

Calculadora cosmológica: funcionamiento del código.

Javier Gutiérrez Solórzano

1 de febrero de 2014

Resumen

El siguiente texto pretende mostrar a través de varios resultados numéricos y gráficos el correcto funcionamiento del código de la calculadora.

1. Comparación numérica de los resultados del programa con otros existentes en la red.

Los valores numéricos de la calculadora se compararán con los valores obtenidos por otros dos programas, CosmoCalc y cosmotoools que se pueden encontrar en las direcciones web [1] y [2] respectivamente. Como el algoritmo utilizado para realizar los cálculos numéricos es distinto para el valor que puede tomar Ω_k distinguiremos los tres posibles casos:

Caso $\Omega_k = 0$

	Calculadora	CosmoCalc	cosmotoools
Distancia propia Mpc	6682.74	6681.0	6682.7
Distancia de diámetro angular Mpc	1670.68	1670.3	1670.7
Distancia luminosidad Mpc	26730.98	26724.1	26731.0
Edad actual del universo Gyr	14.12	14.11	14.1

Tabla 1: Para el caso de un universo plano $\Omega_k = 0$. Los parámetros de entrada $z = 3$, $\Omega_M = 0,24$, $\Omega_\Lambda = 0,76$ y $H_0 = 71$.

Caso $\Omega_k > 0$

	Calculadora	CosmoCalc	cosmotools
Distancia propia Mpc	6296.32	5222.7	6296.3
Distancia de diámetro angular Mpc	1574.08	1573.8	1574.1
Distancia luminosidad Mpc	25185.28	25180.7	25185.3
Edad actual del universo Gyr	11.441	11.430	11.4

Tabla 2: Para el caso de un universo con curvatura negativa, $\Omega_k > 0$. Los parámetros de entrada $z = 3$, $\Omega_M = 0,24$, $\Omega_\Lambda = 0$ y $H_0 = 71$.

En la tabla destaca una importante diferencia entre los valores de la distancia propia obtenidos con CosmoCalc y las otras dos calculadoras.

Caso $\Omega_k < 0$

	Calculadora	cosmotools
Distancia propia Mpc	7925.86	7925.6
Distancia de diámetro angular Mpc	1320.97	1320.9
Distancia luminosidad Mpc	47555.21	47553.3
Edad actual del universo Gyr	16.33	16.3

Tabla 3: Para el caso de un universo con curvatura positiva, $\Omega_k < 0$. Los parámetros de entrada $z = 5$, $\Omega_M = 0,24$, $\Omega_\Lambda = 1$ y $H_0 = 68$

En éste último caso el programa CosmoCalc no aceptaba el valor $\Omega_\Lambda = 1$ o cualquier combinación de Ω_M y Ω_Λ cuya suma fuese mayor que 1.

2. Gráficas.

En este apartado se mostrarán varios ejemplos gráficos. En primer lugar los que se piden en la guía de la práctica y otros dos del factor de escala relacionados con casos extremos para un universo dominado por materia y otro dominado por vacío.

Distancia propia, de diámetro angular y de luminosidad.

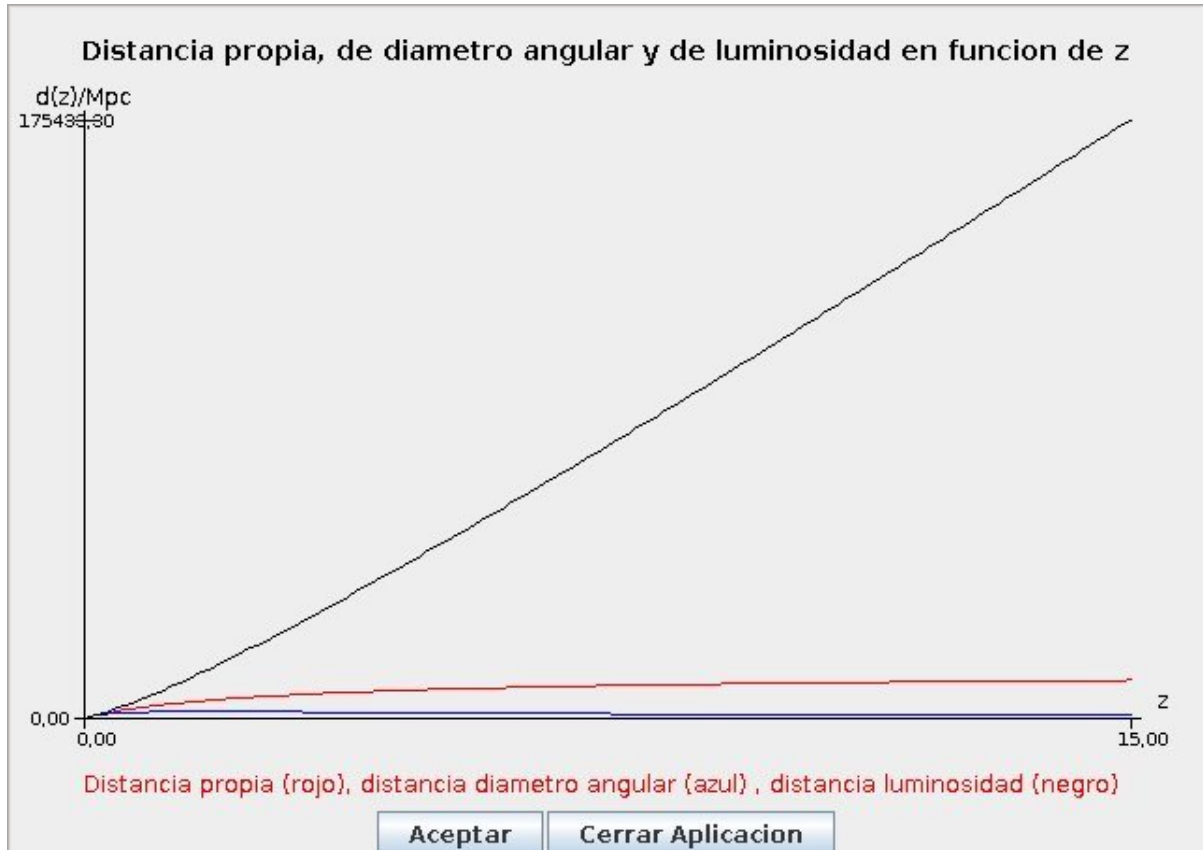


Figura 1: Para el caso $\Omega_M = 0,24, \Omega_\Lambda = 0,76$ y $H_0 = 71$, gráfica de distancia propia, de diámetro angular y de luminosidad en función del corrimiento al rojo z , para z entre 0 y 15.

Edad del universo.

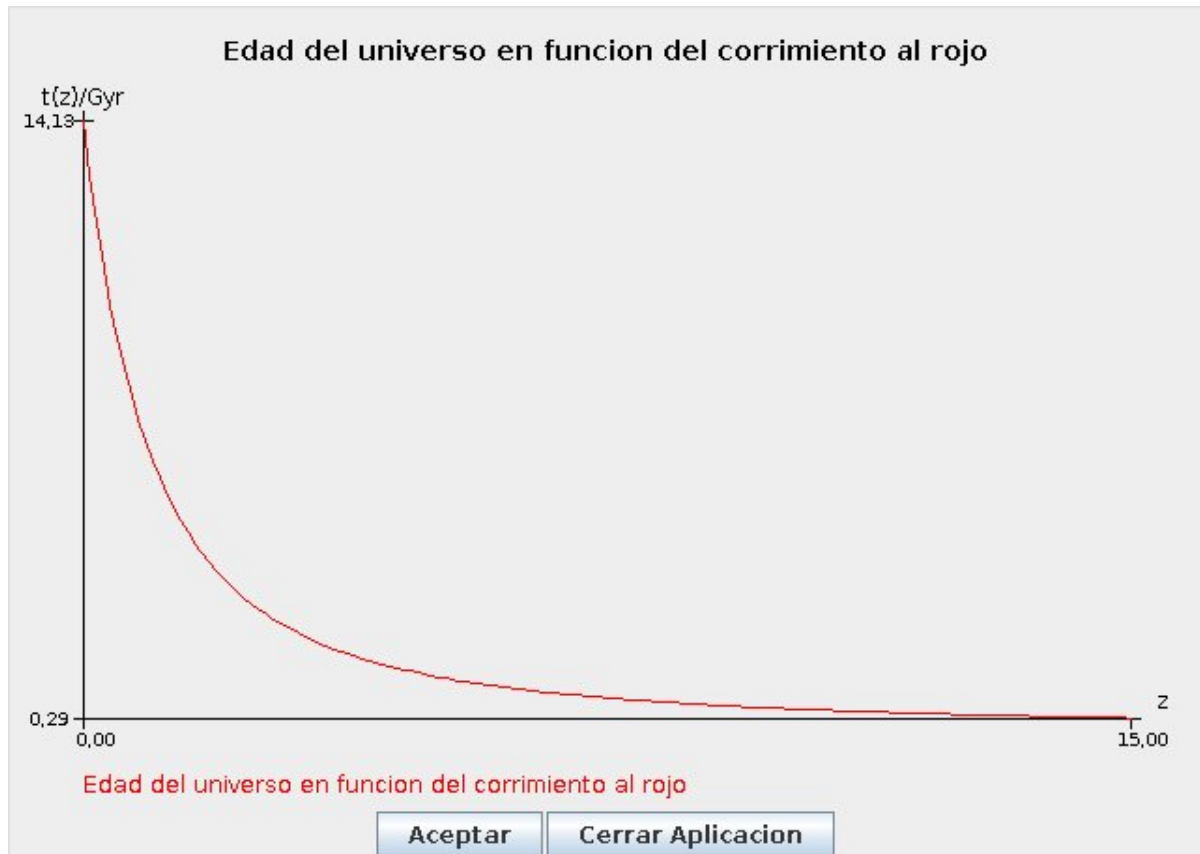


Figura 2: Edad del universo en función del corrimiento al rojo z , con z entre 0 y 15, para el caso $\Omega_M = 0,24, \Omega_\Lambda = 0,76$ y $H_0 = 71$.

Factor de escala.

La gráfica del factor de escala en función del tiempo está estrechamente relacionada con la gráfica anterior, de la representación de la edad del universo en función del corrimiento al rojo z , por lo que es suficiente analizar una de las representaciones para verificar el correcto funcionamiento del algoritmo utilizado.



Figura 3: Factor de escala del universo en funcion del tiempo para el caso $\Omega_M = 0,24, \Omega_\Lambda = 0,76$ y $H_0 = 71$.

Factor de escala en un universo dominado por vacío.

En este caso se espera que $R(t) \propto \exp Ht$. Se nos puede ocurrir tomar los valores extremos para un universo dominado por vacío, es decir $\Omega_M = 0$ y $\Omega_\Lambda = 1$. Si hacemos eso el resultado puede no ser el esperado:

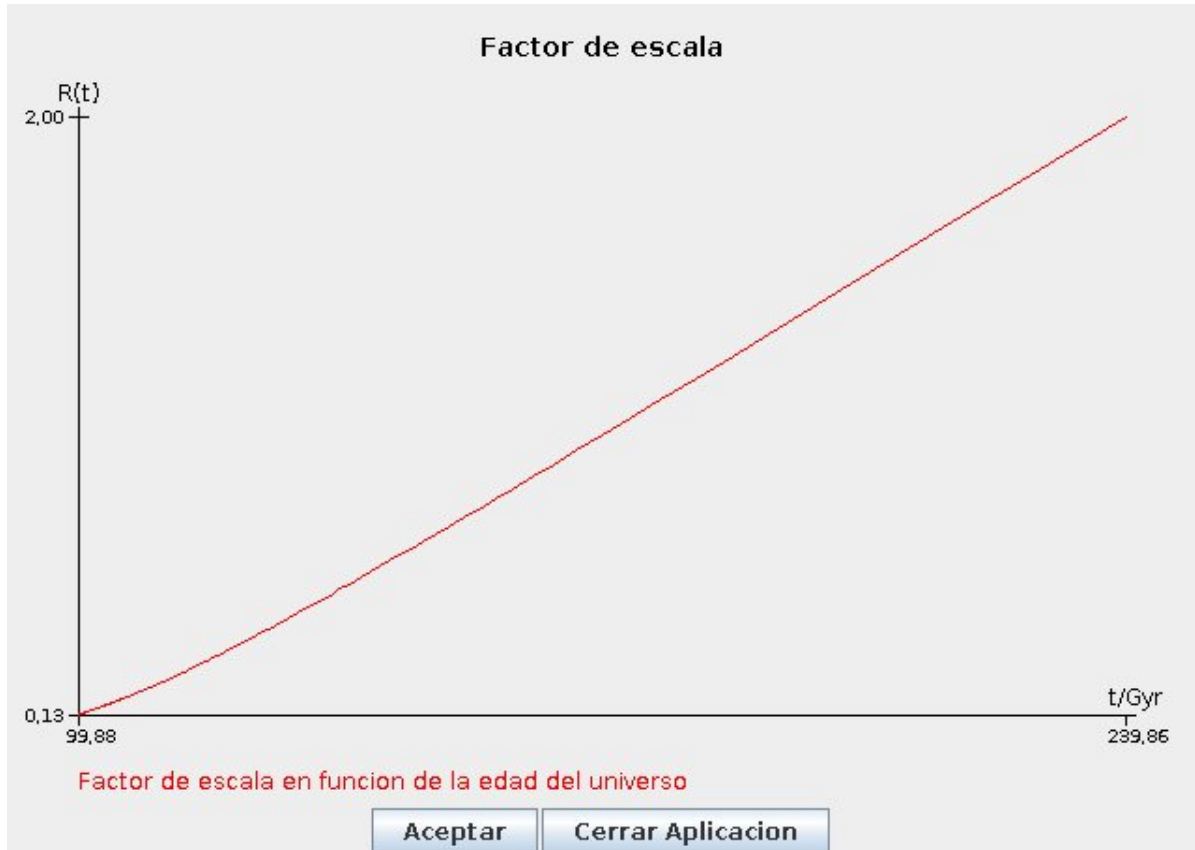


Figura 4: Factor de escala para un universo dominado por vacío. Los parámetros utilizados son $\Omega_M = 0$, $\Omega_\Lambda = 1$ y $H_0 = 71$.

Ya que ciertamente la función no se parece a la función exponencial. Sin embargo si tomamos valores ligeramente distintos el resultado es completamente diferente:

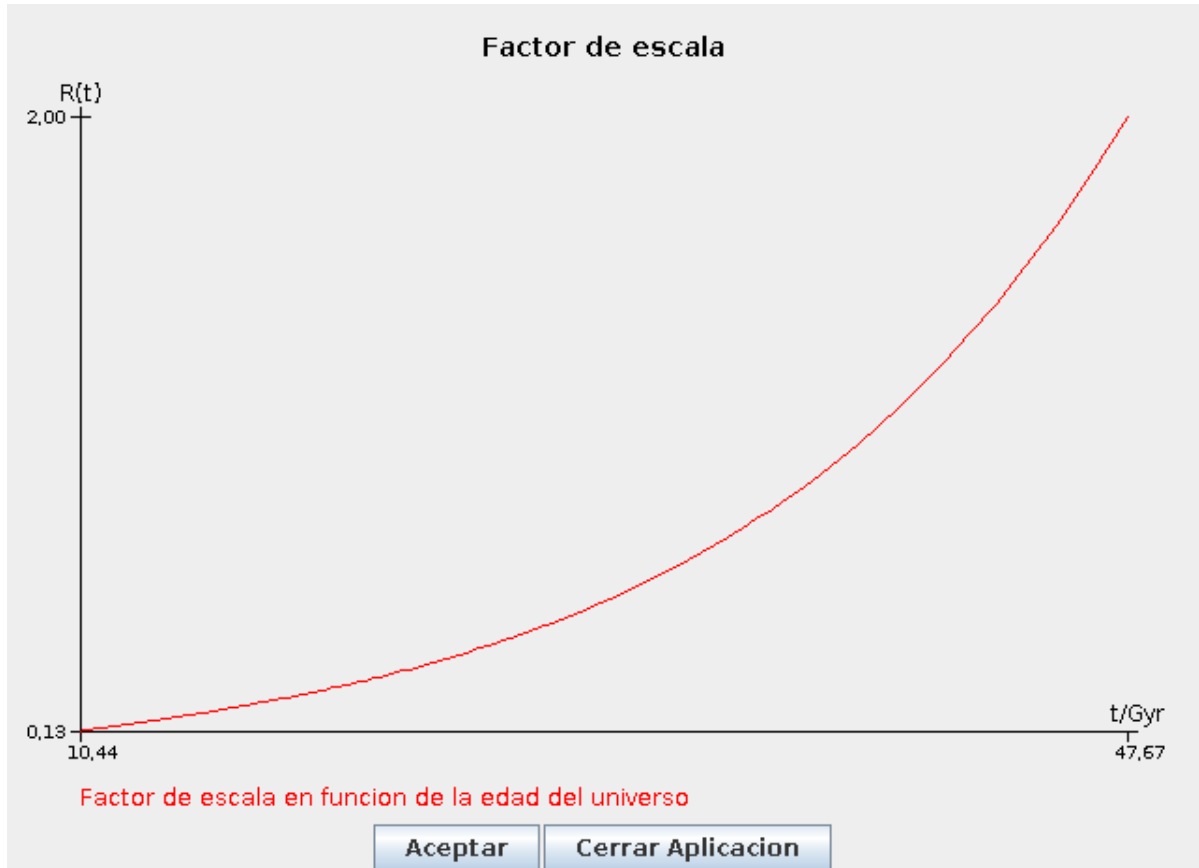


Figura 5: Factor de escala para un universo dominado por vacío con parámetros utilizados son $\Omega_M = 0,001$, $\Omega_\Lambda = 0,999$ y $H_0 = 71$.

que si se parece a una función exponencial. Es evidente que hay que tener mucho cuidado con los valores que introducimos en la calculadora ya se están utilizando métodos numéricos para resolver las ecuaciones y si no lo tenemos en cuenta nos llevamos sorpresas.

Factor de escala en un universo dominado por materia.

En este caso se espera que $R(t) \propto t^{2/3}$. El resultado es:



Figura 6: Factor de escala para un universo dominado por materia. Los parámetros utilizados son $\Omega_M = 1$, $\Omega_\Lambda = 0$ y $H_0 = 71$.

En éste caso al introducir los valores extremos 1 y 0 si que se parece mucho a la función $t^{2/3}$. Estos resultados refuerzan la idea de que el código es correcto.

Referencias

- [1] Dirección electrónica: <http://www.astro.ucla.edu/~wright/CosmoCalc.html>
- [2] Dirección electrónica: <http://www.bo.astro.it/~cappi/cosmotools>