



ANISOTROPIA VERSUS DISTANCIA

F. Pavía Alemany, M. Alvarez Villarroya, Á. Requena Villar, K. Alabarta Játiva

Grupo Anisotropías de las SN Ia de la A. A. S.

cosmos@astrosafor.net

En el anterior artículo aparecido en Huygens 102 la comparación de las curvas de regresión apuntaba a la posible existencia de una anisotropía dipolar en la correlación del Módulo de Distancia (MD) con relación al Redshift de las 571 SNe tipo Ia de la muestra analizada. En este nuevo artículo ahondamos en este supuesto y, aun siendo conscientes de la falta de rigor estadístico de los observables, nos preguntamos y analizamos cuál sería la explicación de esta posible anisotropía dipolar que explicaría el comportamiento diferenciado de las SNe Ia según las distintas direcciones del espacio a la que observemos.

ANTECEDENTES

En la publicación de la revista Huygens N° 102, de la A.A.S., correspondiente a Mayo-Junio 2013, publicamos un análisis de la correlación del **Modulo de Distancia-MD** con relación al **RedShift-Z**, de **571** Supernovas tipo Ia.

Ese estudio partía de los trabajos publicados por el

“Supernova Cosmology Project (SCP)”, que efectuó la recopilación de 19 conjuntos de datos, obtenidos por distintos equipos de investigación. Proyecto designado “The SCP Union 2.1 SN Ia compilation”.

La peculiaridad de nuestro estudio consistió en **no tratar** a la totalidad de las Supernovas como un único conjunto para determinar la correlación citada, tal como

+90°	21h	18h	15h	12h	9h	6h	3h	0h	+90°
	ZONA 81 N= 2 Zmax = 0.033	ZONA 71 N= 3 Zmax = 0.054	ZONA 61 N= 10 Zmax = 0.97 Z=1.5 dMD= -0.8116	ZONA 51 N= 65 Zmax = 1.414 Z=1.5 dMD= +0.1060	ZONA 41 N= 12 Zmax = 0.711 Z=1.5 dMD= +0.0784	ZONA 31 N= 12 Zmax = 0.859 Z=1.5 dMD= +0.1565	ZONA 21 N= 3 Zmax = 0.049	ZONA 11 N= 10 Zmax = 0.40 Z=1.5 dMD= -0.2517	
+30°	ZONA 82 N= 31 Zmax = 0.4025 Z=1.5 dMD= -0.2715	ZONA 72 N= 8 Zmax = 0.367 Z=1.5 dMD= -0.1269	ZONA 62 N= 7 Zmax = 0.953 Z=1.5 dMD= +0.3451	ZONA 52 N= 28 Zmax = 1.124 Z=1.5 dMD= -0.0350	ZONA 42 N= 24 Zmax = 0.741 Z=1.5 dMD= +0.0207	ZONA 32 N= 21 Zmax = 0.936 Z=1.5 dMD= +0.2880	ZONA 22 N= 11 Zmax = 0.48 Z=1.5 dMD= -0.2421	ZONA 12 N= 69 Zmax = 1.057 Z=1.5 dMD= +0.0845	+30°
+0°	ZONA 83 N= 70 Zmax = 1.192 Z=1.5 dMD= -0.1378	ZONA 73 N= 7 Zmax = 0.399 Z=1.5 dMD= -0.0635	ZONA 63 N= 2 Zmax = 0.032	ZONA 53 N= 11 Zmax = 0.656 Z=1.5 dMD= -0.0063	ZONA 43 N= 17 Zmax = 0.657 Z=1.5 dMD= -0.1211	ZONA 33 N= 3 Zmax = 0.38	ZONA 23 N= 32 Zmax = 1.37 Z=1.5 dMD= +0.1981	ZONA 13 N= 95 Zmax = 1.215 Z=1.5 dMD= +0.0458	+0°
-0°	ZONA 84 N= 1 Zmax = 0.100	ZONA 74 N= 1 Zmax = 0.015	ZONA 64 N= 0	ZONA 54 N= 3 Zmax = 0.053	ZONA 44 N= 3 Zmax = 0.070	ZONA 34 N= 2 Zmax = 0.054	ZONA 24 N= 3 Zmax = 0.063	ZONA 14 N= 2 Zmax = 0.087	-0°
-90°	0h	21h	18h	15h	12h	9h	6h	3h	0h
	(21, 22, 23h)	(18, 19, 20h)	(15, 16, 17h)	(12, 13, 14h)	(9, 10, 11h)	(6, 7, 8h)	(3, 4, 5h)	(0, 1, 2h)	

La división del cielo en 32 ZONAS de las 571 SN Ia utilizadas en Huygens 102

había realizado SCP, sino **en comparar la correlación de los distintos subconjuntos de supernovas según la ZONA del espacio que ocupan.**

Para ello dependiendo de las coordenadas (AR, DEC) de cada SN se le asignó una de las **32 Zonas** en que se dividió a la bóveda celeste.

Obtenida la **curva de regresión de cada zona**, esta se comparó **con la curva de regresión obtenida con el conjunto de todas las SNe.**

Hay que aclarar que al dividir el conjunto de SNe en 32 subconjuntos, los valores estadísticos son poco representativos en varias zonas estudiadas, pero este problema tiene solución: solo es cuestión de tiempo y de que se lleven a cabo los programas previstos, varias veces cancelados o aplazados, para el lanzamiento de satélites con la función de realizar el estudio de un gran número de SNe.

A pesar del problema estadístico mencionado, la comparación de las citadas curvas de regresión **apunta a la posible existencia de una anisotropía dipolar** en la correlación del **Modulo de Distancia-MD** con relación al **RedShift-Z** de **571 Supernovas** tipo Ia analizadas.

SUPUESTO

Supongamos que se consigue un gran banco de datos sobre SNe Ia; un conjunto de valores que nos permita subdividir la bóveda celeste en muchas más de las 32 zonas utilizadas y que proporcionen resultados estadísticos fiables para todas ellas, esto es solo cuestión de esperar.

Supongamos que en las citadas condiciones **la anisotropía dipolar** mencionada se confirma y nos proporciona unos buenos valores en direcciones y magnitudes.

CUESTIÓN

En las citadas circunstancias podremos asociar la anisotropía dipolar:

- ¿Al resultado de nuestro movimiento local propio por el espacio hacia el Gran Atractor? Así se explica la anisotropía dipolar que presenta el fondo de microondas captadas por los satélites COBE y WMAP.
- ¿A una anisotropía real del Cosmos, **con relación a nosotros**, que implica el comportamiento

diferenciado de las SNe Ia según los distintos sentidos del espacio en que las observamos?

- ¿a que el Cosmos en su expansión **no ha crecido isotrópicamente** con relación a nosotros?

IMPORTANCIA DEL PLANTEAMIENTO

Existe un supuesto, mayoritariamente aceptado: el **“Principio Cosmológico”** y en particular la afirmación **de que todo punto del Cosmos es centro de isotropía y centro del Cosmos**, que condiciona la necesidad de introducir muchas hipótesis de difícil aceptación, como lo es la reciente establecida **“energía oscura”**.

Un estudio exhaustivo de las correlaciones, **según direcciones del espacio**, de **distancias / velocidades de regresión** de las SNe Ia podría aclararnos el punto que estamos cuestionándonos, ante alternativas de **un Cosmos con único centro de gravedad**, sin estar nosotros en el centro, o con **una distribución no homogénea de las masas.**

Probablemente en pocos años **los cuásares**, con “Z” muy superiores a las de las SNe, podrán utilizarse como candelas estándar, lo que permitirá extender nuestro planteamiento a distancias mucho mayores y aclarar nuestras dudas sobre el **“Principio Cosmológico”**.

OBJETIVO

En el supuesto caso citado, donde los resultados del estudio de las SN según la dirección del Cosmos nos proporcionan valores estadísticos fiables, el dilema planteado sobre la causa que motiva la anisotropía dipolar se puede analizar.

Para ello no nos vamos a conformar en la obtención de la dirección y valor de la anisotropía. Además vamos a intentar evaluar en función de la distancia, es decir con relación al pasado, la discrepancia de comportamiento de cada zona con relación al conjunto total.

Ese diferencial ¿ha crecido o ha disminuido en el tiempo? ¿qué se puede inferir de dichos resultados?

Por lo citado, a pesar de nuestras limitaciones de datos, en el presente trabajo tenemos por objetivo realizar un intento en la determinación de ese valor diferencial en función de la distancia.

MÉTODO

Para ello vamos a tomar las SNe que se encuentran en

un establecido sentido del Cosmos, en una determinada ZONA, y obtener su velocidad de recesión en función de la distancia y compararla con la que obtendríamos para el total de SNe a las mismas distancias.

Tendremos en cuenta las siguientes consideraciones:

- Tomaremos un sentido (una ZONA), en la que la **diferencia entre la curva de regresión en ese sentido y la curva de regresión del conjunto** sea apreciable. En el trabajo citado este valor viene representado por “dMD” que expresa esa diferencia para un valor de **Z = 1.5**
- Tomaremos un sentido en el que tengamos un **número apreciable de SNe**, dentro de los escasos datos que disponemos.
- Las curvas de regresión calculadas no relacionan **distancias/velocidades**. En sus ejes de coordenadas aparece el **Modulo de distancia (MD)** y el **Redshift (Z)**, tendremos que transformar estas magnitudes en las que estamos interesados.
- El método correcto sería realizar todo el desarrollo matemático independientemente de los valores concretos, pero esto nos conduciría a una gran complejidad matemática de la que pretendemos huir en este trabajo.
- Dado que nuestro mayor interés en este escrito está en transmitir el concepto y en obtener unos valores que sirvan de ejemplo, nos limitaremos a la obtención de los resultados en unos casos concretos.

MÓDULO DE DISTANCIA

En las curvas de regresión que representamos en el trabajo citado, el eje de las “Y” o eje de ordenadas no representa distancias, sino el **Modulo de distancia (MD)**. Esta magnitud “MD” establece la diferencia entre la magnitud aparente “m” y la magnitud absoluta “M” de un astro, que se relaciona con la distancia mediante la ecuación:

$$MD = m - M = -5 + 5 \log d$$

Es decir, la distancia en función del

$$MD = m - M$$

queda expresada mediante:

$$d = 10^{\frac{m-M}{5}+1} \quad d \text{ expresado en parsecs}$$

$$(1 \text{ parsec} = 3.2616 \text{ años luz})$$

CORRIMIENTO AL ROJO “Z”

En las curvas de regresión que representamos en el trabajo citado, el eje de las “X” o eje de abscisas no representa velocidades sino **Redshift (Z)**.

El desplazamiento hacia el rojo o Redshift(Z) se puede asociar, según el caso, a distintos fenómenos físicos:

EFFECTO DOPPLER

El Efecto Doppler fue observado por primera vez en las ondas sonoras y explicado por Christian Doppler.

Él atribuyó que la variación de la frecuencia observada “f_o” con relación a la frecuencia de la fuente emisora “f_e” era debida a la velocidad de la fuente emisora “V_e” y a la velocidad de propagación del sonido en el aire “V_s”, según:

$$\text{(Para un alejamiento)} \quad f_o = \frac{V_s}{V_s + V_e} f_e$$

$$\text{que equivale a} \quad \lambda_o = \frac{V_s + V_e}{V_s} \lambda_e$$

EL REDSHIFT (Z)

La misma idea se puede aplicar a las ondas electromagnéticas, es decir, a la variación de la longitud de onda observada (λ_o) con relación a la emitida (λ_e), como consecuencia de haber un aumento de la distancia entre la fuente emisora y el receptor, es decir un alejamiento entre ellos.

Definiéndose “Z” como el incremento de la longitud de onda observada con relación a la longitud de la onda emitida.

$$Z = \frac{\lambda_o - \lambda_e}{\lambda_e} ; Z = \frac{\lambda_o}{\lambda_e} - 1; Z+1 = \frac{\lambda_o}{\lambda_e} = \frac{v_e}{c} + 1$$

EL EFECTO DOPPLER RELATIVISTA

En el efecto Doppler, cuando las velocidades son próximas a la de la luz, se deben considerar los efectos de la Relatividad Especial y considerar la transformación de Lorentz.

$$Z+1 = \left(1 + \frac{v_e}{c}\right) \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_e^2}{c^2}}}\right)$$

FACTOR DE ESCALA (a)

En Cosmología, como consecuencia de la expansión a que está sometido el Cosmos se toma como base de medidas una escala que crece con la misma proporción que la expansión del Cosmos, de esta forma la distancia no se modifica entre objetos cuya variación se debe exclusivamente a la expansión, medida con el factor de escala (a).

En Cosmología se considera además que el corrimiento al rojo que sufren los fotones que recibimos de fuentes lejanas no se debe a la velocidad de alejamiento del cuerpo emisor sino como consecuencia de la expansión del espacio, la longitud de onda se alarga de forma idéntica como crece el factor de escala (a).

De esta forma, si el factor de escala cuando se emitió un fotón era (a_e) y en la actualidad es (a_o), tendremos:

$$Z = \frac{a_o - a_e}{a_e}; \quad Z = \frac{a_o}{a_e} - 1; \quad Z+1 = \frac{a_o}{a_e}$$

Expresando la ley de Hubble en función

“a” tendremos
$$H \cdot a = \frac{da}{dt} = \dot{a}$$

Para el valor actual se considera $a_0 = 1$

VAMOS A CONSIDERAR LA ZONA 83

Como hemos indicado, dado que estamos ante un tema de Cosmología, el valor del redshift “Z” que debemos considerar es el relacionado con el factor de escala “a”.

Vamos a comparar la curva de regresión obtenida para la ZONA 83 (70 SNe Ia) con la curva de las 571 del conjunto total de Supernovas.

-La curva de regresión **total** obtenida con las **571 Supernovas** es:

$$MD = 2.4021 \ln(Z_{TOTAL}) + 43.986$$

con $R^2 = 0.992$

-La curva de regresión de la ZONA **83** obtenida con **70 Supernovas** es:

$$MD = 2.3748 \ln(Z_{ZONA83}) + 43.859$$

con $R^2 = 0.9835$

Despejando tendremos:

$$\frac{MD - 43.859}{2.3748} = \ln(Z_{ZONA83});$$

$$(Z_{ZONA83}) = e^{\frac{MD - 43.859}{2.3748}}$$

(R^2 representa el coeficiente de determinación que es equivalente al cuadrado del coeficiente de correlación).

Realizando la siguiente concatenación de cálculos, para distintos tamaños de a_{TOTAL}

$$a_{TOTAL} > Z_{TOTAL} > MD > Z_{ZONA83} > a_{ZONA83} > a_{ZONA83} / a_{TOTAL}$$

Extrapolando las curvas más allá de donde sería razonable, por los datos de que en la actualidad disponemos, tendríamos cómo se ha expandido el Cosmos de la ZONA 83, (a_{ZONA83}) con relación a la expansión media de la totalidad representada por a_{TOTAL} , en el caso que las curvas utilizadas fuesen estadísticamente representativas.

En las dos páginas siguientes, podemos ver los cálculos efectuados, las comparaciones entre la **zona 83** versus la **total**, y el gráfico resultante de la comparación de ambas líneas de expansión, con una clara diferencia entre ambas.

CONCLUSIONES

Somos conscientes de la debilidad de los datos estadísticos utilizados y de las extrapolaciones realizadas.

En este caso, con los supuestos que hemos realizado, tendríamos que **el crecimiento del Cosmos no ha sido simétrico con relación a nuestra posición en él.**

Por ello alentamos a que **se activen los proyectos en la obtención de datos de gran cantidad de SN Ia y con los mayores Z posibles.**

Que se active la posible **introducción de los cuásares para obtención de datos similares, lo que permitiría llegar a Z muy elevados.**

A que este tipo de estudios se realicen **considerando la distribución espacial de los datos** con el fin de esclarecer la validez del **Principio Cosmológico** y las consecuencias derivadas de los resultados obtenidos.

EXPANSION ZONA 83(70SN) / EXPANSION MEDIA DEL COSMOS (571SN)

1	2	3	4	5	6	7
Factor de escala total	Redshift total	Módulo de distancia	Redshift de la zona 83	Factor de escala zona 83	Relación entre factores de escala	Δ del factor de escala de la zona 83 con relación al total
a_T	$Z_T = (1/a_T) - 1$	$MD = 2,4021 \ln(Z_T) + 43,986$	$Z_{83} = e^{(MD - 43.859)/2.3748}$	$a_{83} = 1/(Z_{83} + 1)$	a_{83}/a_T	
1	0.00000		0.00000	1.00000	1.00000	1.07373
0.9	0.11111	38.70805	0.11429	0.89743	0.99715	1.07066
0.8	0.25000	40.65598	0.25956	0.79393	0.99241	1.06557
0.7	0.42857	41.95071	0.44773	0.69074	0.98676	1.05952
0.6	0.66667	43.01203	0.70002	0.58823	0.98038	1.05266
0.5	1.00000	43.98600	1.05493	0.48663	0.97327	1.04502
0.4	1.50000	44.95997	1.58979	0.38613	0.96533	1.03650
0.3	2.33333	46.02129	2.48561	0.28689	0.95631	1.02682
0.2	4.00000	47.31602	4.28752	0.18912	0.94562	1.01534
0.1	9.00000	49.26395	9.73728	0.09313	0.93133	1.00000

1	Indica la variación del factor de escala en el tiempo. Desde la actualidad (que es 1) hasta una décima parte del tamaño del universo
2	Esta columna es el Redshift correspondiente a la columna 1
3	Esta es el Módulo de Distancia calculado a partir de la línea de regresión de las 571 supernovas
4	Es el Redshift obtenido de la curva de regresión de la zona 83 (70 SN) que tienen por MD (módulo de distancia) el de la columna 3
5	Factor de escala correspondiente al redshift calculado en la columna 4
6	Es la relación de los factores de escala de la columna 5 con la columna 1
7	Cómo quedaría el factor de escala de la zona 83, con relación al total, si el origen de comparación, en vez de ser el actual, lo situamos cuando su valor era la décima parte.

Expansión zona 83 vs. expansión del cosmos

