



Facultad de Ingeniería, Ciencias y Administración  
Magister en Ciencias mención Física

# Phantom Evolution: DE-DM Interacting

***Paulo Cifuentes Cifuentes.***


Candidato grado de Magister  
Prof. Guía : Dr. Francisco Peña

15-Marzo-2012



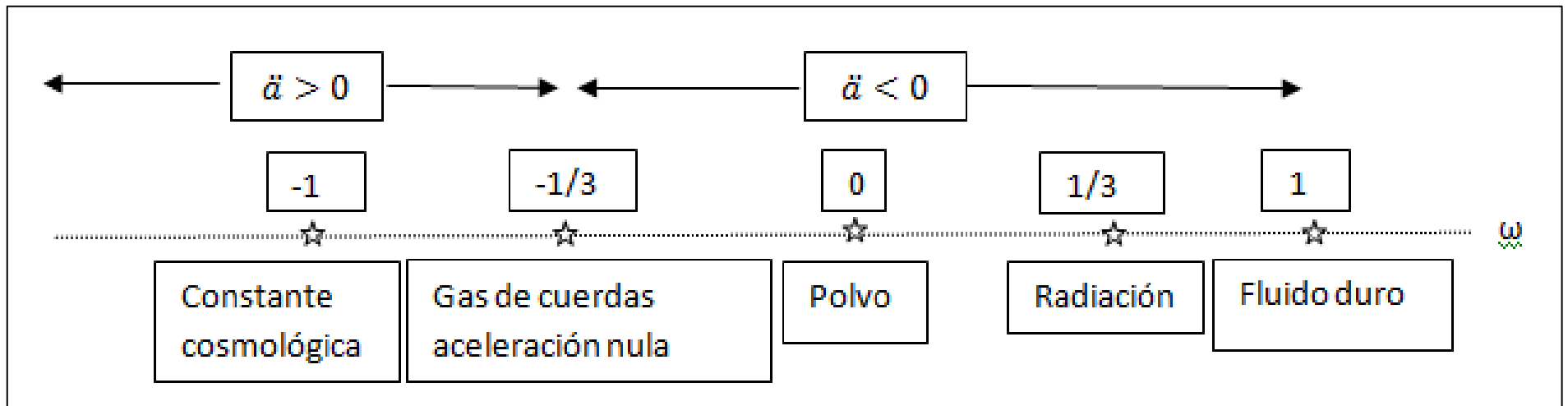
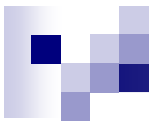
# Resumen

- ✓ Interacción entre materia oscura y energía oscura.
- ✓ Cosmología Friedmann-Robertson-Walker (FRW).
- ✓ Modelos cosmológicos que describan un universo acelerado y compatible con la coincidencia cósmica y una posible evolución fantasma.

- 
- Teoría General de la Relatividad.
  - Los modelos estándar de FRW.
  - Diversas observaciones (supernovas Ia, COBE y WMAP).
  - Análisis de resultados recientes detectan un 4.5% de materia , 21% de materia oscura y 74% ¿?.



- Energía Oscura.
- Observaciones recientes (WMAP) muestran que el parámetro de estado  $-1.18 < \omega < -0.93$ .
- Materia bariónica y oscura cuya ecuación de estado es  $p=0$ .
- Fluido exótico con parámetro de estado tal que  $\omega < -1/3$



# MODELO HOLOGRÁFICO

$$\begin{aligned}3H^2 &= \rho_{DE} + \rho_{DM} \\ \dot{H} + H^2 + \frac{1}{6}(\rho_{DM} + \rho_{DE} + 3\omega_{DE}\rho_{DE}) &= 0 \\ \dot{\rho}_{DE} + 3H(\rho_{DE} + \omega_{DE}\rho_{DE}) &= -Q \\ \dot{\rho}_{DM} + 3H\rho_{DM} &= Q \\ \rho_{DE} &= 3(\alpha H^2 + \beta \dot{H}) \\ p_{DE} &= \omega_{DE}\rho_{DE} \\ p_{DM} &= 0\end{aligned}$$

- Para resolver las ecuaciones se utilizara un Ansatz en el parámetro de estado.

$$\omega_{DE}(a) \equiv \omega_0 + \eta_0(1 - a)$$

Luego de resolver las ecuaciones se obtiene H que tiene la siguiente forma:

$$H = H_0 a^{-3 \frac{b_1}{b_3}} \left( \frac{\frac{b_3}{b_4} - a}{\frac{b_3}{b_4} - 1} \right)^{3 \frac{b_2}{b_3} \left( \frac{b_1}{b_2} - \frac{b_3}{b_4} \right)}$$

donde

$$b_1 = 1 + \alpha\omega_0 + \alpha\eta_0 ; b_2 = \alpha\eta_0 ; b_3 = 2 + 3\beta\omega_0 + 3\beta\eta_0 ; b_4 = 3\beta\eta_0$$

- Análisis de  $H$  para los distintos signos que pueden tener  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  y  $b_4$ , respetando que  $H$  tiene que ser positivo.  
Restricciones para los parámetros
  - $\alpha, \beta$  y  $\eta_0 > 0 \Rightarrow b_2$  y  $b_4 > 0$ , y  $\omega_0 < 0$ .

➤ Luego de hacer el análisis para  $H > 0$  y el análisis de energía débil  $\rho_{DE} > 0$  y  $\rho_{DM} > 0$  compararemos ambos casos para ver cuales se contradicen y de esta forma descartarlos.



## CASO 2

En este caso seguiremos manteniendo las condiciones de que  $b_1 > 0$  y  $b_3 > 0$ , pero cambiaremos el signo de  $\frac{b_1}{b_3} - \frac{b_2}{b_4} < 0$ .


$$b_1 > 0 \Rightarrow \alpha < -\frac{1}{\omega_0 + \eta_0}$$

$$b_3 > 0 \Rightarrow \beta < -\frac{2}{3(\omega_0 + \eta_0)}$$

$$\frac{b_1}{b_3} - \frac{b_2}{b_4} < 0 \Rightarrow \frac{b_1}{b_3} < \frac{b_2}{b_4} \Rightarrow \frac{\beta}{\alpha} < \frac{2}{3}$$

$$\frac{b_3}{b_4} - a > 0 \Rightarrow a < \frac{b_3}{b_4} \Rightarrow a < \frac{2}{3\beta\eta_0} + \frac{\omega_0}{\eta_0} + 1$$

$$\frac{b_3}{b_4} - 1 > 0 \Rightarrow b_3 > b_4 \Rightarrow \beta < -\frac{2}{3\omega_0}$$

- 
- Analicemos el caso 2 ya que éste es el único que tiene soluciones cosmológicas para este modelo utilizando los valores propuestos para las constantes\*, ya que el parámetro de coincidencia es de la misma forma y el valor de estas constantes también respetan las restricciones de este caso. Los valores para las constantes son:  $\alpha = 0.8$ ,  $\beta = 0.3$ ,  $\omega_0 = -1.096$  y  $\eta_0 = 0.95$

\*Crossing the phantom divide with Ricci-like holographic dark energy, F. Peña, S.Lepe, **Eur.Phys.J.C69:575-579,2010**

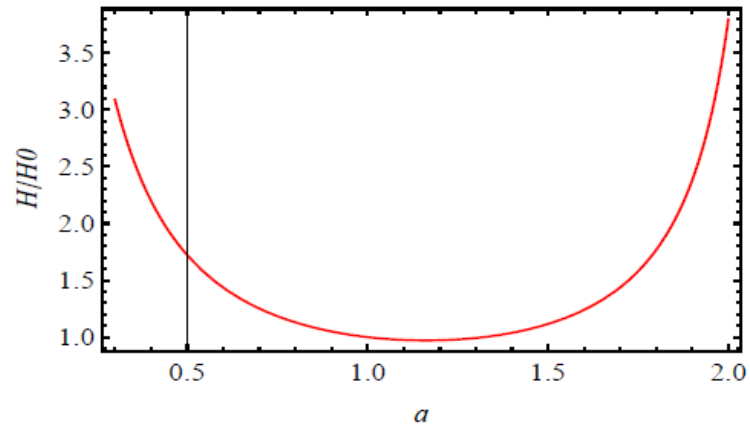


FIG. 1:  $\frac{H}{H_0}$  v/s  $a$  en esta gráfica cuando  $a = 2.1855$  se produce la singularidad a este punto lo llamaremos  $a_s = 2.1855$

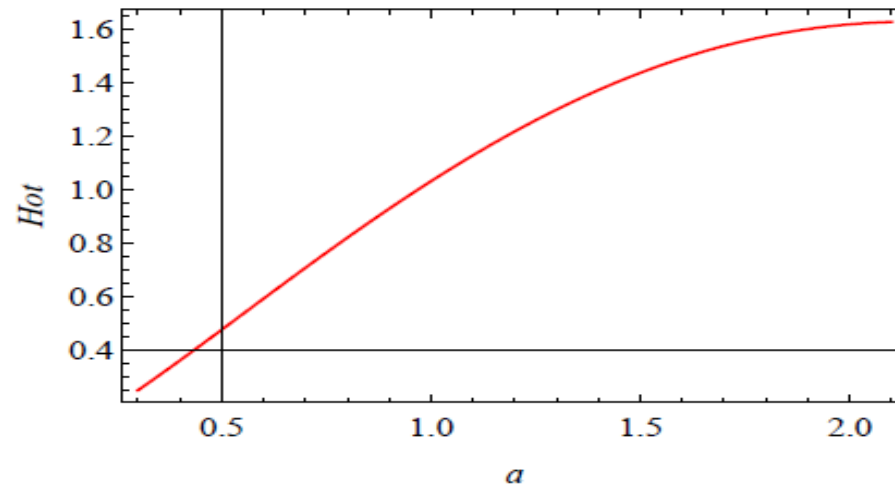


FIG. 2:  $H_0t$  v/s  $a$  en esta gráfica tiene una singularidad en  $a_s = 2.1855$

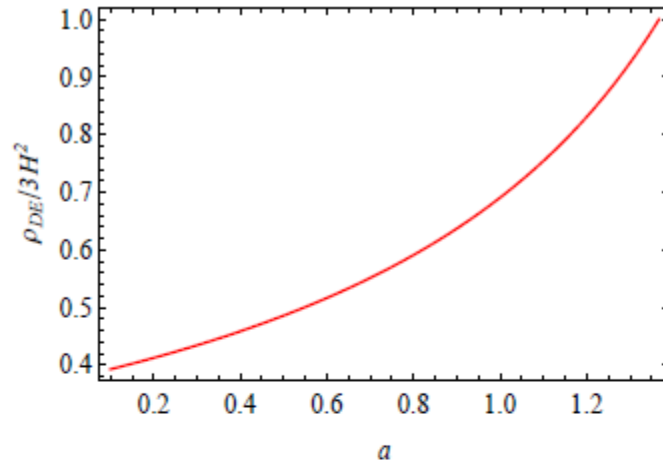


FIG. 3:  $\frac{\rho_{DE}}{3H^2}$  v/s  $a$  la densidad de energía oscura holográfica tiene una singularidad en  $a_s = 2.1855$

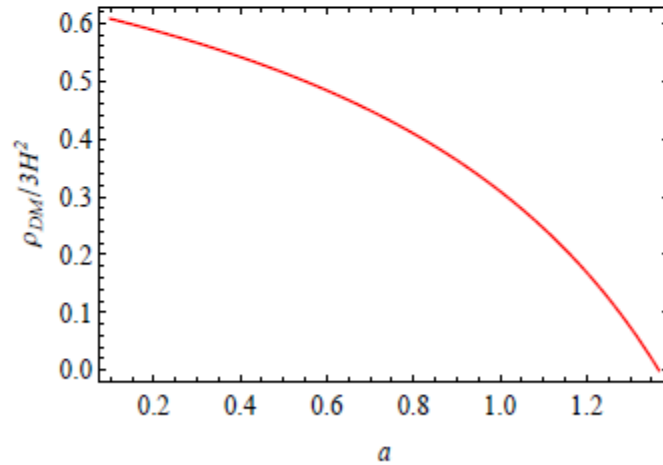


FIG. 4:  $\frac{\rho_{DM}}{3H^2}$  v/s  $a$  la densidad de materia oscura para respetar que siempre tiene que ser positiva por lo tanto  $a < 1.36678$  a esta cifra la denominaremos  $a_c = 1.36678$

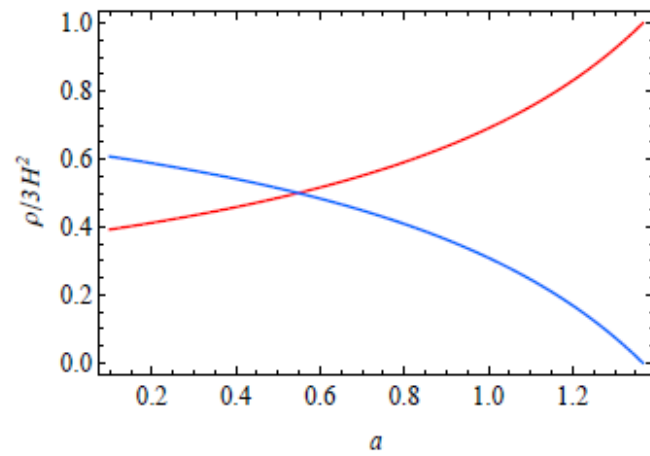


FIG. 5: la línea de color azul representa la materia oscura y línea de color rojo la energía oscura holográfica

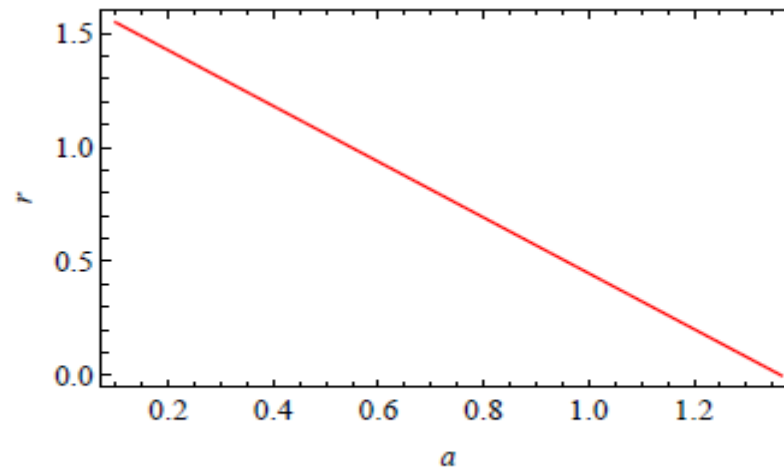
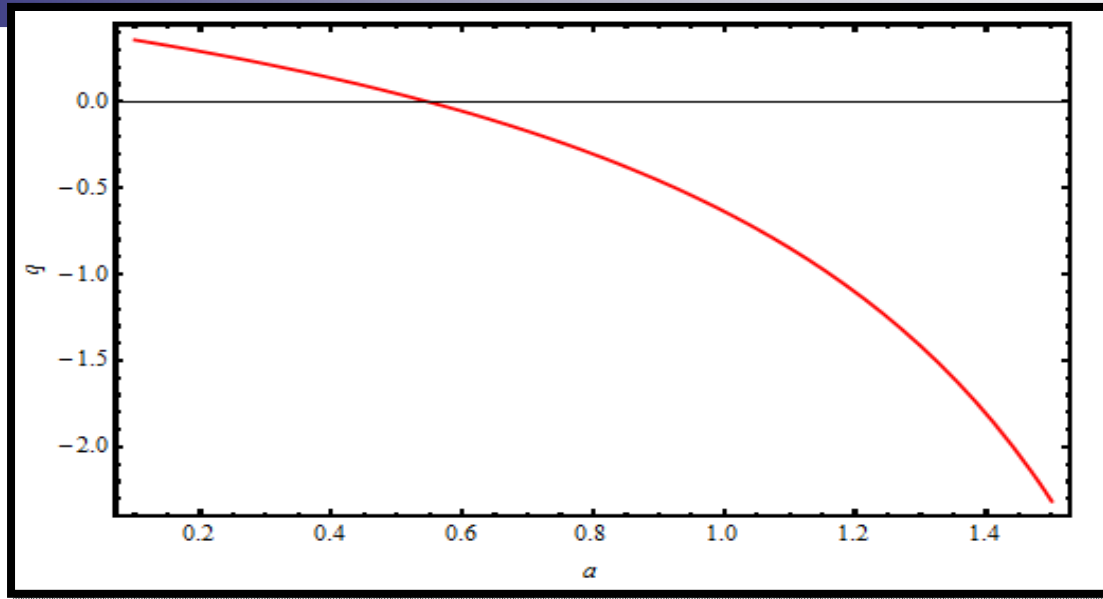
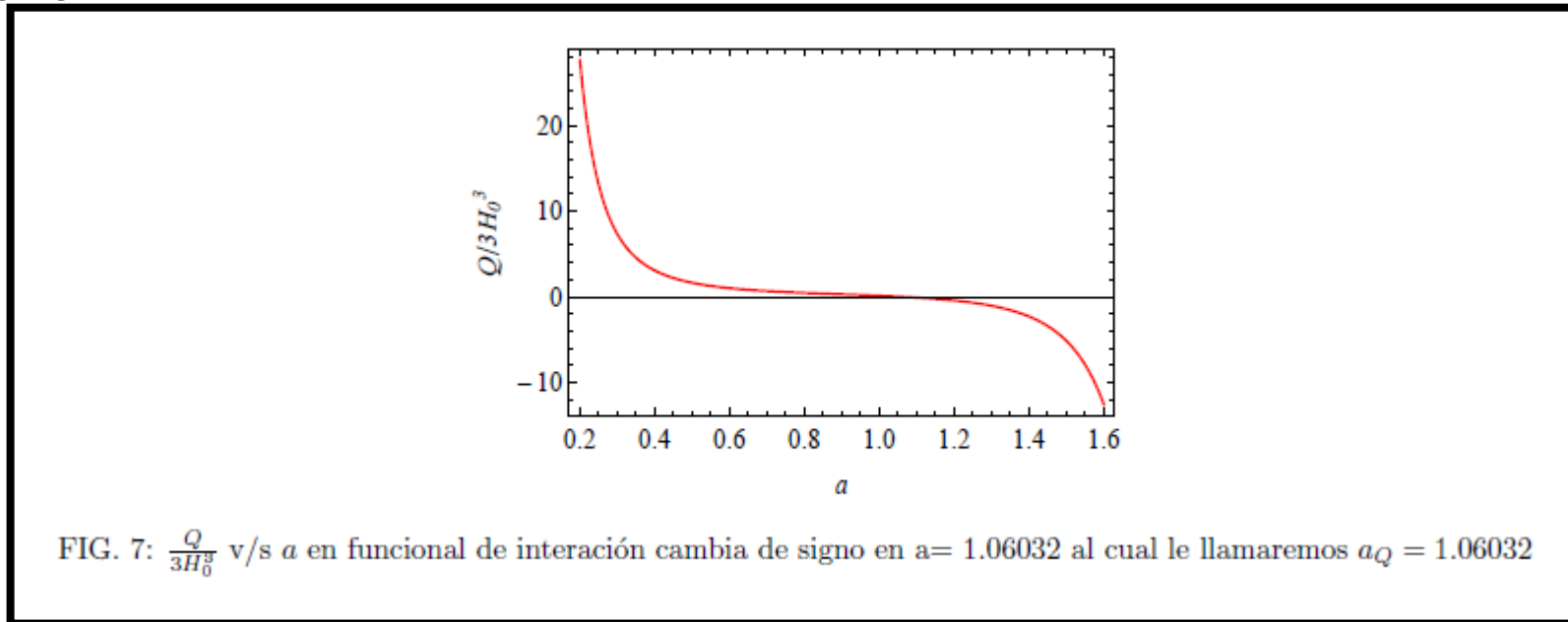
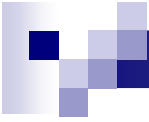


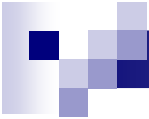
FIG. 6:  $r$  v/s  $a$  r el parámetro de coincidencia va de  $0 < a < a_c$  con  $a_c = 1.36678$



Gráfica  $q$  v/s  $a$ : el parámetro de desaceleración cambia de signo en  $a=0.5481$



- 
- La gráfica (1) ,(2) y (3) presentan una singularidad en el punto  $a_s$ , pero la gráfica de densidad de materia oscura (4) toma valores negativos para valores mayores a  $a_c$  pero la densidad de energía oscura tiene que ser siempre positiva por lo cual  $a_c < 1:36678$  y también la gráfica (6) muestra que el parámetro de coincidencia tiene valores positivos entre  $0 < a < a_c$  por lo cual nuestro modelo es valido dentro de este rango. Por lo que no se alcanza la singularidad en nuestro modelo ya que  $a_s > a_c$ . Luego la gráfica (7) muestra el funcional de interacción el cual sufre un cambio de signo para  $a_Q$ , lo cual lo podemos interpretar que para  $Q > 0$  hay un traspaso de energía oscura a materia oscura y para  $Q < 0$  los indica que hay un traspaso de materia oscura a energía oscura.



## On the Dark Sector Interactions

Rong-Gen Cai<sup>\*</sup> and Qiping Su<sup>†</sup>

*Key Laboratory of Frontiers in Theoretical Physics,  
Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences,  
P.O. Box 2735, Beijing 100190, China*

(Dated: April 12, 2010)

## Running coupling: Does the coupling between dark energy and dark matter change sign during the cosmological evolution?

Yun-He Li<sup>1</sup> and Xin Zhang<sup>1,2,\*</sup>

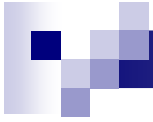
<sup>1</sup>*Department of Physics, College of Sciences, Northeastern University, Shenyang 110819, China*

<sup>2</sup>*Center for High Energy Physics, Peking University, Beijing 100080, China*



# Referencias

- [1] SNIa data, S.Perlmutter et al [Supernova Cosmology Project Collaboration],
- [2] Astrophysics. J. **517**, 565 (1999);
- [3] A.G.Riess et al [Supernova Search Team Collaboration], Astron. J. **116**, 1009 (1998) and Astron. J. **117**, 707 (1999);
- [4] WMAP 3-year data, D.N.Spergel et al [WMAP Collaboration], Astrophys.J.Suppl.,**170**, 377 (2007);
- [5]. M. Tegmark et al [SDSS Collaboration], Phys. Rev. D **69**, 103501 (2004).
- [6] A. Cohen, D. Kaplan and A. Nelson, Phys. Rev. Lett. **82** (1999) 4971.
- [7] S. D. H. Hsu, Phys. Lett. B **594** (2004) 13; M. Li, Phys. Lett. B **603**, 1 (2004).
- [8] S.Lepe and F.Pena,"Crossing the phantom divide with Ricci-like holographic dark energy," Eur. Phys. J. C **69** (2010) 575 [arXiv:1005.2180 [hep-th]].
- [9]D.Pavon and W.Zimdahl,"Holographic dark energy and present cosmic acceleration," AIP Conf.Proc. **841** (2006) 356 [arXiv:hep-th/0511053].
- [9] V. Gorini, A. Kamenshchik and U. Moschella, Phys. Rev. D **67** 063509 (2003); U. Alam, V. Sahni , T. D. Saini and A.A. Starobinsky, Mon. Not. Roy. Astron. Soc. **344**, 1057 (2003).
- [10]S.del Campo, R.Herrera and D.Pavon,"Interacting models may be key to solve the cosmic coincidence problem," JCAP **0901**(2009) 020[arXiv:0812.2210 [gr-qc].
- [11] A. Kamenshchik, U. Moschella and V. Pasquier, Phys. Lett. B **511** 265 (2001).
- [12] V. Gorini, A. Kamenshchik and U. Moschella, Phys. Rev. D **67** 063509 (2003); U. Alam, V. Sahni , T. D.
- [13] M. C. Bento, O. Bertolami and A. A. Sen, Phys. Rev. D **66** 043507 (2002).
- [14] Xin Zhang, Feng-Quan Wu, Jingfei Zhang
- [15] H. B. Benaoum, hep-th/0205140.
- [16] U. Debnath, A. Banerjee and S. Chakraborty, Class. Quantum Grav. **21** 5609 (2004).
- [17] L. Amendola, F. Finelli, C. Burigana and D. Carturan, JCAP **0307**, 005 (2003);
- Dao-jun Liu and Xin-zhou Li, Chin. Phys. Lett. **22**, 1600-1603 (2005);
- Sandro Silva e Costa, Maximiliano Ujevic and Alejandro Ferreira dos Santos, Gen.Rel.Grav.**40**,1683-1703 (2008);
- M. R. Setare, Phys. Lett. B **644**, 99 (2007).
-



■ GRACIAS



Facultad de Ingeniería, Ciencias y Administración  
Magister en Ciencias mención Física

# Phantom Evolution: DE-DM Interacting

***Paulo Cifuentes Cifuentes.***

Candidato grado de Magister  
Prof. Guía : Dr. Francisco Peña

15-Marzo-2012