211 ± 0.039	-2.33 ± 0.14
ASASSN-16em	0.0239 ± 0.0009	15.92 ± 0.08	15.74 ± 0.28	34.99 ± 0.28	0.045 ± 0.039	0.44 ± 0.13
2000ca	0.0239 ± 0.0009	15.32 ± 0.05	15.65 ± 0.19	34.90 ± 0.19	-0.116 ± 0.028	0.52 ± 0.07
1998eg	0.0240 ± 0.0009	15.92 ± 0.07	15.85 ± 0.19	35.10 ± 0.20	-0.001 ± 0.034	-0.50 ± 0.28
PS1-14xw	0.0241 ± 0.0009	15.62 ± 0.06	15.85 ± 0.31	35.10 ± 0.31	-0.037 ± 0.057	1.23 ± 0.71
2010gp	0.0241 ± 0.0009	15.94 ± 0.06	15.22 ± 0.40	34.47 ± 0.40	0.174 ± 0.053	-0.51 ± 0.25
2000bh	0.0241 ± 0.0009	15.69 ± 0.04	15.63 ± 0.22	34.88 ± 0.22	-0.005 ± 0.028	-0.11 ± 0.07
2007F	0.0242 ± 0.0009	15.66 ± 0.03	15.69 ± 0.21	34.94 ± 0.21	-0.012 ± 0.026	0.41 ± 0.11
2007F	0.0242 ± 0.0009	15.62 ± 0.03	15.83 ± 0.18	35.08 ± 0.18	-0.068 ± 0.026	0.53 ± 0.04
1993H	0.0243 ± 0.0009	16.41 ± 0.05	15.93 ± 0.23	35.18 ± 0.23	0.068 ± 0.030	-2.05 ± 0.06
AT2016bln	0.0243 ± 0.0009	15.65 ± 0.04	15.82 ± 0.19	35.08 ± 0.20	-0.005 ± 0.033	1.13 ± 0.12
2006ac	0.0243 ± 0.0009	15.75 ± 0.04	15.73 ± 0.18	34.99 ± 0.18	-0.043 ± 0.029	-0.78 ± 0.12
2006ac	0.0243 ± 0.0009	15.88 ± 0.03	15.70 ± 0.20	34.95 ± 0.20	0.011 ± 0.026	-1.00 ± 0.07
ASASSN-15sf	0.0243 ± 0.0013	15.72 ± 0.04	15.98 ± 0.23	35.23 ± 0.24	-0.070 ± 0.033	0.87 ± 0.14
2005bg	0.0243 ± 0.0009	15.59 ± 0.03	15.76 ± 0.20	35.01 ± 0.20	-0.061 ± 0.022	0.39 ± 0.06
2009D	0.0245 ± 0.0009	15.43 ± 0.04	15.76 ± 0.16	35.01 ± 0.16	-0.097 ± 0.022	0.65 ± 0.03
2009D	0.0245 ± 0.0009	15.46 ± 0.07	15.82 ± 0.21	35.07 ± 0.21	-0.088 ± 0.041	1.04 ± 0.41
2009D	0.0245 ± 0.0009	15.46 ± 0.05	15.70 ± 0.17	34.95 ± 0.17	-0.071 ± 0.030	0.42 ± 0.12
PS16ccn	0.0246 ± 0.0009	15.61 ± 0.06	15.93 ± 0.19	35.18 ± 0.19	-0.125 ± 0.035	0.38 ± 0.11
2008bf	0.0246 ± 0.0013	15.47 ± 0.03	15.85 ± 0.23	35.11 ± 0.24	-0.149 ± 0.027	0.32 ± 0.07
2008bf	0.0246 ± 0.0013	15.41 ± 0.03	15.80 ± 0.23	35.05 ± 0.23	-0.149 ± 0.022	0.40 ± 0.03
2008bf	0.0246 ± 0.0013	15.45 ± 0.03	15.64 ± 0.23	34.89 ± 0.23	-0.056 ± 0.026	0.34 ± 0.07
1994M	0.0246 ± 0.0009	16.03 ± 0.04	15.70 ± 0.21	34.95 ± 0.21	0.043 ± 0.029	-1.43 ± 0.09
2004br	0.0246 ± 0.0009	15.17 ± 0.03	15.55 ± 0.18	34.81 ± 0.18	-0.108 ± 0.026	1.00 ± 0.08

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
ASASSN-16hz	0.0247 ± 0.0009	16.00 ± 0.05	15.56 ± 0.32	34.81 ± 0.32	0.091 ± 0.034	-0.27 ± 0.12
2003he	0.0249 ± 0.0009	15.96 ± 0.03	15.83 ± 0.24	35.09 ± 0.24	0.033 ± 0.020	0.34 ± 0.05
2001cj	0.0249 ± 0.0009	15.57 ± 0.03	15.94 ± 0.23	35.20 ± 0.23	-0.128 ± 0.041	0.72 ± 0.11
Gaia16agf	0.0251 ± 0.0009	15.97 ± 0.05	15.96 ± 0.27	35.22 ± 0.27	0.038 ± 0.034	1.36 ± 0.15
2007cq	0.0251 ± 0.0009	15.65 ± 0.07	15.58 ± 0.29	34.84 ± 0.29	-0.006 ± 0.054	-0.13 ± 0.34
2007cq	0.0251 ± 0.0009	15.58 ± 0.07	15.60 ± 0.18	34.85 ± 0.18	-0.061 ± 0.030	-0.69 ± 0.12
2003it	0.0251 ± 0.0009	16.13 ± 0.05	15.83 ± 0.20	35.08 ± 0.21	0.026 ± 0.033	-1.57 ± 0.16
2007cq	0.0251 ± 0.0009	15.57 ± 0.07	15.76 ± 0.17	35.01 ± 0.18	-0.113 ± 0.030	-0.33 ± 0.07
AT2017cfc	0.0251 ± 0.0009	15.91 ± 0.04	15.77 ± 0.19	35.03 ± 0.19	-0.006 ± 0.032	-0.92 ± 0.10
2011dn	0.0251 ± 0.0009	15.41 ± 0.11	15.21 ± 0.33	34.46 ± 0.33	0.052 ± 0.058	0.22 ± 0.28
2007sw	0.0252 ± 0.0009	16.03 ± 0.04	15.66 ± 0.31	34.91 ± 0.31	0.096 ± 0.031	0.07 ± 0.13
2012bh	0.0252 ± 0.0009	15.97 ± 0.09	15.95 ± 0.24	35.20 ± 0.24	-0.033 ± 0.045	-0.41 ± 0.26
370356	0.0252 ± 0.0009	15.87 ± 0.05	15.97 ± 0.20	35.23 ± 0.20	-0.077 ± 0.035	-0.29 ± 0.13
2002he	0.0252 ± 0.0009	15.97 ± 0.03	15.86 ± 0.15	35.11 ± 0.16	-0.061 ± 0.021	-1.66 ± 0.06
2002he	0.0252 ± 0.0009	16.02 ± 0.05	15.86 ± 0.17	35.11 ± 0.17	-0.038 ± 0.033	-1.67 ± 0.18
2018jjd	0.0252 ± 0.0009	15.41 ± 0.04	15.73 ± 0.18	34.98 ± 0.19	-0.103 ± 0.029	0.71 ± 0.11
2002bf	0.0253 ± 0.0009	15.80 ± 0.15	15.69 ± 0.24	34.94 ± 0.24	-0.103 ± 0.092	-2.27 ± 0.30
2002bf	0.0253 ± 0.0009	16.06 ± 0.05	15.65 ± 0.27	34.91 ± 0.27	0.137 ± 0.032	-0.32 ± 0.13
ASASSN-16bq	0.0253 ± 0.0009	16.07 ± 0.05	15.94 ± 0.17	35.19 ± 0.18	-0.053 ± 0.034	-1.68 ± 0.07
PS15ahs	0.0253 ± 0.0009	15.73 ± 0.04	15.94 ± 0.18	35.20 ± 0.19	-0.091 ± 0.032	0.17 ± 0.10
PSNJ0153424	0.0256 ± 0.0009	16.23 ± 0.05	15.93 ± 0.23	35.18 ± 0.23	0.069 ± 0.034	-0.61 ± 0.09
SN2017hn	0.0256 ± 0.0009	15.66 ± 0.04	15.81 ± 0.19	35.06 ± 0.19	-0.027 ± 0.036	0.62 ± 0.22
1992ag	0.0259 ± 0.0009	16.14 ± 0.07	15.51 ± 0.34	34.77 ± 0.34	0.201 ± 0.048	-0.68 ± 0.11
SN2017ms	0.0259 ± 0.0009	15.55 ± 0.04	15.87 ± 0.20	35.12 ± 0.20	-0.120 ± 0.034	0.43 ± 0.23
PSNJ2352371	0.0260 ± 0.0009	16.43 ± 0.05	16.15 ± 0.20	35.40 ± 0.20	-0.014 ± 0.040	-2.04 ± 0.14
2005M	0.0260 ± 0.0009	15.62 ± 0.03	16.04 ± 0.18	35.29 ± 0.18	-0.092 ± 0.027	1.51 ± 0.07
2005M	0.0260 ± 0.0009	15.68 ± 0.03	15.86 ± 0.20	35.11 ± 0.20	-0.016 ± 0.021	1.28 ± 0.03
2005M	0.0260 ± 0.0009	15.90 ± 0.06	15.58 ± 0.35	34.84 ± 0.35	0.144 ± 0.044	1.55 ± 0.33
SN2017mf	0.0260 ± 0.0009	16.03 ± 0.04	16.06 ± 0.18	35.31 ± 0.18	-0.027 ± 0.033	-0.16 ± 0.14
2005mc	0.0263 ± 0.0009	16.77 ± 0.04	16.03 ± 0.29	35.29 ± 0.29	0.175 ± 0.026	-1.92 ± 0.05
2005mc	0.0263 ± 0.0009	17.00 ± 0.04	16.09 ± 0.32	35.34 ± 0.32	0.208 ± 0.031	-2.68 ± 0.12
ASASSN-15uu	0.0263 ± 0.0009	16.29 ± 0.06	15.77 ± 0.37	35.02 ± 0.37	0.163 ± 0.038	0.96 ± 0.18
2005ms	0.0267 ± 0.0009	15.89 ± 0.04	16.06 ± 0.18	35.31 ± 0.18	-0.056 ± 0.027	0.44 ± 0.08
1999gp	0.0269 ± 0.0009	15.81 ± 0.04	16.02 ± 0.18	35.27 ± 0.18	0.015 ± 0.026	1.66 ± 0.04
1999gp	0.0269 ± 0.0009	15.71 ± 0.04	16.04 ± 0.20	35.29 ± 0.21	-0.046 ± 0.042	1.39 ± 0.11
ASASSN-15mf	0.0270 ± 0.0009	15.99 ± 0.04	15.87 ± 0.18	35.12 ± 0.18	-0.023 ± 0.035	-1.15 ± 0.17
ASASSN-17at	0.0271 ± 0.0009	16.17 ± 0.04	16.00 ± 0.18	35.25 ± 0.19	-0.023 ± 0.034	-1.47 ± 0.27
SNF20071021-000	0.0271 ± 0.0009	16.25 ± 0.05	16.07 ± 0.21	35.32 ± 0.22	0.002 ± 0.028	-0.78 ± 0.08
2013fn	0.0273 ± 0.0009	15.95 ± 0.05	16.04 ± 0.30	35.29 ± 0.30	-0.050 ± 0.059	0.04 ± 0.51
2002eb	0.0273 ± 0.0009	15.75 ± 0.04	16.01 ± 0.17	35.27 ± 0.17	-0.071 ± 0.021	0.78 ± 0.04
2007co	0.0273 ± 0.0009	16.23 ± 0.07	16.09 ± 0.23	35.34 ± 0.23	0.022 ± 0.031	-0.07 ± 0.06
2007co	0.0273 ± 0.0009	16.23 ± 0.08	15.86 ± 0.35	35.11 ± 0.35	0.067 ± 0.059	-0.70 ± 0.38
2007co	0.0273 ± 0.0009	16.24 ± 0.07	15.97 ± 0.26	35.23 ± 0.26	0.055 ± 0.031	-0.21 ± 0.06
1992P	0.0274 ± 0.0009	15.80 ± 0.04	16.06 ± 0.22	35.31 ± 0.22	-0.104 ± 0.043	0.16 ± 0.28
2007su	0.0274 ± 0.0009	16.66 ± 0.07	16.05 ± 0.35	35.30 ± 0.35	0.175 ± 0.036	0.25 ± 0.35
ASASSN-15fa	0.0274 ± 0.0009	16.31 ± 0.04	16.27 ± 0.22	35.52 ± 0.23	0.054 ± 0.034	0.84 ± 0.23
2005na	0.0275 ± 0.0009	15.65 ± 0.05	15.86 ± 0.17	35.11 ± 0.17	-0.130 ± 0.024	-0.44 ± 0.03
2005na	0.0275 ± 0.0009	15.81 ± 0.06	15.90 ± 0.18	35.15 ± 0.19	-0.073 ± 0.032	-0.36 ± 0.10
2005na	0.0275 ± 0.0009	15.73 ± 0.05	15.86 ± 0.17	35.11 ± 0.17	-0.088 ± 0.025	-0.32 ± 0.08
ASASSN-16av	0.0277 ± 0.0009	16.44 ± 0.05	16.09 ± 0.29	35.35 ± 0.29	0.161 ± 0.037	0.78 ± 0.21
2006gj	0.0280 ± 0.0009	17.38 ± 0.05	16.47 ± 0.32	35.73 ± 0.32	0.240 ± 0.027	-2.11 ± 0.08
2010ii	0.0281 ± 0.0009	15.90 ± 0.06	15.88 ± 0.18	35.13 ± 0.18	-0.106 ± 0.031	-1.64 ± 0.18
2006ev	0.0281 ± 0.0009	16.79 ± 0.06	16.42 ± 0.21	35.67 ± 0.22	0.066 ± 0.028	-1.34 ± 0.07
PSNJ0252467	0.0282 ± 0.0009	15.94 ± 0.11	16.11 ± 0.19	35.36 ± 0.19	-0.099 ± 0.044	-0.24 ± 0.14
2009aa	0.0282 ± 0.0009	16.02 ± 0.03	16.06 ± 0.17	35.32 ± 0.17	-0.080 ± 0.022	-0.78 ± 0.03
2011hb	0.0282 ± 0.0009	16.09 ± 0.06	16.03 ± 0.29	35.29 ± 0.29	0.033 ± 0.062	0.15 ± 0.36
2005eq	0.0282 ± 0.0009	16.00 ± 0.05	16.25 ± 0.16	35.51 ± 0.16	-0.010 ± 0.025	1.51 ± 0.09

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
2005eq	0.0282 ± 0.0009	16.04 ± 0.05	16.30 ± 0.16	35.56 ± 0.16	-0.018 ± 0.024	1.44 ± 0.05
2005eq	0.0282 ± 0.0009	16.05 ± 0.05	16.31 ± 0.16	35.56 ± 0.16	-0.022 ± 0.029	1.31 ± 0.08
2003U	0.0283 ± 0.0009	16.23 ± 0.04	16.01 ± 0.18	35.27 ± 0.18	-0.041 ± 0.034	-2.12 ± 0.32
2009ad	0.0284 ± 0.0009	15.90 ± 0.07	16.12 ± 0.16	35.37 ± 0.16	-0.082 ± 0.031	0.15 ± 0.08
2009ad	0.0284 ± 0.0009	15.89 ± 0.06	16.09 ± 0.15	35.34 ± 0.16	-0.069 ± 0.027	0.18 ± 0.03
2002el	0.0285 ± 0.0009	15.89 ± 0.06	15.85 ± 0.18	35.10 ± 0.18	-0.077 ± 0.027	-1.27 ± 0.08
2008ar	0.0285 ± 0.0009	15.96 ± 0.04	16.18 ± 0.18	35.44 ± 0.18	-0.092 ± 0.028	0.20 ± 0.09
2008ar	0.0285 ± 0.0009	15.93 ± 0.03	16.04 ± 0.18	35.29 ± 0.18	-0.066 ± 0.023	-0.14 ± 0.04
2008ar	0.0285 ± 0.0009	15.96 ± 0.04	16.11 ± 0.18	35.36 ± 0.18	-0.071 ± 0.027	0.00 ± 0.07
AT2017ns	0.0285 ± 0.0009	16.84 ± 0.08	15.94 ± 0.37	35.20 ± 0.37	0.227 ± 0.043	-0.97 ± 0.27
2004gs	0.0286 ± 0.0009	16.88 ± 0.03	16.35 ± 0.23	35.60 ± 0.24	0.099 ± 0.023	-1.88 ± 0.03
SN2017ckx	0.0286 ± 0.0009	16.04 ± 0.05	16.41 ± 0.25	35.66 ± 0.25	-0.032 ± 0.039	1.97 ± 0.55
2007is	0.0287 ± 0.0009	16.17 ± 0.04	16.09 ± 0.21	35.34 ± 0.21	0.005 ± 0.032	-0.44 ± 0.18
2013bs	0.0287 ± 0.0009	16.36 ± 0.04	16.16 ± 0.20	35.41 ± 0.20	-0.014 ± 0.030	-1.54 ± 0.09
1998ab	0.0287 ± 0.0009	15.88 ± 0.03	15.70 ± 0.23	34.95 ± 0.23	0.085 ± 0.027	0.23 ± 0.07
1993ah	0.0289 ± 0.0009	16.63 ± 0.27	16.02 ± 0.65	35.28 ± 0.66	0.110 ± 0.120	-2.20 ± 0.83
2006qo	0.0290 ± 0.0009	16.58 ± 0.04	16.22 ± 0.27	35.48 ± 0.28	0.163 ± 0.028	0.38 ± 0.06
ASASSN-15la	0.0290 ± 0.0009	16.11 ± 0.04	15.80 ± 0.22	35.06 ± 0.22	0.053 ± 0.034	-1.02 ± 0.22
1996C	0.0291 ± 0.0009	16.36 ± 0.04	16.26 ± 0.25	35.52 ± 0.25	0.043 ± 0.029	0.66 ± 0.13
PS16cvc	0.0292 ± 0.0009	16.06 ± 0.07	16.44 ± 0.18	35.69 ± 0.18	-0.099 ± 0.036	1.17 ± 0.13
ASASSN-15fs	0.0292 ± 0.0009	16.02 ± 0.06	15.99 ± 0.18	35.24 ± 0.19	0.007 ± 0.035	-0.02 ± 0.13
2003ch	0.0292 ± 0.0009	16.47 ± 0.05	16.35 ± 0.17	35.60 ± 0.17	-0.033 ± 0.030	-1.31 ± 0.15
ASASSN-16ay	0.0294 ± 0.0009	16.78 ± 0.06	16.37 ± 0.30	35.62 ± 0.30	0.205 ± 0.037	0.98 ± 0.17
PSNJ0859349	0.0294 ± 0.0009	16.54 ± 0.04	16.22 ± 0.22	35.47 ± 0.23	0.064 ± 0.033	-0.89 ± 0.14
ASASSN-16fs	0.0294 ± 0.0009	16.17 ± 0.05	16.02 ± 0.18	35.28 ± 0.18	-0.026 ± 0.037	-1.34 ± 0.14
LSQ12gdj	0.0295 ± 0.0009	15.69 ± 0.04	15.84 ± 0.27	35.09 ± 0.27	-0.008 ± 0.052	1.27 ± 0.24
2000cw	0.0295 ± 0.0009	16.44 ± 0.05	16.35 ± 0.22	35.61 ± 0.22	-0.035 ± 0.044	-0.84 ± 0.12
2002de	0.0295 ± 0.0009	16.41 ± 0.02	16.11 ± 0.28	35.36 ± 0.28	0.086 ± 0.019	0.32 ± 0.07
ASASSN-16aj	0.0295 ± 0.0009	16.43 ± 0.05	16.21 ± 0.18	35.47 ± 0.18	-0.020 ± 0.037	-1.77 ± 0.16
ASASSN-16br	0.0296 ± 0.0009	16.03 ± 0.10	16.25 ± 0.19	35.51 ± 0.19	-0.056 ± 0.040	0.82 ± 0.11
AT2017zd	0.0297 ± 0.0009	15.90 ± 0.06	16.03 ± 0.19	35.28 ± 0.19	-0.056 ± 0.036	0.19 ± 0.12
ASASSN-16hh	0.0298 ± 0.0009	15.94 ± 0.08	16.25 ± 0.19	35.50 ± 0.19	-0.087 ± 0.041	0.84 ± 0.41
ATLAS17ajn	0.0298 ± 0.0009	16.30 ± 0.08	16.26 ± 0.19	35.51 ± 0.19	-0.115 ± 0.044	-2.03 ± 0.13
Gaia16bba	0.0299 ± 0.0009	16.07 ± 0.05	16.18 ± 0.18	35.44 ± 0.19	-0.062 ± 0.036	0.01 ± 0.13
1997dg	0.0300 ± 0.0009	16.63 ± 0.05	16.61 ± 0.19	35.86 ± 0.19	-0.028 ± 0.031	-0.32 ± 0.18
2004ef	0.0301 ± 0.0009	16.55 ± 0.04	16.27 ± 0.19	35.52 ± 0.20	0.039 ± 0.028	-1.25 ± 0.13
2004ef	0.0301 ± 0.0009	16.58 ± 0.04	16.23 ± 0.20	35.48 ± 0.20	0.052 ± 0.022	-1.42 ± 0.02
2004ef	0.0301 ± 0.0009	16.66 ± 0.05	16.22 ± 0.23	35.48 ± 0.23	0.071 ± 0.034	-1.66 ± 0.19
ASASSN-15nq	0.0302 ± 0.0009	16.11 ± 0.05	16.27 ± 0.16	35.52 ± 0.17	-0.090 ± 0.034	-0.34 ± 0.13
AT2017lm	0.0303 ± 0.0009	16.16 ± 0.05	16.30 ± 0.21	35.55 ± 0.22	-0.016 ± 0.036	1.08 ± 0.32
ASASSN-16fo	0.0304 ± 0.0009	15.84 ± 0.04	16.23 ± 0.17	35.48 ± 0.17	-0.127 ± 0.033	0.62 ± 0.18
ASASSN-16es	0.0305 ± 0.0009	16.35 ± 0.05	16.28 ± 0.26	35.53 ± 0.26	0.040 ± 0.036	0.86 ± 0.39
AT2016cyt	0.0306 ± 0.0009	16.14 ± 0.06	16.11 ± 0.16	35.36 ± 0.16	-0.099 ± 0.035	-1.77 ± 0.09
2013fy	0.0308 ± 0.0009	16.09 ± 0.06	16.10 ± 0.34	35.35 ± 0.34	0.028 ± 0.073	0.50 ± 0.63
ASASSN-15uw	0.0308 ± 0.0009	16.59 ± 0.04	16.36 ± 0.21	35.61 ± 0.21	0.046 ± 0.034	-0.70 ± 0.13
ASASSN-16hr	0.0308 ± 0.0009	16.32 ± 0.08	16.21 ± 0.28	35.46 ± 0.28	0.055 ± 0.039	1.05 ± 0.20
PS15cwx	0.0309 ± 0.0009	16.20 ± 0.10	16.16 ± 0.18	35.42 ± 0.18	-0.076 ± 0.044	-1.43 ± 0.09
1990O	0.0309 ± 0.0009	15.99 ± 0.06	16.24 ± 0.16	35.49 ± 0.17	-0.070 ± 0.033	0.52 ± 0.18
2001ba	0.0310 ± 0.0009	15.93 ± 0.05	16.40 ± 0.20	35.65 ± 0.21	-0.199 ± 0.041	0.16 ± 0.09
2009eu	0.0311 ± 0.0018	17.46 ± 0.04	16.67 ± 0.40	35.92 ± 0.40	0.201 ± 0.038	-2.00 ± 0.21
2009fv	0.0311 ± 0.0009	16.67 ± 0.03	16.15 ± 0.33	35.41 ± 0.33	0.162 ± 0.023	-0.73 ± 0.12
2009fv	0.0311 ± 0.0009	16.79 ± 0.08	16.08 ± 0.37	35.34 ± 0.38	0.259 ± 0.039	-0.46 ± 0.12
SNF20080909-030	0.0311 ± 0.0009	16.10 ± 0.05	16.31 ± 0.18	35.57 ± 0.18	-0.037 ± 0.031	1.09 ± 0.14
2008gg	0.0311 ± 0.0009	16.35 ± 0.04	16.42 ± 0.24	35.67 ± 0.24	0.040 ± 0.032	1.12 ± 0.30
2008gg	0.0311 ± 0.0009	16.25 ± 0.03	16.29 ± 0.18	35.54 ± 0.18	0.034 ± 0.023	0.83 ± 0.05
1999cc	0.0312 ± 0.0009	16.51 ± 0.03	16.33 ± 0.17	35.59 ± 0.17	-0.027 ± 0.027	-1.61 ± 0.07
AT2017wb	0.0312 ± 0.0009	16.37 ± 0.04	16.28 ± 0.28	35.53 ± 0.28	0.066 ± 0.033	1.36 ± 0.16

Continua en la pagina siguiente ...



(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
MASTEROTJ08	0.0312 ± 0.0009	16.33 ± 0.06	16.41 ± 0.17	35.67 ± 0.17	-0.038 ± 0.041	-0.02 ± 0.18
2007bd	0.0312 ± 0.0009	16.29 ± 0.04	16.24 ± 0.17	35.50 ± 0.18	-0.057 ± 0.033	-1.21 ± 0.22
2007bd	0.0312 ± 0.0009	16.25 ± 0.03	16.33 ± 0.15	35.58 ± 0.15	-0.102 ± 0.023	-1.08 ± 0.04
2007bd	0.0312 ± 0.0009	16.32 ± 0.03	16.23 ± 0.15	35.48 ± 0.15	-0.054 ± 0.027	-1.44 ± 0.07
2006bt	0.0312 ± 0.0009	16.65 ± 0.04	16.52 ± 0.22	35.77 ± 0.22	0.071 ± 0.028	0.30 ± 0.12
2006bt	0.0312 ± 0.0009	16.67 ± 0.04	16.49 ± 0.23	35.74 ± 0.23	0.084 ± 0.022	0.23 ± 0.04
2006bt	0.0312 ± 0.0009	16.67 ± 0.04	16.53 ± 0.21	35.79 ± 0.22	0.064 ± 0.027	0.18 ± 0.07
2006bw	0.0313 ± 0.0009	17.23 ± 0.06	16.37 ± 0.32	35.62 ± 0.32	0.242 ± 0.032	-1.75 ± 0.17
ASASSN-15hg	0.0314 ± 0.0009	16.63 ± 0.05	16.39 ± 0.19	35.65 ± 0.20	0.012 ± 0.036	-1.29 ± 0.14
ATLAS17axb	0.0314 ± 0.0009	16.11 ± 0.07	16.31 ± 0.18	35.56 ± 0.19	-0.102 ± 0.038	-0.13 ± 0.15
2010gn	0.0315 ± 0.0009	16.56 ± 0.05	16.66 ± 0.27	35.91 ± 0.27	-0.104 ± 0.060	-0.78 ± 0.34
CSS160428	0.0315 ± 0.0009	16.19 ± 0.04	16.45 ± 0.16	35.70 ± 0.16	-0.058 ± 0.032	0.83 ± 0.15
2000dn	0.0315 ± 0.0009	16.33 ± 0.04	16.45 ± 0.22	35.71 ± 0.22	-0.083 ± 0.045	-0.30 ± 0.12
2006en	0.0316 ± 0.0009	16.51 ± 0.05	16.39 ± 0.19	35.65 ± 0.19	0.036 ± 0.029	-0.17 ± 0.15
2006en	0.0316 ± 0.0009	16.56 ± 0.05	16.43 ± 0.19	35.68 ± 0.19	0.023 ± 0.030	-0.46 ± 0.10
2008bq	0.0317 ± 0.0009	16.45 ± 0.05	16.47 ± 0.18	35.73 ± 0.18	0.013 ± 0.025	0.36 ± 0.04
ASASSN-16oz	0.0319 ± 0.0022	15.93 ± 0.05	16.21 ± 0.27	35.46 ± 0.28	-0.040 ± 0.037	1.49 ± 0.19
2006az	0.0320 ± 0.0009	16.21 ± 0.03	16.24 ± 0.15	35.49 ± 0.15	-0.106 ± 0.027	-1.42 ± 0.04
10026	0.0324 ± 0.0009	16.45 ± 0.04	16.42 ± 0.20	35.67 ± 0.20	-0.032 ± 0.033	-0.41 ± 0.08
AT2017po	0.0326 ± 0.0009	16.14 ± 0.05	16.32 ± 0.19	35.58 ± 0.20	-0.075 ± 0.037	0.22 ± 0.25
2007ai	0.0326 ± 0.0009	16.77 ± 0.19	16.60 ± 0.26	35.86 ± 0.26	0.123 ± 0.055	1.00 ± 0.10
2007ai	0.0326 ± 0.0009	16.81 ± 0.17	16.60 ± 0.29	35.86 ± 0.29	0.154 ± 0.051	1.25 ± 0.23
2007ux	0.0326 ± 0.0009	17.03 ± 0.03	16.63 ± 0.19	35.88 ± 0.19	0.045 ± 0.024	-1.94 ± 0.05
2007ux	0.0326 ± 0.0009	17.15 ± 0.06	16.41 ± 0.27	35.67 ± 0.27	0.147 ± 0.039	-2.51 ± 0.11
ASASSN-15pr	0.0326 ± 0.0009	16.65 ± 0.07	16.66 ± 0.20	35.91 ± 0.20	-0.056 ± 0.045	-0.67 ± 0.22
2008gl	0.0327 ± 0.0009	16.53 ± 0.03	16.41 ± 0.15	35.66 ± 0.16	-0.045 ± 0.028	-1.49 ± 0.10
2008gl	0.0327 ± 0.0009	16.58 ± 0.03	16.38 ± 0.17	35.64 ± 0.17	0.003 ± 0.025	-1.26 ± 0.17
2008gl	0.0327 ± 0.0009	16.53 ± 0.03	16.39 ± 0.15	35.64 ± 0.15	-0.028 ± 0.022	-1.38 ± 0.04
SN2016hpx	0.0328 ± 0.0010	16.23 ± 0.05	16.38 ± 0.20	35.63 ± 0.20	-0.029 ± 0.037	0.84 ± 0.17
SN2017cii	0.0329 ± 0.0009	16.29 ± 0.06	16.59 ± 0.18	35.84 ± 0.18	-0.115 ± 0.037	0.34 ± 0.15
2006te	0.0329 ± 0.0009	16.29 ± 0.05	16.47 ± 0.15	35.72 ± 0.15	-0.081 ± 0.030	-0.09 ± 0.10
2006os	0.0329 ± 0.0009	17.34 ± 0.08	16.55 ± 0.32	35.80 ± 0.33	0.279 ± 0.031	-0.67 ± 0.06
2004as	0.0330 ± 0.0009	16.65 ± 0.02	16.48 ± 0.22	35.73 ± 0.22	0.027 ± 0.019	-0.25 ± 0.09
2004as	0.0330 ± 0.0009	16.70 ± 0.03	16.64 ± 0.22	35.89 ± 0.23	0.022 ± 0.028	0.42 ± 0.14
ASASSN-16bc	0.0330 ± 0.0009	15.92 ± 0.05	16.36 ± 0.17	35.62 ± 0.17	-0.159 ± 0.033	0.59 ± 0.12
2008gp	0.0333 ± 0.0009	16.07 ± 0.07	16.41 ± 0.15	35.66 ± 0.15	-0.162 ± 0.027	-0.14 ± 0.03
2008gp	0.0333 ± 0.0009	16.21 ± 0.07	16.47 ± 0.16	35.73 ± 0.16	-0.131 ± 0.031	-0.21 ± 0.34
2010ag	0.0334 ± 0.0009	16.36 ± 0.04	16.56 ± 0.20	35.82 ± 0.20	0.028 ± 0.031	1.80 ± 0.22
2005iq	0.0334 ± 0.0009	16.55 ± 0.03	16.61 ± 0.15	35.86 ± 0.15	-0.099 ± 0.028	-1.11 ± 0.11
2005iq	0.0334 ± 0.0009	16.49 ± 0.02	16.60 ± 0.14	35.85 ± 0.14	-0.127 ± 0.022	-1.16 ± 0.04
PS15bsq	0.0337 ± 0.0009	16.28 ± 0.04	16.53 ± 0.16	35.78 ± 0.16	-0.069 ± 0.033	0.51 ± 0.13
2004L	0.0337 ± 0.0009	17.11 ± 0.04	16.58 ± 0.27	35.83 ± 0.27	0.152 ± 0.032	-1.03 ± 0.24
2003gn	0.0338 ± 0.0009	17.14 ± 0.04	16.77 ± 0.24	36.02 ± 0.24	0.048 ± 0.026	-1.10 ± 0.10
2003cq	0.0338 ± 0.0009	16.93 ± 0.06	16.57 ± 0.26	35.83 ± 0.26	0.097 ± 0.051	-0.74 ± 0.16
2006S	0.0339 ± 0.0009	16.58 ± 0.03	16.66 ± 0.18	35.91 ± 0.18	0.023 ± 0.026	0.89 ± 0.07
2011dl	0.0340 ± 0.0009	16.90 ± 0.05	16.51 ± 0.31	35.76 ± 0.31	0.128 ± 0.030	0.60 ± 0.19
2006gr	0.0343 ± 0.0009	16.71 ± 0.06	16.67 ± 0.21	35.92 ± 0.21	0.065 ± 0.030	0.81 ± 0.10
2006gr	0.0343 ± 0.0009	16.74 ± 0.06	16.68 ± 0.21	35.94 ± 0.21	0.072 ± 0.029	0.80 ± 0.07
ASASSN-16dw	0.0344 ± 0.0009	16.72 ± 0.05	16.53 ± 0.22	35.78 ± 0.22	0.055 ± 0.035	-0.23 ± 0.14
2007ba	0.0344 ± 0.0009	17.51 ± 0.03	16.57 ± 0.34	35.83 ± 0.34	0.249 ± 0.025	-2.29 ± 0.06
ATLAS17ajs	0.0345 ± 0.0009	17.09 ± 0.05	16.72 ± 0.36	35.98 ± 0.36	0.176 ± 0.038	1.82 ± 0.39
1996bl	0.0346 ± 0.0009	16.45 ± 0.06	16.48 ± 0.15	35.73 ± 0.16	-0.019 ± 0.032	-0.15 ± 0.11
2003kc	0.0348 ± 0.0009	16.84 ± 0.06	16.60 ± 0.20	35.86 ± 0.21	0.059 ± 0.037	-0.63 ± 0.17
2003iv	0.0349 ± 0.0009	16.79 ± 0.08	16.66 ± 0.16	35.91 ± 0.17	-0.077 ± 0.037	-2.07 ± 0.19
ASASSN-15jl	0.0351 ± 0.0009	16.42 ± 0.04	16.63 ± 0.17	35.88 ± 0.17	-0.086 ± 0.032	0.23 ± 0.15
1992bg	0.0352 ± 0.0009	16.58 ± 0.11	16.64 ± 0.21	35.89 ± 0.21	-0.052 ± 0.053	-0.45 ± 0.12
2005eu	0.0352 ± 0.0051	16.13 ± 0.08	16.55 ± 0.48	35.80 ± 0.48	-0.190 ± 0.033	0.10 ± 0.07

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
2005eu	0.0352 ± 0.0051	16.25 ± 0.08	16.55 ± 0.48	35.80 ± 0.48	-0.084 ± 0.035	0.86 ± 0.10
2008at	0.0352 ± 0.0009	17.34 ± 0.10	16.58 ± 0.33	35.83 ± 0.33	0.214 ± 0.052	-1.53 ± 0.19
ASASSN-15tg	0.0353 ± 0.0009	16.25 ± 0.04	16.61 ± 0.17	35.86 ± 0.17	-0.053 ± 0.034	1.54 ± 0.23
2007hu	0.0355 ± 0.0009	17.45 ± 0.16	16.74 ± 0.37	35.99 ± 0.37	0.205 ± 0.070	-1.39 ± 0.52
PTSS-16efw	0.0357 ± 0.0009	16.73 ± 0.13	16.98 ± 0.19	36.23 ± 0.19	-0.125 ± 0.049	-0.14 ± 0.16
2016fbk	0.0358 ± 0.0009	17.01 ± 0.04	16.71 ± 0.22	35.96 ± 0.23	0.093 ± 0.028	-0.49 ± 0.11
AT2016fbk	0.0358 ± 0.0009	17.14 ± 0.05	16.90 ± 0.23	36.15 ± 0.23	0.087 ± 0.035	-0.01 ± 0.14
1994T	0.0358 ± 0.0009	16.99 ± 0.05	16.68 ± 0.20	35.93 ± 0.20	0.032 ± 0.032	-1.51 ± 0.15
ASASSN-15mi	0.0359 ± 0.0009	16.27 ± 0.04	16.30 ± 0.20	35.55 ± 0.20	-0.008 ± 0.032	0.50 ± 0.14
ASASSN-15ss	0.0360 ± 0.0009	16.34 ± 0.13	16.74 ± 0.19	35.99 ± 0.19	-0.121 ± 0.050	0.79 ± 0.23
2001ck	0.0362 ± 0.0009	16.46 ± 0.03	16.61 ± 0.22	35.86 ± 0.22	-0.071 ± 0.045	0.01 ± 0.16
PS15bbn	0.0362 ± 0.0009	16.63 ± 0.06	16.93 ± 0.19	36.18 ± 0.19	-0.047 ± 0.037	1.51 ± 0.25
ASASSN-15lu	0.0364 ± 0.0009	16.78 ± 0.04	16.75 ± 0.18	36.00 ± 0.19	-0.041 ± 0.035	-0.59 ± 0.23
2008hj	0.0368 ± 0.0009	16.49 ± 0.03	16.68 ± 0.15	35.93 ± 0.16	-0.076 ± 0.022	0.18 ± 0.04
2008hj	0.0368 ± 0.0009	16.51 ± 0.04	16.63 ± 0.18	35.88 ± 0.19	-0.091 ± 0.032	-0.46 ± 0.31
2000dg	0.0370 ± 0.0009	16.75 ± 0.09	16.82 ± 0.29	36.07 ± 0.29	-0.128 ± 0.063	-1.33 ± 0.43
2002G	0.0370 ± 0.0009	17.37 ± 0.03	16.55 ± 0.31	35.81 ± 0.31	0.242 ± 0.030	-1.48 ± 0.24
2002G	0.0370 ± 0.0009	17.34 ± 0.06	16.68 ± 0.32	35.93 ± 0.32	0.197 ± 0.040	-1.20 ± 0.43
2006mo	0.0370 ± 0.0009	17.17 ± 0.04	16.82 ± 0.17	36.07 ± 0.18	0.010 ± 0.031	-2.19 ± 0.11
2008ei	0.0370 ± 0.0010	17.44 ± 0.06	16.83 ± 0.34	36.08 ± 0.34	0.183 ± 0.031	0.08 ± 0.22
2002hu	0.0371 ± 0.0013	16.40 ± 0.04	16.71 ± 0.16	35.96 ± 0.17	-0.100 ± 0.027	0.52 ± 0.09
2000cf	0.0371 ± 0.0009	16.79 ± 0.04	16.79 ± 0.16	36.05 ± 0.17	-0.047 ± 0.028	-0.52 ± 0.08
2001eh	0.0373 ± 0.0009	16.38 ± 0.04	16.75 ± 0.13	36.01 ± 0.14	-0.043 ± 0.026	1.79 ± 0.09
2001eh	0.0373 ± 0.0009	16.41 ± 0.05	16.74 ± 0.15	35.99 ± 0.15	-0.030 ± 0.028	1.71 ± 0.13
ASASSN-16db	0.0373 ± 0.0009	16.82 ± 0.04	16.62 ± 0.19	35.87 ± 0.19	0.016 ± 0.036	-1.01 ± 0.15
AT2016hns	0.0374 ± 0.0009	16.66 ± 0.05	16.73 ± 0.16	35.98 ± 0.16	-0.097 ± 0.036	-1.01 ± 0.18
ASASSN-15bc	0.0375 ± 0.0009	16.86 ± 0.04	16.70 ± 0.26	35.95 ± 0.26	0.056 ± 0.032	0.57 ± 0.16
2007jg	0.0376 ± 0.0009	16.92 ± 0.07	17.08 ± 0.17	36.33 ± 0.17	-0.105 ± 0.033	-0.41 ± 0.26
2007jg	0.0376 ± 0.0009	17.00 ± 0.06	16.97 ± 0.17	36.22 ± 0.17	-0.035 ± 0.026	-0.55 ± 0.06
AT2016cww	0.0379 ± 0.0009	17.08 ± 0.07	16.75 ± 0.20	36.01 ± 0.21	0.021 ± 0.043	-1.83 ± 0.18
2002eu	0.0379 ± 0.0009	17.13 ± 0.04	16.81 ± 0.16	36.06 ± 0.16	0.006 ± 0.024	-2.07 ± 0.11
2008gb	0.0380 ± 0.0009	16.81 ± 0.11	16.84 ± 0.20	36.09 ± 0.20	-0.026 ± 0.042	0.04 ± 0.27
2007O	0.0382 ± 0.0009	16.49 ± 0.03	16.64 ± 0.15	35.89 ± 0.15	-0.069 ± 0.028	-0.12 ± 0.20
2007O	0.0382 ± 0.0009	16.54 ± 0.04	16.61 ± 0.15	35.86 ± 0.15	-0.060 ± 0.029	-0.53 ± 0.10
2008fr	0.0383 ± 0.0022	16.53 ± 0.04	16.86 ± 0.23	36.11 ± 0.24	-0.118 ± 0.029	0.50 ± 0.11
SN2017ciy	0.0383 ± 0.0014	17.15 ± 0.06	17.26 ± 0.24	36.52 ± 0.25	0.012 ± 0.038	1.46 ± 0.26
2008O	0.0385 ± 0.0009	17.86 ± 0.05	16.97 ± 0.31	36.23 ± 0.31	0.252 ± 0.027	-1.93 ± 0.07
2009bv	0.0385 ± 0.0009	16.62 ± 0.03	17.00 ± 0.15	36.26 ± 0.15	-0.140 ± 0.029	0.46 ± 0.09
2008051	0.0387 ± 0.0009	16.37 ± 0.04	16.76 ± 0.17	36.01 ± 0.17	-0.132 ± 0.030	0.72 ± 0.14
ASASSN-15np	0.0388 ± 0.0009	17.07 ± 0.05	16.77 ± 0.22	36.03 ± 0.22	0.053 ± 0.037	-1.06 ± 0.24
2010dw	0.0390 ± 0.0009	16.87 ± 0.06	16.76 ± 0.20	36.01 ± 0.20	0.059 ± 0.032	0.19 ± 0.11
ASASSN-15pn	0.0391 ± 0.0009	16.95 ± 0.07	16.94 ± 0.22	36.20 ± 0.22	0.001 ± 0.038	0.38 ± 0.18
1999aw	0.0391 ± 0.0013	16.53 ± 0.03	16.96 ± 0.18	36.21 ± 0.18	-0.058 ± 0.027	2.27 ± 0.08
2008dr	0.0401 ± 0.0009	17.23 ± 0.03	17.03 ± 0.15	36.28 ± 0.15	-0.002 ± 0.021	-1.39 ± 0.08
PS15cze	0.0404 ± 0.0009	17.60 ± 0.12	17.30 ± 0.23	36.55 ± 0.23	0.030 ± 0.048	-1.51 ± 0.24
2003fa	0.0406 ± 0.0009	16.36 ± 0.04	16.76 ± 0.14	36.02 ± 0.14	-0.094 ± 0.026	1.19 ± 0.06
2003fa	0.0406 ± 0.0009	16.47 ± 0.04	16.83 ± 0.14	36.08 ± 0.14	-0.052 ± 0.026	1.51 ± 0.10
SN2016glz	0.0408 ± 0.0009	16.63 ± 0.06	16.74 ± 0.21	35.99 ± 0.21	-0.003 ± 0.037	1.12 ± 0.26
PS16axi	0.0409 ± 0.0009	16.92 ± 0.05	16.87 ± 0.17	36.13 ± 0.17	-0.028 ± 0.039	-0.72 ± 0.19
SN2017coa	0.0410 ± 0.0031	16.97 ± 0.06	17.16 ± 0.31	36.41 ± 0.31	-0.047 ± 0.039	0.71 ± 0.32
2009do	0.0410 ± 0.0009	16.88 ± 0.03	16.79 ± 0.14	36.04 ± 0.15	-0.035 ± 0.029	-1.16 ± 0.06
2001az	0.0410 ± 0.0009	16.70 ± 0.05	17.06 ± 0.15	36.32 ± 0.15	-0.081 ± 0.029	1.12 ± 0.41
2007jh	0.0417 ± 0.0009	18.06 ± 0.06	17.31 ± 0.28	36.56 ± 0.28	0.189 ± 0.029	-1.97 ± 0.12
1992bl	0.0422 ± 0.0009	17.05 ± 0.04	16.96 ± 0.21	36.21 ± 0.21	-0.069 ± 0.046	-1.72 ± 0.08
2014bj	0.0426 ± 0.0051	17.16 ± 0.07	17.26 ± 0.43	36.51 ± 0.43	-0.011 ± 0.029	0.81 ± 0.43
2006cf	0.0427 ± 0.0009	16.79 ± 0.04	17.04 ± 0.15	36.29 ± 0.15	-0.125 ± 0.032	-0.26 ± 0.21
2006cz	0.0427 ± 0.0009	16.80 ± 0.06	16.66 ± 0.29	35.91 ± 0.29	0.149 ± 0.038	1.56 ± 0.44

Continúa en la página siguiente ...



(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
2007kk	0.0429 ± 0.0009	16.73 ± 0.13	17.00 ± 0.17	36.25 ± 0.18	-0.050 ± 0.042	0.94 ± 0.22
2007kk	0.0429 ± 0.0009	16.69 ± 0.12	16.95 ± 0.16	36.21 ± 0.17	-0.050 ± 0.042	0.94 ± 0.14
AT2016htm	0.0429 ± 0.0009	16.86 ± 0.04	16.95 ± 0.16	36.20 ± 0.16	-0.078 ± 0.033	-0.47 ± 0.20
ASASSN-16ct	0.0431 ± 0.0009	16.83 ± 0.05	16.99 ± 0.21	36.25 ± 0.21	-0.002 ± 0.034	1.47 ± 0.20
SN2016ayg	0.0435 ± 0.0009	16.92 ± 0.05	17.16 ± 0.16	36.42 ± 0.17	-0.129 ± 0.035	-0.26 ± 0.17
2007nq	0.0435 ± 0.0009	17.13 ± 0.03	16.96 ± 0.15	36.21 ± 0.15	-0.048 ± 0.023	-1.90 ± 0.05
2007nq	0.0435 ± 0.0009	17.12 ± 0.05	17.04 ± 0.16	36.29 ± 0.17	-0.076 ± 0.034	-1.74 ± 0.17
MASTERJ0134	0.0437 ± 0.0009	16.80 ± 0.06	17.01 ± 0.18	36.26 ± 0.18	-0.071 ± 0.044	0.40 ± 0.20
ASASSN-15mg	0.0441 ± 0.0009	17.23 ± 0.04	17.08 ± 0.18	36.33 ± 0.18	-0.045 ± 0.037	-1.56 ± 0.16
AT2016cvv	0.0444 ± 0.0010	17.22 ± 0.07	17.29 ± 0.23	36.55 ± 0.23	0.055 ± 0.044	1.47 ± 0.33
2005ku	0.0444 ± 0.0009	17.31 ± 0.04	17.04 ± 0.25	36.29 ± 0.25	0.062 ± 0.025	-0.19 ± 0.15
1992bh	0.0444 ± 0.0022	17.35 ± 0.04	17.30 ± 0.27	36.55 ± 0.27	0.024 ± 0.045	-0.01 ± 0.15
2006gt	0.0446 ± 0.0009	17.92 ± 0.03	17.26 ± 0.28	36.51 ± 0.29	0.090 ± 0.024	-2.07 ± 0.07
2006hx	0.0449 ± 0.0009	17.24 ± 0.03	17.20 ± 0.16	36.46 ± 0.16	0.012 ± 0.024	-0.13 ± 0.07
PS16cqa	0.0452 ± 0.0009	18.25 ± 0.08	17.43 ± 0.30	36.69 ± 0.30	0.173 ± 0.059	-2.74 ± 0.34
PSNJ1204051	0.0455 ± 0.0009	17.10 ± 0.04	17.20 ± 0.19	36.45 ± 0.20	0.036 ± 0.036	1.29 ± 0.23
2005hc	0.0458 ± 0.0009	17.12 ± 0.03	17.21 ± 0.17	36.46 ± 0.17	-0.027 ± 0.028	0.43 ± 0.11
2005hc	0.0458 ± 0.0009	17.03 ± 0.03	17.26 ± 0.15	36.51 ± 0.15	-0.058 ± 0.022	0.79 ± 0.04
SN2016esh	0.0458 ± 0.0009	16.85 ± 0.05	16.90 ± 0.18	36.16 ± 0.18	-0.112 ± 0.040	-1.22 ± 0.27
PS17tn	0.0459 ± 0.0009	17.33 ± 0.04	17.13 ± 0.19	36.38 ± 0.20	0.044 ± 0.035	-0.61 ± 0.18
2008050	0.0463 ± 0.0009	16.87 ± 0.04	17.01 ± 0.22	36.26 ± 0.22	-0.012 ± 0.034	1.07 ± 0.41
AT2016ews	0.0463 ± 0.0009	16.77 ± 0.05	17.29 ± 0.16	36.54 ± 0.16	-0.159 ± 0.037	1.04 ± 0.22
2005lz	0.0464 ± 0.0009	17.40 ± 0.06	17.07 ± 0.19	36.32 ± 0.20	0.060 ± 0.032	-1.23 ± 0.13
360156	0.0466 ± 0.0009	17.36 ± 0.04	17.26 ± 0.21	36.51 ± 0.21	-0.028 ± 0.035	-0.86 ± 0.15
2004gu	0.0466 ± 0.0009	17.18 ± 0.03	17.22 ± 0.19	36.47 ± 0.19	0.070 ± 0.023	1.43 ± 0.06
2008cf	0.0468 ± 0.0009	16.78 ± 0.04	17.23 ± 0.15	36.48 ± 0.15	-0.116 ± 0.024	1.33 ± 0.09
2008cf	0.0468 ± 0.0009	16.74 ± 0.05	17.23 ± 0.18	36.49 ± 0.18	-0.144 ± 0.031	1.29 ± 0.43
AT2017yk	0.0469 ± 0.0009	17.98 ± 0.05	17.51 ± 0.28	36.76 ± 0.28	0.152 ± 0.042	-0.60 ± 0.57
2016afk	0.0474 ± 0.0009	17.50 ± 0.05	17.31 ± 0.23	36.56 ± 0.23	0.032 ± 0.038	-0.29 ± 0.22
PS16fa	0.0476 ± 0.0009	17.44 ± 0.04	17.35 ± 0.16	36.60 ± 0.16	-0.003 ± 0.033	-0.65 ± 0.11
PS15aii	0.0478 ± 0.0009	17.14 ± 0.04	17.34 ± 0.14	36.59 ± 0.15	-0.061 ± 0.033	0.35 ± 0.14
PS17akj	0.0478 ± 0.0009	17.00 ± 0.05	17.31 ± 0.21	36.56 ± 0.21	-0.060 ± 0.038	1.35 ± 0.25
ATLAS16agv	0.0482 ± 0.0009	16.85 ± 0.04	17.24 ± 0.16	36.50 ± 0.17	-0.094 ± 0.034	1.32 ± 0.21
ASASSN-15pm	0.0484 ± 0.0009	16.99 ± 0.04	17.12 ± 0.15	36.37 ± 0.15	-0.058 ± 0.035	-0.07 ± 0.17
1995ac	0.0486 ± 0.0009	16.81 ± 0.04	17.08 ± 0.13	36.33 ± 0.14	-0.061 ± 0.028	0.76 ± 0.09
AT2016gmg	0.0487 ± 0.0009	17.53 ± 0.09	17.39 ± 0.18	36.64 ± 0.18	-0.048 ± 0.048	-1.82 ± 0.28
1990af	0.0493 ± 0.0009	17.50 ± 0.04	17.35 ± 0.20	36.60 ± 0.20	-0.069 ± 0.045	-2.17 ± 0.14
PS16el	0.0494 ± 0.0009	17.34 ± 0.05	17.22 ± 0.17	36.47 ± 0.18	-0.040 ± 0.038	-1.31 ± 0.15
2006cq	0.0494 ± 0.0009	17.32 ± 0.03	17.33 ± 0.17	36.58 ± 0.17	-0.007 ± 0.029	-0.17 ± 0.51
1993ag	0.0499 ± 0.0009	17.61 ± 0.07	17.39 ± 0.24	36.64 ± 0.24	0.047 ± 0.050	-0.83 ± 0.14
PS15asb	0.0499 ± 0.0009	17.44 ± 0.05	17.22 ± 0.18	36.47 ± 0.19	0.003 ± 0.040	-1.52 ± 0.24
1998dx	0.0502 ± 0.0009	17.31 ± 0.05	17.32 ± 0.15	36.57 ± 0.16	-0.107 ± 0.033	-1.60 ± 0.29
PS16dnp	0.0502 ± 0.0009	17.29 ± 0.06	17.61 ± 0.16	36.86 ± 0.16	-0.094 ± 0.037	0.81 ± 0.24
2007kh	0.0503 ± 0.0051	17.61 ± 0.13	17.29 ± 0.45	36.54 ± 0.45	0.119 ± 0.063	0.61 ± 0.40
ASASSN-17eb	0.0504 ± 0.0009	17.53 ± 0.05	17.21 ± 0.20	36.46 ± 0.20	0.045 ± 0.040	-1.50 ± 0.18
PS15brr	0.0505 ± 0.0009	17.03 ± 0.06	17.29 ± 0.19	36.55 ± 0.19	-0.079 ± 0.042	0.70 ± 0.27
2008hu	0.0505 ± 0.0009	17.59 ± 0.06	17.45 ± 0.13	36.70 ± 0.13	-0.049 ± 0.028	-1.72 ± 0.06
AT2016cor	0.0507 ± 0.0009	18.12 ± 0.04	17.60 ± 0.30	36.85 ± 0.30	0.139 ± 0.035	-0.55 ± 0.29
PS16fbb	0.0511 ± 0.0009	17.28 ± 0.04	17.63 ± 0.17	36.88 ± 0.17	-0.115 ± 0.039	0.64 ± 0.25
2003ic	0.0513 ± 0.0009	17.39 ± 0.06	17.14 ± 0.20	36.39 ± 0.20	-0.023 ± 0.037	-1.70 ± 0.25
ASASSN-16hc	0.0515 ± 0.0009	16.96 ± 0.04	17.33 ± 0.15	36.59 ± 0.16	-0.079 ± 0.034	1.22 ± 0.28
1993O	0.0519 ± 0.0009	17.38 ± 0.04	17.52 ± 0.23	36.78 ± 0.23	-0.102 ± 0.046	-0.65 ± 0.10
2006ot	0.0520 ± 0.0009	17.73 ± 0.03	17.61 ± 0.21	36.87 ± 0.21	0.100 ± 0.023	0.82 ± 0.09
2006ot	0.0520 ± 0.0009	17.78 ± 0.04	17.29 ± 0.30	36.54 ± 0.30	0.134 ± 0.049	-1.14 ± 0.45
AT2016htn	0.0522 ± 0.0009	17.80 ± 0.04	17.59 ± 0.22	36.84 ± 0.22	0.077 ± 0.037	-0.15 ± 0.35
PS16evk	0.0526 ± 0.0009	17.40 ± 0.07	17.66 ± 0.21	36.91 ± 0.21	-0.030 ± 0.043	1.54 ± 0.34
PS16n	0.0531 ± 0.0009	17.43 ± 0.06	17.52 ± 0.16	36.78 ± 0.16	-0.060 ± 0.043	-0.33 ± 0.20

Continua en la pagina siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
2010dt	0.0532 ± 0.0009	17.35 ± 0.06	17.59 ± 0.17	36.85 ± 0.17	-0.106 ± 0.042	-0.08 ± 0.44
2006lu	0.0535 ± 0.0009	17.25 ± 0.07	17.61 ± 0.13	36.86 ± 0.13	-0.140 ± 0.028	0.27 ± 0.07
PS16bby	0.0547 ± 0.0009	17.70 ± 0.08	17.58 ± 0.18	36.83 ± 0.18	0.002 ± 0.042	-0.81 ± 0.23
PS16ayd	0.0547 ± 0.0009	17.17 ± 0.05	17.61 ± 0.15	36.86 ± 0.15	-0.132 ± 0.034	0.92 ± 0.21
SN2017cpu	0.0550 ± 0.0009	17.12 ± 0.04	17.39 ± 0.17	36.64 ± 0.18	-0.061 ± 0.038	0.75 ± 0.34
490007	0.0554 ± 0.0009	17.62 ± 0.04	17.61 ± 0.19	36.87 ± 0.19	-0.026 ± 0.033	-0.21 ± 0.09
AT2017oz	0.0561 ± 0.0009	17.54 ± 0.04	17.56 ± 0.19	36.81 ± 0.19	-0.022 ± 0.037	-0.07 ± 0.32
2006py	0.0565 ± 0.0009	17.63 ± 0.04	17.66 ± 0.18	36.91 ± 0.19	-0.015 ± 0.025	0.19 ± 0.21
PS16aer	0.0569 ± 0.0009	17.86 ± 0.04	17.79 ± 0.17	37.04 ± 0.18	0.032 ± 0.035	-0.05 ± 0.22
2005hj	0.0571 ± 0.0009	17.47 ± 0.03	17.74 ± 0.17	36.99 ± 0.17	-0.026 ± 0.024	1.62 ± 0.11
2008eq	0.0573 ± 0.0009	17.97 ± 0.05	17.82 ± 0.22	37.07 ± 0.22	0.101 ± 0.034	0.51 ± 0.24
2006ob	0.0582 ± 0.0009	17.94 ± 0.03	17.73 ± 0.14	36.98 ± 0.14	-0.044 ± 0.026	-2.16 ± 0.10
2006ob	0.0582 ± 0.0009	17.97 ± 0.04	17.68 ± 0.14	36.93 ± 0.15	-0.022 ± 0.031	-2.38 ± 0.15
SN2016gmb	0.0583 ± 0.0009	17.33 ± 0.07	17.70 ± 0.18	36.95 ± 0.18	-0.099 ± 0.044	1.13 ± 0.29
2001ah	0.0589 ± 0.0009	17.39 ± 0.06	17.73 ± 0.21	36.98 ± 0.22	-0.055 ± 0.030	1.33 ± 0.56
2001ah	0.0589 ± 0.0009	17.36 ± 0.05	17.89 ± 0.25	37.15 ± 0.25	-0.116 ± 0.057	1.75 ± 0.41
LSQ13crf	0.0597 ± 0.0051	17.32 ± 0.09	17.05 ± 0.62	36.30 ± 0.62	0.079 ± 0.104	0.17 ± 1.29
SN2017cjb	0.0609 ± 0.0009	17.71 ± 0.04	17.78 ± 0.18	37.03 ± 0.18	-0.113 ± 0.040	-1.27 ± 0.31
2008bz	0.0610 ± 0.0009	17.67 ± 0.03	17.91 ± 0.12	37.16 ± 0.12	-0.136 ± 0.023	-0.46 ± 0.08
2008bz	0.0610 ± 0.0009	17.63 ± 0.06	17.94 ± 0.16	37.19 ± 0.16	-0.137 ± 0.036	0.01 ± 0.36
SN2016hhv	0.0612 ± 0.0009	17.62 ± 0.09	17.89 ± 0.20	37.14 ± 0.20	-0.182 ± 0.053	-0.77 ± 0.39
2008go	0.0614 ± 0.0009	17.80 ± 0.04	17.71 ± 0.19	36.96 ± 0.20	-0.007 ± 0.035	-0.81 ± 0.48
2008go	0.0614 ± 0.0009	17.77 ± 0.03	17.72 ± 0.14	36.97 ± 0.14	-0.016 ± 0.023	-0.77 ± 0.25
2006oa	0.0615 ± 0.0009	17.64 ± 0.04	17.82 ± 0.18	37.07 ± 0.18	-0.016 ± 0.029	1.27 ± 0.24
1992bs	0.0637 ± 0.0009	18.01 ± 0.04	18.10 ± 0.20	37.35 ± 0.21	-0.047 ± 0.048	-0.25 ± 0.13
SN2016aqb	0.0638 ± 0.0009	17.43 ± 0.04	17.77 ± 0.15	37.02 ± 0.16	-0.103 ± 0.034	0.77 ± 0.26
PS16bnz	0.0645 ± 0.0009	17.69 ± 0.05	17.83 ± 0.15	37.08 ± 0.15	-0.138 ± 0.037	-1.14 ± 0.22
2007ae	0.0653 ± 0.0010	17.54 ± 0.04	17.83 ± 0.15	37.09 ± 0.15	-0.013 ± 0.032	1.76 ± 0.29
PS15cms	0.0663 ± 0.0009	17.85 ± 0.05	18.11 ± 0.20	37.36 ± 0.20	-0.021 ± 0.043	1.37 ± 0.34
6057	0.0665 ± 0.0009	18.44 ± 0.07	17.91 ± 0.29	37.16 ± 0.30	0.112 ± 0.029	-0.42 ± 0.11
SN2016ixf	0.0671 ± 0.0009	17.81 ± 0.05	18.17 ± 0.19	37.42 ± 0.19	-0.114 ± 0.043	0.79 ± 0.35
AT2016aj	0.0673 ± 0.0009	18.15 ± 0.05	17.98 ± 0.20	37.23 ± 0.20	0.014 ± 0.044	-1.04 ± 0.35
PS15bjg	0.0679 ± 0.0009	18.05 ± 0.07	18.24 ± 0.19	37.49 ± 0.19	-0.147 ± 0.048	-0.88 ± 0.26
CSS160129	0.0684 ± 0.0013	17.52 ± 0.05	17.99 ± 0.19	37.24 ± 0.19	-0.166 ± 0.039	0.69 ± 0.19
2006al	0.0689 ± 0.0009	18.12 ± 0.06	18.17 ± 0.16	37.42 ± 0.16	-0.121 ± 0.036	-1.44 ± 0.28
PTSS17-niq	0.0690 ± 0.0009	18.01 ± 0.05	18.03 ± 0.17	37.28 ± 0.17	-0.041 ± 0.041	-0.60 ± 0.33
1993B	0.0702 ± 0.0009	18.21 ± 0.07	18.04 ± 0.28	37.29 ± 0.28	0.034 ± 0.055	-0.32 ± 0.16
2008Y	0.0706 ± 0.0009	18.20 ± 0.09	18.04 ± 0.23	37.30 ± 0.23	0.061 ± 0.043	-0.28 ± 0.54
2008Y	0.0706 ± 0.0009	18.24 ± 0.06	18.02 ± 0.21	37.28 ± 0.21	0.061 ± 0.038	-0.61 ± 0.26
PS17yt	0.0707 ± 0.0009	17.82 ± 0.04	18.23 ± 0.17	37.48 ± 0.18	-0.154 ± 0.038	0.41 ± 0.27
PS16em	0.0708 ± 0.0009	18.80 ± 0.15	18.23 ± 0.45	37.48 ± 0.45	0.196 ± 0.096	-0.94 ± 0.18
2006on	0.0709 ± 0.0009	18.25 ± 0.09	18.20 ± 0.25	37.45 ± 0.25	0.089 ± 0.049	0.95 ± 0.71
470043	0.0709 ± 0.0100	18.48 ± 0.04	18.48 ± 0.50	37.73 ± 0.50	0.000 ± 0.034	0.46 ± 0.13
ATLAS16bwu	0.0709 ± 0.0009	18.24 ± 0.05	18.12 ± 0.23	37.37 ± 0.23	0.043 ± 0.040	0.11 ± 0.29
PS15bdr	0.0712 ± 0.0009	18.36 ± 0.05	18.10 ± 0.19	37.36 ± 0.20	-0.008 ± 0.045	-2.31 ± 0.26
PS15bwh	0.0716 ± 0.0010	17.69 ± 0.04	18.00 ± 0.16	37.25 ± 0.16	-0.081 ± 0.038	0.72 ± 0.21
370566	0.0717 ± 0.0013	18.22 ± 0.04	18.16 ± 0.21	37.42 ± 0.21	-0.013 ± 0.034	-0.20 ± 0.10
PS15mt	0.0719 ± 0.0009	17.92 ± 0.04	18.31 ± 0.18	37.56 ± 0.18	-0.076 ± 0.037	1.61 ± 0.30
2007jd	0.0722 ± 0.0009	18.62 ± 0.05	18.38 ± 0.20	37.63 ± 0.20	0.041 ± 0.026	-0.88 ± 0.10
PS15atx	0.0725 ± 0.0009	18.20 ± 0.08	18.37 ± 0.30	37.62 ± 0.30	-0.180 ± 0.056	-1.44 ± 0.89
Gaia16aki	0.0739 ± 0.0009	18.02 ± 0.05	18.30 ± 0.17	37.55 ± 0.18	-0.088 ± 0.040	0.59 ± 0.25
1992ae	0.0744 ± 0.0009	18.19 ± 0.05	18.18 ± 0.22	37.43 ± 0.22	-0.037 ± 0.054	-0.75 ± 0.15
PS17bii	0.0745 ± 0.0009	18.10 ± 0.06	18.20 ± 0.19	37.45 ± 0.19	-0.096 ± 0.046	-0.89 ± 0.38
7876	0.0752 ± 0.0009	18.15 ± 0.03	18.22 ± 0.18	37.48 ± 0.18	-0.025 ± 0.021	0.47 ± 0.09
2005ir	0.0752 ± 0.0009	18.16 ± 0.03	18.31 ± 0.15	37.57 ± 0.15	-0.026 ± 0.024	0.72 ± 0.13
2010hs	0.0756 ± 0.0051	18.15 ± 0.08	18.56 ± 0.29	37.81 ± 0.29	-0.102 ± 0.048	1.12 ± 0.55
AT2016gsu	0.0758 ± 0.0009	18.32 ± 0.05	18.29 ± 0.22	37.55 ± 0.22	-0.114 ± 0.047	-1.91 ± 0.57

Continua en la pagina siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
370333	0.0759 ± 0.0013	18.24 ± 0.04	18.38 ± 0.20	37.63 ± 0.20	-0.022 ± 0.038	0.92 ± 0.16
PS15bif	0.0785 ± 0.0009	18.22 ± 0.06	18.32 ± 0.15	37.57 ± 0.15	-0.026 ± 0.035	0.32 ± 0.30
Gaia16acv	0.0786 ± 0.0009	18.14 ± 0.04	18.58 ± 0.14	37.83 ± 0.15	-0.158 ± 0.031	0.57 ± 0.28
17186	0.0788 ± 0.0009	19.00 ± 0.04	18.76 ± 0.24	38.02 ± 0.24	0.116 ± 0.025	0.63 ± 0.15
2007hx	0.0788 ± 0.0009	18.96 ± 0.03	18.84 ± 0.18	38.09 ± 0.18	0.091 ± 0.025	0.48 ± 0.14
560033	0.0790 ± 0.0100	18.80 ± 0.04	18.35 ± 0.50	37.60 ± 0.50	0.097 ± 0.030	-0.25 ± 0.15
12779	0.0791 ± 0.0009	18.95 ± 0.07	18.53 ± 0.24	37.78 ± 0.24	0.108 ± 0.032	-0.63 ± 0.25
PS15bzz	0.0793 ± 0.0009	18.36 ± 0.04	18.28 ± 0.14	37.53 ± 0.15	-0.017 ± 0.033	-0.91 ± 0.24
350316	0.0799 ± 0.0014	18.26 ± 0.04	18.35 ± 0.16	37.60 ± 0.16	-0.072 ± 0.028	-0.43 ± 0.09
2005ag	0.0801 ± 0.0009	18.19 ± 0.03	18.41 ± 0.12	37.67 ± 0.12	-0.074 ± 0.024	0.28 ± 0.05
12950	0.0817 ± 0.0009	18.70 ± 0.04	18.47 ± 0.22	37.72 ± 0.22	0.027 ± 0.022	-0.40 ± 0.08
130308	0.0825 ± 0.0009	18.97 ± 0.04	18.57 ± 0.22	37.82 ± 0.22	0.091 ± 0.031	-1.02 ± 0.18
12898	0.0828 ± 0.0009	18.78 ± 0.03	18.42 ± 0.26	37.68 ± 0.27	0.068 ± 0.021	-0.06 ± 0.09
12781	0.0831 ± 0.0009	19.14 ± 0.04	18.74 ± 0.19	37.99 ± 0.20	0.042 ± 0.027	-1.84 ± 0.19
SN2016glp	0.0841 ± 0.0009	18.88 ± 0.07	18.72 ± 0.22	37.97 ± 0.22	0.136 ± 0.044	0.97 ± 0.35
3592	0.0857 ± 0.0009	18.52 ± 0.03	18.59 ± 0.13	37.84 ± 0.13	-0.040 ± 0.021	-0.15 ± 0.07
SN2016grz	0.0870 ± 0.0010	18.65 ± 0.05	18.60 ± 0.22	37.85 ± 0.22	0.054 ± 0.039	0.81 ± 0.42
1241	0.0887 ± 0.0009	18.88 ± 0.04	18.52 ± 0.25	37.78 ± 0.25	0.055 ± 0.024	-0.55 ± 0.08
590194	0.0904 ± 0.0009	18.75 ± 0.04	18.67 ± 0.22	37.92 ± 0.22	0.019 ± 0.031	0.27 ± 0.21
370066	0.0909 ± 0.0014	18.56 ± 0.04	18.77 ± 0.17	38.03 ± 0.17	-0.102 ± 0.033	-0.08 ± 0.47
300105	0.0921 ± 0.0009	19.18 ± 0.04	18.91 ± 0.26	38.16 ± 0.27	0.073 ± 0.027	0.33 ± 0.09
iPTF17dz	0.0929 ± 0.0100	19.08 ± 0.17	18.97 ± 0.49	38.22 ± 0.49	0.114 ± 0.084	1.72 ± 1.06
10010	0.0995 ± 0.0010	19.15 ± 0.03	19.18 ± 0.19	38.44 ± 0.19	0.010 ± 0.026	0.91 ± 0.16
160099	0.1017 ± 0.0009	18.93 ± 0.04	19.05 ± 0.16	38.30 ± 0.17	-0.023 ± 0.028	0.64 ± 0.13
190	0.1022 ± 0.0014	19.21 ± 0.03	19.16 ± 0.19	38.41 ± 0.19	0.004 ± 0.026	0.08 ± 0.10
140181	0.1025 ± 0.0009	19.00 ± 0.04	19.00 ± 0.20	38.25 ± 0.20	0.017 ± 0.027	0.78 ± 0.11
100405	0.1029 ± 0.0014	19.18 ± 0.08	18.93 ± 0.18	38.18 ± 0.19	0.045 ± 0.055	-0.94 ± 0.36
13135	0.1036 ± 0.0009	19.12 ± 0.03	19.08 ± 0.12	38.33 ± 0.13	-0.067 ± 0.022	-1.35 ± 0.10
20064	0.1037 ± 0.0009	19.01 ± 0.03	18.95 ± 0.19	38.21 ± 0.20	0.057 ± 0.024	0.82 ± 0.18
13038	0.1051 ± 0.0051	18.96 ± 0.04	19.18 ± 0.23	38.43 ± 0.24	-0.024 ± 0.023	1.43 ± 0.15
18697	0.1066 ± 0.0009	18.97 ± 0.03	19.01 ± 0.19	38.26 ± 0.20	-0.002 ± 0.021	0.74 ± 0.12
20625	0.1071 ± 0.0009	19.23 ± 0.03	19.21 ± 0.15	38.46 ± 0.15	-0.001 ± 0.024	-0.10 ± 0.21
3256	0.1071 ± 0.0009	19.33 ± 0.06	19.18 ± 0.21	38.43 ± 0.21	0.007 ± 0.034	-0.42 ± 0.16
120225	0.1071 ± 0.0014	19.47 ± 0.05	19.53 ± 0.47	38.78 ± 0.47	-0.070 ± 0.066	-0.83 ± 0.89
21034	0.1077 ± 0.0009	19.34 ± 0.03	19.25 ± 0.18	38.50 ± 0.18	0.036 ± 0.024	0.06 ± 0.29
500038	0.1079 ± 0.0009	19.05 ± 0.03	19.15 ± 0.19	38.40 ± 0.19	0.006 ± 0.027	1.20 ± 0.20
7147	0.1091 ± 0.0009	19.23 ± 0.03	19.15 ± 0.13	38.40 ± 0.13	-0.093 ± 0.024	-1.95 ± 0.16
20027	0.1100 ± 0.0014	19.36 ± 0.03	19.32 ± 0.18	38.57 ± 0.18	0.036 ± 0.029	0.30 ± 0.15
18650	0.1126 ± 0.0009	19.19 ± 0.05	19.37 ± 0.16	38.62 ± 0.16	-0.038 ± 0.025	0.88 ± 0.12
18612	0.1139 ± 0.0009	19.43 ± 0.03	19.13 ± 0.19	38.39 ± 0.19	0.064 ± 0.022	-0.74 ± 0.13
8719	0.1165 ± 0.0009	19.17 ± 0.03	19.29 ± 0.16	38.54 ± 0.16	-0.063 ± 0.023	0.02 ± 0.16
5395	0.1165 ± 0.0011	19.23 ± 0.04	19.38 ± 0.18	38.63 ± 0.19	-0.014 ± 0.024	1.18 ± 0.14
2561	0.1176 ± 0.0009	19.55 ± 0.05	19.32 ± 0.24	38.57 ± 0.24	0.042 ± 0.026	-0.09 ± 0.11
16259	0.1179 ± 0.0009	19.80 ± 0.04	19.36 ± 0.21	38.61 ± 0.21	0.079 ± 0.028	-1.50 ± 0.22
1371	0.1182 ± 0.0009	18.80 ± 0.04	19.16 ± 0.12	38.42 ± 0.13	-0.102 ± 0.022	0.79 ± 0.10
137	0.1190 ± 0.0014	19.63 ± 0.04	19.31 ± 0.21	38.56 ± 0.21	0.082 ± 0.031	-0.71 ± 0.18
5549	0.1201 ± 0.0009	19.40 ± 0.03	19.34 ± 0.20	38.60 ± 0.20	0.007 ± 0.022	0.26 ± 0.10
12860	0.1206 ± 0.0009	19.98 ± 0.05	19.54 ± 0.25	38.79 ± 0.25	0.145 ± 0.029	-0.30 ± 0.20
490008	0.1209 ± 0.0100	19.10 ± 0.04	19.38 ± 0.30	38.63 ± 0.30	-0.100 ± 0.026	0.35 ± 0.10
19953	0.1221 ± 0.0009	18.95 ± 0.04	19.34 ± 0.16	38.59 ± 0.16	-0.131 ± 0.022	0.73 ± 0.18
390259	0.1223 ± 0.0014	19.56 ± 0.06	19.36 ± 0.23	38.61 ± 0.23	0.029 ± 0.030	-0.30 ± 0.14
18835	0.1228 ± 0.0009	19.31 ± 0.06	19.43 ± 0.14	38.69 ± 0.14	-0.007 ± 0.026	0.76 ± 0.11
2916	0.1232 ± 0.0011	19.77 ± 0.06	19.34 ± 0.27	38.60 ± 0.27	0.072 ± 0.036	-0.75 ± 0.23
16021	0.1236 ± 0.0009	19.37 ± 0.03	19.36 ± 0.16	38.62 ± 0.16	-0.037 ± 0.024	-0.34 ± 0.13
13894	0.1238 ± 0.0011	20.09 ± 0.05	19.55 ± 0.33	38.80 ± 0.33	0.164 ± 0.029	0.72 ± 0.17
570062	0.1238 ± 0.0014	19.38 ± 0.04	19.57 ± 0.15	38.82 ± 0.15	-0.081 ± 0.028	0.12 ± 0.25
6406	0.1239 ± 0.0009	19.38 ± 0.05	19.40 ± 0.14	38.65 ± 0.15	0.000 ± 0.023	0.13 ± 0.13

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
19543	0.1241 ± 0.0051	19.70 ± 0.03	19.58 ± 0.22	38.84 ± 0.22	-0.022 ± 0.024	-0.83 ± 0.14
13044	0.1247 ± 0.0009	19.34 ± 0.04	19.51 ± 0.12	38.76 ± 0.13	-0.071 ± 0.023	-0.02 ± 0.13
15459	0.1256 ± 0.0009	20.30 ± 0.05	19.89 ± 0.30	39.14 ± 0.30	0.113 ± 0.030	0.38 ± 0.22
2992	0.1262 ± 0.0009	19.83 ± 0.06	19.24 ± 0.29	38.50 ± 0.29	0.109 ± 0.031	-0.96 ± 0.14
16069	0.1271 ± 0.0009	19.87 ± 0.04	19.56 ± 0.26	38.81 ± 0.26	0.162 ± 0.028	0.90 ± 0.22
744	0.1271 ± 0.0009	19.57 ± 0.06	19.43 ± 0.28	38.68 ± 0.28	0.073 ± 0.034	1.40 ± 0.32
14871	0.1272 ± 0.0011	19.22 ± 0.05	19.49 ± 0.16	38.74 ± 0.16	-0.054 ± 0.024	1.26 ± 0.11
18855	0.1273 ± 0.0009	19.49 ± 0.05	19.53 ± 0.17	38.78 ± 0.18	-0.023 ± 0.025	0.25 ± 0.15
22075	0.1292 ± 0.0009	19.68 ± 0.04	19.50 ± 0.15	38.75 ± 0.15	-0.031 ± 0.030	-1.17 ± 0.35
1032	0.1292 ± 0.0009	20.11 ± 0.06	19.59 ± 0.21	38.84 ± 0.21	0.053 ± 0.039	-2.54 ± 0.20
5751	0.1295 ± 0.0009	19.89 ± 0.03	19.58 ± 0.25	38.83 ± 0.25	0.156 ± 0.025	0.76 ± 0.15
18415	0.1296 ± 0.0009	19.64 ± 0.05	19.59 ± 0.14	38.84 ± 0.14	-0.084 ± 0.030	-1.63 ± 0.17
18809	0.1317 ± 0.0009	19.55 ± 0.06	19.55 ± 0.13	38.80 ± 0.13	-0.073 ± 0.028	-1.17 ± 0.18
151034	0.1328 ± 0.0014	19.13 ± 0.03	19.53 ± 0.12	38.78 ± 0.12	-0.148 ± 0.026	0.32 ± 0.10
1334084	0.1337 ± 0.0011	20.01 ± 0.08	19.57 ± 0.28	38.83 ± 0.28	0.071 ± 0.051	-0.91 ± 0.35
15508	0.1337 ± 0.0010	19.35 ± 0.03	19.59 ± 0.16	38.84 ± 0.16	-0.059 ± 0.022	0.88 ± 0.11
14108	0.1348 ± 0.0051	19.96 ± 0.08	19.98 ± 0.20	39.24 ± 0.20	0.004 ± 0.031	0.24 ± 0.15
15234	0.1354 ± 0.0010	20.21 ± 0.04	19.82 ± 0.31	39.08 ± 0.31	0.130 ± 0.028	0.89 ± 0.21
14	0.1361 ± 0.0014	19.40 ± 0.04	19.72 ± 0.20	38.98 ± 0.21	-0.112 ± 0.034	0.48 ± 0.58
17629	0.1366 ± 0.0010	19.81 ± 0.04	19.59 ± 0.19	38.85 ± 0.20	0.061 ± 0.027	-0.35 ± 0.15
19775	0.1370 ± 0.0010	20.05 ± 0.05	19.76 ± 0.22	39.01 ± 0.22	0.099 ± 0.031	-0.21 ± 0.20
18602	0.1371 ± 0.0010	19.87 ± 0.05	19.71 ± 0.26	38.96 ± 0.26	0.064 ± 0.030	0.91 ± 0.19
21062	0.1375 ± 0.0010	20.11 ± 0.04	20.10 ± 0.23	39.35 ± 0.23	0.019 ± 0.032	0.72 ± 0.35
17366	0.1382 ± 0.0010	19.33 ± 0.05	19.63 ± 0.13	38.89 ± 0.13	-0.091 ± 0.024	0.56 ± 0.17
15171	0.1383 ± 0.0011	19.45 ± 0.06	19.70 ± 0.16	38.95 ± 0.16	-0.073 ± 0.026	0.67 ± 0.15
190340	0.1384 ± 0.0014	19.52 ± 0.04	19.77 ± 0.12	39.02 ± 0.12	-0.066 ± 0.027	0.51 ± 0.09
20084	0.1385 ± 0.0010	20.31 ± 0.04	19.79 ± 0.32	39.04 ± 0.32	0.149 ± 0.031	0.08 ± 0.29
12928	0.1388 ± 0.0011	19.68 ± 0.07	19.75 ± 0.17	39.00 ± 0.18	-0.061 ± 0.035	-0.54 ± 0.38
190230	0.1388 ± 0.0014	19.82 ± 0.04	19.79 ± 0.13	39.05 ± 0.13	-0.075 ± 0.028	-1.41 ± 0.14
90275	0.1396 ± 0.0014	19.83 ± 0.04	19.77 ± 0.14	39.02 ± 0.15	-0.038 ± 0.032	-1.11 ± 0.17
1794	0.1408 ± 0.0010	19.87 ± 0.05	19.92 ± 0.18	39.18 ± 0.18	0.039 ± 0.028	1.16 ± 0.33
17208	0.1410 ± 0.0051	19.73 ± 0.05	20.03 ± 0.20	39.28 ± 0.20	-0.072 ± 0.030	0.86 ± 0.39
340229	0.1412 ± 0.0014	20.04 ± 0.14	19.79 ± 0.21	39.04 ± 0.21	-0.006 ± 0.088	-1.42 ± 0.85
1317666	0.1413 ± 0.0011	20.19 ± 0.04	19.87 ± 0.26	39.12 ± 0.26	0.067 ± 0.030	-0.14 ± 0.11
2635	0.1433 ± 0.0011	19.60 ± 0.05	19.79 ± 0.16	39.05 ± 0.16	-0.046 ± 0.026	0.86 ± 0.14
17568	0.1435 ± 0.0011	20.92 ± 0.08	20.26 ± 0.37	39.52 ± 0.37	0.218 ± 0.049	0.57 ± 0.42
190260	0.1436 ± 0.0014	19.58 ± 0.06	19.86 ± 0.13	39.11 ± 0.13	-0.052 ± 0.031	0.98 ± 0.12
17497	0.1440 ± 0.0010	19.80 ± 0.03	19.82 ± 0.17	39.08 ± 0.17	0.039 ± 0.023	0.91 ± 0.13
8921	0.1442 ± 0.0010	19.72 ± 0.05	19.76 ± 0.24	39.02 ± 0.24	0.000 ± 0.032	0.73 ± 0.27
17605	0.1454 ± 0.0010	19.84 ± 0.07	19.90 ± 0.21	39.15 ± 0.21	0.023 ± 0.040	0.80 ± 0.45
1296657	0.1464 ± 0.0011	19.86 ± 0.07	19.93 ± 0.21	39.19 ± 0.21	-0.007 ± 0.042	0.79 ± 0.36
440008	0.1465 ± 0.0014	20.01 ± 0.03	19.91 ± 0.19	39.16 ± 0.19	0.000 ± 0.026	-0.31 ± 0.19
1316385	0.1474 ± 0.0011	19.60 ± 0.05	19.76 ± 0.20	39.02 ± 0.20	-0.011 ± 0.032	1.29 ± 0.25
13796	0.1475 ± 0.0010	19.59 ± 0.03	19.71 ± 0.17	38.97 ± 0.17	-0.021 ± 0.022	0.80 ± 0.12
14024	0.1477 ± 0.0010	20.26 ± 0.07	19.88 ± 0.19	39.13 ± 0.19	0.041 ± 0.035	-1.93 ± 0.20
180166	0.1478 ± 0.0014	19.90 ± 0.03	19.91 ± 0.17	39.16 ± 0.17	0.035 ± 0.026	0.60 ± 0.11
1293758	0.1480 ± 0.0011	20.02 ± 0.04	19.98 ± 0.18	39.23 ± 0.18	-0.061 ± 0.039	-1.33 ± 0.17
14437	0.1481 ± 0.0010	19.49 ± 0.05	19.79 ± 0.16	39.04 ± 0.16	-0.098 ± 0.026	0.62 ± 0.12
1255502	0.1483 ± 0.0011	19.40 ± 0.07	19.77 ± 0.14	39.02 ± 0.14	-0.089 ± 0.045	1.05 ± 0.29
13736	0.1490 ± 0.0010	19.74 ± 0.04	19.91 ± 0.17	39.16 ± 0.17	-0.023 ± 0.024	1.12 ± 0.17
2308	0.1494 ± 0.0051	19.34 ± 0.03	19.86 ± 0.17	39.11 ± 0.18	-0.186 ± 0.022	0.67 ± 0.13
38	0.1505 ± 0.0014	19.71 ± 0.03	19.85 ± 0.17	39.11 ± 0.17	-0.028 ± 0.029	0.71 ± 0.20
460003	0.1508 ± 0.0014	19.85 ± 0.04	19.92 ± 0.13	39.17 ± 0.13	-0.073 ± 0.028	-0.83 ± 0.12
2031	0.1520 ± 0.0011	19.45 ± 0.04	19.79 ± 0.16	39.05 ± 0.16	-0.128 ± 0.024	0.49 ± 0.14
18323	0.1529 ± 0.0010	19.99 ± 0.04	20.07 ± 0.17	39.32 ± 0.17	-0.038 ± 0.029	0.16 ± 0.23
15132	0.1532 ± 0.0010	19.52 ± 0.03	19.96 ± 0.12	39.22 ± 0.13	-0.132 ± 0.022	1.07 ± 0.15
18740	0.1534 ± 0.0010	19.93 ± 0.03	19.85 ± 0.16	39.10 ± 0.16	0.030 ± 0.022	-0.04 ± 0.13

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
19353	0.1534 ± 0.0010	19.98 ± 0.05	20.00 ± 0.18	39.26 ± 0.18	0.041 ± 0.028	0.91 ± 0.21
16073	0.1536 ± 0.0010	19.99 ± 0.03	20.11 ± 0.17	39.36 ± 0.18	-0.022 ± 0.024	0.74 ± 0.19
5550	0.1551 ± 0.0010	19.61 ± 0.03	19.95 ± 0.17	39.21 ± 0.17	-0.048 ± 0.022	1.90 ± 0.20
16116	0.1553 ± 0.0010	19.72 ± 0.03	20.03 ± 0.16	39.28 ± 0.16	-0.107 ± 0.025	0.53 ± 0.30
18030	0.1554 ± 0.0010	20.14 ± 0.05	20.15 ± 0.17	39.40 ± 0.18	-0.048 ± 0.034	-0.59 ± 0.25
19940	0.1560 ± 0.0013	19.56 ± 0.05	19.72 ± 0.18	38.97 ± 0.18	-0.023 ± 0.026	1.06 ± 0.21
13354	0.1567 ± 0.0010	20.05 ± 0.04	19.96 ± 0.21	39.21 ± 0.21	0.091 ± 0.027	1.05 ± 0.17
16206	0.1586 ± 0.0010	20.14 ± 0.04	19.83 ± 0.16	39.08 ± 0.16	-0.020 ± 0.032	-2.62 ± 0.58
440042	0.1592 ± 0.0101	20.44 ± 0.04	20.17 ± 0.28	39.43 ± 0.28	-0.003 ± 0.028	-1.48 ± 0.22
14782	0.1593 ± 0.0011	19.70 ± 0.05	19.70 ± 0.14	38.95 ± 0.14	-0.014 ± 0.028	-0.32 ± 0.14
15425	0.1595 ± 0.0010	19.70 ± 0.05	19.84 ± 0.14	39.09 ± 0.14	0.000 ± 0.025	0.99 ± 0.17
1299775	0.1600 ± 0.0011	20.35 ± 0.05	19.79 ± 0.27	39.04 ± 0.27	0.181 ± 0.038	-0.41 ± 0.20
3317	0.1601 ± 0.0010	20.10 ± 0.04	19.98 ± 0.17	39.23 ± 0.17	0.023 ± 0.026	-0.52 ± 0.18
2689	0.1605 ± 0.0010	20.00 ± 0.04	19.95 ± 0.22	39.21 ± 0.22	0.081 ± 0.029	1.39 ± 0.20
390627	0.1606 ± 0.0101	19.95 ± 0.06	20.17 ± 0.26	39.42 ± 0.26	-0.197 ± 0.044	-1.71 ± 0.26
5103	0.1608 ± 0.0010	20.11 ± 0.04	19.96 ± 0.21	39.22 ± 0.21	0.020 ± 0.027	-0.23 ± 0.15
120336	0.1612 ± 0.0014	20.31 ± 0.04	20.06 ± 0.24	39.31 ± 0.25	0.046 ± 0.029	-0.24 ± 0.18
17825	0.1624 ± 0.0051	20.16 ± 0.03	20.07 ± 0.22	39.33 ± 0.22	0.003 ± 0.027	-0.14 ± 0.16
19174	0.1638 ± 0.0011	20.27 ± 0.04	20.03 ± 0.20	39.28 ± 0.20	0.056 ± 0.032	-0.75 ± 0.22
3087	0.1645 ± 0.0010	20.02 ± 0.04	20.01 ± 0.20	39.26 ± 0.20	0.008 ± 0.025	0.53 ± 0.19
19616	0.1647 ± 0.0010	19.99 ± 0.04	20.08 ± 0.14	39.33 ± 0.14	-0.025 ± 0.027	0.14 ± 0.20
20764	0.1650 ± 0.0010	20.02 ± 0.04	20.07 ± 0.15	39.32 ± 0.15	-0.108 ± 0.030	-1.41 ± 0.40
20430	0.1660 ± 0.0011	20.53 ± 0.06	20.24 ± 0.24	39.49 ± 0.24	0.023 ± 0.034	-1.20 ± 0.52
12843	0.1661 ± 0.0010	20.17 ± 0.05	19.93 ± 0.19	39.18 ± 0.19	0.040 ± 0.036	-1.03 ± 0.30
12853	0.1683 ± 0.0011	19.97 ± 0.07	20.02 ± 0.16	39.28 ± 0.17	-0.056 ± 0.035	-0.57 ± 0.35
350233	0.1692 ± 0.0014	20.34 ± 0.04	20.26 ± 0.18	39.52 ± 0.18	-0.014 ± 0.027	-0.47 ± 0.14
17389	0.1697 ± 0.0010	20.54 ± 0.05	20.42 ± 0.27	39.67 ± 0.27	0.067 ± 0.034	1.11 ± 0.38
12856	0.1704 ± 0.0010	19.89 ± 0.04	20.22 ± 0.13	39.47 ± 0.13	-0.087 ± 0.024	0.86 ± 0.20
590005	0.1712 ± 0.0101	20.27 ± 0.04	20.29 ± 0.27	39.54 ± 0.28	-0.004 ± 0.029	0.44 ± 0.24
310039	0.1717 ± 0.0014	20.37 ± 0.04	20.21 ± 0.21	39.46 ± 0.21	0.020 ± 0.027	-0.30 ± 0.13
19282	0.1726 ± 0.0011	20.04 ± 0.04	20.25 ± 0.18	39.50 ± 0.18	-0.031 ± 0.025	1.24 ± 0.24
1303279	0.1727 ± 0.0011	19.65 ± 0.04	20.01 ± 0.15	39.27 ± 0.15	-0.092 ± 0.033	0.95 ± 0.33
100090	0.1730 ± 0.0014	20.82 ± 0.04	20.47 ± 0.25	39.73 ± 0.25	0.038 ± 0.032	-1.03 ± 0.33
3080	0.1733 ± 0.0010	20.00 ± 0.04	20.13 ± 0.13	39.39 ± 0.13	-0.046 ± 0.024	0.11 ± 0.19
15897	0.1737 ± 0.0010	20.63 ± 0.04	20.29 ± 0.18	39.54 ± 0.18	0.009 ± 0.037	-2.41 ± 0.26
120143	0.1738 ± 0.0014	19.98 ± 0.03	20.10 ± 0.15	39.35 ± 0.15	-0.073 ± 0.027	-0.26 ± 0.15
15648	0.1739 ± 0.0010	20.82 ± 0.07	20.35 ± 0.32	39.60 ± 0.32	0.120 ± 0.047	-1.38 ± 0.38
14421	0.1742 ± 0.0010	20.20 ± 0.03	20.32 ± 0.13	39.57 ± 0.14	-0.093 ± 0.026	-0.68 ± 0.19
16165	0.1742 ± 0.0011	19.88 ± 0.03	20.08 ± 0.15	39.33 ± 0.15	-0.072 ± 0.024	0.35 ± 0.23
5350	0.1744 ± 0.0011	20.14 ± 0.10	20.25 ± 0.18	39.51 ± 0.18	-0.083 ± 0.046	-0.61 ± 0.32
15583	0.1744 ± 0.0011	20.49 ± 0.04	20.30 ± 0.23	39.55 ± 0.23	0.037 ± 0.031	-0.19 ± 0.24
19969	0.1744 ± 0.0010	20.26 ± 0.04	20.23 ± 0.16	39.48 ± 0.16	0.018 ± 0.027	0.06 ± 0.25
18604	0.1750 ± 0.0010	20.69 ± 0.05	20.49 ± 0.18	39.74 ± 0.18	-0.042 ± 0.037	-2.14 ± 0.35
14979	0.1767 ± 0.0011	19.96 ± 0.05	20.26 ± 0.13	39.52 ± 0.14	-0.116 ± 0.027	0.23 ± 0.14
17218	0.1771 ± 0.0010	20.18 ± 0.04	20.26 ± 0.17	39.51 ± 0.18	-0.083 ± 0.032	-0.80 ± 0.41
14451	0.1774 ± 0.0011	19.94 ± 0.05	20.22 ± 0.14	39.48 ± 0.14	-0.102 ± 0.029	0.32 ± 0.17
17220	0.1779 ± 0.0010	20.29 ± 0.04	20.09 ± 0.26	39.34 ± 0.26	0.136 ± 0.031	1.85 ± 0.29
370428	0.1779 ± 0.0014	20.05 ± 0.03	20.39 ± 0.13	39.65 ± 0.13	-0.104 ± 0.027	0.62 ± 0.15
5635	0.1785 ± 0.0010	20.68 ± 0.05	20.71 ± 0.21	39.97 ± 0.21	-0.023 ± 0.038	0.07 ± 0.41
6936	0.1790 ± 0.0010	20.32 ± 0.04	20.39 ± 0.16	39.64 ± 0.16	-0.019 ± 0.029	0.05 ± 0.31
300179	0.1791 ± 0.0014	20.26 ± 0.04	20.51 ± 0.20	39.77 ± 0.20	-0.099 ± 0.046	0.09 ± 0.18
13045	0.1793 ± 0.0010	20.44 ± 0.06	20.28 ± 0.23	39.54 ± 0.23	0.061 ± 0.035	-0.08 ± 0.53
1347120	0.1795 ± 0.0051	20.61 ± 0.04	20.30 ± 0.28	39.55 ± 0.28	0.052 ± 0.030	-0.44 ± 0.13
2372	0.1797 ± 0.0010	20.31 ± 0.04	20.30 ± 0.17	39.55 ± 0.17	0.029 ± 0.029	0.31 ± 0.22
1303496	0.1798 ± 0.0011	20.54 ± 0.04	20.34 ± 0.21	39.60 ± 0.21	0.051 ± 0.033	-0.41 ± 0.34
13254	0.1800 ± 0.0010	20.91 ± 0.06	20.74 ± 0.27	40.00 ± 0.27	0.100 ± 0.041	0.52 ± 0.59
14284	0.1805 ± 0.0010	19.98 ± 0.04	20.12 ± 0.13	39.37 ± 0.14	-0.069 ± 0.027	-0.29 ± 0.17

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
420159	0.1807 ± 0.0014	20.05 ± 0.04	20.25 ± 0.13	39.50 ± 0.13	-0.063 ± 0.027	0.27 ± 0.21
330023	0.1808 ± 0.0014	20.10 ± 0.09	20.46 ± 0.18	39.72 ± 0.18	-0.164 ± 0.057	-0.22 ± 0.30
350548	0.1808 ± 0.0014	20.17 ± 0.04	20.39 ± 0.13	39.64 ± 0.13	-0.032 ± 0.028	0.89 ± 0.18
360112	0.1809 ± 0.0101	20.05 ± 0.04	20.36 ± 0.24	39.62 ± 0.25	-0.065 ± 0.029	1.19 ± 0.16
17215	0.1809 ± 0.0010	20.36 ± 0.07	20.37 ± 0.21	39.62 ± 0.21	0.020 ± 0.040	0.29 ± 0.43
370595	0.1813 ± 0.0101	20.20 ± 0.04	20.41 ± 0.22	39.66 ± 0.23	-0.085 ± 0.027	-0.06 ± 0.16
15443	0.1814 ± 0.0010	19.96 ± 0.04	20.23 ± 0.13	39.49 ± 0.13	-0.039 ± 0.025	1.58 ± 0.18
1339392	0.1815 ± 0.0011	20.08 ± 0.10	20.14 ± 0.23	39.40 ± 0.24	-0.055 ± 0.056	-0.48 ± 0.61
17332	0.1822 ± 0.0010	20.45 ± 0.05	20.33 ± 0.20	39.59 ± 0.20	0.041 ± 0.035	-0.21 ± 0.27
1580	0.1823 ± 0.0010	20.07 ± 0.07	20.27 ± 0.15	39.53 ± 0.15	-0.031 ± 0.031	0.89 ± 0.24
1250017	0.1823 ± 0.0011	20.05 ± 0.04	20.44 ± 0.15	39.69 ± 0.15	-0.110 ± 0.028	0.96 ± 0.15
15453	0.1825 ± 0.0011	20.31 ± 0.04	20.53 ± 0.18	39.78 ± 0.18	-0.038 ± 0.029	1.15 ± 0.26
17391	0.1836 ± 0.0011	20.43 ± 0.07	20.35 ± 0.29	39.60 ± 0.29	0.024 ± 0.046	0.34 ± 0.66
1257695	0.1838 ± 0.0011	20.09 ± 0.03	20.43 ± 0.15	39.68 ± 0.15	-0.128 ± 0.026	0.38 ± 0.09
17168	0.1839 ± 0.0010	20.36 ± 0.04	20.50 ± 0.20	39.75 ± 0.20	-0.038 ± 0.034	0.55 ± 0.31
20048	0.1840 ± 0.0010	20.67 ± 0.06	20.54 ± 0.22	39.80 ± 0.22	0.020 ± 0.041	-0.68 ± 0.52
1296321	0.1846 ± 0.0011	20.94 ± 0.04	20.69 ± 0.28	39.94 ± 0.28	0.072 ± 0.029	0.47 ± 0.20
15421	0.1846 ± 0.0010	20.39 ± 0.03	20.54 ± 0.14	39.79 ± 0.14	-0.044 ± 0.026	0.21 ± 0.26
8213	0.1848 ± 0.0010	20.86 ± 0.05	20.40 ± 0.28	39.65 ± 0.28	0.161 ± 0.039	-0.65 ± 0.34
15461	0.1849 ± 0.0010	20.13 ± 0.04	20.36 ± 0.13	39.61 ± 0.13	-0.109 ± 0.027	-0.16 ± 0.21
1336453	0.1851 ± 0.0011	20.19 ± 0.04	20.49 ± 0.16	39.74 ± 0.16	-0.078 ± 0.028	0.98 ± 0.14
6422	0.1852 ± 0.0010	20.02 ± 0.03	20.38 ± 0.16	39.63 ± 0.16	-0.111 ± 0.024	0.82 ± 0.22
16281	0.1852 ± 0.0010	20.22 ± 0.04	20.29 ± 0.17	39.54 ± 0.17	-0.077 ± 0.033	-0.82 ± 0.55
370563	0.1853 ± 0.0014	20.28 ± 0.04	20.54 ± 0.14	39.79 ± 0.14	-0.032 ± 0.030	1.24 ± 0.25
15365	0.1867 ± 0.0010	20.25 ± 0.04	20.50 ± 0.14	39.76 ± 0.14	-0.054 ± 0.028	0.81 ± 0.23
18807	0.1873 ± 0.0011	20.36 ± 0.05	20.52 ± 0.13	39.77 ± 0.14	-0.032 ± 0.028	0.46 ± 0.25
5994	0.1881 ± 0.0051	20.26 ± 0.06	20.49 ± 0.19	39.75 ± 0.19	-0.062 ± 0.031	0.75 ± 0.27
12927	0.1891 ± 0.0010	20.08 ± 0.05	20.19 ± 0.15	39.44 ± 0.15	-0.034 ± 0.033	0.09 ± 0.35
16100	0.1891 ± 0.0011	20.82 ± 0.05	20.56 ± 0.25	39.81 ± 0.26	0.065 ± 0.039	-0.35 ± 0.37
1273127	0.1893 ± 0.0011	20.94 ± 0.07	20.68 ± 0.23	39.94 ± 0.23	0.006 ± 0.043	-1.62 ± 0.59
18787	0.1893 ± 0.0010	20.95 ± 0.04	20.89 ± 0.20	40.14 ± 0.20	0.044 ± 0.033	0.18 ± 0.45
18749	0.1895 ± 0.0010	20.82 ± 0.04	20.49 ± 0.21	39.74 ± 0.21	0.062 ± 0.033	-1.41 ± 0.40
440643	0.1895 ± 0.0101	20.19 ± 0.04	20.51 ± 0.24	39.76 ± 0.24	-0.093 ± 0.030	0.73 ± 0.19
6304	0.1900 ± 0.0010	20.70 ± 0.04	20.48 ± 0.22	39.73 ± 0.22	0.070 ± 0.029	-0.48 ± 0.39
762	0.1903 ± 0.0010	20.38 ± 0.04	20.63 ± 0.16	39.88 ± 0.16	-0.038 ± 0.031	1.13 ± 0.27
20687	0.1904 ± 0.0010	20.86 ± 0.05	20.44 ± 0.29	39.69 ± 0.29	0.149 ± 0.047	-0.62 ± 0.77
2440	0.1904 ± 0.0010	20.40 ± 0.04	20.67 ± 0.15	39.92 ± 0.15	-0.083 ± 0.030	0.43 ± 0.29
16276	0.1941 ± 0.0051	20.49 ± 0.04	20.55 ± 0.22	39.80 ± 0.22	-0.030 ± 0.033	0.00 ± 0.58
2246	0.1943 ± 0.0011	20.75 ± 0.05	20.63 ± 0.22	39.88 ± 0.22	0.076 ± 0.037	0.33 ± 0.37
20821	0.1955 ± 0.0011	21.54 ± 0.10	20.88 ± 0.40	40.13 ± 0.40	0.219 ± 0.071	-1.43 ± 1.19
1253920	0.1955 ± 0.0011	20.35 ± 0.03	20.46 ± 0.15	39.71 ± 0.16	-0.099 ± 0.028	-0.74 ± 0.13
14984	0.1956 ± 0.0011	20.64 ± 0.06	20.66 ± 0.19	39.91 ± 0.20	0.049 ± 0.035	0.98 ± 0.34
15674	0.1957 ± 0.0011	20.78 ± 0.06	20.71 ± 0.21	39.96 ± 0.21	0.003 ± 0.039	-0.33 ± 0.31
236	0.1962 ± 0.0014	20.30 ± 0.03	20.48 ± 0.12	39.73 ± 0.12	-0.084 ± 0.026	-0.20 ± 0.14
15129	0.1962 ± 0.0010	20.45 ± 0.04	20.52 ± 0.16	39.77 ± 0.16	-0.068 ± 0.033	-0.68 ± 0.23
1298893	0.1963 ± 0.0011	20.83 ± 0.07	20.59 ± 0.25	39.84 ± 0.25	-0.023 ± 0.097	-2.06 ± 0.66
1334620	0.1964 ± 0.0011	21.26 ± 0.05	20.64 ± 0.29	39.89 ± 0.29	0.206 ± 0.036	-0.46 ± 0.31
13070	0.1973 ± 0.0010	20.09 ± 0.04	20.55 ± 0.14	39.80 ± 0.14	-0.147 ± 0.028	0.97 ± 0.27
18804	0.1974 ± 0.0010	20.17 ± 0.03	20.44 ± 0.13	39.69 ± 0.13	-0.058 ± 0.025	0.92 ± 0.20
1302058	0.1978 ± 0.0011	20.21 ± 0.03	20.24 ± 0.19	39.49 ± 0.19	-0.012 ± 0.028	0.37 ± 0.13
15222	0.1982 ± 0.0010	20.70 ± 0.04	20.50 ± 0.18	39.76 ± 0.18	0.013 ± 0.035	-1.32 ± 0.29
1316431	0.1983 ± 0.0051	20.25 ± 0.04	20.63 ± 0.17	39.89 ± 0.17	-0.092 ± 0.027	1.30 ± 0.13
13370	0.1986 ± 0.0011	20.79 ± 0.08	21.07 ± 0.24	40.32 ± 0.24	-0.068 ± 0.048	0.99 ± 0.75
360145	0.1988 ± 0.0014	20.68 ± 0.03	20.64 ± 0.21	39.89 ± 0.21	0.008 ± 0.027	0.35 ± 0.18
19658	0.1988 ± 0.0011	20.45 ± 0.04	20.64 ± 0.17	39.89 ± 0.17	-0.084 ± 0.036	0.01 ± 0.26
18768	0.1991 ± 0.0051	20.74 ± 0.05	20.77 ± 0.22	40.02 ± 0.22	-0.034 ± 0.040	-0.40 ± 0.30
110460	0.1995 ± 0.0014	20.74 ± 0.04	20.60 ± 0.25	39.85 ± 0.25	0.019 ± 0.037	-0.12 ± 0.26

Continúa en la página siguiente ...



(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
500504	0.1996 ± 0.0014	20.84 ± 0.05	20.42 ± 0.24	39.68 ± 0.25	0.106 ± 0.038	-0.80 ± 0.27
560150	0.1997 ± 0.0014	20.74 ± 0.04	20.64 ± 0.17	39.90 ± 0.17	-0.048 ± 0.032	-1.49 ± 0.45
19101	0.2008 ± 0.0011	20.50 ± 0.04	20.43 ± 0.19	39.68 ± 0.19	0.006 ± 0.033	-0.23 ± 0.21
470232	0.2008 ± 0.0101	20.64 ± 0.04	20.73 ± 0.25	39.98 ± 0.25	-0.010 ± 0.028	0.83 ± 0.15
370308	0.2009 ± 0.0101	20.08 ± 0.04	20.51 ± 0.31	39.77 ± 0.32	-0.138 ± 0.031	0.72 ± 0.93
590002	0.2013 ± 0.0101	20.48 ± 0.04	20.60 ± 0.22	39.86 ± 0.22	-0.112 ± 0.032	-0.96 ± 0.28
13152	0.2023 ± 0.0010	20.41 ± 0.04	20.37 ± 0.20	39.62 ± 0.20	0.016 ± 0.030	0.29 ± 0.25
19913	0.2025 ± 0.0011	20.59 ± 0.05	20.74 ± 0.16	39.99 ± 0.16	-0.047 ± 0.036	0.12 ± 0.35
6780	0.2028 ± 0.0010	20.74 ± 0.07	20.58 ± 0.18	39.84 ± 0.18	-0.028 ± 0.046	-1.75 ± 0.39
14212	0.2032 ± 0.0010	20.67 ± 0.04	20.71 ± 0.14	39.97 ± 0.15	-0.026 ± 0.033	-0.32 ± 0.18
15203	0.2033 ± 0.0010	20.48 ± 0.04	20.63 ± 0.16	39.88 ± 0.17	0.003 ± 0.032	1.12 ± 0.28
16032	0.2033 ± 0.0011	20.53 ± 0.05	20.67 ± 0.17	39.93 ± 0.17	-0.103 ± 0.035	-0.74 ± 0.24
7243	0.2033 ± 0.0010	20.57 ± 0.07	20.68 ± 0.21	39.93 ± 0.22	-0.016 ± 0.042	-1.75 ± 0.39
15901	0.2038 ± 0.0010	20.52 ± 0.04	20.65 ± 0.17	39.90 ± 0.17	-0.055 ± 0.034	0.06 ± 0.26
18965	0.2047 ± 0.0010	20.46 ± 0.04	20.63 ± 0.16	39.88 ± 0.16	-0.108 ± 0.035	-0.61 ± 0.23
110033	0.2048 ± 0.0014	20.33 ± 0.09	20.59 ± 0.20	39.84 ± 0.20	-0.033 ± 0.053	1.31 ± 0.39
17801	0.2052 ± 0.0011	20.95 ± 0.08	20.91 ± 0.23	40.17 ± 0.23	-0.014 ± 0.056	-0.66 ± 0.51
15872	0.2056 ± 0.0010	20.30 ± 0.05	20.56 ± 0.17	39.81 ± 0.17	-0.071 ± 0.036	0.76 ± 0.31
1327978	0.2069 ± 0.0011	20.79 ± 0.05	20.67 ± 0.28	39.92 ± 0.28	0.045 ± 0.048	0.02 ± 0.58
15201	0.2075 ± 0.0010	21.62 ± 0.07	21.06 ± 0.33	40.32 ± 0.33	0.152 ± 0.056	-1.88 ± 0.80
1283373	0.2075 ± 0.0011	20.83 ± 0.04	20.82 ± 0.15	40.07 ± 0.15	-0.060 ± 0.033	-1.05 ± 0.24
20376	0.2084 ± 0.0013	20.97 ± 0.05	20.48 ± 0.27	39.73 ± 0.27	0.161 ± 0.039	-1.19 ± 0.63
15467	0.2086 ± 0.0010	20.35 ± 0.05	20.62 ± 0.14	39.88 ± 0.15	-0.064 ± 0.034	0.82 ± 0.27
200132	0.2087 ± 0.0101	20.75 ± 0.05	20.85 ± 0.24	40.10 ± 0.24	-0.034 ± 0.033	0.40 ± 0.20
15259	0.2087 ± 0.0010	20.56 ± 0.05	20.61 ± 0.20	39.86 ± 0.20	-0.004 ± 0.034	0.48 ± 0.28
140152	0.2088 ± 0.0014	20.21 ± 0.03	20.63 ± 0.16	39.88 ± 0.16	-0.098 ± 0.026	1.42 ± 0.16
16482	0.2095 ± 0.0010	20.81 ± 0.06	20.59 ± 0.26	39.84 ± 0.26	-0.023 ± 0.047	-2.22 ± 1.18
550154	0.2102 ± 0.0014	20.64 ± 0.04	20.89 ± 0.15	40.15 ± 0.15	-0.100 ± 0.031	0.09 ± 0.29
19149	0.2104 ± 0.0010	20.13 ± 0.04	20.20 ± 0.18	39.45 ± 0.19	0.010 ± 0.031	1.05 ± 0.20
460105	0.2108 ± 0.0101	20.72 ± 0.05	20.71 ± 0.22	39.96 ± 0.22	-0.099 ± 0.036	-1.69 ± 0.19
14157	0.2110 ± 0.0011	20.28 ± 0.06	20.55 ± 0.15	39.81 ± 0.16	-0.050 ± 0.036	1.16 ± 0.27
18940	0.2111 ± 0.0010	20.72 ± 0.04	20.70 ± 0.16	39.96 ± 0.16	-0.031 ± 0.038	-0.84 ± 0.26
1257366	0.2113 ± 0.0011	21.20 ± 0.05	20.89 ± 0.26	40.14 ± 0.27	0.104 ± 0.041	-0.16 ± 0.44
7847	0.2117 ± 0.0010	20.95 ± 0.04	20.71 ± 0.23	39.97 ± 0.23	0.123 ± 0.036	0.15 ± 0.40
17811	0.2120 ± 0.0011	20.24 ± 0.04	20.66 ± 0.19	39.91 ± 0.19	-0.131 ± 0.033	1.08 ± 0.30
18927	0.2123 ± 0.0011	21.01 ± 0.06	20.68 ± 0.24	39.94 ± 0.24	0.119 ± 0.042	-0.58 ± 0.39
13305	0.2135 ± 0.0010	20.60 ± 0.04	20.77 ± 0.16	40.02 ± 0.17	-0.008 ± 0.034	1.02 ± 0.31
8495	0.2137 ± 0.0010	20.58 ± 0.06	20.76 ± 0.19	40.01 ± 0.19	-0.020 ± 0.043	0.76 ± 0.47
6933	0.2140 ± 0.0051	20.57 ± 0.04	20.63 ± 0.20	39.89 ± 0.20	-0.022 ± 0.033	0.08 ± 0.24
110567	0.2144 ± 0.0014	21.32 ± 0.06	20.76 ± 0.30	40.02 ± 0.30	0.150 ± 0.051	-1.01 ± 0.47
1249851	0.2151 ± 0.0011	20.97 ± 0.13	20.63 ± 0.48	39.88 ± 0.48	0.011 ± 0.094	-2.07 ± 0.73
14019	0.2152 ± 0.0011	21.21 ± 0.07	21.21 ± 0.23	40.46 ± 0.23	-0.015 ± 0.048	-0.31 ± 0.42
1316	0.2158 ± 0.0010	20.66 ± 0.08	20.97 ± 0.26	40.23 ± 0.26	-0.099 ± 0.046	0.69 ± 0.69
100206	0.2165 ± 0.0014	20.35 ± 0.04	20.57 ± 0.14	39.83 ± 0.14	-0.075 ± 0.030	0.25 ± 0.28
17435	0.2169 ± 0.0011	20.45 ± 0.04	20.81 ± 0.19	40.07 ± 0.19	-0.108 ± 0.035	0.91 ± 0.26
7473	0.2169 ± 0.0051	20.63 ± 0.04	20.84 ± 0.18	40.09 ± 0.19	-0.100 ± 0.033	-0.15 ± 0.29
20364	0.2174 ± 0.0010	20.86 ± 0.05	20.89 ± 0.27	40.14 ± 0.27	0.030 ± 0.042	0.54 ± 0.89
13641	0.2179 ± 0.0011	20.52 ± 0.04	20.74 ± 0.17	39.99 ± 0.17	-0.046 ± 0.033	1.02 ± 0.29
1290816	0.2185 ± 0.0011	20.85 ± 0.03	20.97 ± 0.20	40.22 ± 0.20	-0.003 ± 0.027	1.26 ± 0.22
1304678	0.2188 ± 0.0011	20.94 ± 0.13	20.89 ± 0.25	40.14 ± 0.25	-0.073 ± 0.087	-1.54 ± 0.60
9467	0.2190 ± 0.0010	20.83 ± 0.07	20.94 ± 0.24	40.19 ± 0.24	-0.138 ± 0.057	-1.39 ± 0.38
5533	0.2190 ± 0.0010	20.96 ± 0.06	20.88 ± 0.22	40.13 ± 0.22	0.007 ± 0.042	-0.50 ± 0.40
1342255	0.2190 ± 0.0011	20.46 ± 0.03	20.78 ± 0.13	40.03 ± 0.13	-0.104 ± 0.027	0.47 ± 0.26
1302187	0.2194 ± 0.0011	20.96 ± 0.05	20.75 ± 0.21	40.00 ± 0.21	0.029 ± 0.039	-0.86 ± 0.33
15433	0.2195 ± 0.0010	20.69 ± 0.04	20.86 ± 0.16	40.11 ± 0.16	-0.064 ± 0.035	-0.03 ± 0.27
220	0.2197 ± 0.0014	20.61 ± 0.03	20.81 ± 0.12	40.06 ± 0.12	-0.129 ± 0.027	-0.70 ± 0.14
18466	0.2198 ± 0.0011	20.87 ± 0.06	20.84 ± 0.17	40.09 ± 0.17	0.024 ± 0.036	-0.10 ± 0.25

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
14331	0.2199 ± 0.0010	20.99 ± 0.04	20.99 ± 0.22	40.24 ± 0.22	0.006 ± 0.040	0.18 ± 0.31
19230	0.2202 ± 0.0011	21.04 ± 0.05	20.67 ± 0.24	39.92 ± 0.24	0.083 ± 0.047	-1.64 ± 0.43
7512	0.2207 ± 0.0051	20.88 ± 0.06	20.93 ± 0.22	40.19 ± 0.23	-0.001 ± 0.040	0.51 ± 0.38
15354	0.2208 ± 0.0011	21.27 ± 0.05	20.83 ± 0.27	40.08 ± 0.27	0.091 ± 0.049	-2.15 ± 0.51
370098	0.2213 ± 0.0014	20.62 ± 0.03	20.79 ± 0.14	40.04 ± 0.14	-0.034 ± 0.028	0.53 ± 0.15
480464	0.2213 ± 0.0101	20.47 ± 0.04	20.81 ± 0.20	40.06 ± 0.20	-0.122 ± 0.028	0.27 ± 0.16
1331123	0.2215 ± 0.0011	21.17 ± 0.04	20.94 ± 0.16	40.19 ± 0.17	-0.006 ± 0.031	-1.60 ± 0.20
13025	0.2230 ± 0.0010	21.05 ± 0.09	21.07 ± 0.28	40.33 ± 0.28	0.046 ± 0.052	0.87 ± 0.84
14846	0.2235 ± 0.0010	20.68 ± 0.04	20.90 ± 0.17	40.15 ± 0.17	-0.044 ± 0.036	0.66 ± 0.29
330083	0.2239 ± 0.0014	20.57 ± 0.03	20.76 ± 0.17	40.02 ± 0.17	-0.087 ± 0.029	0.00 ± 0.34
1304442	0.2245 ± 0.0051	20.63 ± 0.05	20.88 ± 0.20	40.13 ± 0.20	-0.103 ± 0.036	0.20 ± 0.29
550096	0.2245 ± 0.0014	20.57 ± 0.10	20.69 ± 0.24	39.94 ± 0.25	0.016 ± 0.066	1.21 ± 0.52
1292560	0.2249 ± 0.0011	20.54 ± 0.04	20.86 ± 0.16	40.11 ± 0.16	-0.131 ± 0.028	0.29 ± 0.16
30066	0.2254 ± 0.0014	20.41 ± 0.04	20.90 ± 0.17	40.15 ± 0.17	-0.134 ± 0.034	1.38 ± 0.37
13727	0.2254 ± 0.0010	20.64 ± 0.06	20.88 ± 0.19	40.13 ± 0.19	-0.042 ± 0.038	1.32 ± 0.35
15229	0.2255 ± 0.0011	20.77 ± 0.04	20.93 ± 0.20	40.19 ± 0.20	-0.034 ± 0.038	0.71 ± 0.29
20096	0.2258 ± 0.0014	20.67 ± 0.04	20.73 ± 0.17	39.99 ± 0.18	-0.076 ± 0.033	-0.69 ± 0.22
19992	0.2265 ± 0.0011	20.89 ± 0.06	21.14 ± 0.20	40.39 ± 0.20	-0.082 ± 0.047	0.26 ± 0.56
1315192	0.2273 ± 0.0051	20.88 ± 0.06	20.84 ± 0.23	40.10 ± 0.23	0.067 ± 0.035	1.06 ± 0.30
1315259	0.2282 ± 0.0011	21.12 ± 0.04	20.97 ± 0.18	40.22 ± 0.18	0.029 ± 0.029	-0.49 ± 0.17
180561	0.2287 ± 0.0014	21.43 ± 0.04	20.91 ± 0.31	40.16 ± 0.31	0.138 ± 0.032	0.01 ± 0.21
13072	0.2293 ± 0.0010	20.86 ± 0.07	20.97 ± 0.20	40.22 ± 0.20	-0.008 ± 0.045	0.40 ± 0.40
3452	0.2298 ± 0.0010	20.57 ± 0.05	20.88 ± 0.19	40.14 ± 0.19	-0.090 ± 0.037	0.91 ± 0.27
21033	0.2302 ± 0.0051	20.75 ± 0.04	20.88 ± 0.23	40.13 ± 0.23	-0.086 ± 0.041	-0.73 ± 0.56
6	0.2304 ± 0.0014	21.40 ± 0.05	21.05 ± 0.26	40.31 ± 0.26	0.129 ± 0.037	-0.01 ± 0.44
40780	0.2308 ± 0.0014	21.67 ± 0.04	20.82 ± 0.30	40.07 ± 0.30	0.279 ± 0.039	-0.91 ± 0.47
19008	0.2309 ± 0.0011	20.86 ± 0.06	20.85 ± 0.20	40.10 ± 0.20	0.067 ± 0.042	1.08 ± 0.40
360140	0.2309 ± 0.0101	20.95 ± 0.03	21.04 ± 0.22	40.30 ± 0.23	-0.050 ± 0.029	0.02 ± 0.23
17875	0.2313 ± 0.0010	20.77 ± 0.04	21.06 ± 0.19	40.32 ± 0.19	-0.057 ± 0.039	1.16 ± 0.32
430004	0.2316 ± 0.0014	20.87 ± 0.08	20.95 ± 0.23	40.20 ± 0.23	0.034 ± 0.049	1.32 ± 0.43
1302648	0.2316 ± 0.0011	21.21 ± 0.04	20.83 ± 0.24	40.09 ± 0.24	0.101 ± 0.031	-0.69 ± 0.22
1275946	0.2321 ± 0.0011	20.58 ± 0.03	20.95 ± 0.16	40.20 ± 0.16	-0.079 ± 0.027	1.51 ± 0.16
15369	0.2328 ± 0.0051	20.40 ± 0.04	20.58 ± 0.18	39.83 ± 0.18	-0.043 ± 0.032	0.69 ± 0.24
1292336	0.2337 ± 0.0011	21.13 ± 0.04	20.93 ± 0.25	40.19 ± 0.26	0.031 ± 0.034	-0.18 ± 0.23
350047	0.2338 ± 0.0014	21.20 ± 0.07	21.16 ± 0.19	40.41 ± 0.20	-0.135 ± 0.056	-2.42 ± 0.42
1336687	0.2339 ± 0.0011	21.22 ± 0.04	20.93 ± 0.29	40.18 ± 0.29	0.080 ± 0.028	0.39 ± 0.16
12971	0.2340 ± 0.0010	20.53 ± 0.04	20.89 ± 0.21	40.14 ± 0.21	-0.091 ± 0.036	1.14 ± 0.59
110536	0.2347 ± 0.0014	21.33 ± 0.06	20.94 ± 0.33	40.19 ± 0.33	0.176 ± 0.051	0.55 ± 0.51
1279500	0.2348 ± 0.0011	20.88 ± 0.03	21.03 ± 0.17	40.28 ± 0.17	-0.035 ± 0.026	0.65 ± 0.16
1319366	0.2349 ± 0.0011	20.68 ± 0.03	20.91 ± 0.18	40.16 ± 0.18	-0.029 ± 0.028	1.39 ± 0.20
1298281	0.2352 ± 0.0051	21.34 ± 0.04	20.91 ± 0.27	40.16 ± 0.28	0.042 ± 0.032	-1.57 ± 0.22
19341	0.2356 ± 0.0010	21.19 ± 0.05	20.98 ± 0.21	40.23 ± 0.21	0.024 ± 0.044	-1.53 ± 0.38
15287	0.2364 ± 0.0010	20.88 ± 0.04	21.13 ± 0.15	40.38 ± 0.16	-0.044 ± 0.034	1.11 ± 0.30
310574	0.2366 ± 0.0014	21.00 ± 0.04	21.01 ± 0.15	40.26 ± 0.16	-0.023 ± 0.032	-0.38 ± 0.16
13511	0.2366 ± 0.0010	21.21 ± 0.05	21.21 ± 0.19	40.47 ± 0.19	-0.092 ± 0.041	-1.56 ± 0.47
12881	0.2369 ± 0.0010	20.85 ± 0.05	20.87 ± 0.24	40.12 ± 0.24	0.029 ± 0.039	0.87 ± 0.54
16350	0.2369 ± 0.0010	20.89 ± 0.05	20.97 ± 0.21	40.23 ± 0.21	-0.086 ± 0.044	-0.96 ± 0.60
1317277	0.2372 ± 0.0012	21.25 ± 0.04	20.97 ± 0.20	40.22 ± 0.20	0.027 ± 0.035	-1.40 ± 0.32
20768	0.2375 ± 0.0010	21.70 ± 0.06	21.48 ± 0.30	40.74 ± 0.31	0.076 ± 0.060	-0.75 ± 1.13
17884	0.2379 ± 0.0010	20.60 ± 0.04	20.98 ± 0.17	40.23 ± 0.17	-0.124 ± 0.037	0.70 ± 0.29
470008	0.2395 ± 0.0101	20.44 ± 0.05	20.65 ± 0.21	39.91 ± 0.21	-0.036 ± 0.038	0.82 ± 0.36
18486	0.2398 ± 0.0012	20.52 ± 0.05	20.88 ± 0.18	40.13 ± 0.18	-0.101 ± 0.036	1.08 ± 0.27
510251	0.2402 ± 0.0101	21.35 ± 0.04	21.13 ± 0.26	40.38 ± 0.26	0.085 ± 0.031	0.03 ± 0.30
580300	0.2409 ± 0.0014	21.09 ± 0.06	21.15 ± 0.16	40.40 ± 0.17	-0.067 ± 0.040	-0.59 ± 0.32
510550	0.2412 ± 0.0014	20.80 ± 0.04	21.08 ± 0.13	40.33 ± 0.13	-0.080 ± 0.027	0.48 ± 0.16
460064	0.2415 ± 0.0014	20.60 ± 0.03	20.87 ± 0.18	40.12 ± 0.18	-0.072 ± 0.028	0.83 ± 0.28
17223	0.2416 ± 0.0012	20.61 ± 0.05	20.92 ± 0.26	40.17 ± 0.26	-0.081 ± 0.043	1.05 ± 0.69

Continúa en la página siguiente ...



(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
14481	0.2422 ± 0.0010	21.12 ± 0.06	21.31 ± 0.22	40.56 ± 0.22	-0.154 ± 0.051	-1.04 ± 0.40
20111	0.2428 ± 0.0010	21.16 ± 0.05	21.17 ± 0.22	40.42 ± 0.22	0.016 ± 0.045	-0.03 ± 0.62
480064	0.2428 ± 0.0014	21.57 ± 0.04	21.32 ± 0.26	40.57 ± 0.26	0.074 ± 0.029	0.48 ± 0.25
20088	0.2433 ± 0.0010	20.67 ± 0.03	21.00 ± 0.14	40.25 ± 0.14	-0.159 ± 0.032	-0.21 ± 0.21
13506	0.2435 ± 0.0010	21.55 ± 0.06	21.29 ± 0.31	40.54 ± 0.31	0.140 ± 0.047	-0.15 ± 0.66
19023	0.2441 ± 0.0051	20.61 ± 0.07	21.04 ± 0.24	40.30 ± 0.24	-0.125 ± 0.042	1.62 ± 0.50
15466	0.2444 ± 0.0010	21.12 ± 0.07	20.95 ± 0.22	40.21 ± 0.22	0.036 ± 0.050	-1.06 ± 0.41
3377	0.2446 ± 0.0012	20.58 ± 0.06	20.87 ± 0.18	40.13 ± 0.19	-0.077 ± 0.037	1.04 ± 0.31
174	0.2451 ± 0.0014	21.41 ± 0.04	21.08 ± 0.21	40.33 ± 0.21	0.087 ± 0.031	-0.73 ± 0.22
420407	0.2452 ± 0.0014	21.19 ± 0.06	21.24 ± 0.18	40.50 ± 0.18	-0.037 ± 0.039	-0.30 ± 0.26
20039	0.2455 ± 0.0010	21.12 ± 0.05	21.11 ± 0.22	40.36 ± 0.22	0.063 ± 0.044	0.79 ± 0.50
10	0.2459 ± 0.0014	21.16 ± 0.04	21.18 ± 0.17	40.43 ± 0.17	0.013 ± 0.029	0.30 ± 0.29
13835	0.2462 ± 0.0010	20.82 ± 0.04	21.09 ± 0.15	40.35 ± 0.15	-0.078 ± 0.035	0.63 ± 0.25
15219	0.2465 ± 0.0010	20.80 ± 0.04	21.13 ± 0.17	40.38 ± 0.17	-0.153 ± 0.036	-0.14 ± 0.39
12977	0.2466 ± 0.0010	20.89 ± 0.04	21.03 ± 0.21	40.28 ± 0.21	-0.049 ± 0.039	0.05 ± 0.51
05D3mq	0.2466 ± 0.0014	21.23 ± 0.03	21.14 ± 0.15	40.39 ± 0.16	-0.010 ± 0.026	-0.70 ± 0.17
1334645	0.2471 ± 0.0012	20.89 ± 0.04	20.95 ± 0.13	40.20 ± 0.14	-0.077 ± 0.029	-0.86 ± 0.17
3451	0.2485 ± 0.0010	20.71 ± 0.05	20.95 ± 0.18	40.20 ± 0.18	-0.053 ± 0.039	0.69 ± 0.33
420087	0.2486 ± 0.0101	20.74 ± 0.07	21.24 ± 0.21	40.49 ± 0.22	-0.185 ± 0.043	0.54 ± 0.41
450082	0.2486 ± 0.0101	21.00 ± 0.04	21.17 ± 0.19	40.43 ± 0.20	-0.070 ± 0.028	-0.07 ± 0.32
560152	0.2486 ± 0.0101	20.90 ± 0.05	21.11 ± 0.26	40.37 ± 0.26	-0.091 ± 0.036	-0.11 ± 0.81
15161	0.2487 ± 0.0010	20.95 ± 0.05	21.07 ± 0.18	40.33 ± 0.18	-0.051 ± 0.042	-0.24 ± 0.32
19990	0.2490 ± 0.0010	21.13 ± 0.05	21.17 ± 0.18	40.43 ± 0.18	-0.091 ± 0.046	-1.31 ± 0.33
120585	0.2491 ± 0.0014	20.67 ± 0.04	21.06 ± 0.17	40.32 ± 0.17	-0.155 ± 0.029	0.22 ± 0.31
3199	0.2497 ± 0.0012	21.30 ± 0.05	21.42 ± 0.22	40.67 ± 0.22	0.012 ± 0.040	1.65 ± 0.38
16106	0.2498 ± 0.0012	20.80 ± 0.07	21.04 ± 0.21	40.30 ± 0.21	-0.141 ± 0.050	-0.56 ± 0.40
15868	0.2499 ± 0.0010	20.76 ± 0.04	21.14 ± 0.16	40.39 ± 0.16	-0.151 ± 0.038	0.32 ± 0.27
520077	0.2502 ± 0.0101	21.30 ± 0.05	21.34 ± 0.22	40.60 ± 0.22	-0.119 ± 0.040	-1.63 ± 0.39
390449	0.2502 ± 0.0101	21.10 ± 0.04	21.12 ± 0.22	40.38 ± 0.22	-0.028 ± 0.026	-0.09 ± 0.22
13689	0.2504 ± 0.0010	20.71 ± 0.04	21.16 ± 0.18	40.41 ± 0.18	-0.149 ± 0.038	1.17 ± 0.39
5717	0.2505 ± 0.0012	21.08 ± 0.05	21.32 ± 0.19	40.57 ± 0.19	-0.043 ± 0.039	1.28 ± 0.44
500004	0.2506 ± 0.0014	20.72 ± 0.07	21.05 ± 0.19	40.30 ± 0.19	-0.104 ± 0.042	0.61 ± 0.36
16213	0.2509 ± 0.0051	20.87 ± 0.04	21.13 ± 0.20	40.39 ± 0.20	-0.099 ± 0.039	0.28 ± 0.44
17552	0.2520 ± 0.0010	21.06 ± 0.05	21.22 ± 0.21	40.47 ± 0.21	0.001 ± 0.043	1.31 ± 0.42
310161	0.2526 ± 0.0015	21.13 ± 0.04	21.21 ± 0.16	40.46 ± 0.17	-0.038 ± 0.027	0.14 ± 0.18
9032	0.2526 ± 0.0012	21.11 ± 0.07	21.15 ± 0.26	40.41 ± 0.26	0.023 ± 0.053	0.88 ± 0.62
34	0.2533 ± 0.0015	20.71 ± 0.03	21.12 ± 0.15	40.37 ± 0.16	-0.120 ± 0.026	1.00 ± 0.37
17464	0.2536 ± 0.0012	20.84 ± 0.04	20.78 ± 0.26	40.03 ± 0.26	0.047 ± 0.042	0.21 ± 0.62
5736	0.2541 ± 0.0051	21.16 ± 0.04	21.20 ± 0.17	40.45 ± 0.17	-0.010 ± 0.036	-0.19 ± 0.32
1336480	0.2562 ± 0.0012	21.39 ± 0.05	21.39 ± 0.19	40.65 ± 0.19	-0.010 ± 0.037	-0.14 ± 0.30
1112	0.2562 ± 0.0011	21.29 ± 0.07	21.31 ± 0.27	40.56 ± 0.27	-0.018 ± 0.053	-0.61 ± 0.72
17340	0.2564 ± 0.0011	21.07 ± 0.05	21.12 ± 0.21	40.37 ± 0.21	-0.003 ± 0.043	-0.05 ± 0.45
9457	0.2568 ± 0.0011	21.20 ± 0.08	21.25 ± 0.25	40.50 ± 0.25	-0.017 ± 0.061	-0.33 ± 0.60
19207	0.2573 ± 0.0012	21.25 ± 0.07	21.32 ± 0.25	40.58 ± 0.25	0.014 ± 0.053	0.49 ± 0.59
18325	0.2574 ± 0.0011	21.02 ± 0.05	21.24 ± 0.19	40.49 ± 0.19	-0.058 ± 0.045	0.41 ± 0.38
8046	0.2577 ± 0.0011	21.37 ± 0.05	21.36 ± 0.22	40.61 ± 0.23	0.042 ± 0.047	0.26 ± 0.49
6108	0.2581 ± 0.0012	21.30 ± 0.05	21.28 ± 0.23	40.53 ± 0.23	0.038 ± 0.045	0.46 ± 0.65
550041	0.2586 ± 0.0101	20.67 ± 0.07	21.21 ± 0.21	40.47 ± 0.21	-0.192 ± 0.043	0.80 ± 0.25
1297026	0.2587 ± 0.0012	21.25 ± 0.04	21.26 ± 0.15	40.51 ± 0.15	-0.048 ± 0.031	-0.72 ± 0.21
1303883	0.2590 ± 0.0051	21.07 ± 0.04	21.29 ± 0.16	40.54 ± 0.16	-0.053 ± 0.031	0.61 ± 0.21
1289664	0.2592 ± 0.0051	21.06 ± 0.04	21.03 ± 0.18	40.29 ± 0.18	-0.061 ± 0.028	-1.03 ± 0.18
1335694	0.2592 ± 0.0051	20.94 ± 0.04	21.17 ± 0.16	40.43 ± 0.16	-0.035 ± 0.032	1.00 ± 0.23
12972	0.2595 ± 0.0012	21.05 ± 0.06	21.27 ± 0.23	40.52 ± 0.23	-0.081 ± 0.049	0.18 ± 0.70
1330426	0.2595 ± 0.0051	20.78 ± 0.03	21.19 ± 0.17	40.44 ± 0.17	-0.104 ± 0.026	1.28 ± 0.12
20176	0.2606 ± 0.0015	20.93 ± 0.03	21.25 ± 0.17	40.50 ± 0.17	-0.089 ± 0.027	0.90 ± 0.32
370498	0.2609 ± 0.0101	21.07 ± 0.03	21.36 ± 0.18	40.61 ± 0.19	-0.070 ± 0.025	0.77 ± 0.20
15440	0.2614 ± 0.0011	21.33 ± 0.05	21.19 ± 0.21	40.45 ± 0.21	0.063 ± 0.044	-0.55 ± 0.53

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
1337649	0.2616 ± 0.0012	21.13 ± 0.05	21.17 ± 0.22	40.42 ± 0.23	0.017 ± 0.030	1.05 ± 0.19
2017	0.2617 ± 0.0011	21.07 ± 0.06	21.43 ± 0.26	40.69 ± 0.26	-0.102 ± 0.050	1.42 ± 0.57
19702	0.2617 ± 0.0012	21.38 ± 0.07	21.43 ± 0.23	40.68 ± 0.23	-0.057 ± 0.052	-1.09 ± 0.48
1253	0.2618 ± 0.0011	20.98 ± 0.06	21.14 ± 0.22	40.39 ± 0.23	-0.117 ± 0.050	-0.93 ± 0.48
13655	0.2618 ± 0.0011	21.68 ± 0.05	21.44 ± 0.25	40.69 ± 0.25	0.075 ± 0.049	-1.28 ± 0.63
18945	0.2620 ± 0.0012	21.34 ± 0.05	21.47 ± 0.22	40.72 ± 0.22	-0.037 ± 0.042	0.19 ± 0.51
13956	0.2630 ± 0.0051	22.27 ± 0.09	22.01 ± 0.51	41.26 ± 0.51	0.090 ± 0.083	-1.20 ± 1.29
520019	0.2632 ± 0.0015	21.39 ± 0.05	21.39 ± 0.17	40.64 ± 0.17	-0.024 ± 0.039	-0.49 ± 0.27
04D3ez	0.2636 ± 0.0012	21.40 ± 0.03	21.15 ± 0.18	40.40 ± 0.18	0.027 ± 0.024	-1.09 ± 0.08
350235	0.2639 ± 0.0015	21.31 ± 0.11	21.31 ± 0.17	40.56 ± 0.17	0.010 ± 0.054	0.06 ± 0.34
330022	0.2640 ± 0.0015	21.24 ± 0.06	21.05 ± 0.20	40.30 ± 0.21	0.008 ± 0.047	-1.23 ± 0.30
12983	0.2641 ± 0.0011	21.30 ± 0.07	21.38 ± 0.38	40.63 ± 0.38	-0.015 ± 0.062	-0.04 ± 1.03
2943	0.2642 ± 0.0012	21.12 ± 0.05	21.25 ± 0.24	40.51 ± 0.24	-0.024 ± 0.047	0.57 ± 0.44
110478	0.2646 ± 0.0015	21.06 ± 0.04	21.26 ± 0.20	40.52 ± 0.20	-0.043 ± 0.033	0.93 ± 0.32
13099	0.2646 ± 0.0011	21.29 ± 0.05	21.42 ± 0.26	40.67 ± 0.26	-0.018 ± 0.048	0.30 ± 0.82
2422	0.2658 ± 0.0051	20.90 ± 0.04	21.36 ± 0.22	40.61 ± 0.22	-0.170 ± 0.041	1.04 ± 0.33
6315	0.2658 ± 0.0012	20.70 ± 0.05	21.07 ± 0.20	40.32 ± 0.21	-0.191 ± 0.039	-0.10 ± 0.37
1334087	0.2664 ± 0.0012	20.91 ± 0.05	21.04 ± 0.26	40.29 ± 0.26	-0.011 ± 0.048	0.68 ± 0.37
18463	0.2670 ± 0.0011	21.06 ± 0.05	21.29 ± 0.20	40.55 ± 0.20	-0.042 ± 0.047	0.94 ± 0.42
1309288	0.2679 ± 0.0012	20.92 ± 0.06	21.26 ± 0.20	40.51 ± 0.20	-0.111 ± 0.046	0.52 ± 0.44
520023	0.2682 ± 0.0015	21.19 ± 0.09	21.21 ± 0.23	40.46 ± 0.23	-0.040 ± 0.062	-0.61 ± 0.48
530037	0.2686 ± 0.0101	21.00 ± 0.07	21.33 ± 0.19	40.58 ± 0.19	-0.114 ± 0.034	0.34 ± 0.29
06D3fp	0.2686 ± 0.0015	21.44 ± 0.03	21.20 ± 0.24	40.46 ± 0.24	0.041 ± 0.022	-0.07 ± 0.05
14298	0.2689 ± 0.0012	21.03 ± 0.05	21.35 ± 0.22	40.60 ± 0.22	-0.084 ± 0.044	1.39 ± 0.41
510638	0.2702 ± 0.0101	21.16 ± 0.04	21.38 ± 0.20	40.64 ± 0.20	-0.089 ± 0.028	0.22 ± 0.14
19002	0.2702 ± 0.0011	20.97 ± 0.05	21.26 ± 0.16	40.51 ± 0.16	-0.098 ± 0.039	0.35 ± 0.32
310051	0.2706 ± 0.0015	21.56 ± 0.04	21.26 ± 0.21	40.51 ± 0.21	0.102 ± 0.032	-0.35 ± 0.28
160039	0.2709 ± 0.0015	21.23 ± 0.03	21.24 ± 0.16	40.49 ± 0.17	-0.075 ± 0.029	-1.17 ± 0.26
380378	0.2714 ± 0.0015	20.91 ± 0.03	21.31 ± 0.12	40.57 ± 0.12	-0.140 ± 0.026	0.52 ± 0.18
1292332	0.2728 ± 0.0012	20.97 ± 0.04	21.29 ± 0.17	40.54 ± 0.17	-0.116 ± 0.036	0.33 ± 0.24
15356	0.2735 ± 0.0011	21.20 ± 0.05	21.22 ± 0.21	40.47 ± 0.21	-0.017 ± 0.048	-0.66 ± 0.51
420258	0.2746 ± 0.0015	21.96 ± 0.06	21.49 ± 0.29	40.74 ± 0.29	0.245 ± 0.043	0.90 ± 0.32
100213	0.2751 ± 0.0015	21.51 ± 0.06	21.52 ± 0.24	40.78 ± 0.24	0.015 ± 0.042	0.84 ± 0.42
150254	0.2752 ± 0.0015	21.55 ± 0.03	21.28 ± 0.24	40.53 ± 0.24	0.070 ± 0.027	-0.05 ± 0.17
20227	0.2759 ± 0.0011	21.27 ± 0.05	21.41 ± 0.21	40.66 ± 0.21	-0.136 ± 0.047	-1.23 ± 0.56
19051	0.2763 ± 0.0011	21.12 ± 0.05	21.42 ± 0.18	40.67 ± 0.18	-0.084 ± 0.041	1.73 ± 0.45
4000	0.2767 ± 0.0011	21.64 ± 0.07	21.60 ± 0.27	40.85 ± 0.27	-0.007 ± 0.062	-1.09 ± 0.61
4046	0.2778 ± 0.0051	21.27 ± 0.05	21.37 ± 0.24	40.62 ± 0.24	0.000 ± 0.044	0.81 ± 0.53
1297465	0.2778 ± 0.0012	21.59 ± 0.03	21.67 ± 0.18	40.92 ± 0.18	0.032 ± 0.027	1.15 ± 0.13
5957	0.2794 ± 0.0011	21.19 ± 0.05	21.45 ± 0.16	40.70 ± 0.16	-0.121 ± 0.042	-0.17 ± 0.44
6196	0.2799 ± 0.0011	21.32 ± 0.06	21.25 ± 0.20	40.51 ± 0.20	-0.011 ± 0.047	-1.45 ± 0.59
40201	0.2800 ± 0.0015	21.07 ± 0.04	21.31 ± 0.15	40.57 ± 0.15	-0.087 ± 0.028	0.40 ± 0.21
520188	0.2806 ± 0.0015	21.05 ± 0.03	21.41 ± 0.15	40.67 ± 0.15	-0.080 ± 0.026	1.40 ± 0.27
18485	0.2813 ± 0.0012	21.04 ± 0.05	21.37 ± 0.17	40.62 ± 0.17	-0.088 ± 0.040	1.35 ± 0.42
1317286	0.2821 ± 0.0051	21.02 ± 0.03	21.35 ± 0.16	40.60 ± 0.17	-0.100 ± 0.027	0.73 ± 0.16
06D3dt	0.2827 ± 0.0011	21.88 ± 0.03	21.49 ± 0.30	40.74 ± 0.30	0.084 ± 0.022	0.07 ± 0.09
15584	0.2834 ± 0.0011	21.21 ± 0.06	21.41 ± 0.18	40.66 ± 0.18	-0.043 ± 0.046	0.38 ± 0.42
310238	0.2841 ± 0.0015	21.17 ± 0.03	21.32 ± 0.15	40.57 ± 0.15	-0.083 ± 0.027	-0.29 ± 0.17
14261	0.2845 ± 0.0011	21.12 ± 0.07	21.29 ± 0.18	40.54 ± 0.19	-0.033 ± 0.045	0.67 ± 0.48
16072	0.2845 ± 0.0011	21.29 ± 0.07	21.44 ± 0.21	40.69 ± 0.21	-0.029 ± 0.055	0.25 ± 0.65
17791	0.2848 ± 0.0012	21.49 ± 0.09	21.86 ± 0.35	41.11 ± 0.35	-0.190 ± 0.063	0.23 ± 0.73
440050	0.2856 ± 0.0015	21.36 ± 0.05	21.45 ± 0.18	40.70 ± 0.19	-0.045 ± 0.041	-0.19 ± 0.72
350080	0.2859 ± 0.0015	21.26 ± 0.04	21.42 ± 0.17	40.67 ± 0.17	-0.086 ± 0.033	-0.34 ± 0.42
20040	0.2867 ± 0.0011	21.02 ± 0.06	21.39 ± 0.22	40.64 ± 0.22	-0.106 ± 0.046	1.12 ± 0.74
20245	0.2873 ± 0.0011	21.46 ± 0.07	21.32 ± 0.25	40.57 ± 0.25	0.078 ± 0.057	-0.69 ± 0.93
17809	0.2876 ± 0.0011	21.20 ± 0.07	21.28 ± 0.24	40.54 ± 0.24	0.026 ± 0.048	1.74 ± 0.58
19128	0.2878 ± 0.0051	21.34 ± 0.05	21.62 ± 0.23	40.88 ± 0.23	-0.066 ± 0.044	1.34 ± 0.61

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
1334644	0.2881 ± 0.0012	21.56 ± 0.04	21.45 ± 0.19	40.71 ± 0.19	-0.060 ± 0.036	-1.76 ± 0.37
1313594	0.2884 ± 0.0012	21.17 ± 0.03	21.50 ± 0.14	40.75 ± 0.14	-0.106 ± 0.029	0.52 ± 0.16
91869	0.2885 ± 0.0015	21.30 ± 0.05	21.49 ± 0.16	40.75 ± 0.17	-0.008 ± 0.033	1.34 ± 0.33
2165	0.2889 ± 0.0051	21.35 ± 0.05	21.69 ± 0.22	40.94 ± 0.23	-0.123 ± 0.044	0.48 ± 0.58
2789	0.2890 ± 0.0011	21.32 ± 0.06	21.49 ± 0.23	40.74 ± 0.23	-0.105 ± 0.055	-0.79 ± 0.55
1334597	0.2891 ± 0.0051	21.23 ± 0.03	21.42 ± 0.17	40.68 ± 0.17	-0.058 ± 0.026	0.55 ± 0.10
1310395	0.2891 ± 0.0051	21.80 ± 0.04	21.45 ± 0.28	40.70 ± 0.28	0.057 ± 0.032	-0.88 ± 0.27
350180	0.2895 ± 0.0101	21.61 ± 0.04	21.72 ± 0.25	40.98 ± 0.26	-0.033 ± 0.036	0.45 ± 0.73
1289288	0.2900 ± 0.0012	21.86 ± 0.05	21.49 ± 0.27	40.74 ± 0.27	0.090 ± 0.046	-0.97 ± 0.50
570056	0.2901 ± 0.0015	21.61 ± 0.10	21.48 ± 0.23	40.73 ± 0.23	0.081 ± 0.065	0.42 ± 0.50
19596	0.2905 ± 0.0012	21.33 ± 0.07	21.53 ± 0.23	40.79 ± 0.23	-0.037 ± 0.049	0.88 ± 0.62
19027	0.2912 ± 0.0011	21.14 ± 0.07	21.23 ± 0.22	40.48 ± 0.22	0.006 ± 0.048	0.54 ± 0.56
1291090	0.2919 ± 0.0012	21.14 ± 0.04	21.51 ± 0.18	40.76 ± 0.18	-0.093 ± 0.032	1.17 ± 0.23
1263715	0.2920 ± 0.0012	21.30 ± 0.04	21.51 ± 0.17	40.77 ± 0.17	-0.073 ± 0.032	0.40 ± 0.28
12841	0.2922 ± 0.0011	21.31 ± 0.19	21.50 ± 0.48	40.75 ± 0.48	-0.110 ± 0.122	-0.73 ± 1.13
390264	0.2922 ± 0.0015	21.80 ± 0.05	21.17 ± 0.29	40.42 ± 0.29	0.222 ± 0.033	0.16 ± 0.31
21006	0.2925 ± 0.0051	21.11 ± 0.05	21.38 ± 0.23	40.64 ± 0.23	-0.126 ± 0.041	-0.12 ± 0.80
420414	0.2926 ± 0.0015	21.48 ± 0.06	21.44 ± 0.22	40.70 ± 0.22	-0.037 ± 0.048	-0.99 ± 0.32
150509	0.2929 ± 0.0015	21.10 ± 0.04	21.49 ± 0.17	40.75 ± 0.17	-0.155 ± 0.030	0.21 ± 0.36
130755	0.2930 ± 0.0015	21.35 ± 0.04	21.57 ± 0.20	40.83 ± 0.20	-0.103 ± 0.036	-0.04 ± 0.42
6249	0.2937 ± 0.0011	21.53 ± 0.05	21.60 ± 0.20	40.86 ± 0.20	0.032 ± 0.048	0.60 ± 0.70
1303004	0.2950 ± 0.0051	21.25 ± 0.03	21.51 ± 0.17	40.76 ± 0.17	-0.069 ± 0.028	0.81 ± 0.16
19794	0.2958 ± 0.0011	21.99 ± 0.08	21.77 ± 0.31	41.02 ± 0.31	0.054 ± 0.073	-2.38 ± 0.90
580270	0.2959 ± 0.0015	21.59 ± 0.05	21.75 ± 0.16	41.00 ± 0.17	-0.071 ± 0.036	-0.01 ± 0.30
1119	0.2965 ± 0.0011	21.36 ± 0.08	21.74 ± 0.37	40.99 ± 0.37	-0.132 ± 0.059	0.80 ± 1.41
13610	0.2969 ± 0.0011	21.15 ± 0.05	21.41 ± 0.20	40.66 ± 0.20	-0.091 ± 0.043	0.14 ± 0.56
1293319	0.2970 ± 0.0012	21.30 ± 0.04	21.50 ± 0.21	40.75 ± 0.21	-0.012 ± 0.032	1.83 ± 0.27
420196	0.2985 ± 0.0101	21.96 ± 0.05	22.02 ± 0.23	41.27 ± 0.23	0.025 ± 0.038	0.81 ± 0.34
570025	0.2986 ± 0.0101	21.26 ± 0.10	21.40 ± 0.27	40.65 ± 0.27	-0.079 ± 0.061	-0.22 ± 0.78
6137	0.2989 ± 0.0012	21.31 ± 0.08	21.67 ± 0.25	40.92 ± 0.26	-0.139 ± 0.054	0.47 ± 0.78
10550	0.2993 ± 0.0011	21.77 ± 0.13	21.76 ± 0.34	41.01 ± 0.34	0.078 ± 0.076	1.65 ± 1.38
120444	0.2995 ± 0.0015	21.32 ± 0.18	21.77 ± 0.19	41.02 ± 0.20	-0.186 ± 0.119	0.28 ± 0.84
14735	0.2995 ± 0.0011	21.46 ± 0.05	21.48 ± 0.18	40.73 ± 0.19	0.035 ± 0.045	0.01 ± 0.43
170428	0.3002 ± 0.0015	21.82 ± 0.04	21.73 ± 0.20	40.98 ± 0.20	-0.020 ± 0.030	-0.99 ± 0.23
5391	0.3003 ± 0.0012	21.48 ± 0.08	21.63 ± 0.25	40.88 ± 0.25	-0.022 ± 0.058	0.31 ± 0.59
350078	0.3009 ± 0.0015	22.26 ± 0.14	21.92 ± 0.29	41.17 ± 0.29	0.119 ± 0.079	0.30 ± 0.49
350192	0.3014 ± 0.0101	21.48 ± 0.03	21.61 ± 0.19	40.86 ± 0.19	-0.053 ± 0.027	0.13 ± 0.23
570022	0.3015 ± 0.0015	21.42 ± 0.04	21.86 ± 0.20	41.11 ± 0.21	-0.104 ± 0.035	1.76 ± 0.64
460037	0.3025 ± 0.0015	21.38 ± 0.08	21.64 ± 0.22	40.89 ± 0.22	-0.066 ± 0.054	0.81 ± 0.68
1339002	0.3030 ± 0.0012	21.99 ± 0.05	21.57 ± 0.27	40.82 ± 0.27	0.096 ± 0.046	-1.24 ± 0.39
150457	0.3035 ± 0.0015	21.36 ± 0.04	21.67 ± 0.14	40.92 ± 0.14	-0.092 ± 0.029	0.54 ± 0.29
7143	0.3037 ± 0.0011	21.81 ± 0.05	21.82 ± 0.20	41.08 ± 0.20	0.016 ± 0.045	-0.46 ± 0.65
1287626	0.3040 ± 0.0051	21.44 ± 0.04	21.47 ± 0.22	40.72 ± 0.22	-0.018 ± 0.031	0.15 ± 0.43
19818	0.3041 ± 0.0011	21.24 ± 0.06	21.45 ± 0.18	40.71 ± 0.18	-0.029 ± 0.046	1.14 ± 0.56
1335717	0.3048 ± 0.0012	21.98 ± 0.03	21.79 ± 0.24	41.04 ± 0.24	0.040 ± 0.027	-0.07 ± 0.12
1259412	0.3049 ± 0.0012	21.40 ± 0.03	21.65 ± 0.14	40.90 ± 0.14	-0.048 ± 0.028	0.87 ± 0.14
12883	0.3053 ± 0.0012	21.36 ± 0.11	21.34 ± 0.31	40.59 ± 0.31	-0.054 ± 0.075	-2.04 ± 0.89
350630	0.3054 ± 0.0015	21.46 ± 0.04	21.65 ± 0.13	40.91 ± 0.13	-0.030 ± 0.029	0.71 ± 0.23
440005	0.3055 ± 0.0015	22.01 ± 0.05	21.75 ± 0.22	41.00 ± 0.23	0.130 ± 0.040	0.19 ± 0.44
350027	0.3058 ± 0.0015	21.81 ± 0.06	21.69 ± 0.16	40.95 ± 0.17	0.034 ± 0.040	-0.43 ± 0.31
560087	0.3065 ± 0.0015	21.55 ± 0.06	21.64 ± 0.20	40.90 ± 0.20	-0.130 ± 0.049	-1.47 ± 0.45
340334	0.3068 ± 0.0015	21.70 ± 0.06	21.91 ± 0.24	41.16 ± 0.24	-0.106 ± 0.046	-0.29 ± 0.54
1281668	0.3069 ± 0.0012	21.38 ± 0.04	21.70 ± 0.15	40.96 ± 0.15	-0.125 ± 0.031	0.20 ± 0.28
520062	0.3082 ± 0.0015	21.76 ± 0.05	21.95 ± 0.14	41.20 ± 0.14	-0.051 ± 0.034	0.31 ± 0.28
5966	0.3083 ± 0.0011	21.57 ± 0.08	21.70 ± 0.25	40.95 ± 0.25	0.002 ± 0.059	0.49 ± 0.89
1319821	0.3088 ± 0.0012	21.58 ± 0.04	21.74 ± 0.15	41.00 ± 0.15	-0.098 ± 0.032	-0.50 ± 0.22
6699	0.3092 ± 0.0012	21.55 ± 0.06	21.79 ± 0.25	41.05 ± 0.25	-0.132 ± 0.050	-0.65 ± 0.89

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
5844	0.3094 ± 0.0012	21.39 ± 0.09	21.72 ± 0.27	40.98 ± 0.27	-0.138 ± 0.061	0.15 ± 0.88
16211	0.3095 ± 0.0011	21.88 ± 0.10	21.76 ± 0.30	41.02 ± 0.30	0.017 ± 0.074	-1.95 ± 0.80
21042	0.3096 ± 0.0012	21.15 ± 0.07	21.47 ± 0.26	40.72 ± 0.26	-0.090 ± 0.053	1.26 ± 0.77
1300516	0.3105 ± 0.0012	21.78 ± 0.04	21.37 ± 0.34	40.62 ± 0.34	0.147 ± 0.034	0.90 ± 0.29
15213	0.3106 ± 0.0012	21.51 ± 0.08	21.74 ± 0.22	41.00 ± 0.22	-0.086 ± 0.059	-0.07 ± 0.62
500100	0.3109 ± 0.0101	21.63 ± 0.04	21.79 ± 0.18	41.05 ± 0.18	-0.106 ± 0.030	-0.71 ± 0.41
420	0.3114 ± 0.0015	21.66 ± 0.03	21.76 ± 0.14	41.01 ± 0.14	-0.082 ± 0.026	-0.75 ± 0.18
1338128	0.3118 ± 0.0012	21.88 ± 0.04	21.78 ± 0.21	41.04 ± 0.21	-0.016 ± 0.034	-0.71 ± 0.33
1337838	0.3120 ± 0.0012	21.48 ± 0.03	21.70 ± 0.16	40.95 ± 0.16	-0.044 ± 0.026	1.00 ± 0.20
1263369	0.3126 ± 0.0012	21.45 ± 0.05	21.70 ± 0.15	40.96 ± 0.15	-0.096 ± 0.032	0.17 ± 0.27
1294743	0.3127 ± 0.0012	22.34 ± 0.06	21.78 ± 0.28	41.04 ± 0.28	0.205 ± 0.039	-0.27 ± 0.36
20142	0.3127 ± 0.0012	21.05 ± 0.05	21.37 ± 0.20	40.62 ± 0.21	-0.088 ± 0.040	1.28 ± 0.65
1283878	0.3130 ± 0.0012	21.82 ± 0.07	21.77 ± 0.20	41.02 ± 0.20	-0.026 ± 0.049	-0.84 ± 0.47
1341894	0.3130 ± 0.0012	21.66 ± 0.04	21.75 ± 0.17	41.01 ± 0.18	-0.052 ± 0.036	-0.25 ± 0.37
19632	0.3139 ± 0.0011	21.57 ± 0.07	21.77 ± 0.21	41.02 ± 0.21	-0.052 ± 0.053	0.14 ± 0.56
530112	0.3145 ± 0.0015	21.82 ± 0.04	21.87 ± 0.15	41.13 ± 0.16	-0.053 ± 0.034	-0.64 ± 0.27
15383	0.3151 ± 0.0011	21.60 ± 0.06	21.77 ± 0.23	41.02 ± 0.23	-0.034 ± 0.050	0.14 ± 0.74
6649	0.3152 ± 0.0051	21.34 ± 0.05	21.63 ± 0.22	40.88 ± 0.22	-0.089 ± 0.045	0.76 ± 0.62
110716	0.3159 ± 0.0015	22.13 ± 0.06	21.95 ± 0.23	41.20 ± 0.23	0.001 ± 0.048	-1.49 ± 0.44
15776	0.3159 ± 0.0011	21.59 ± 0.06	21.68 ± 0.23	40.93 ± 0.23	-0.134 ± 0.051	-2.23 ± 0.60
6100	0.3162 ± 0.0012	21.88 ± 0.09	21.94 ± 0.27	41.20 ± 0.27	0.052 ± 0.066	2.09 ± 1.18
100163	0.3178 ± 0.0015	21.58 ± 0.08	21.82 ± 0.19	41.07 ± 0.20	-0.076 ± 0.051	0.29 ± 0.46
1345553	0.3180 ± 0.0012	21.46 ± 0.04	21.82 ± 0.17	41.08 ± 0.17	-0.151 ± 0.031	0.15 ± 0.48
80646	0.3182 ± 0.0015	21.69 ± 0.05	21.77 ± 0.15	41.02 ± 0.15	-0.090 ± 0.038	-1.04 ± 0.27
550059	0.3185 ± 0.0015	22.28 ± 0.17	22.08 ± 0.33	41.33 ± 0.33	0.055 ± 0.116	-0.62 ± 0.50
310188	0.3190 ± 0.0101	21.73 ± 0.04	21.89 ± 0.18	41.14 ± 0.18	-0.071 ± 0.031	-0.22 ± 0.24
440509	0.3190 ± 0.0101	21.47 ± 0.08	21.64 ± 0.20	40.89 ± 0.20	-0.094 ± 0.061	-0.44 ± 0.65
170078	0.3210 ± 0.0015	21.89 ± 0.05	21.98 ± 0.21	41.23 ± 0.21	-0.101 ± 0.044	-1.11 ± 0.54
330128	0.3210 ± 0.0015	21.42 ± 0.04	21.70 ± 0.15	40.95 ± 0.16	-0.089 ± 0.032	0.41 ± 0.39
1266657	0.3212 ± 0.0051	22.11 ± 0.06	21.94 ± 0.29	41.19 ± 0.29	0.053 ± 0.043	0.35 ± 0.72
120085	0.3221 ± 0.0015	21.86 ± 0.05	21.47 ± 0.20	40.73 ± 0.20	0.043 ± 0.042	-2.28 ± 0.33
580104	0.3222 ± 0.0012	21.56 ± 0.05	21.61 ± 0.16	40.86 ± 0.16	-0.057 ± 0.035	-0.73 ± 0.25
1261579	0.3222 ± 0.0012	21.62 ± 0.03	21.62 ± 0.14	40.88 ± 0.14	-0.009 ± 0.024	-0.17 ± 0.11
7475	0.3228 ± 0.0051	21.28 ± 0.04	21.68 ± 0.21	40.93 ± 0.21	-0.170 ± 0.041	0.69 ± 0.60
05D2ab	0.3245 ± 0.0015	21.73 ± 0.03	21.82 ± 0.12	41.07 ± 0.13	-0.046 ± 0.022	-0.16 ± 0.08
50291	0.3255 ± 0.0015	21.92 ± 0.05	21.97 ± 0.19	41.23 ± 0.19	0.007 ± 0.040	0.34 ± 0.39
500301	0.3256 ± 0.0015	22.33 ± 0.06	22.01 ± 0.25	41.26 ± 0.26	0.184 ± 0.047	0.72 ± 0.38
18617	0.3258 ± 0.0011	21.76 ± 0.07	21.91 ± 0.27	41.16 ± 0.27	-0.026 ± 0.058	-0.18 ± 0.93
1305626	0.3258 ± 0.0012	21.59 ± 0.03	21.79 ± 0.14	41.05 ± 0.14	-0.110 ± 0.023	-0.32 ± 0.10
1308326	0.3263 ± 0.0012	21.47 ± 0.04	21.80 ± 0.15	41.05 ± 0.16	-0.121 ± 0.028	0.41 ± 0.20
14456	0.3280 ± 0.0011	21.60 ± 0.07	21.75 ± 0.17	41.00 ± 0.17	-0.020 ± 0.051	-0.05 ± 0.58
50303	0.3284 ± 0.0015	22.37 ± 0.06	22.05 ± 0.31	41.31 ± 0.31	0.181 ± 0.051	0.64 ± 0.74
530219	0.3285 ± 0.0101	21.91 ± 0.14	22.10 ± 0.28	41.35 ± 0.28	-0.136 ± 0.072	-0.97 ± 0.46
430003	0.3285 ± 0.0015	21.84 ± 0.07	21.68 ± 0.29	40.93 ± 0.30	0.102 ± 0.048	1.44 ± 0.40
1337687	0.3287 ± 0.0012	21.39 ± 0.03	21.82 ± 0.15	41.07 ± 0.15	-0.135 ± 0.025	0.95 ± 0.15
1306073	0.3287 ± 0.0012	21.93 ± 0.04	21.85 ± 0.14	41.10 ± 0.14	-0.041 ± 0.030	-1.33 ± 0.20
6924	0.3287 ± 0.0051	21.39 ± 0.05	21.67 ± 0.22	40.93 ± 0.22	-0.072 ± 0.043	0.97 ± 0.79
1316465	0.3291 ± 0.0012	21.71 ± 0.03	21.80 ± 0.16	41.06 ± 0.17	-0.027 ± 0.023	0.43 ± 0.10
13934	0.3294 ± 0.0011	21.97 ± 0.09	22.16 ± 0.31	41.41 ± 0.31	-0.088 ± 0.073	-0.65 ± 0.88
540163	0.3295 ± 0.0015	22.08 ± 0.04	21.99 ± 0.16	41.24 ± 0.16	0.040 ± 0.033	-0.24 ± 0.36
1301933	0.3297 ± 0.0012	21.57 ± 0.03	21.85 ± 0.11	41.10 ± 0.11	-0.133 ± 0.023	-0.22 ± 0.09
13830	0.3300 ± 0.0011	21.40 ± 0.08	21.59 ± 0.21	40.84 ± 0.21	-0.019 ± 0.054	1.24 ± 0.65
120369	0.3305 ± 0.0015	21.70 ± 0.05	21.98 ± 0.13	41.23 ± 0.13	-0.127 ± 0.031	-0.22 ± 0.33
1338675	0.3306 ± 0.0012	22.03 ± 0.03	21.91 ± 0.21	41.17 ± 0.21	0.022 ± 0.027	0.02 ± 0.19
4241	0.3306 ± 0.0012	21.70 ± 0.06	21.92 ± 0.23	41.17 ± 0.23	-0.054 ± 0.056	0.24 ± 0.67
480184	0.3309 ± 0.0015	22.36 ± 0.05	21.91 ± 0.24	41.16 ± 0.24	0.078 ± 0.045	-2.19 ± 0.55
370394	0.3309 ± 0.0101	21.57 ± 0.04	21.74 ± 0.21	41.00 ± 0.21	-0.095 ± 0.035	-0.44 ± 0.53

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
03D1fc	0.3310 ± 0.0015	21.60 ± 0.03	21.76 ± 0.13	41.01 ± 0.14	-0.023 ± 0.024	0.65 ± 0.12
580235	0.3315 ± 0.0101	21.83 ± 0.06	21.78 ± 0.22	41.03 ± 0.22	0.002 ± 0.040	-0.33 ± 0.31
20106	0.3315 ± 0.0012	21.79 ± 0.08	21.98 ± 0.28	41.23 ± 0.29	-0.106 ± 0.070	-1.04 ± 0.76
370344	0.3315 ± 0.0015	21.75 ± 0.04	21.85 ± 0.16	41.10 ± 0.17	-0.025 ± 0.030	0.33 ± 0.29
470041	0.3319 ± 0.0015	21.45 ± 0.04	21.76 ± 0.14	41.01 ± 0.14	-0.070 ± 0.032	0.94 ± 0.30
1306141	0.3324 ± 0.0012	21.58 ± 0.03	21.72 ± 0.16	40.98 ± 0.16	-0.076 ± 0.028	-0.13 ± 0.22
130862	0.3330 ± 0.0015	21.77 ± 0.05	22.08 ± 0.20	41.33 ± 0.20	-0.092 ± 0.033	0.67 ± 0.38
1309492	0.3335 ± 0.0012	21.53 ± 0.03	21.75 ± 0.14	41.00 ± 0.14	-0.089 ± 0.022	0.17 ± 0.09
1346956	0.3335 ± 0.0012	21.49 ± 0.04	21.78 ± 0.17	41.04 ± 0.18	-0.073 ± 0.034	0.98 ± 0.38
16093	0.3345 ± 0.0011	21.61 ± 0.08	21.87 ± 0.23	41.12 ± 0.24	-0.056 ± 0.058	1.03 ± 0.77
500511	0.3350 ± 0.0015	21.66 ± 0.04	21.77 ± 0.17	41.03 ± 0.17	-0.006 ± 0.029	0.91 ± 0.19
1346966	0.3351 ± 0.0012	21.45 ± 0.04	21.77 ± 0.18	41.02 ± 0.18	-0.107 ± 0.032	0.58 ± 0.40
1314897	0.3367 ± 0.0012	21.69 ± 0.04	21.78 ± 0.18	41.04 ± 0.18	0.015 ± 0.032	0.91 ± 0.30
470015	0.3375 ± 0.0015	21.94 ± 0.12	21.91 ± 0.28	41.17 ± 0.28	0.060 ± 0.088	0.67 ± 0.77
40782	0.3375 ± 0.0015	22.16 ± 0.05	21.76 ± 0.24	41.01 ± 0.24	0.153 ± 0.042	-0.57 ± 0.43
04D3kr	0.3376 ± 0.0015	21.69 ± 0.03	21.89 ± 0.17	41.15 ± 0.18	-0.029 ± 0.022	1.23 ± 0.08
1300912	0.3378 ± 0.0012	22.15 ± 0.03	21.90 ± 0.23	41.15 ± 0.23	0.045 ± 0.026	-0.47 ± 0.14
380318	0.3382 ± 0.0015	21.79 ± 0.07	21.89 ± 0.21	41.15 ± 0.21	-0.046 ± 0.054	-0.24 ± 0.64
580276	0.3385 ± 0.0015	21.61 ± 0.05	21.86 ± 0.20	41.11 ± 0.20	-0.092 ± 0.040	0.12 ± 0.52
1343337	0.3390 ± 0.0012	22.23 ± 0.05	21.80 ± 0.36	41.06 ± 0.36	0.152 ± 0.041	0.77 ± 0.67
04D3nh	0.3406 ± 0.0015	21.86 ± 0.03	21.92 ± 0.19	41.17 ± 0.19	-0.013 ± 0.021	0.60 ± 0.09
320258	0.3410 ± 0.0015	21.88 ± 0.05	21.81 ± 0.19	41.06 ± 0.19	-0.066 ± 0.044	-1.87 ± 0.42
2533	0.3411 ± 0.0051	21.51 ± 0.07	21.81 ± 0.25	41.06 ± 0.26	-0.080 ± 0.053	1.78 ± 0.72
1336009	0.3417 ± 0.0012	22.51 ± 0.04	21.96 ± 0.32	41.21 ± 0.32	0.140 ± 0.036	-0.45 ± 0.35
1346387	0.3445 ± 0.0051	22.28 ± 0.03	22.06 ± 0.15	41.31 ± 0.15	-0.032 ± 0.028	-2.13 ± 0.33
350606	0.3445 ± 0.0015	22.12 ± 0.07	22.04 ± 0.30	41.29 ± 0.30	-0.021 ± 0.063	-1.24 ± 1.44
1329312	0.3449 ± 0.0012	22.03 ± 0.04	21.98 ± 0.17	41.23 ± 0.17	-0.064 ± 0.036	-1.43 ± 0.33
470110	0.3455 ± 0.0015	21.79 ± 0.06	21.95 ± 0.23	41.20 ± 0.23	-0.026 ± 0.049	0.48 ± 0.86
03D1bp	0.3460 ± 0.0015	22.13 ± 0.03	22.08 ± 0.13	41.33 ± 0.14	-0.049 ± 0.026	-1.15 ± 0.11
310090	0.3470 ± 0.0015	22.20 ± 0.08	22.16 ± 0.37	41.42 ± 0.37	-0.050 ± 0.088	-1.33 ± 0.59
50301	0.3472 ± 0.0015	22.09 ± 0.05	21.86 ± 0.24	41.12 ± 0.24	0.155 ± 0.038	0.84 ± 0.49
330089	0.3488 ± 0.0015	22.12 ± 0.05	22.12 ± 0.22	41.37 ± 0.22	0.028 ± 0.039	0.68 ± 0.54
160198	0.3491 ± 0.0015	21.74 ± 0.04	22.00 ± 0.16	41.25 ± 0.16	-0.095 ± 0.033	0.22 ± 0.30
1258906	0.3491 ± 0.0012	22.07 ± 0.05	22.03 ± 0.20	41.28 ± 0.21	-0.001 ± 0.036	-0.02 ± 0.31
70955	0.3493 ± 0.0015	21.64 ± 0.04	21.89 ± 0.16	41.14 ± 0.16	-0.040 ± 0.030	1.42 ± 0.34
380279	0.3494 ± 0.0015	22.04 ± 0.05	21.95 ± 0.17	41.20 ± 0.17	-0.053 ± 0.039	-1.77 ± 0.53
04D2mc	0.3495 ± 0.0015	22.25 ± 0.04	21.75 ± 0.22	41.01 ± 0.23	0.078 ± 0.029	-1.79 ± 0.12
05D2ie	0.3495 ± 0.0015	21.96 ± 0.03	22.12 ± 0.17	41.38 ± 0.17	-0.083 ± 0.026	-0.07 ± 0.15
440185	0.3495 ± 0.0101	21.70 ± 0.07	21.90 ± 0.20	41.15 ± 0.21	-0.070 ± 0.037	0.20 ± 0.45
20186	0.3497 ± 0.0012	21.94 ± 0.07	22.23 ± 0.29	41.49 ± 0.29	-0.094 ± 0.059	0.55 ± 1.20
1248677	0.3502 ± 0.0012	21.54 ± 0.03	21.93 ± 0.14	41.19 ± 0.15	-0.119 ± 0.022	0.90 ± 0.11
196	0.3506 ± 0.0015	21.80 ± 0.03	21.98 ± 0.16	41.23 ± 0.16	-0.050 ± 0.025	0.45 ± 0.24
50296	0.3510 ± 0.0015	21.74 ± 0.05	22.00 ± 0.16	41.25 ± 0.16	-0.054 ± 0.037	0.82 ± 0.48
05D2hc	0.3515 ± 0.0101	22.42 ± 0.03	22.23 ± 0.21	41.48 ± 0.21	0.031 ± 0.024	-0.67 ± 0.16
120400	0.3515 ± 0.0015	21.77 ± 0.06	22.08 ± 0.14	41.33 ± 0.14	-0.121 ± 0.038	0.19 ± 0.40
160197	0.3537 ± 0.0015	22.04 ± 0.04	22.11 ± 0.19	41.37 ± 0.19	-0.027 ± 0.039	-0.22 ± 0.35
05D2mp	0.3552 ± 0.0012	22.12 ± 0.03	22.21 ± 0.22	41.46 ± 0.22	0.006 ± 0.025	1.30 ± 0.19
1688	0.3577 ± 0.0011	21.92 ± 0.09	22.10 ± 0.29	41.36 ± 0.29	-0.015 ± 0.070	0.38 ± 1.34
1334423	0.3580 ± 0.0012	22.04 ± 0.05	22.10 ± 0.21	41.35 ± 0.22	0.003 ± 0.033	0.87 ± 0.38
04D3fk	0.3584 ± 0.0013	22.24 ± 0.03	21.99 ± 0.21	41.24 ± 0.22	0.071 ± 0.023	-0.39 ± 0.08
04D2fs	0.3585 ± 0.0015	22.16 ± 0.03	21.90 ± 0.29	41.15 ± 0.29	0.052 ± 0.026	0.10 ± 0.10
1280217	0.3591 ± 0.0051	22.05 ± 0.04	21.90 ± 0.30	41.15 ± 0.31	0.089 ± 0.035	1.80 ± 0.55
160070	0.3591 ± 0.0015	21.87 ± 0.04	22.19 ± 0.17	41.44 ± 0.17	-0.067 ± 0.032	1.12 ± 0.35
1307830	0.3595 ± 0.0051	22.18 ± 0.03	22.17 ± 0.15	41.42 ± 0.15	-0.099 ± 0.030	-1.76 ± 0.20
50293	0.3602 ± 0.0015	21.82 ± 0.04	21.93 ± 0.19	41.19 ± 0.19	-0.023 ± 0.033	0.43 ± 0.41
160126	0.3603 ± 0.0015	21.87 ± 0.05	21.83 ± 0.23	41.08 ± 0.23	-0.001 ± 0.048	-0.62 ± 0.77
470244	0.3609 ± 0.0101	21.90 ± 0.05	22.18 ± 0.20	41.43 ± 0.20	-0.129 ± 0.039	-0.22 ± 0.34

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
420417	0.3615 ± 0.0015	21.76 ± 0.08	21.86 ± 0.29	41.12 ± 0.29	-0.037 ± 0.059	-0.18 ± 0.68
1294014	0.3628 ± 0.0012	21.80 ± 0.06	21.99 ± 0.21	41.25 ± 0.21	-0.059 ± 0.042	0.50 ± 0.39
1346137	0.3633 ± 0.0012	22.05 ± 0.05	22.11 ± 0.21	41.36 ± 0.22	0.023 ± 0.043	0.79 ± 0.62
560121	0.3650 ± 0.0015	22.29 ± 0.06	22.21 ± 0.29	41.46 ± 0.29	0.040 ± 0.042	0.17 ± 0.61
100358	0.3662 ± 0.0015	21.78 ± 0.13	21.88 ± 0.22	41.14 ± 0.23	-0.057 ± 0.100	-0.43 ± 0.67
190209	0.3666 ± 0.0015	21.71 ± 0.05	21.98 ± 0.15	41.23 ± 0.16	-0.075 ± 0.035	0.50 ± 0.34
1308582	0.3671 ± 0.0012	21.83 ± 0.05	21.96 ± 0.15	41.21 ± 0.15	-0.075 ± 0.035	-0.44 ± 0.33
350083	0.3679 ± 0.0015	21.78 ± 0.04	22.01 ± 0.16	41.26 ± 0.17	-0.051 ± 0.032	0.83 ± 0.37
04D1hd	0.3680 ± 0.0015	21.90 ± 0.03	22.22 ± 0.16	41.47 ± 0.16	-0.098 ± 0.022	0.79 ± 0.07
1343533	0.3684 ± 0.0013	22.38 ± 0.08	22.29 ± 0.34	41.55 ± 0.34	-0.013 ± 0.069	-0.89 ± 1.17
1283936	0.3686 ± 0.0013	22.83 ± 0.08	22.21 ± 0.34	41.46 ± 0.35	0.192 ± 0.059	0.09 ± 0.59
15704	0.3696 ± 0.0011	21.81 ± 0.07	22.20 ± 0.24	41.45 ± 0.24	-0.173 ± 0.057	0.09 ± 0.75
18091	0.3699 ± 0.0011	21.63 ± 0.09	21.97 ± 0.25	41.22 ± 0.26	-0.189 ± 0.065	-0.62 ± 0.69
510578	0.3702 ± 0.0101	21.75 ± 0.05	22.13 ± 0.19	41.38 ± 0.19	-0.128 ± 0.032	0.58 ± 0.31
04D2cf	0.3705 ± 0.0015	22.20 ± 0.05	22.12 ± 0.16	41.38 ± 0.16	-0.021 ± 0.034	-0.85 ± 0.22
05D4bm	0.3705 ± 0.0015	21.95 ± 0.03	22.13 ± 0.16	41.38 ± 0.16	-0.073 ± 0.022	0.24 ± 0.07
13136	0.3706 ± 0.0011	22.05 ± 0.07	22.39 ± 0.26	41.64 ± 0.26	-0.105 ± 0.061	0.73 ± 0.91
05D3jr	0.3706 ± 0.0101	22.36 ± 0.03	22.02 ± 0.28	41.27 ± 0.28	0.040 ± 0.023	-0.90 ± 1.12
390471	0.3706 ± 0.0015	21.32 ± 0.03	21.82 ± 0.13	41.07 ± 0.14	-0.161 ± 0.028	0.92 ± 0.30
320469	0.3710 ± 0.0015	22.05 ± 0.19	22.16 ± 0.39	41.41 ± 0.39	0.034 ± 0.135	1.51 ± 1.11
1291957	0.3714 ± 0.0013	21.91 ± 0.05	22.08 ± 0.17	41.33 ± 0.17	-0.051 ± 0.033	0.51 ± 0.26
199	0.3715 ± 0.0015	21.74 ± 0.03	22.13 ± 0.11	41.38 ± 0.12	-0.111 ± 0.024	0.90 ± 0.23
05D4fo	0.3715 ± 0.0015	22.18 ± 0.03	22.18 ± 0.16	41.43 ± 0.17	-0.059 ± 0.022	-0.70 ± 0.09
05D4cw	0.3735 ± 0.0015	21.88 ± 0.03	22.06 ± 0.13	41.31 ± 0.13	-0.134 ± 0.025	-0.84 ± 0.10
16232	0.3744 ± 0.0012	21.90 ± 0.09	22.22 ± 0.23	41.47 ± 0.23	-0.120 ± 0.072	-0.02 ± 0.88
1299643	0.3768 ± 0.0013	21.87 ± 0.04	22.16 ± 0.15	41.42 ± 0.15	-0.092 ± 0.029	0.65 ± 0.26
1282736	0.3781 ± 0.0013	22.38 ± 0.06	22.11 ± 0.22	41.36 ± 0.22	0.070 ± 0.043	-0.76 ± 0.41
590031	0.3785 ± 0.0015	21.97 ± 0.08	22.17 ± 0.18	41.43 ± 0.18	-0.118 ± 0.056	-0.72 ± 0.61
7779	0.3799 ± 0.0013	21.68 ± 0.06	22.04 ± 0.22	41.30 ± 0.22	-0.147 ± 0.051	0.33 ± 0.92
320099	0.3800 ± 0.0015	21.92 ± 0.05	22.16 ± 0.16	41.42 ± 0.16	-0.056 ± 0.037	0.58 ± 0.34
500057	0.3806 ± 0.0101	21.76 ± 0.03	22.21 ± 0.19	41.46 ± 0.19	-0.142 ± 0.030	1.07 ± 0.37
110425	0.3809 ± 0.0015	22.23 ± 0.05	22.20 ± 0.20	41.45 ± 0.20	0.008 ± 0.036	-0.20 ± 0.42
1299785	0.3813 ± 0.0013	22.30 ± 0.06	22.20 ± 0.20	41.45 ± 0.20	0.046 ± 0.041	0.04 ± 0.41
11	0.3815 ± 0.0015	22.89 ± 0.04	22.42 ± 0.22	41.68 ± 0.22	0.116 ± 0.040	-2.15 ± 0.60
40150	0.3819 ± 0.0015	22.20 ± 0.05	22.31 ± 0.20	41.56 ± 0.20	-0.047 ± 0.043	-0.25 ± 0.53
580275	0.3825 ± 0.0015	21.96 ± 0.05	22.12 ± 0.26	41.37 ± 0.27	-0.084 ± 0.039	-0.49 ± 0.93
1343401	0.3829 ± 0.0013	21.83 ± 0.05	22.11 ± 0.20	41.37 ± 0.21	-0.061 ± 0.038	0.93 ± 0.71
1281886	0.3840 ± 0.0013	22.03 ± 0.06	22.27 ± 0.20	41.52 ± 0.20	-0.044 ± 0.041	1.20 ± 0.42
360139	0.3860 ± 0.0015	22.06 ± 0.04	22.27 ± 0.15	41.52 ± 0.15	-0.035 ± 0.032	0.64 ± 0.29
1338170	0.3867 ± 0.0013	22.35 ± 0.06	22.13 ± 0.27	41.38 ± 0.27	0.043 ± 0.046	-0.43 ± 0.65
550218	0.3874 ± 0.0015	22.18 ± 0.10	22.30 ± 0.27	41.56 ± 0.27	-0.115 ± 0.067	-1.55 ± 0.50
50251	0.3878 ± 0.0015	22.22 ± 0.06	22.38 ± 0.28	41.63 ± 0.28	-0.007 ± 0.050	0.72 ± 0.96
420352	0.3890 ± 0.0101	21.82 ± 0.05	22.13 ± 0.20	41.38 ± 0.20	-0.106 ± 0.031	0.39 ± 0.37
1290779	0.3895 ± 0.0051	22.28 ± 0.04	22.29 ± 0.19	41.54 ± 0.19	-0.049 ± 0.031	-0.74 ± 0.38
120086	0.3926 ± 0.0015	22.38 ± 0.05	22.22 ± 0.24	41.47 ± 0.24	0.109 ± 0.045	0.28 ± 0.50
1291794	0.3951 ± 0.0013	22.18 ± 0.05	22.21 ± 0.20	41.47 ± 0.20	-0.014 ± 0.038	-0.13 ± 0.46
1296273	0.3971 ± 0.0051	21.75 ± 0.03	22.01 ± 0.17	41.26 ± 0.17	-0.119 ± 0.028	-0.16 ± 0.25
1333438	0.3994 ± 0.0013	22.61 ± 0.06	22.46 ± 0.29	41.71 ± 0.29	0.096 ± 0.052	0.54 ± 0.48
05D4ff	0.4005 ± 0.0015	22.33 ± 0.03	22.24 ± 0.16	41.49 ± 0.16	-0.007 ± 0.025	-0.72 ± 0.12
110734	0.4022 ± 0.0015	21.97 ± 0.06	22.23 ± 0.20	41.48 ± 0.20	-0.066 ± 0.044	0.49 ± 0.61
580312	0.4029 ± 0.0015	21.87 ± 0.05	22.29 ± 0.29	41.55 ± 0.29	-0.215 ± 0.047	-0.55 ± 1.12
1329615	0.4037 ± 0.0013	22.38 ± 0.05	22.36 ± 0.21	41.62 ± 0.21	-0.014 ± 0.041	-0.47 ± 0.55
06D3ed	0.4046 ± 0.0015	22.33 ± 0.02	22.42 ± 0.16	41.67 ± 0.17	-0.076 ± 0.022	-0.39 ± 0.08
350050	0.4048 ± 0.0015	22.04 ± 0.06	22.08 ± 0.20	41.34 ± 0.20	-0.011 ± 0.037	-0.30 ± 0.43
05D4dt	0.4055 ± 0.0015	22.54 ± 0.03	22.53 ± 0.13	41.78 ± 0.14	-0.054 ± 0.024	-0.98 ± 0.10
1308314	0.4065 ± 0.0051	22.32 ± 0.03	22.44 ± 0.17	41.69 ± 0.17	-0.057 ± 0.029	-0.02 ± 0.27
1341370	0.4090 ± 0.0051	22.40 ± 0.06	22.45 ± 0.24	41.70 ± 0.24	0.016 ± 0.038	1.10 ± 0.56

Continúa en la página siguiente ...



(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
1306390	0.4092 ± 0.0013	22.85 ± 0.08	22.49 ± 0.36	41.74 ± 0.36	0.157 ± 0.067	0.01 ± 0.91
450339	0.4094 ± 0.0015	22.23 ± 0.10	22.45 ± 0.27	41.71 ± 0.27	-0.036 ± 0.057	0.87 ± 0.64
06D4cq	0.4095 ± 0.0015	22.30 ± 0.03	22.43 ± 0.17	41.68 ± 0.17	-0.045 ± 0.022	0.43 ± 0.09
20090	0.4100 ± 0.0015	22.31 ± 0.06	22.43 ± 0.28	41.68 ± 0.28	-0.013 ± 0.045	0.32 ± 0.91
1307277	0.4112 ± 0.0013	22.58 ± 0.08	22.41 ± 0.32	41.66 ± 0.32	0.062 ± 0.058	-0.21 ± 0.82
530251	0.4114 ± 0.0015	22.70 ± 0.06	22.58 ± 0.24	41.83 ± 0.24	0.065 ± 0.052	0.02 ± 0.48
520071	0.4116 ± 0.0015	22.40 ± 0.05	22.56 ± 0.15	41.81 ± 0.15	-0.059 ± 0.039	-0.20 ± 0.43
1315296	0.4127 ± 0.0013	22.71 ± 0.06	22.54 ± 0.33	41.79 ± 0.33	0.045 ± 0.047	-0.06 ± 1.05
04D2fp	0.4166 ± 0.0016	22.28 ± 0.03	22.48 ± 0.15	41.73 ± 0.15	-0.057 ± 0.027	0.38 ± 0.13
05D2dw	0.4186 ± 0.0016	22.20 ± 0.03	22.36 ± 0.20	41.62 ± 0.20	-0.022 ± 0.025	1.14 ± 0.16
440162	0.4194 ± 0.0016	22.08 ± 0.05	22.43 ± 0.19	41.69 ± 0.19	-0.094 ± 0.038	0.88 ± 0.60
550137	0.4194 ± 0.0016	22.18 ± 0.09	22.21 ± 0.22	41.46 ± 0.22	0.043 ± 0.059	0.58 ± 0.60
1289600	0.4196 ± 0.0013	22.63 ± 0.03	22.61 ± 0.22	41.87 ± 0.22	0.040 ± 0.028	1.27 ± 0.26
05D3cf	0.4197 ± 0.0016	22.67 ± 0.03	22.55 ± 0.23	41.80 ± 0.24	0.001 ± 0.027	-0.26 ± 0.17
1340454	0.4200 ± 0.0013	22.44 ± 0.05	22.19 ± 0.29	41.44 ± 0.29	0.118 ± 0.039	1.41 ± 0.48
550202	0.4204 ± 0.0016	22.04 ± 0.09	22.58 ± 0.34	41.83 ± 0.34	-0.221 ± 0.100	0.49 ± 0.62
1306626	0.4209 ± 0.0013	22.11 ± 0.04	22.36 ± 0.17	41.62 ± 0.18	-0.098 ± 0.031	0.22 ± 0.36
110430	0.4209 ± 0.0016	22.53 ± 0.05	22.48 ± 0.25	41.73 ± 0.25	0.011 ± 0.045	-0.90 ± 0.57
1306991	0.4220 ± 0.0013	22.19 ± 0.09	22.28 ± 0.27	41.53 ± 0.27	-0.065 ± 0.059	-0.60 ± 0.69
04D4gg	0.4225 ± 0.0016	22.46 ± 0.03	22.40 ± 0.23	41.65 ± 0.23	0.073 ± 0.026	1.23 ± 0.14
1345594	0.4225 ± 0.0013	22.08 ± 0.06	22.43 ± 0.27	41.68 ± 0.28	-0.151 ± 0.051	-0.03 ± 1.14
490037	0.4235 ± 0.0016	22.03 ± 0.07	22.34 ± 0.18	41.60 ± 0.19	-0.125 ± 0.046	-0.02 ± 0.49
160200	0.4236 ± 0.0016	22.87 ± 0.08	22.59 ± 0.40	41.84 ± 0.40	0.158 ± 0.082	-0.20 ± 0.92
1302523	0.4240 ± 0.0013	22.35 ± 0.04	22.47 ± 0.13	41.73 ± 0.13	-0.026 ± 0.028	0.30 ± 0.27
1312274	0.4246 ± 0.0013	22.48 ± 0.05	22.50 ± 0.19	41.75 ± 0.20	-0.087 ± 0.040	-1.43 ± 0.54
1295027	0.4257 ± 0.0013	22.37 ± 0.07	22.45 ± 0.19	41.70 ± 0.20	-0.041 ± 0.049	-0.25 ± 0.49
1258940	0.4260 ± 0.0013	22.23 ± 0.06	22.50 ± 0.17	41.75 ± 0.18	-0.117 ± 0.038	-0.15 ± 0.38
50003	0.4270 ± 0.0016	22.43 ± 0.06	22.56 ± 0.23	41.81 ± 0.23	-0.004 ± 0.041	1.07 ± 0.74
110542	0.4270 ± 0.0016	22.37 ± 0.04	22.58 ± 0.20	41.83 ± 0.20	-0.041 ± 0.038	0.56 ± 0.50
110719	0.4279 ± 0.0016	22.81 ± 0.06	23.02 ± 0.24	42.28 ± 0.24	-0.045 ± 0.051	0.54 ± 0.62
05D2cb	0.4286 ± 0.0016	23.13 ± 0.03	22.63 ± 0.40	41.88 ± 0.40	0.152 ± 0.029	0.88 ± 0.19
440236	0.4290 ± 0.0101	22.26 ± 0.04	22.39 ± 0.19	41.64 ± 0.19	-0.084 ± 0.038	-0.77 ± 0.52
1306029	0.4290 ± 0.0051	22.56 ± 0.05	22.57 ± 0.25	41.83 ± 0.25	0.025 ± 0.038	0.99 ± 0.52
100101	0.4298 ± 0.0016	22.56 ± 0.05	22.67 ± 0.20	41.92 ± 0.20	-0.071 ± 0.042	-0.77 ± 0.48
80723	0.4302 ± 0.0016	22.18 ± 0.04	22.58 ± 0.16	41.84 ± 0.17	-0.159 ± 0.036	0.17 ± 0.34
04D1rh	0.4349 ± 0.0016	22.29 ± 0.03	22.53 ± 0.18	41.78 ± 0.18	-0.064 ± 0.026	0.81 ± 0.21
06D4co	0.4355 ± 0.0016	22.26 ± 0.03	22.33 ± 0.13	41.58 ± 0.13	-0.050 ± 0.023	-0.39 ± 0.10
142	0.4368 ± 0.0016	22.73 ± 0.04	22.75 ± 0.18	42.01 ± 0.18	-0.030 ± 0.039	-0.77 ± 0.43
1336008	0.4376 ± 0.0013	22.13 ± 0.04	22.37 ± 0.16	41.63 ± 0.17	-0.067 ± 0.029	0.67 ± 0.32
1333246	0.4378 ± 0.0013	22.79 ± 0.10	22.63 ± 0.36	41.88 ± 0.36	0.131 ± 0.066	1.75 ± 0.87
1310338	0.4389 ± 0.0051	22.32 ± 0.03	22.21 ± 0.21	41.47 ± 0.21	0.013 ± 0.028	-0.41 ± 0.31
560027	0.4389 ± 0.0016	22.09 ± 0.06	22.42 ± 0.28	41.67 ± 0.28	-0.164 ± 0.056	-0.52 ± 0.65
50607	0.4394 ± 0.0016	22.65 ± 0.05	22.57 ± 0.20	41.83 ± 0.20	0.061 ± 0.044	0.11 ± 0.51
40166	0.4401 ± 0.0016	22.49 ± 0.12	22.89 ± 0.44	42.14 ± 0.44	-0.149 ± 0.068	0.31 ± 1.48
510266	0.4407 ± 0.0101	22.04 ± 0.04	22.38 ± 0.16	41.64 ± 0.16	-0.170 ± 0.034	-0.48 ± 0.32
1328105	0.4415 ± 0.0013	22.26 ± 0.05	22.43 ± 0.18	41.68 ± 0.18	-0.054 ± 0.036	0.11 ± 0.42
1295256	0.4425 ± 0.0051	22.38 ± 0.04	22.60 ± 0.17	41.85 ± 0.17	-0.103 ± 0.028	-0.15 ± 0.35
06D3df	0.4426 ± 0.0016	22.39 ± 0.02	22.65 ± 0.14	41.90 ± 0.14	-0.037 ± 0.023	1.15 ± 0.16
06D2gb	0.4436 ± 0.0016	22.73 ± 0.04	22.54 ± 0.18	41.79 ± 0.18	-0.016 ± 0.037	-1.57 ± 0.20
1291080	0.4439 ± 0.0051	22.70 ± 0.07	22.55 ± 0.29	41.81 ± 0.29	0.004 ± 0.049	-1.29 ± 0.67
40137	0.4476 ± 0.0016	22.53 ± 0.06	22.60 ± 0.22	41.86 ± 0.22	0.024 ± 0.048	1.09 ± 0.54
1328066	0.4489 ± 0.0051	22.23 ± 0.06	22.63 ± 0.22	41.89 ± 0.22	-0.134 ± 0.038	0.76 ± 0.45
1320166	0.4489 ± 0.0051	22.62 ± 0.05	22.73 ± 0.21	41.99 ± 0.22	-0.033 ± 0.039	0.36 ± 0.48
50580	0.4507 ± 0.0016	22.40 ± 0.04	22.39 ± 0.16	41.64 ± 0.16	0.020 ± 0.039	-0.41 ± 0.47
520016	0.4511 ± 0.0101	22.33 ± 0.04	22.68 ± 0.21	41.93 ± 0.21	-0.087 ± 0.035	1.09 ± 0.57
04D2gb	0.4516 ± 0.0101	22.64 ± 0.03	22.34 ± 0.22	41.59 ± 0.23	0.023 ± 0.034	-1.60 ± 0.17
120094	0.4516 ± 0.0016	22.24 ± 0.04	22.74 ± 0.15	41.99 ± 0.15	-0.169 ± 0.035	1.04 ± 0.43

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
04D3gt	0.4516 ± 0.0016	22.98 ± 0.03	22.46 ± 0.30	41.72 ± 0.31	0.184 ± 0.028	-0.24 ± 0.11
1290127	0.4522 ± 0.0013	22.39 ± 0.10	22.74 ± 0.32	42.00 ± 0.32	-0.090 ± 0.051	1.30 ± 0.76
1253101	0.4533 ± 0.0013	22.44 ± 0.04	22.54 ± 0.21	41.80 ± 0.21	0.005 ± 0.033	1.37 ± 0.36
1253039	0.4535 ± 0.0051	22.32 ± 0.03	22.63 ± 0.14	41.89 ± 0.14	-0.108 ± 0.028	0.30 ± 0.26
1334302	0.4546 ± 0.0013	22.58 ± 0.05	22.53 ± 0.21	41.79 ± 0.21	-0.032 ± 0.039	-1.04 ± 0.52
1306360	0.4548 ± 0.0013	22.68 ± 0.06	22.63 ± 0.28	41.88 ± 0.28	-0.004 ± 0.052	-0.61 ± 0.73
1345582	0.4589 ± 0.0052	22.37 ± 0.05	22.71 ± 0.25	41.97 ± 0.25	-0.104 ± 0.049	0.84 ± 1.43
380199	0.4606 ± 0.0101	22.48 ± 0.04	22.75 ± 0.19	42.00 ± 0.19	-0.052 ± 0.036	1.78 ± 0.51
510597	0.4610 ± 0.0101	22.39 ± 0.05	22.76 ± 0.23	42.02 ± 0.23	-0.096 ± 0.042	1.62 ± 0.56
05D3lc	0.4616 ± 0.0016	22.70 ± 0.02	22.73 ± 0.14	41.98 ± 0.14	-0.056 ± 0.024	-0.74 ± 0.11
03D4au	0.4664 ± 0.0016	23.53 ± 0.04	23.09 ± 0.40	42.34 ± 0.40	0.116 ± 0.043	0.36 ± 0.33
215	0.4665 ± 0.0016	22.46 ± 0.03	22.80 ± 0.13	42.05 ± 0.14	-0.098 ± 0.030	0.97 ± 0.31
04D4jr	0.4684 ± 0.0101	22.37 ± 0.03	22.72 ± 0.20	41.97 ± 0.21	-0.069 ± 0.026	1.54 ± 0.12
1339149	0.4689 ± 0.0013	22.61 ± 0.05	22.51 ± 0.23	41.76 ± 0.23	0.016 ± 0.042	-0.26 ± 0.51
04D4ju	0.4704 ± 0.0016	23.50 ± 0.03	22.96 ± 0.40	42.22 ± 0.40	0.151 ± 0.034	0.44 ± 0.22
05D3mx	0.4707 ± 0.0101	22.77 ± 0.03	22.76 ± 0.18	42.01 ± 0.18	-0.087 ± 0.031	-1.39 ± 0.11
370367	0.4716 ± 0.0016	22.50 ± 0.04	22.73 ± 0.21	41.98 ± 0.21	-0.024 ± 0.038	2.79 ± 0.61
1316437	0.4720 ± 0.0052	22.89 ± 0.06	22.78 ± 0.26	42.04 ± 0.26	0.031 ± 0.045	-0.01 ± 0.61
05D2bv	0.4757 ± 0.0016	22.45 ± 0.03	22.69 ± 0.18	41.94 ± 0.18	-0.115 ± 0.025	-0.01 ± 0.12
370329	0.4779 ± 0.0016	22.53 ± 0.06	22.97 ± 0.23	42.23 ± 0.23	-0.192 ± 0.043	0.30 ± 0.61
310146	0.4794 ± 0.0101	22.25 ± 0.05	22.62 ± 0.20	41.87 ± 0.20	-0.121 ± 0.040	0.74 ± 0.45
1306537	0.4795 ± 0.0052	22.43 ± 0.05	22.76 ± 0.20	42.01 ± 0.20	-0.086 ± 0.036	1.12 ± 0.46
560054	0.4799 ± 0.0016	22.46 ± 0.08	22.64 ± 0.24	41.90 ± 0.24	-0.013 ± 0.060	1.68 ± 0.79
05D3dd	0.4806 ± 0.0101	22.68 ± 0.03	22.75 ± 0.16	42.00 ± 0.16	-0.043 ± 0.024	-0.22 ± 0.13
05D2ac	0.4807 ± 0.0016	22.40 ± 0.03	22.72 ± 0.14	41.97 ± 0.14	-0.065 ± 0.024	1.12 ± 0.11
120044	0.4816 ± 0.0016	22.64 ± 0.05	23.05 ± 0.21	42.31 ± 0.21	-0.146 ± 0.044	0.78 ± 0.64
05D1ix	0.4889 ± 0.0101	22.61 ± 0.03	22.83 ± 0.20	42.08 ± 0.20	-0.077 ± 0.026	0.54 ± 0.14
1292145	0.4924 ± 0.0013	23.28 ± 0.07	23.03 ± 0.33	42.28 ± 0.34	0.112 ± 0.061	0.58 ± 0.67
1343208	0.4950 ± 0.0013	22.79 ± 0.03	22.83 ± 0.16	42.08 ± 0.17	-0.010 ± 0.030	-0.10 ± 0.37
1305504	0.4957 ± 0.0013	22.73 ± 0.03	22.89 ± 0.12	42.15 ± 0.12	-0.089 ± 0.025	-0.46 ± 0.16
03D1ax	0.4958 ± 0.0013	22.70 ± 0.03	22.83 ± 0.15	42.08 ± 0.15	-0.106 ± 0.030	-0.73 ± 0.10
05D4af	0.4974 ± 0.0016	22.84 ± 0.03	22.87 ± 0.22	42.13 ± 0.23	-0.030 ± 0.031	0.11 ± 0.23
06D2bk	0.5007 ± 0.0016	23.01 ± 0.03	23.00 ± 0.25	42.26 ± 0.25	-0.002 ± 0.032	0.48 ± 0.28
350374	0.5010 ± 0.0016	22.75 ± 0.06	22.86 ± 0.28	42.12 ± 0.28	-0.053 ± 0.063	-0.79 ± 0.78
1337272	0.5028 ± 0.0014	22.81 ± 0.06	22.91 ± 0.22	42.16 ± 0.22	-0.082 ± 0.049	-0.99 ± 0.57
30006	0.5029 ± 0.0016	22.53 ± 0.12	22.82 ± 0.31	42.07 ± 0.31	-0.091 ± 0.071	0.47 ± 1.00
510457	0.5031 ± 0.0016	22.92 ± 0.08	22.90 ± 0.31	42.15 ± 0.31	0.087 ± 0.075	0.78 ± 0.91
03D1au	0.5032 ± 0.0014	22.74 ± 0.03	22.89 ± 0.23	42.14 ± 0.23	-0.017 ± 0.030	1.26 ± 0.15
1335472	0.5059 ± 0.0014	22.69 ± 0.04	22.83 ± 0.16	42.08 ± 0.17	-0.047 ± 0.032	-0.07 ± 0.36
1343759	0.5062 ± 0.0014	22.58 ± 0.03	22.85 ± 0.15	42.10 ± 0.15	-0.097 ± 0.025	0.43 ± 0.35
310091	0.5073 ± 0.0016	22.73 ± 0.05	22.98 ± 0.18	42.24 ± 0.18	-0.100 ± 0.044	-0.26 ± 0.47
05D4av	0.5074 ± 0.0016	23.30 ± 0.03	22.99 ± 0.29	42.24 ± 0.29	0.165 ± 0.030	0.87 ± 0.18
90201	0.5083 ± 0.0016	22.51 ± 0.05	22.77 ± 0.18	42.02 ± 0.18	-0.091 ± 0.042	0.03 ± 0.50
180313	0.5102 ± 0.0016	22.62 ± 0.04	22.84 ± 0.14	42.09 ± 0.14	-0.050 ± 0.036	0.41 ± 0.41
110484	0.5110 ± 0.0016	22.80 ± 0.07	22.81 ± 0.24	42.06 ± 0.24	0.062 ± 0.063	-0.36 ± 0.57
05D2dy	0.5117 ± 0.0101	22.63 ± 0.03	23.14 ± 0.23	42.39 ± 0.23	-0.133 ± 0.029	1.59 ± 0.29
04D1pg	0.5139 ± 0.0016	23.31 ± 0.03	23.00 ± 0.36	42.26 ± 0.36	0.103 ± 0.035	0.99 ± 0.20
04D4in	0.5144 ± 0.0014	22.62 ± 0.03	22.97 ± 0.19	42.23 ± 0.20	-0.076 ± 0.028	1.52 ± 0.15
04D2mj	0.5147 ± 0.0016	23.51 ± 0.03	23.07 ± 0.40	42.33 ± 0.40	0.149 ± 0.034	1.51 ± 0.22
1338430	0.5173 ± 0.0014	22.54 ± 0.05	22.84 ± 0.19	42.09 ± 0.19	-0.095 ± 0.041	0.47 ± 0.47
1334470	0.5188 ± 0.0052	22.84 ± 0.05	22.94 ± 0.25	42.19 ± 0.25	-0.001 ± 0.038	1.00 ± 0.58
310260	0.5189 ± 0.0101	22.71 ± 0.05	22.93 ± 0.21	42.18 ± 0.21	-0.061 ± 0.051	-0.02 ± 0.54
450175	0.5194 ± 0.0016	22.69 ± 0.06	22.99 ± 0.31	42.24 ± 0.32	-0.155 ± 0.087	-0.84 ± 0.77
06D3el	0.5197 ± 0.0016	22.61 ± 0.02	23.04 ± 0.19	42.29 ± 0.20	-0.149 ± 0.027	0.82 ± 0.11
04D2gc	0.5227 ± 0.0016	23.06 ± 0.03	23.10 ± 0.27	42.35 ± 0.27	0.010 ± 0.035	1.11 ± 0.21
1295921	0.5240 ± 0.0052	23.07 ± 0.10	22.92 ± 0.37	42.18 ± 0.37	0.087 ± 0.070	1.01 ± 0.96
1322229	0.5262 ± 0.0014	22.82 ± 0.04	22.92 ± 0.22	42.17 ± 0.22	0.008 ± 0.033	1.18 ± 0.59

Continúa en la página siguiente ...



(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
50005	0.5286 ± 0.0016	22.64 ± 0.05	22.83 ± 0.19	42.09 ± 0.19	-0.007 ± 0.044	1.39 ± 0.71
1322979	0.5294 ± 0.0052	22.81 ± 0.03	23.04 ± 0.14	42.29 ± 0.14	-0.094 ± 0.024	0.06 ± 0.22
330106	0.5310 ± 0.0016	22.49 ± 0.06	22.63 ± 0.23	41.88 ± 0.23	-0.015 ± 0.073	-0.05 ± 1.07
160066	0.5311 ± 0.0016	22.98 ± 0.07	23.26 ± 0.29	42.51 ± 0.29	-0.057 ± 0.057	2.34 ± 1.42
1338471	0.5312 ± 0.0014	23.25 ± 0.11	23.27 ± 0.38	42.53 ± 0.38	-0.047 ± 0.061	-0.96 ± 1.20
1337703	0.5323 ± 0.0014	22.62 ± 0.05	22.73 ± 0.22	41.98 ± 0.22	-0.102 ± 0.046	-1.04 ± 0.47
06D2ca	0.5327 ± 0.0016	23.04 ± 0.03	22.99 ± 0.29	42.25 ± 0.29	0.039 ± 0.031	1.33 ± 0.35
06D2cc	0.5337 ± 0.0016	23.18 ± 0.04	22.91 ± 0.27	42.16 ± 0.27	0.072 ± 0.049	-0.58 ± 0.33
05D4ek	0.5344 ± 0.0016	23.03 ± 0.03	22.89 ± 0.22	42.14 ± 0.23	0.067 ± 0.031	0.26 ± 0.18
05D4be	0.5353 ± 0.0016	22.61 ± 0.03	23.07 ± 0.20	42.32 ± 0.20	-0.159 ± 0.028	0.91 ± 0.13
05D2eb	0.5357 ± 0.0016	22.72 ± 0.03	22.96 ± 0.21	42.21 ± 0.21	-0.061 ± 0.031	0.93 ± 0.29
1289656	0.5394 ± 0.0052	22.98 ± 0.06	23.08 ± 0.24	42.33 ± 0.24	-0.041 ± 0.050	0.03 ± 0.57
110426	0.5410 ± 0.0016	22.99 ± 0.07	23.03 ± 0.23	42.28 ± 0.23	0.094 ± 0.066	0.55 ± 0.73
1324542	0.5415 ± 0.0014	23.06 ± 0.05	23.28 ± 0.24	42.53 ± 0.24	-0.073 ± 0.043	0.40 ± 0.62
520041	0.5455 ± 0.0016	22.93 ± 0.06	23.31 ± 0.19	42.56 ± 0.19	-0.178 ± 0.057	-0.07 ± 0.84
04D4bq	0.5483 ± 0.0101	23.07 ± 0.03	22.77 ± 0.36	42.02 ± 0.36	0.095 ± 0.038	0.66 ± 0.26
1306980	0.5488 ± 0.0052	23.10 ± 0.09	22.92 ± 0.38	42.17 ± 0.38	0.050 ± 0.066	-1.01 ± 0.78
50201	0.5502 ± 0.0016	22.80 ± 0.05	23.07 ± 0.19	42.33 ± 0.20	-0.072 ± 0.046	0.31 ± 0.66
06D4bo	0.5503 ± 0.0016	22.95 ± 0.03	23.12 ± 0.21	42.37 ± 0.21	-0.046 ± 0.030	0.76 ± 0.18
1339450	0.5505 ± 0.0014	23.39 ± 0.08	23.16 ± 0.38	42.41 ± 0.38	0.079 ± 0.067	-0.98 ± 1.10
04D3hn	0.5527 ± 0.0016	23.22 ± 0.03	22.94 ± 0.24	42.19 ± 0.24	0.075 ± 0.036	-0.57 ± 0.12
06D2ck	0.5538 ± 0.0016	23.14 ± 0.03	23.24 ± 0.21	42.49 ± 0.21	-0.040 ± 0.037	0.01 ± 0.39
1337117	0.5538 ± 0.0014	22.56 ± 0.03	22.83 ± 0.18	42.08 ± 0.18	-0.091 ± 0.033	0.51 ± 0.33
05D1ee	0.5578 ± 0.0016	23.26 ± 0.03	23.19 ± 0.19	42.44 ± 0.20	-0.006 ± 0.034	-0.60 ± 0.18
05D1kl	0.5588 ± 0.0016	23.89 ± 0.04	23.48 ± 0.38	42.73 ± 0.38	0.134 ± 0.040	0.66 ± 0.30
04D1hx	0.5588 ± 0.0016	23.44 ± 0.03	23.04 ± 0.36	42.30 ± 0.36	0.112 ± 0.034	0.28 ± 0.19
1289555	0.5618 ± 0.0014	22.71 ± 0.05	23.04 ± 0.23	42.29 ± 0.23	-0.144 ± 0.046	0.15 ± 0.44
1303952	0.5627 ± 0.0014	22.88 ± 0.07	23.35 ± 0.26	42.60 ± 0.27	-0.200 ± 0.046	0.58 ± 0.55
05D1cc	0.5628 ± 0.0016	23.24 ± 0.03	23.18 ± 0.23	42.43 ± 0.23	-0.011 ± 0.030	-0.15 ± 0.15
1285317	0.5644 ± 0.0014	22.96 ± 0.05	23.14 ± 0.22	42.39 ± 0.22	-0.066 ± 0.041	0.15 ± 0.58
1330903	0.5644 ± 0.0014	23.08 ± 0.06	23.24 ± 0.21	42.49 ± 0.21	-0.057 ± 0.050	-0.09 ± 0.61
1338278	0.5644 ± 0.0014	23.02 ± 0.06	23.14 ± 0.30	42.40 ± 0.30	0.003 ± 0.051	1.57 ± 0.80
05D1dn	0.5648 ± 0.0016	23.02 ± 0.03	23.23 ± 0.19	42.49 ± 0.19	-0.023 ± 0.034	1.23 ± 0.22
1317454	0.5688 ± 0.0052	23.10 ± 0.05	22.99 ± 0.26	42.24 ± 0.26	0.046 ± 0.044	-0.27 ± 0.57
1306785	0.5754 ± 0.0014	22.98 ± 0.10	22.94 ± 0.45	42.19 ± 0.45	-0.003 ± 0.061	-0.95 ± 1.38
05D2dt	0.5758 ± 0.0017	23.38 ± 0.03	23.34 ± 0.21	42.59 ± 0.21	0.027 ± 0.035	0.19 ± 0.27
50203	0.5762 ± 0.0017	22.86 ± 0.07	23.24 ± 0.20	42.49 ± 0.20	-0.118 ± 0.057	1.02 ± 0.74
06D3et	0.5767 ± 0.0017	23.18 ± 0.03	23.17 ± 0.16	42.43 ± 0.17	-0.088 ± 0.033	-1.35 ± 0.15
1337228	0.5774 ± 0.0014	23.28 ± 0.09	23.39 ± 0.29	42.65 ± 0.29	-0.075 ± 0.075	-0.75 ± 0.76
03D4gf	0.5783 ± 0.0101	23.06 ± 0.03	23.16 ± 0.24	42.42 ± 0.24	-0.037 ± 0.037	0.52 ± 0.32
110721	0.5783 ± 0.0017	22.97 ± 0.07	23.20 ± 0.24	42.45 ± 0.24	-0.023 ± 0.076	0.48 ± 0.69
05D1dx	0.5788 ± 0.0101	23.01 ± 0.02	23.17 ± 0.21	42.43 ± 0.21	-0.050 ± 0.030	0.65 ± 0.12
1332059	0.5789 ± 0.0052	22.91 ± 0.06	23.28 ± 0.23	42.53 ± 0.23	-0.171 ± 0.041	0.21 ± 0.49
05D3jq	0.5797 ± 0.0017	23.02 ± 0.02	23.14 ± 0.23	42.39 ± 0.23	-0.004 ± 0.027	1.50 ± 0.20
05D3gp	0.5807 ± 0.0101	23.24 ± 0.05	23.32 ± 0.26	42.57 ± 0.26	-0.082 ± 0.044	-0.50 ± 0.39
03D1aw	0.5808 ± 0.0052	23.31 ± 0.03	23.45 ± 0.24	42.71 ± 0.24	-0.029 ± 0.036	1.00 ± 0.28
04D1jg	0.5830 ± 0.0014	23.01 ± 0.03	23.29 ± 0.17	42.54 ± 0.17	-0.107 ± 0.033	0.26 ± 0.16
05D4ej	0.5833 ± 0.0017	23.45 ± 0.03	23.54 ± 0.18	42.80 ± 0.19	-0.025 ± 0.034	0.22 ± 0.17
04D1kj	0.5838 ± 0.0017	23.07 ± 0.02	23.22 ± 0.20	42.48 ± 0.20	-0.069 ± 0.029	0.22 ± 0.13
04D1sa	0.5838 ± 0.0017	23.30 ± 0.03	23.40 ± 0.18	42.65 ± 0.18	-0.069 ± 0.033	-0.45 ± 0.29
1338387	0.5839 ± 0.0052	22.87 ± 0.05	23.17 ± 0.20	42.42 ± 0.20	-0.073 ± 0.043	1.46 ± 0.51
05D1hm	0.5858 ± 0.0017	23.83 ± 0.03	23.45 ± 0.37	42.71 ± 0.37	0.145 ± 0.040	1.08 ± 0.29
05D4bf	0.5873 ± 0.0017	23.35 ± 0.03	23.37 ± 0.20	42.62 ± 0.20	-0.005 ± 0.039	0.08 ± 0.23
04D1oh	0.5888 ± 0.0101	23.13 ± 0.03	23.25 ± 0.22	42.50 ± 0.22	-0.072 ± 0.032	-0.08 ± 0.21
03D4gg	0.5903 ± 0.0017	23.17 ± 0.04	23.26 ± 0.25	42.52 ± 0.25	0.014 ± 0.039	0.99 ± 0.44
04D2mh	0.5918 ± 0.0101	23.11 ± 0.03	23.20 ± 0.25	42.45 ± 0.26	0.007 ± 0.032	1.58 ± 0.17
05D3lr	0.6007 ± 0.0101	23.57 ± 0.04	23.36 ± 0.28	42.61 ± 0.28	0.099 ± 0.039	0.19 ± 0.35

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
1338233	0.6016 ± 0.0014	23.42 ± 0.10	23.50 ± 0.39	42.76 ± 0.39	-0.116 ± 0.072	-1.45 ± 0.93
05D4ef	0.6033 ± 0.0017	23.57 ± 0.03	23.50 ± 0.20	42.75 ± 0.20	-0.070 ± 0.035	-1.55 ± 0.21
1335564	0.6063 ± 0.0014	23.20 ± 0.07	23.36 ± 0.27	42.62 ± 0.28	-0.044 ± 0.050	0.39 ± 0.64
03D4dy	0.6083 ± 0.0101	22.98 ± 0.03	23.34 ± 0.23	42.59 ± 0.23	-0.102 ± 0.035	1.17 ± 0.18
1302141	0.6088 ± 0.0052	23.19 ± 0.07	23.18 ± 0.35	42.43 ± 0.35	0.033 ± 0.064	0.27 ± 0.73
1332413	0.6088 ± 0.0052	22.98 ± 0.05	23.36 ± 0.23	42.62 ± 0.23	-0.123 ± 0.041	1.20 ± 0.50
05D2he	0.6098 ± 0.0017	23.65 ± 0.03	23.43 ± 0.32	42.69 ± 0.32	0.058 ± 0.041	0.16 ± 0.38
04D3do	0.6107 ± 0.0101	23.29 ± 0.03	23.42 ± 0.18	42.67 ± 0.18	-0.114 ± 0.031	-0.82 ± 0.15
04D4an	0.6113 ± 0.0017	23.75 ± 0.04	23.65 ± 0.25	42.90 ± 0.25	0.020 ± 0.041	-0.33 ± 0.41
1295305	0.6118 ± 0.0052	23.20 ± 0.05	23.45 ± 0.16	42.70 ± 0.16	-0.121 ± 0.043	-0.29 ± 0.32
05D1ck	0.6158 ± 0.0017	23.81 ± 0.03	23.46 ± 0.35	42.71 ± 0.35	0.104 ± 0.037	-0.02 ± 0.26
1308957	0.6188 ± 0.0052	23.19 ± 0.12	23.46 ± 0.39	42.72 ± 0.39	-0.141 ± 0.104	-0.26 ± 0.89
1335868	0.6194 ± 0.0052	23.20 ± 0.07	23.44 ± 0.27	42.69 ± 0.28	-0.044 ± 0.063	1.51 ± 0.61
202	0.6198 ± 0.0017	23.06 ± 0.04	23.50 ± 0.15	42.76 ± 0.15	-0.169 ± 0.041	0.61 ± 0.52
04D3co	0.6207 ± 0.0101	23.51 ± 0.03	23.45 ± 0.27	42.70 ± 0.27	-0.026 ± 0.044	-0.66 ± 0.19
04D2an	0.6218 ± 0.0101	23.31 ± 0.03	23.34 ± 0.27	42.59 ± 0.28	-0.049 ± 0.048	-0.31 ± 0.56
03D4dh	0.6253 ± 0.0014	23.11 ± 0.03	23.40 ± 0.21	42.66 ± 0.22	-0.077 ± 0.035	1.14 ± 0.18
04D4fx	0.6273 ± 0.0017	23.26 ± 0.03	23.33 ± 0.24	42.59 ± 0.24	-0.003 ± 0.034	0.96 ± 0.19
05D1cb	0.6308 ± 0.0017	23.43 ± 0.03	23.41 ± 0.20	42.66 ± 0.20	-0.002 ± 0.042	-0.29 ± 0.21
05D2ci	0.6318 ± 0.0017	23.33 ± 0.04	23.06 ± 0.33	42.31 ± 0.33	0.073 ± 0.065	-0.94 ± 0.25
03D4at	0.6323 ± 0.0017	23.47 ± 0.03	23.60 ± 0.32	42.85 ± 0.32	-0.057 ± 0.067	0.21 ± 0.33
1330642	0.6340 ± 0.0015	23.02 ± 0.04	23.34 ± 0.15	42.60 ± 0.15	-0.095 ± 0.038	1.05 ± 0.31
04D1pu	0.6378 ± 0.0017	23.75 ± 0.05	23.28 ± 0.44	42.53 ± 0.44	0.097 ± 0.081	-1.60 ± 0.37
1343871	0.6379 ± 0.0015	23.19 ± 0.07	23.61 ± 0.31	42.86 ± 0.31	-0.197 ± 0.073	1.31 ± 1.08
05D4ag	0.6382 ± 0.0101	23.62 ± 0.05	23.41 ± 0.37	42.66 ± 0.37	0.086 ± 0.059	0.50 ± 0.47
1337325	0.6387 ± 0.0052	23.16 ± 0.06	23.53 ± 0.26	42.78 ± 0.26	-0.226 ± 0.068	0.08 ± 0.59
1334879	0.6393 ± 0.0052	23.67 ± 0.04	23.54 ± 0.17	42.79 ± 0.17	0.096 ± 0.041	-0.03 ± 0.26
05D2ec	0.6419 ± 0.0017	23.40 ± 0.03	23.59 ± 0.26	42.85 ± 0.26	-0.117 ± 0.053	-0.20 ± 0.21
1308568	0.6431 ± 0.0015	23.25 ± 0.12	23.11 ± 0.41	42.36 ± 0.41	0.103 ± 0.091	-0.03 ± 1.02
04D3cy	0.6437 ± 0.0017	23.51 ± 0.04	23.55 ± 0.31	42.80 ± 0.31	-0.040 ± 0.064	-0.19 ± 0.20
05D3ax	0.6437 ± 0.0017	23.33 ± 0.05	23.55 ± 0.32	42.80 ± 0.32	-0.071 ± 0.064	0.60 ± 0.42
05D3lb	0.6477 ± 0.0017	23.62 ± 0.03	23.57 ± 0.29	42.82 ± 0.29	0.024 ± 0.049	0.30 ± 0.18
1338266	0.6485 ± 0.0015	23.55 ± 0.06	23.79 ± 0.27	43.04 ± 0.27	-0.114 ± 0.069	-0.30 ± 0.61
05D3kt	0.6487 ± 0.0017	23.69 ± 0.03	23.48 ± 0.31	42.73 ± 0.31	0.052 ± 0.048	-0.43 ± 0.20
1334707	0.6496 ± 0.0015	23.16 ± 0.03	23.53 ± 0.15	42.78 ± 0.15	-0.175 ± 0.040	0.49 ± 0.25
04D1sk	0.6621 ± 0.0015	23.80 ± 0.03	23.73 ± 0.28	42.98 ± 0.28	0.083 ± 0.055	0.45 ± 0.38
05D3hs	0.6647 ± 0.0017	23.23 ± 0.03	23.62 ± 0.23	42.87 ± 0.23	-0.175 ± 0.048	0.58 ± 0.21
05D3mh	0.6707 ± 0.0101	23.79 ± 0.04	23.81 ± 0.27	43.07 ± 0.27	0.048 ± 0.054	0.66 ± 0.48
03D1co	0.6777 ± 0.0017	23.81 ± 0.04	23.97 ± 0.31	43.23 ± 0.31	-0.040 ± 0.067	0.68 ± 0.41
05D2bt	0.6819 ± 0.0101	23.22 ± 0.03	23.58 ± 0.24	42.84 ± 0.24	-0.162 ± 0.048	0.51 ± 0.26
06D3cc	0.6837 ± 0.0017	23.78 ± 0.07	23.92 ± 0.41	43.17 ± 0.41	-0.005 ± 0.084	0.72 ± 0.62
04D4ic	0.6852 ± 0.0017	23.85 ± 0.04	23.76 ± 0.37	43.02 ± 0.37	-0.016 ± 0.072	-0.88 ± 0.38
05D1ke	0.6887 ± 0.0101	23.33 ± 0.03	23.56 ± 0.22	42.81 ± 0.23	-0.111 ± 0.049	0.21 ± 0.26
1262715	0.6894 ± 0.0052	23.29 ± 0.03	23.60 ± 0.15	42.85 ± 0.16	-0.076 ± 0.042	1.02 ± 0.33
1262214	0.6894 ± 0.0052	23.47 ± 0.03	23.79 ± 0.27	43.04 ± 0.27	-0.140 ± 0.072	0.24 ± 0.28
06D3em	0.6907 ± 0.0101	24.10 ± 0.04	23.66 ± 0.43	42.91 ± 0.43	0.171 ± 0.060	-0.15 ± 0.36
03D4cz	0.6932 ± 0.0017	23.76 ± 0.05	23.66 ± 0.32	42.92 ± 0.32	-0.069 ± 0.084	-1.77 ± 0.37
04D4ib	0.6972 ± 0.0017	23.31 ± 0.03	23.72 ± 0.21	42.97 ± 0.21	-0.139 ± 0.052	0.97 ± 0.22
06D4ba	0.6982 ± 0.0101	23.45 ± 0.05	23.71 ± 0.34	42.97 ± 0.34	-0.093 ± 0.071	0.68 ± 0.41
05D4bj	0.6992 ± 0.0017	23.83 ± 0.03	23.69 ± 0.34	42.94 ± 0.34	0.064 ± 0.055	0.19 ± 0.30
05D4cq	0.6992 ± 0.0017	23.46 ± 0.03	23.82 ± 0.21	43.07 ± 0.22	-0.135 ± 0.054	0.64 ± 0.26
1335718	0.6993 ± 0.0052	23.49 ± 0.03	23.86 ± 0.15	43.11 ± 0.16	-0.146 ± 0.040	0.62 ± 0.26
05D2ck	0.6999 ± 0.0017	24.18 ± 0.04	23.86 ± 0.29	43.11 ± 0.30	-0.008 ± 0.067	-2.65 ± 0.46
04D1si	0.7007 ± 0.0017	23.58 ± 0.03	23.66 ± 0.22	42.92 ± 0.22	-0.012 ± 0.054	0.14 ± 0.30
04D4hu	0.7012 ± 0.0017	23.64 ± 0.03	23.84 ± 0.26	43.10 ± 0.26	-0.107 ± 0.058	0.04 ± 0.23
04D2iu	0.7019 ± 0.0101	23.95 ± 0.05	23.64 ± 0.46	42.90 ± 0.46	0.035 ± 0.084	-1.93 ± 0.42
05D2le	0.7019 ± 0.0017	23.68 ± 0.04	23.79 ± 0.25	43.04 ± 0.25	-0.026 ± 0.050	0.50 ± 0.31

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) $c$	(7) $x_1$
05D3gv	0.7157 ± 0.0018	23.71 ± 0.04	23.74 ± 0.24	42.99 ± 0.25	-0.065 ± 0.062	-0.84 ± 0.29
05D3jh	0.7187 ± 0.0018	23.44 ± 0.03	23.62 ± 0.19	42.87 ± 0.19	-0.145 ± 0.049	-0.63 ± 0.18
1331993	0.7197 ± 0.0015	23.64 ± 0.05	23.91 ± 0.20	43.16 ± 0.20	-0.092 ± 0.055	0.40 ± 0.40
04D1aj	0.7197 ± 0.0101	23.62 ± 0.03	23.72 ± 0.34	42.97 ± 0.34	-0.028 ± 0.066	0.38 ± 0.36
05D4ev	0.7202 ± 0.0018	23.96 ± 0.04	23.91 ± 0.24	43.16 ± 0.24	-0.038 ± 0.061	-1.12 ± 0.28
06D3gh	0.7207 ± 0.0018	23.63 ± 0.04	23.79 ± 0.30	43.05 ± 0.31	-0.075 ± 0.066	0.24 ± 0.34
06D3do	0.7267 ± 0.0018	23.61 ± 0.03	23.83 ± 0.25	43.08 ± 0.25	-0.076 ± 0.051	0.62 ± 0.48
06D3bz	0.7277 ± 0.0018	23.66 ± 0.04	23.76 ± 0.26	43.01 ± 0.26	-0.103 ± 0.067	-0.79 ± 0.41
1304127	0.7287 ± 0.0052	23.35 ± 0.07	23.75 ± 0.28	43.01 ± 0.28	-0.244 ± 0.073	0.44 ± 0.76
06D4bw	0.7301 ± 0.0018	23.63 ± 0.04	23.67 ± 0.32	42.92 ± 0.32	0.013 ± 0.060	0.66 ± 0.26
1329166	0.7316 ± 0.0015	23.75 ± 0.04	23.93 ± 0.19	43.18 ± 0.20	-0.051 ± 0.054	0.12 ± 0.36
04D1pp	0.7337 ± 0.0018	23.71 ± 0.03	23.73 ± 0.19	42.98 ± 0.20	-0.114 ± 0.051	-1.38 ± 0.21
04D2gp	0.7340 ± 0.0018	23.93 ± 0.05	23.97 ± 0.39	43.22 ± 0.39	-0.137 ± 0.085	-1.35 ± 0.41
05D2fq	0.7350 ± 0.0018	23.72 ± 0.03	24.00 ± 0.22	43.25 ± 0.22	-0.082 ± 0.057	0.83 ± 0.32
05D1eo	0.7357 ± 0.0018	24.02 ± 0.04	23.93 ± 0.26	43.18 ± 0.26	-0.051 ± 0.064	-1.53 ± 0.29
05D2ct	0.7360 ± 0.0018	24.10 ± 0.05	23.91 ± 0.42	43.17 ± 0.43	0.090 ± 0.068	0.37 ± 0.47
05D3jk	0.7368 ± 0.0018	23.40 ± 0.03	23.74 ± 0.21	42.99 ± 0.21	-0.136 ± 0.046	0.78 ± 0.18
04D2ja	0.7420 ± 0.0018	23.81 ± 0.05	24.23 ± 0.32	43.48 ± 0.33	-0.204 ± 0.071	0.36 ± 0.40
04D3fq	0.7428 ± 0.0018	23.81 ± 0.04	23.83 ± 0.33	43.08 ± 0.33	-0.039 ± 0.068	-0.41 ± 0.36
05D3jb	0.7457 ± 0.0018	23.64 ± 0.03	23.91 ± 0.19	43.17 ± 0.20	-0.073 ± 0.050	0.94 ± 0.23
04D2kr	0.7461 ± 0.0015	23.57 ± 0.03	23.73 ± 0.25	42.98 ± 0.25	-0.034 ± 0.051	0.80 ± 0.31
04D4im	0.7491 ± 0.0018	23.56 ± 0.03	23.69 ± 0.26	42.94 ± 0.26	0.014 ± 0.059	1.15 ± 0.25
1285160	0.7493 ± 0.0052	23.61 ± 0.04	23.92 ± 0.16	43.18 ± 0.16	-0.171 ± 0.048	-0.32 ± 0.28
04D3ks	0.7507 ± 0.0101	23.52 ± 0.04	23.65 ± 0.32	42.90 ± 0.32	-0.035 ± 0.063	0.54 ± 0.31
05D2nt	0.7590 ± 0.0018	23.82 ± 0.03	23.99 ± 0.23	43.25 ± 0.23	-0.018 ± 0.051	1.53 ± 0.31
05D3mn	0.7608 ± 0.0018	23.74 ± 0.03	23.81 ± 0.20	43.07 ± 0.20	-0.041 ± 0.051	-0.22 ± 0.29
05D4cn	0.7611 ± 0.0018	23.79 ± 0.03	23.92 ± 0.24	43.18 ± 0.24	0.008 ± 0.056	1.12 ± 0.24
05D1if	0.7617 ± 0.0018	23.76 ± 0.03	23.88 ± 0.24	43.13 ± 0.24	-0.055 ± 0.051	0.16 ± 0.25
04D1qd	0.7657 ± 0.0018	23.97 ± 0.03	23.98 ± 0.22	43.24 ± 0.23	0.016 ± 0.052	0.18 ± 0.27
04D1de	0.7667 ± 0.0018	23.85 ± 0.03	24.17 ± 0.25	43.42 ± 0.25	-0.123 ± 0.054	0.90 ± 0.24
05D3hh	0.7667 ± 0.0018	24.01 ± 0.05	24.11 ± 0.27	43.36 ± 0.27	-0.003 ± 0.062	0.53 ± 0.42
04D4id	0.7671 ± 0.0018	23.92 ± 0.05	24.31 ± 0.26	43.56 ± 0.26	-0.171 ± 0.061	0.67 ± 0.44
04D1pc	0.7687 ± 0.0018	24.26 ± 0.04	24.04 ± 0.31	43.29 ± 0.31	0.092 ± 0.062	-0.43 ± 0.34
1329196	0.7693 ± 0.0052	23.71 ± 0.03	23.96 ± 0.16	43.22 ± 0.16	-0.073 ± 0.046	0.49 ± 0.28
05D4bi	0.7731 ± 0.0018	23.77 ± 0.04	24.10 ± 0.29	43.36 ± 0.30	-0.131 ± 0.063	0.97 ± 0.38
1325358	0.7793 ± 0.0052	23.68 ± 0.04	23.79 ± 0.31	43.04 ± 0.31	0.005 ± 0.075	0.17 ± 0.69
05D4cs	0.7881 ± 0.0101	23.70 ± 0.03	24.05 ± 0.23	43.30 ± 0.23	-0.118 ± 0.048	1.40 ± 0.21
03D4fd	0.7891 ± 0.0018	23.94 ± 0.04	24.13 ± 0.27	43.38 ± 0.27	-0.036 ± 0.066	0.82 ± 0.48
1309749	0.7893 ± 0.0052	23.60 ± 0.03	23.95 ± 0.16	43.20 ± 0.17	-0.132 ± 0.046	0.63 ± 0.33
04D1ks	0.7966 ± 0.0101	23.85 ± 0.04	23.65 ± 0.37	42.90 ± 0.37	0.105 ± 0.060	0.69 ± 0.26
03D1fq	0.7986 ± 0.0101	24.22 ± 0.04	24.18 ± 0.29	43.43 ± 0.29	-0.041 ± 0.065	-1.02 ± 0.42
Elvis	0.8398 ± 0.0052	24.07 ± 0.02	24.11 ± 0.21	43.36 ± 0.21	-0.043 ± 0.038	-0.23 ± 0.30
Spock	0.8398 ± 0.0016	23.89 ± 0.10	23.95 ± 0.39	43.20 ± 0.39	-0.030 ± 0.072	0.25 ± 0.38
Manipogo	0.8548 ± 0.0016	24.27 ± 0.04	24.36 ± 0.30	43.62 ± 0.30	-0.086 ± 0.079	-0.82 ± 0.30
Vilas	0.9359 ± 0.0053	24.18 ± 0.04	24.28 ± 0.24	43.53 ± 0.24	-0.042 ± 0.057	-0.03 ± 0.27
Ombo	0.9742 ± 0.0017	24.58 ± 0.03	24.86 ± 0.20	44.11 ± 0.20	-0.059 ± 0.043	1.71 ± 0.29
SCP05D0	1.0124 ± 0.0018	24.97 ± 0.07	24.86 ± 0.37	44.12 ± 0.37	0.017 ± 0.098	-0.18 ± 0.53
Eagle	1.0199 ± 0.0018	24.66 ± 0.03	25.02 ± 0.22	44.28 ± 0.23	-0.157 ± 0.058	0.17 ± 0.28
Ferguson	1.0209 ± 0.0053	24.60 ± 0.16	24.72 ± 0.47	43.97 ± 0.48	-0.046 ± 0.078	0.23 ± 1.37
Strolger	1.0279 ± 0.0018	24.73 ± 0.06	25.28 ± 0.35	44.54 ± 0.35	-0.194 ± 0.065	2.00 ± 1.37
SCP06U4	1.0482 ± 0.0018	24.80 ± 0.08	25.17 ± 0.49	44.42 ± 0.49	-0.195 ± 0.101	-0.53 ± 1.41
Gabi	1.1209 ± 0.0053	24.86 ± 0.03	25.19 ± 0.22	44.44 ± 0.22	-0.125 ± 0.052	0.59 ± 0.31
SCP06H5	1.2323 ± 0.0019	25.17 ± 0.13	25.07 ± 0.61	44.32 ± 0.61	-0.051 ± 0.118	-1.63 ± 1.46
Lancaster	1.2360 ± 0.0019	25.77 ± 0.04	25.65 ± 0.27	44.91 ± 0.27	0.045 ± 0.046	-0.14 ± 0.66
Aphrodite	1.2991 ± 0.0054	25.44 ± 0.04	25.61 ± 0.27	44.86 ± 0.28	-0.057 ± 0.050	0.62 ± 0.35
Thoth	1.3041 ± 0.0020	25.33 ± 0.09	25.47 ± 0.32	44.72 ± 0.32	-0.082 ± 0.080	-0.37 ± 0.51
Inanna	1.3061 ± 0.0020	26.27 ± 0.19	25.77 ± 0.44	45.02 ± 0.45	0.095 ± 0.054	-1.61 ± 1.44

Continúa en la página siguiente ...

(1) CID	(2) $z_{HD}$	(3) $M$ (mag)	(4) $m_b$ (mag)	(5) $\mu$ (mag)	(6) c	(7) $x_1$
SCP05D6	$1.3132 \pm 0.0020$	$25.44 \pm 0.05$	$25.53 \pm 0.32$	$44.79 \pm 0.32$	$-0.072 \pm 0.063$	$-0.45 \pm 0.58$
washington	$1.3291 \pm 0.0201$	$25.33 \pm 0.08$	$25.62 \pm 0.24$	$44.87 \pm 0.24$	$-0.096 \pm 0.044$	$0.97 \pm 0.78$
Borg	$1.3410 \pm 0.0054$	$25.55 \pm 0.05$	$25.50 \pm 0.31$	$44.75 \pm 0.31$	$0.035 \pm 0.041$	$0.88 \pm 0.78$
SCP06G4	$1.3514 \pm 0.0020$	$25.23 \pm 0.05$	$25.30 \pm 0.32$	$44.55 \pm 0.32$	$0.004 \pm 0.049$	$1.17 \pm 0.64$
Mcguire	$1.3561 \pm 0.0020$	$25.49 \pm 0.07$	$25.56 \pm 0.24$	$44.81 \pm 0.24$	$-0.071 \pm 0.030$	$-0.70 \pm 0.71$
Sasquatch	$1.3910 \pm 0.0054$	$25.73 \pm 0.14$	$25.54 \pm 0.37$	$44.79 \pm 0.37$	$0.116 \pm 0.041$	$0.84 \pm 1.22$
SCP06K0	$1.4163 \pm 0.0021$	$25.48 \pm 0.14$	$25.20 \pm 0.74$	$44.46 \pm 0.74$	$0.116 \pm 0.098$	$0.56 \pm 1.39$
carter	$1.5429 \pm 0.0401$	$26.14 \pm 0.12$	$25.84 \pm 0.37$	$45.09 \pm 0.37$	$0.133 \pm 0.077$	$2.35 \pm 0.82$
Primo	$1.5490 \pm 0.0021$	$25.75 \pm 0.09$	$26.04 \pm 0.23$	$45.29 \pm 0.23$	$-0.202 \pm 0.077$	$-0.51 \pm 0.41$
rutledge	$1.6151 \pm 0.0055$	$26.00 \pm 0.07$	$25.91 \pm 0.33$	$45.16 \pm 0.33$	$0.064 \pm 0.044$	$0.94 \pm 1.09$
geta	$1.6971 \pm 0.0401$	$25.70 \pm 0.09$	$26.03 \pm 0.38$	$45.29 \pm 0.38$	$-0.164 \pm 0.099$	$0.99 \pm 0.95$
stone	$1.8012 \pm 0.0201$	$26.19 \pm 0.08$	$26.23 \pm 0.28$	$45.49 \pm 0.28$	$-0.024 \pm 0.086$	$-0.54 \pm 0.70$
wilson	$1.9117 \pm 0.0026$	$26.28 \pm 0.17$	$26.17 \pm 0.36$	$45.42 \pm 0.36$	$0.064 \pm 0.149$	$-1.65 \pm 0.77$
colfax	$2.2614 \pm 0.0202$	$26.81 \pm 0.07$	$26.93 \pm 0.28$	$46.18 \pm 0.28$	$0.119 \pm 0.131$	$0.03 \pm 1.18$



## Anexos B

### Librerías de Python

Python es un lenguaje de programación cuyas librerías han ido incorporando herramientas de varias disciplinas de la física, y la astrofísica no es la excepción. Se creó un ambiente en el cual se instalaron las siguientes paqueterías :

- **Numpy**: contiene una gran cantidad de objetos y funciones matemáticas.
- **Matplotlib**: permite la creación de gráficos.
- **Astropy**: incluye una amplia variedad de funciones usadas en la astronomía. En particular se usó el paquete de "Cosmology", para incluir la métrica para un universo plano con constante cosmológica ("FlatwCDM"), Como se mencionó en el capítulo de resultados, los valores cosmológicos que emplea esta paquetería son los siguientes:  $H_0 = 70 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$ ;  $\Omega_m = 0.3$  y  $w_0 = -1.0$ .
- **Scipy**: similar a numpy, pero además incluye algunos límites en funciones matemáticas.
- **Multinest**: esta librería emplea la técnica de muestreo mediante la inferencia bayesiana. Permite estimar parámetros e inferir modelos (ver sección 4.2.2).
- **PyMultinest**: permite crear gráficas de probabilidad marginal con el algoritmo de Multinest.
- **Emcee**: También conocido como ZEUS MCMC, emplea el método de cadenas de Markov de Monte Carlo y estadística robusta para crear muestreos (Karamanis et al., 2021).
- **Getdist**: esta paquetería permite analizar y graficar muestreos de tipo Monte Carlo, ya sea de tipo cadenas de Markov, anidados o de importancia. Gracias a ésta es posible graficar los contornos de verosimilitud a diferentes  $\sigma$ s. Para más información, revisar Lewis (2019).

Inicialmente se trabajó con **Emcee**, que genera muestras de datos mediante una distribución gaussiana, encontrando así distribuciones posteriores. Se obtuvieron las Figuras 2.1, 2.2 y 2.3, pero se dejó de emplear pues el tiempo de generación de muestreos era de algunas decenas de minutos.

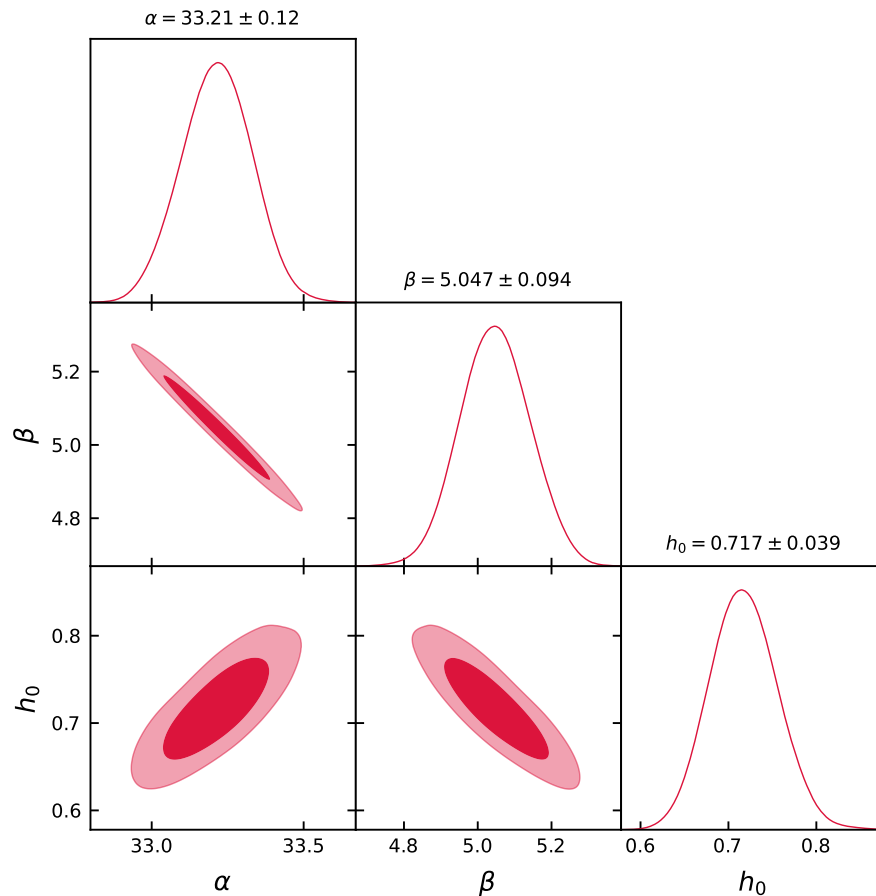


Figura 2.1: Contornos de verosimilitud para  $\{\alpha, \beta, h\}$ , derivados a partir de galaxias HII con el algoritmo ZEUS.

Como se menciona en la sección 4.2.2, el algoritmo que se empleó fue **Multinest**. En comparación con EMCEE, es eficiente y economiza el tiempo de simulación, incluso al trabajar con un número grande de dimensiones. Lo utilizamos para obtener los resultados del capítulo 5.4.

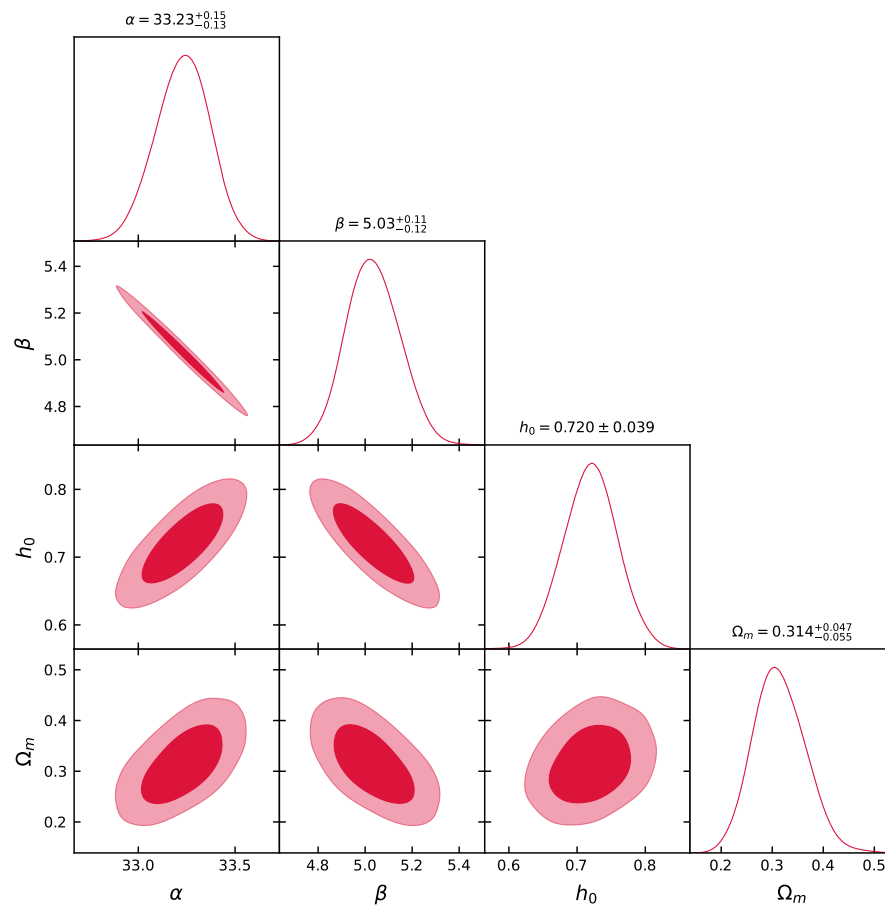


Figura 2.2: Contornos de verosimilitud para  $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m\}$  derivados a partir de galaxias HII con ZEUS.



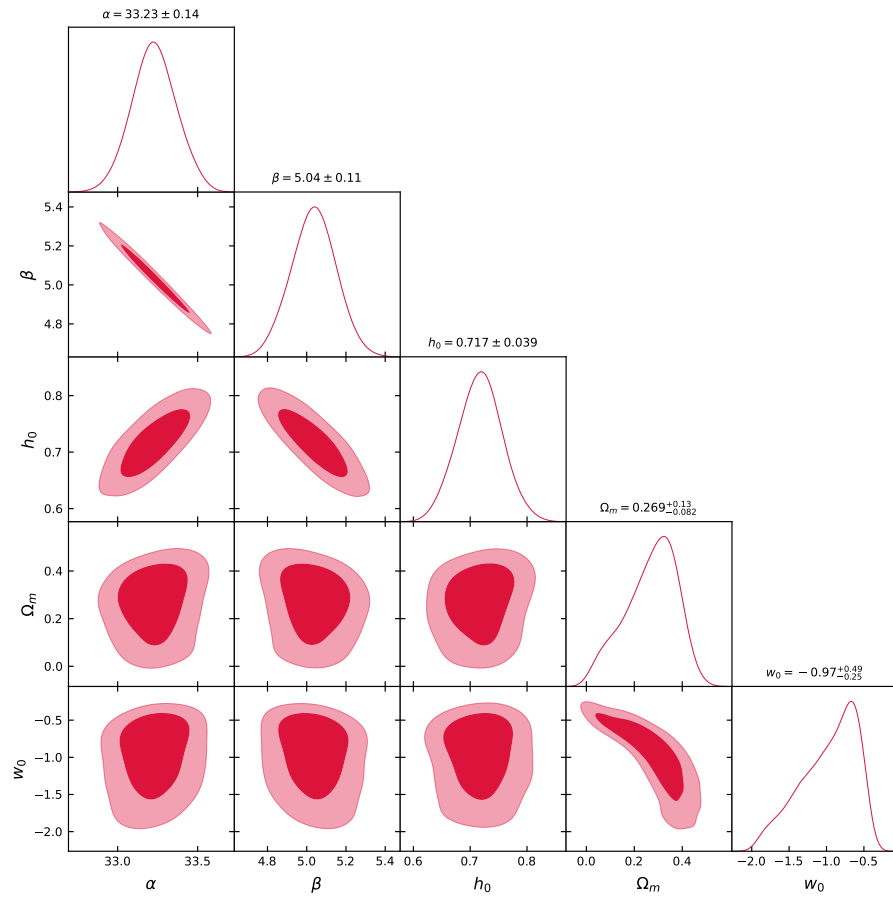


Figura 2.3: Contornos de verosimilitud para  $\{\alpha, \beta, h, \Omega_m, w_0\}$ , derivados a partir de galaxias HII con ZEUS.

# Referencias

- Abbott T. M. C., et al., 2022, *Phys.~Rev.~D*, **105**, 023520
- Anagnostopoulos F. K., Basilakos S., Kofinas G., Zarikas V., 2019, , **2019**, 053
- Badii M., Castillo J., Landeros I., Cortez K., 2017, *Innovaciones de Negocios*, 4
- Barnard G. A., Bayes T., 1958, *Biometrika*, 45, 293
- Betoule M., et al., 2014, *A&A*, **568**, A22
- Birrer S., et al., 2020, *A&A*, **643**, A165
- Brout D., et al., 2022, *ApJ*, **938**, 110
- Cardelli J. A., Clayton G. C., Mathis J. S., 1988, *ApJ*, **329**, L33
- Cardelli J. A., Clayton G. C., Mathis J. S., 1989, *ApJ*, **345**, 245
- Carnero A., 2011, Determinación de parámetros cosmológicos usando oscilaciones acústicas de bariones en cartografiados fotométricos de galaxias
- Carroll B. W., Ostlie D. A., 2017, An Introduction to Modern Astrophysics. <https://books.google.com.mx/books?id=RLwangEACAAJ>
- Carter P., Beutler F., Percival W. J., Blake C., Koda J., Ross A. J., 2018, *MNRAS*, **481**, 2371
- Chavez R., 2014, PhD thesis, National Institute of Astrophysics, Optics and Electronics, Mexico
- Chávez R., Terlevich E., Terlevich R., Plionis M., Bresolin F., Basilakos S., Melnick J., 2012, *MNRAS*, **425**, L56
- Chávez R., Plionis M., Basilakos S., Terlevich R., Terlevich E., Melnick J., Bresolin F., González-Morán A. L., 2016, *MNRAS*, **462**, 2431

- 
- Chevallier M., Polarski D., 2001, [International Journal of Modern Physics D](#), **10**, 213
- Copetti M. V. F., Pastoriza M. G., Dottori H. A., 1986, [A&A](#), **156**, 111
- Cortes C., Mohri M., Riley M., Rostamizadeh A., 2008, [arXiv e-prints](#), p. [arXiv:0805.2775](#)
- Di Valentino E., et al., 2021, [Classical and Quantum Gravity](#), **38**, 153001
- Dodelson S., Schmidt F., 2020, [Modern Cosmology](#), [doi:10.1016/C2017-0-01943-2](#).
- Eddington A. S., 1920, [The Scientific Monthly](#), **11**, 297
- Eisenstein D. J., et al., 2005, [ApJ](#), **633**, 560
- Erb D. K., Steidel C. C., Shapley A. E., Pettini M., Reddy N. A., Adelberger K. L., 2006, [ApJ](#), **646**, 107
- Fernández Arenas D., et al., 2018, [MNRAS](#), **474**, 1250
- Feroz F., Hobson M. P., Bridges M., 2009, [MNRAS](#), **398**, 1601
- Fitzpatrick E. L., 1999, [PASP](#), **111**, 63
- Fitzpatrick E. L., Massa D., 1986, [ApJ](#), **307**, 286
- Fitzpatrick E. L., Massa D., 1988, [ApJ](#), **328**, 734
- Freedman W. L., 2021, [ApJ](#), **919**, 16
- Frieman J. A., Turner M. S., Huterer D., 2008, [ARA&A](#), **46**, 385
- Gaia Collaboration et al., 2018, [A&A](#), **616**, A10
- Gamerman D., Lopes H., 2006, [Markov Chain Monte Carlo: Stochastic Simulation for Bayesian Inference](#), Second Edition. Chapman & Hall/CRC Texts in Statistical Science, Taylor & Francis, [https://books.google.com.mx/books?id=yPvECi\\_L3bwC](https://books.google.com.mx/books?id=yPvECi_L3bwC)
- Georgi H., Glashow S. L., 1974, [Phys.~Rev.~Lett.](#), **32**, 438
- Gil-Marín H., et al., 2016, [MNRAS](#), **460**, 4188
- Gil-Marín H., et al., 2018, [MNRAS](#), **477**, 1604

- 
- Gingerich O., 2013, in Way M. J., Hunter D., eds, *Astronomical Society of the Pacific Conference Series Vol. 471, Origins of the Expanding Universe: 1912-1932*. p. 205 ([arXiv:1302.0862](https://arxiv.org/abs/1302.0862)), [doi:10.48550/arXiv.1302.0862](https://doi.org/10.48550/arXiv.1302.0862)
- González-Morán A. L., et al., 2019, *MNRAS*, **487**, 4669
- González-Morán A. L., et al., 2021, *MNRAS*, **505**, 1441
- Grøn Ø., Hervik S., 2007, *Einstein's General Theory of Relativity with Modern Applications in Cosmology*. <https://books.google.com.mx/books?id=IyJhCHArYuUC>
- Gutiérrez H., González P., 2013, *Fundamentos y Aplicaciones de la estadística Bayesiana*
- Guy J., et al., 2007, *A&A*, **466**, 11
- Hernández Sapieri R., Fernandez C., Baptista P., 1991, *Metodología de la Investigación*. <https://books.google.com.mx/books?id=GH1dwAEACAAJ>
- Hicken M., et al., 2009, *ApJ*, **700**, 331
- Hogg D. W., 1999, *arXiv e-prints*, pp astro-ph/9905116
- Hotokezaka K., Nakar E., Gottlieb O., Nissanke S., Masuda K., Hallinan G., Mooley K. P., Deller A. T., 2019, *Nature Astronomy*, **3**, 940
- Hoyle F., 1954, *ApJS*, **1**, 121
- Hu W., Dodelson S., 2002, *ARA&A*, **40**, 171
- Hu W., Sugiyama N., 1996, *ApJ*, **471**, 542
- Huang C. D., et al., 2018, *ApJ*, **857**, 67
- Johnson H. L., Morgan W. W., 1953, *ApJ*, **117**, 313
- Kalos M. H., 2010, *Monte Carlo Methods*, [doi:10.1142/9789812838001\\_0008](https://doi.org/10.1142/9789812838001_0008).
- Karamanis M., 2023, *arXiv e-prints*, p. [arXiv:2303.16134](https://arxiv.org/abs/2303.16134)
- Karamanis M., Beutler F., Peacock J. A., 2021, *MNRAS*, **508**, 3589
- Kazin E. A., et al., 2014, *MNRAS*, **441**, 3524
- Khetan N., et al., 2021, *A&A*, **647**, A72

- 
- Kolmogorov A., 1933, Foundations of the theory of probability. <https://books.google.com.mx/books?id=BdDBDwAAQBAJ>
- Lemaitre G., 1934, [Proceedings of the National Academy of Science](#), **20**, 12
- Lewis A., 2019, [arXiv e-prints](#), p. [arXiv:1910.13970](#)
- Li A., 2008, [arXiv e-prints](#), p. [arXiv:0808.4117](#)
- Liddle A. R., 2015, An introduction to modern cosmology, Third Edition. <https://books.google.com.mx/books?id=zZg3AQAAIAAJ>
- Linder E. V., 2003, [Phys.~Rev.~Lett.](#), **90**, 091301
- Luyten W. J., Haro G., 1959, [PASP](#), **71**, 469
- Maguire K., 2017, in Alsabti A. W., Murdin P., eds, , Handbook of Supernovae. p. 293, [doi:10.1007/978-3-319-21846-5\\_36](#)
- Melnick J., Terlevich R., Moles M., 1988, [MNRAS](#), **235**, 297
- Melnick J., Terlevich R., Terlevich E., 2000, [MNRAS](#), **311**, 629
- Mo H., van den Bosch F. C., White S., 2010, Galaxy Formation and Evolution. <https://books.google.com.mx/books?id=Zj7fDU3Z4wsC>
- NASA ESA A. F. S., 2016, Animation of cosmic distance ladder by NASA, ESA, A. Feild (STScI) and A. Riess (STScI/JHU), <https://esahubble.org/videos/heic1611a>
- Nesseris S., Perivolaropoulos L., 2007, , **2007**, 018
- Patel J., Read C., 1996, Handbook of the Normal Distribution, Second Edition. Statistics: A Series of Textbooks and Monographs, Taylor & Francis, <https://books.google.com.mx/books?id=z0VLF0VF9UYC>
- Payne C. H., 1925, PhD thesis, RADCLIFFE COLLEGE.
- Peebles P. J. E., White S. D. M., 1981, [Physics Today](#), **34**, 62
- Peña D., 2014, Fundamentos de Estadística. El Libro Universitario - Manuales, Alianza Editorial, <https://books.google.com.mx/books?id=z0mUBQAAQBAJ>
- Perlmutter S., et al., 1999, [ApJ](#), **517**, 565
- Phillips M. M., 1993, [ApJ](#), **413**, L105

- 
- Planck Collaboration et al., 2016, [A&A](#), **594**, [A13](#)
- Planck Collaboration et al., 2020, [A&A](#), **641**, [A6](#)
- Plionis M., Terlevich R., Basilakos S., Bresolin F., Terlevich E., Melnick J., Chavez R., 2011, [MNRAS](#), **416**, [2981](#)
- Popovic B., Brout D., Kessler R., Scolnic D., 2021, [arXiv e-prints](#), p. [arXiv:2112.04456](#)
- Ratra B., Vogeley M. S., 2008, [PASP](#), **120**, [235](#)
- Reid M. J., Pesce D. W., Riess A. G., 2019, [ApJ](#), **886**, [L27](#)
- Riess A. G., et al., 1998, [AJ](#), **116**, [1009](#)
- Riess A. G., et al., 2016, [ApJ](#), **826**, [56](#)
- Riess A. G., Casertano S., Yuan W., Bowers J. B., Macri L., Zinn J. C., Scolnic D., 2021, [ApJ](#), **908**, [L6](#)
- Riess A. G., et al., 2022, [ApJ](#), **934**, [L7](#)
- Rosa-González D., Terlevich E., Terlevich R., 2002, [MNRAS](#), **332**, [283](#)
- Rowan-Robinson M., 2008, [Astronomy and Geophysics](#), **49**, [3.30](#)
- Schlegel D. J., Finkbeiner D. P., Davis M., 1998, [ApJ](#), **500**, [525](#)
- Schneider P., 2015, *Extragalactic Astronomy and Cosmology: An Introduction*, [doi:10.1007/978-3-642-54083-7](#).
- Sérsic J. L., 1963, *Boletín de la Asociación Argentina de Astronomía La Plata Argentina*, **6**, [75](#)
- Skilling J., 2004, in Fischer R., Preuss R., Toussaint U. V., eds, *American Institute of Physics Conference Series Vol. 735, Bayesian Inference and Maximum Entropy Methods in Science and Engineering: 24th International Workshop on Bayesian Inference and Maximum Entropy Methods in Science and Engineering*. pp 395–405, [doi:10.1063/1.1835238](#)
- Snedecor G. W., Cochran W. G., Stout B. B., 1968, [Soil Science](#), **106**, [239](#)
- Stritzinger M. D., et al., 2011, [AJ](#), **142**, [156](#)
- Terlevich R., Melnick J., 1981, [MNRAS](#), **195**, [839](#)

- 
- Terlevich R., Terlevich E., Melnick J., Chávez R., Plionis M., Bresolin F., Basilakos S., 2015, [MNRAS](#), **451**, 3001
- Tully R. B., et al., 2023, [ApJ](#), **944**, 94
- Verde L., Bernal J. L., Heavens A. F., Jimenez R., 2017, [MNRAS](#), **467**, 731
- Wang Y., Dai M., 2016, [Phys. Rev. D](#), **94**, 083521
- Will C. M., 2015, [Classical and Quantum Gravity](#), **32**, 124001
- Wolschin G., 2010, Lectures on Cosmology Accelerated Expansion of the Universe. Vol. 800, [doi:10.1007/978-3-642-10598-2](#),