

---

---

# Modelos de energía oscura dinámicos y el modelo cosmológico $\Lambda$ CDM

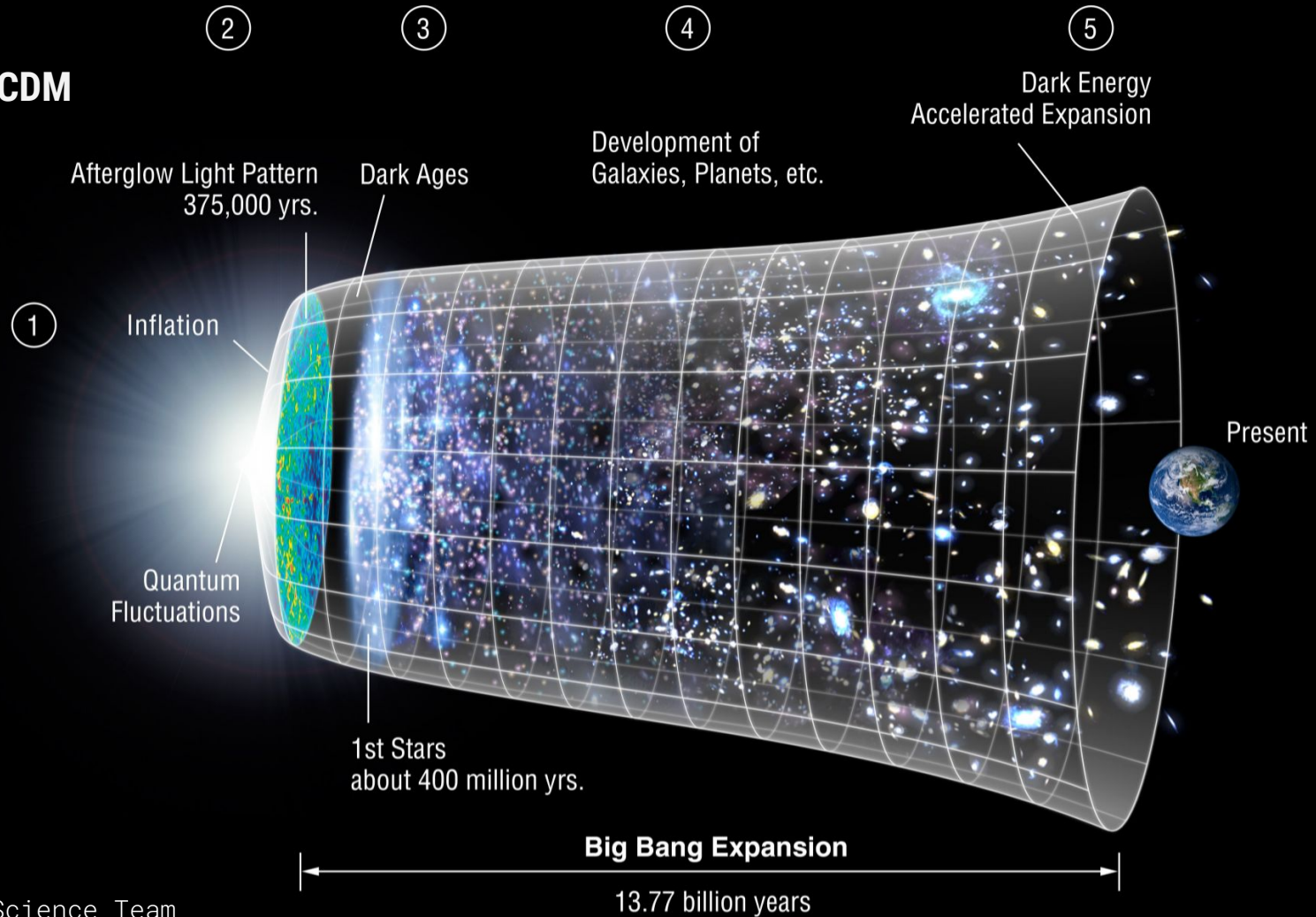
Gerald Barnert  
Prof. Luis Campusano & Grigoris Panotopoulos

---

---

Panotopoulos & Rincón (2018)

# Modelo $\Lambda$ CDM



- Expansión acelerada del Universo

$$\Omega_{m,0} = \frac{\rho_{m,0}}{\rho_{crit,0}} \approx 0.3 \quad (1)$$

- Energía oscura:
  - Constante cosmológica:  
Energía del vacío

Densidad de energía 120 órdenes de  
magnitud más grande que el  
observado!!

# Objetivos

- Comparar modelos de energía oscura dinámicos con el modelo  $\Lambda$ CDM:
  - Cosmología de fondo
  - Perturbaciones lineales
  - Parametrización lineal del índice de crecimiento



# Universo isótropo y homogéneo

$$ds^2 = dt^2 - a^2(t) [dr^2 + r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2)] \quad (2)$$

$$H^2(z) = \left( \frac{\dot{a}}{a} \right)^2 = H_0^2 [\Omega_{m,0}(1+z)^3 + \Omega_{r,0}(1+z)^4 + \Omega_{de}] \quad (3)$$

Ecuación de estado:

$$w = \frac{p}{\rho} \quad (4)$$

# Parametrizaciones de la ecuación de estado

$$w = -1 \quad (5) \quad \longrightarrow \quad \Lambda\text{CDM}$$

$$w(z) = w_0 + w_1 z \quad (6) \quad \longrightarrow \quad \text{Linear}$$

$$w(z) = w_0 + w_1 \frac{z}{1+z} \quad (7) \quad \longrightarrow \quad \text{Linder}$$

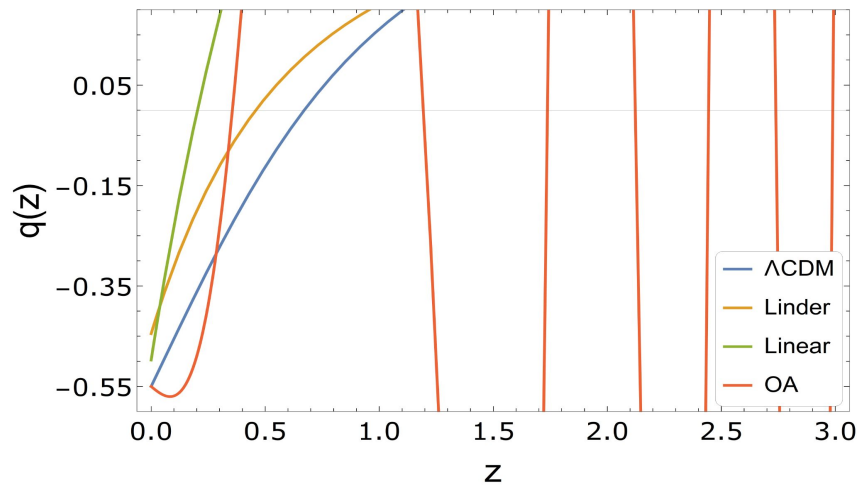
 Oscillating Ansätze

$$H^2(z) = H_0^2 \left[ \Omega_{m,0}(1+z)^3 + a_1 \cos(a_2 z^2 + a_3) + (1 - a_1 \cos(a_3) - \Omega_{m,0}) \right] \quad (8)$$

Parámetros: Nesseris & Perivolaropoulos (2004)

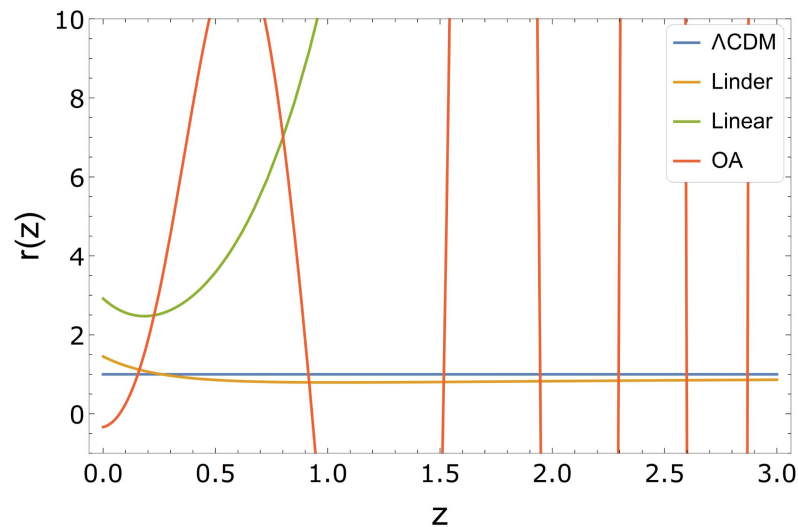
parámetro de desaceleración

$$q = -\frac{\ddot{a}}{aH^2} \quad (9)$$



parámetro statefinder

$$r = \frac{\ddot{a}}{aH^3} \quad (10)$$



# Perturbaciones lineales

$$\delta = \frac{\delta\rho}{\rho} \quad (11)$$

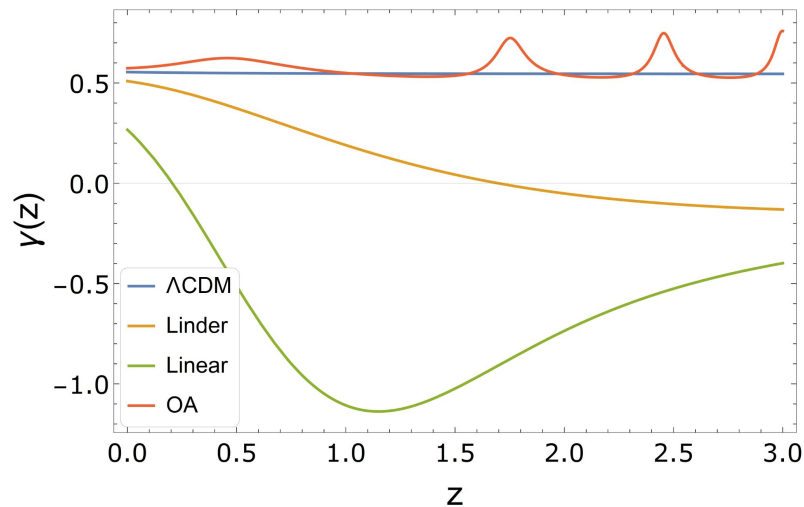
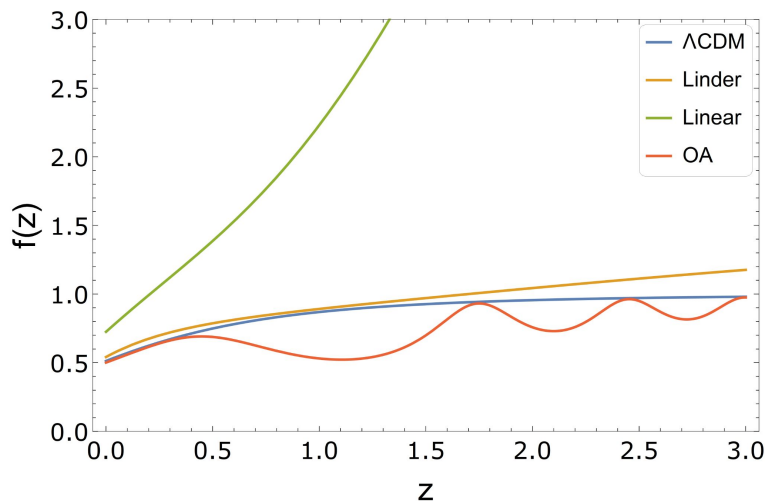


$$\ddot{\delta} + 2H\dot{\delta} - 4\pi G\rho_m\delta = 0 \quad (12)$$

$f$ : tasa de crecimiento

$$f \equiv \frac{d \ln \delta}{d \ln a} = \Omega_m^\gamma \quad (13)$$

$\gamma$ : índice de crecimiento



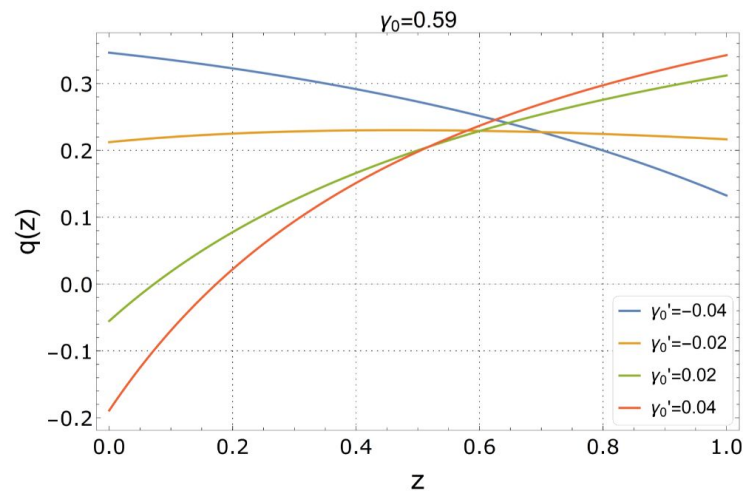
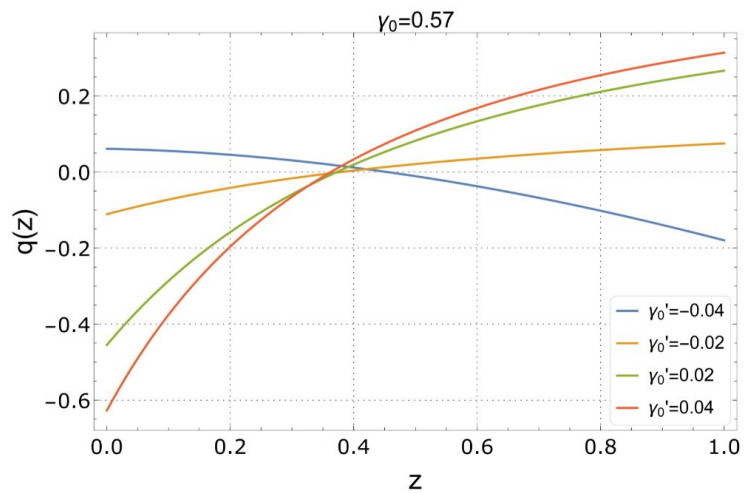
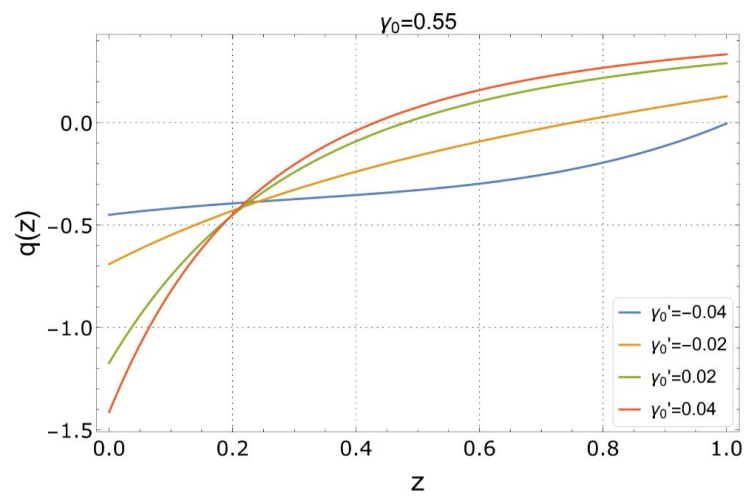
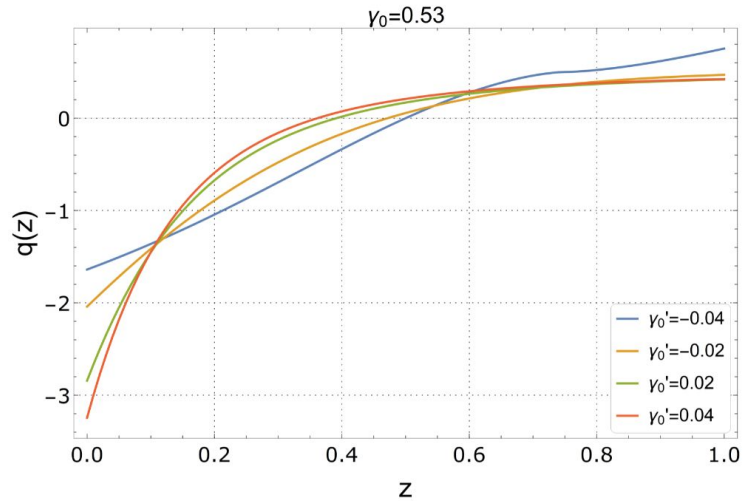


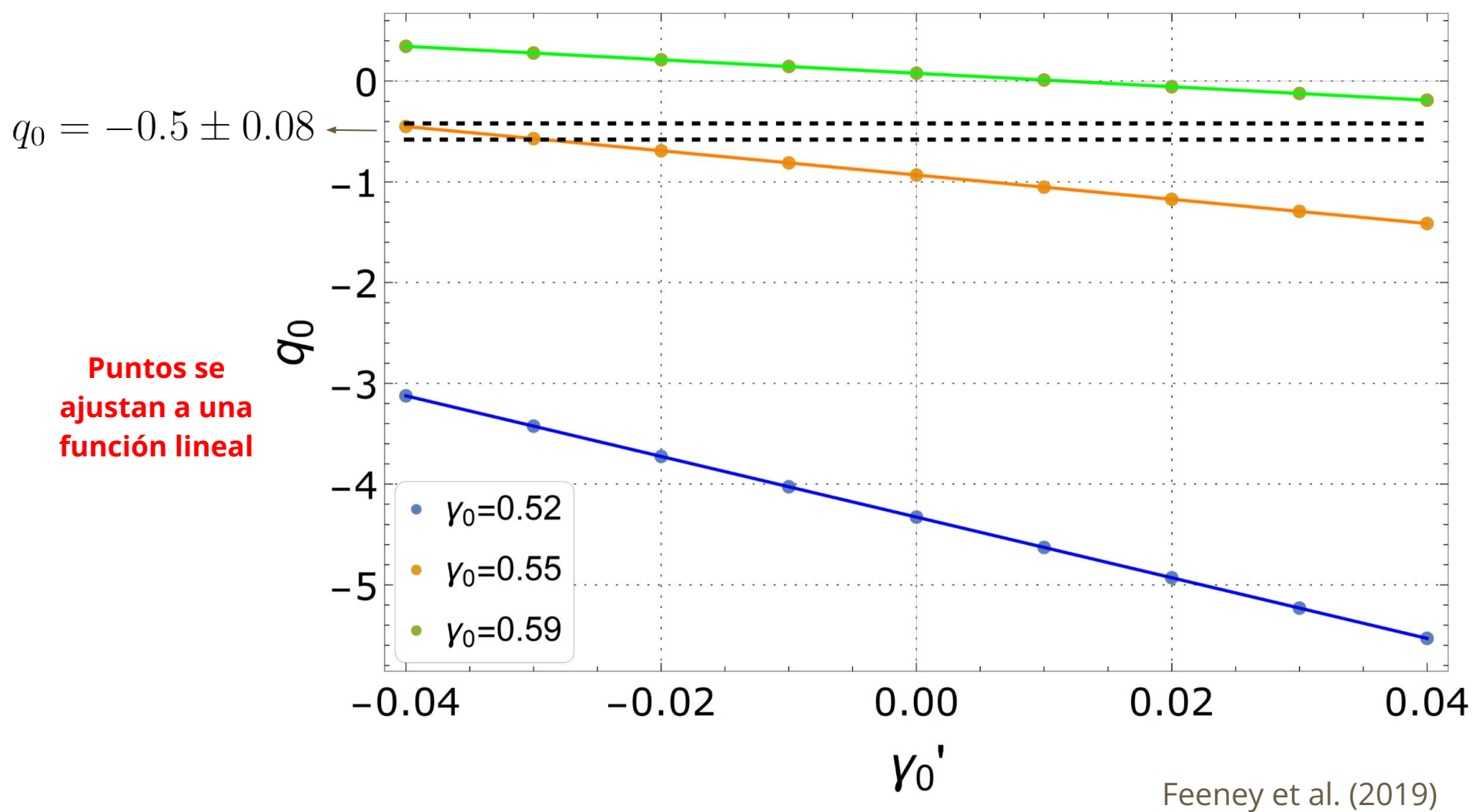
# Parametrización del índice de crecimiento

$$\gamma(z) \approx \gamma_0 + \gamma'_0 z \quad (14)$$

$$\begin{aligned} 0.5 &< \gamma_0 < 0.6 \\ -0.05 &< \gamma'_0 < 0.05 \end{aligned}$$

- Estudiar la conexión entre el índice de crecimiento y el parámetro de desaceleración





# Conclusiones

Euclid, WFIRST → Naturaleza de la energía oscura

- Cosmología de fondo:
  - Modelos coinciden en un universo en aceleración
  - Mejor ajuste a  $\Lambda$ CDM: Modelo Linder
- Perturbaciones lineales:
  - Mejor ajuste a  $\Lambda$ CDM: Modelo Linder y oscilatorio
- Parametrización lineal del índice de crecimiento:
  - $q(z)$  se intersectan en el mismo punto
  - Restricciones para  $\gamma_0, \gamma_0'$
  - $q_0(\gamma_0') \rightarrow$  función lineal

$$d_L(z) = \frac{cz}{H_0} \left[ 1 + \frac{z}{2} (1 - q_0) - \frac{z^2}{6} (1 - q_0 - 3q_0^2 + j_0) \right]$$

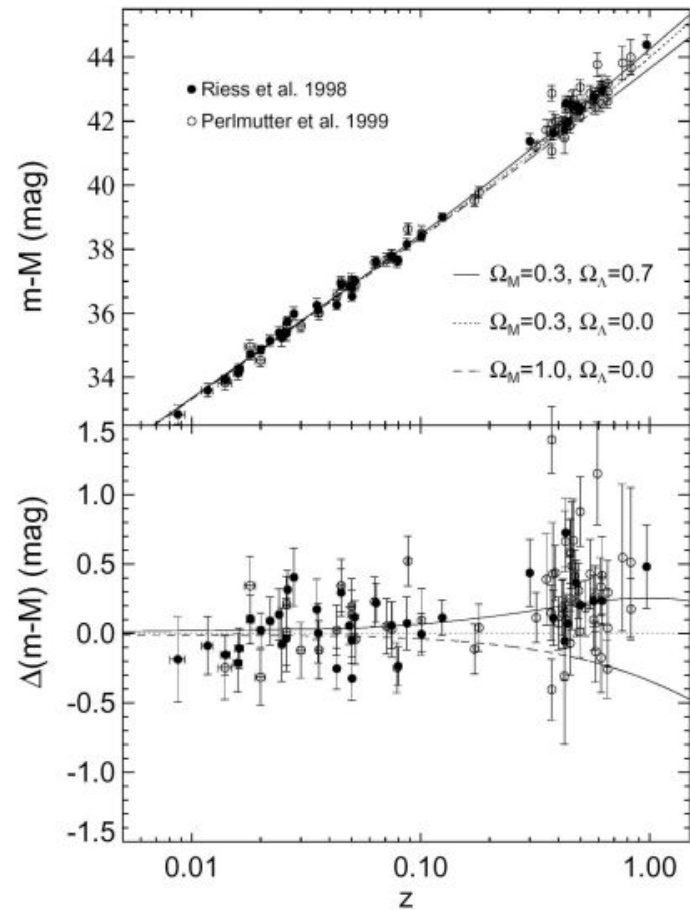
Feeney et al. (2019)

- Expansión acelerada del Universo

$$\Omega_{m,0} = \frac{\rho_{m,0}}{\rho_{crit,0}} \approx 0.3 \quad (1)$$

- Energía oscura:
  - Constante cosmológica:  
Energía del vacío

Densidad de energía 120 órdenes de  
magnitud más grande que el  
observado!!



Barbara Ryden, 2002

