

Estadísticas de Primer Orden

Cuentas de Galaxias

Correcciones K

Distribuciones en Redshift

Cuentas de Galaxias

Una de las observaciones más básicas que se pueden hacer para estudiar evolución es contar galaxias. El experimento tiene dos premisas:

- Determinar el número de galaxias en función de la magnitud aparente.
- Predecir el número de galaxias en función de la magnitud aparente, suponiendo que las galaxias están distribuidas en el universo de acuerdo a la función de luminosidad de Schechter.

Cualquier diferencia entre las cuentas predichas y las observadas es señal de evolución.

Cuentas Euclidianas

Supongamos un universo estático y no-evolutivo donde las galaxias se distribuyen uniformemente en el espacio. Si la densidad espacial es constante, calculemos el número total de objetos hasta una distancia d ,

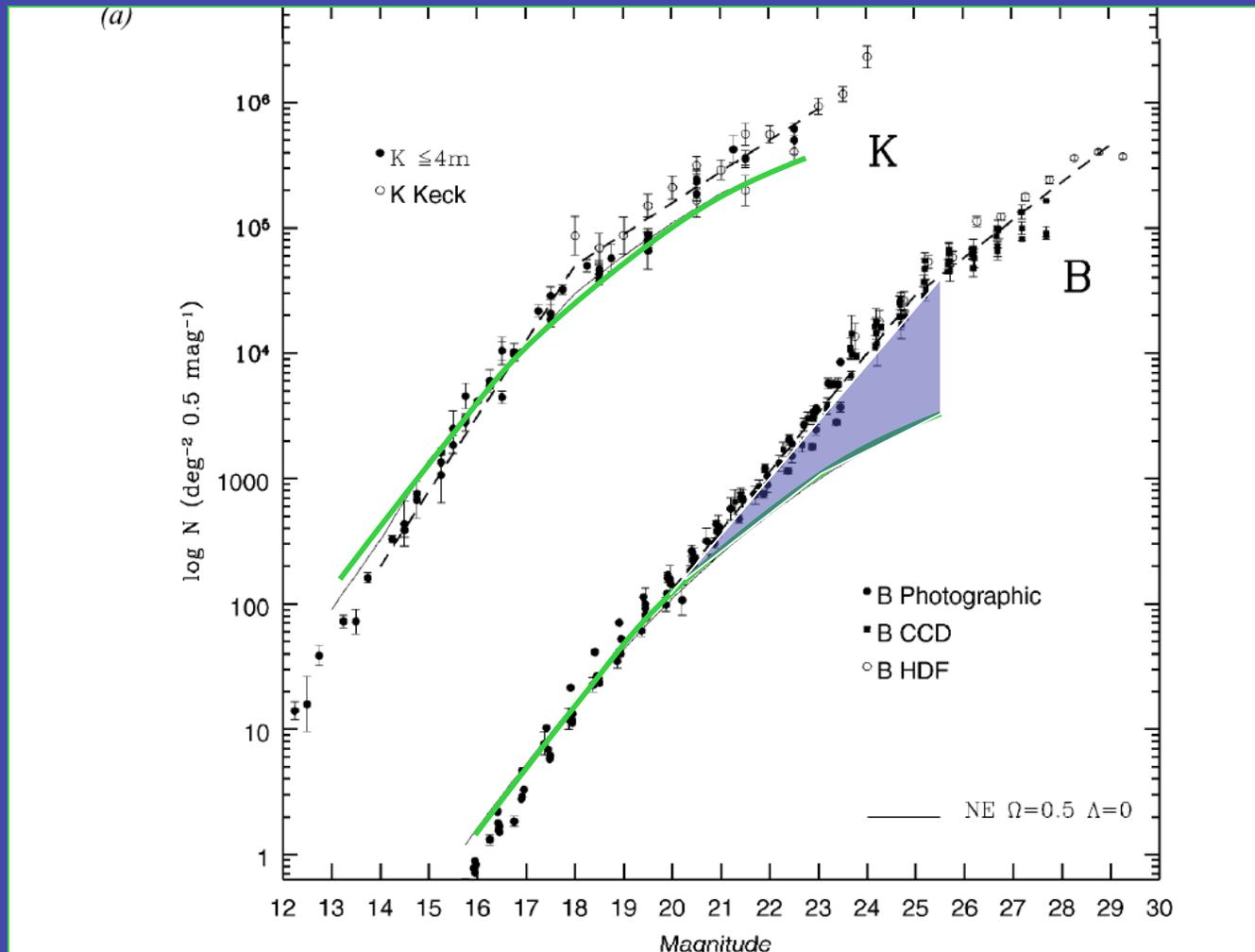
$$N(d) = 4\pi \int_0^d nr^2 dr = \frac{4\pi}{3} nd^3$$

Para galaxias de magnitud absoluta M , d se relaciona con la magnitud aparente

$$N(m) = \frac{4\pi}{3} n 10^{0.6(m-M)+3}$$

$$\log(N) = 0.6m + C$$

Cuentas de Galaxias en bandas B (0.4μ) y K (2.2μ)



Predicciones

Tenemos que hacer una integral de la función de Schechter.

$$N(m)dm = \int_0^{\infty} \phi(M(m))dV$$

Recordemos

$$\phi(M)dM = 0.921\phi^* X^{\alpha+1} e^{-X} dM$$

donde

$$X = 10^{0.4(M^* - M)}$$

Evolución

Elemento de Volumen Cosmológico

$$dV = r^2 \sin \theta dr d\theta d\phi$$

Las variables θ y ϕ son independientes de la cosmología. Ya que la cáscara de volumen es concéntrica con la Tierra, el radio vector, r , es la distancia de diámetro angular. Además, escribamos el elemento de volumen con z ,

$$dV = r_A^2 \sin \theta \frac{dr}{dz} dz d\theta d\phi$$

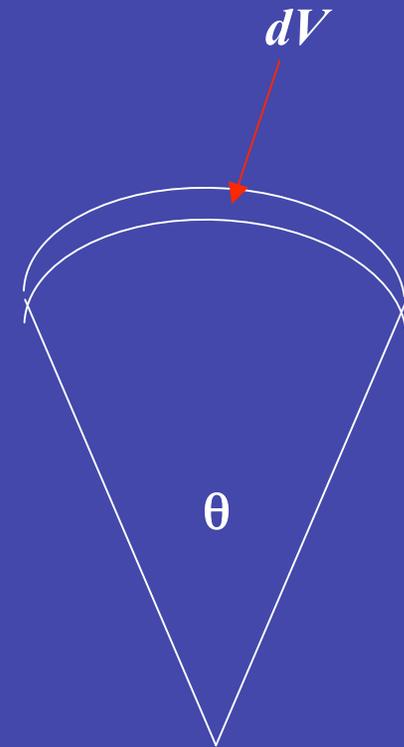
notamos aquí que r cambia con z , hay que usar la distancia propia y no la distancia de diámetro angular. Usamos Rdu ,

Para calcular el elemento de volumen, partimos de la métrica R - W,

$$ds^2 = c^2 dt^2 - R^2 du^2$$

lo que para la luz es, $cdt = Rdu$

Buscamos la relación entre Rdu y z ,



$$dt = \left(\frac{dt}{dR} \right) \left(\frac{R}{R} \right) dR = \left(\frac{R}{\dot{R}} \right) \left(\frac{1}{R} \right) dR = \frac{1}{HR} dR$$

ademas,

$$\frac{R_0}{R} = (1+z) \Rightarrow dR = -\frac{R_0}{(1+z)^2} dz$$

Esto nos queda,

$$Rdu = cdt = \frac{c}{HR} dR = -\frac{c}{HR} \frac{R_0}{(1+z)^2} dz = -\frac{c}{H} \frac{1}{(1+z)} dz$$

Relacionemos H a H_0 . Consideremos un universo cerrado,

$$H = \frac{c}{a} \frac{\sin \theta}{(1 - \cos \theta)^2} \Rightarrow \frac{H}{H_0} = \frac{\sin \theta}{\sin \theta_0} \frac{(1 - \cos \theta_0)^2}{(1 - \cos \theta)^2}$$

$$\text{De la fórmula 2.23, } \Rightarrow \frac{H}{H_0} = \frac{\sin \theta}{\sin \theta_0} (1+z)^2$$

$$\text{ademas, } \frac{\sin \theta}{\sin \theta_0} = \frac{\sqrt{2q_0z+1}}{(1+z)} \Rightarrow \frac{H}{H_0} = \sqrt{2q_0z+1} (1+z)$$

entonces,

$$Rdu = -\frac{c}{H} \frac{1}{(1+z)} dz = \frac{cdz}{H_0 \sqrt{2q_0z+1} \cdot (1+z)^2}$$

$$dV = r_A^2 \frac{c}{H_0 \sqrt{2q_0z+1} \cdot (1+z)^2} \sin \theta dz d\theta d\phi$$

Magnitud Absoluta

Magnitud aparente

$$M = m - 5 \log(d_L) + 5 + K + E$$

Distancia Luminosa

Corrección K

Corrección por Evolución

$$d_L = \frac{c}{H_0 q_0} \left\{ q_0 z + (q_0 - 1) \left[\sqrt{2q_0 z + 1} - 1 \right] \right\}$$

Efectos en la Luminosidad

Hay dos efectos que considerar en la detección de luz a medida que el redshift aumenta.

- **Disminución del brillo superficial**
- **Correcciones K**

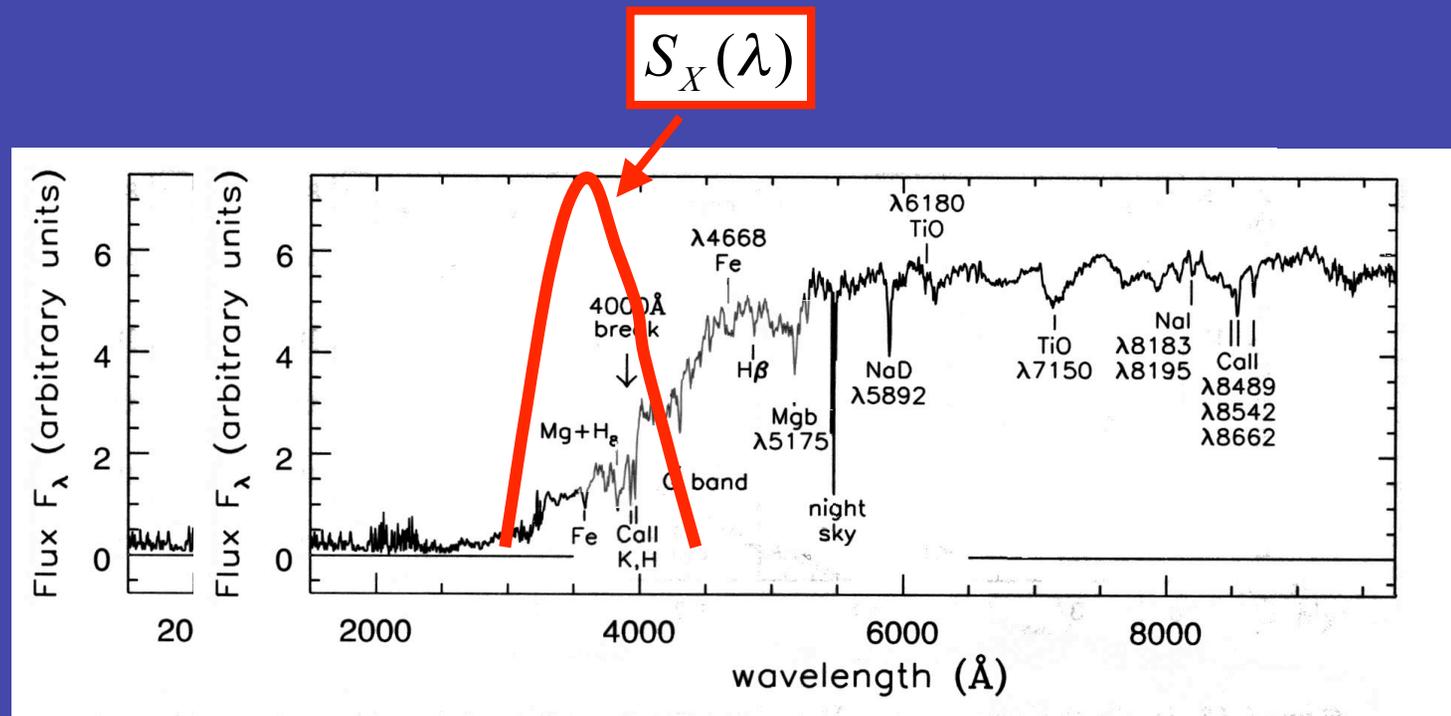
Disminución del brillo superficial con el redshift

A medida que el redshift crece las galaxias se hacen más difícil de ver, debido a la disminución de brillo superficial con redshift.

$$\Sigma = \frac{F}{d_L^2} \cdot \frac{d_A^2}{r^2} = \frac{F}{r^2} (1+z)^{-4}$$

Corrección K

A medida que el redshift crece, los fotones recibidos en una banda X fueron emitidos en longitudes de onda menores. Si tenemos el espectro de la galaxia, podemos hacer la corrección.



La corrección en magnitudes es:

$$K(z) = C - 2.5 \log \left[\frac{\int_0^{\infty} f(\lambda \cdot (1+z)) S_X(\lambda) d\lambda}{\int_0^{\infty} f(\lambda) S_X(\lambda) d\lambda} \right]$$

Constante calibración

Distribución espectral

Respuesta del
filtro en banda X

La corrección K es diferente para espirales que para elípticas, por lo que se necesita la fracción de tipos de galaxias en el volumen considerado para hacer una corrección global.

Corrección por Evolución Pasiva

Como hemos visto en capítulos anteriores, la luz de las galaxias cambia con el tiempo, por evolución estelar. La luz y el color de una elíptica es distinta a $z=0$ que a $z=1$. Por lo tanto, al hacer la integral de cuentas debemos considerar esta corrección, E .

Considerando el “look back time”, expandiendo en $z=0$,

$$\begin{aligned} \text{Evol} &= -2.5 \log e \cdot E \cdot \ln \left\{ 1 - \frac{z}{H_0 t_0} \right\} \approx 1.086 \cdot E \cdot \left\{ \frac{1}{1 - (z / H_0 t_0)} \cdot \frac{1}{H_0 t_0} \right\}_{z=0} \cdot z \\ &\approx 1.086 \cdot E \cdot \left(\frac{z}{H_0 t_0} \right) \approx 1.086 \cdot E \cdot z \end{aligned}$$

donde

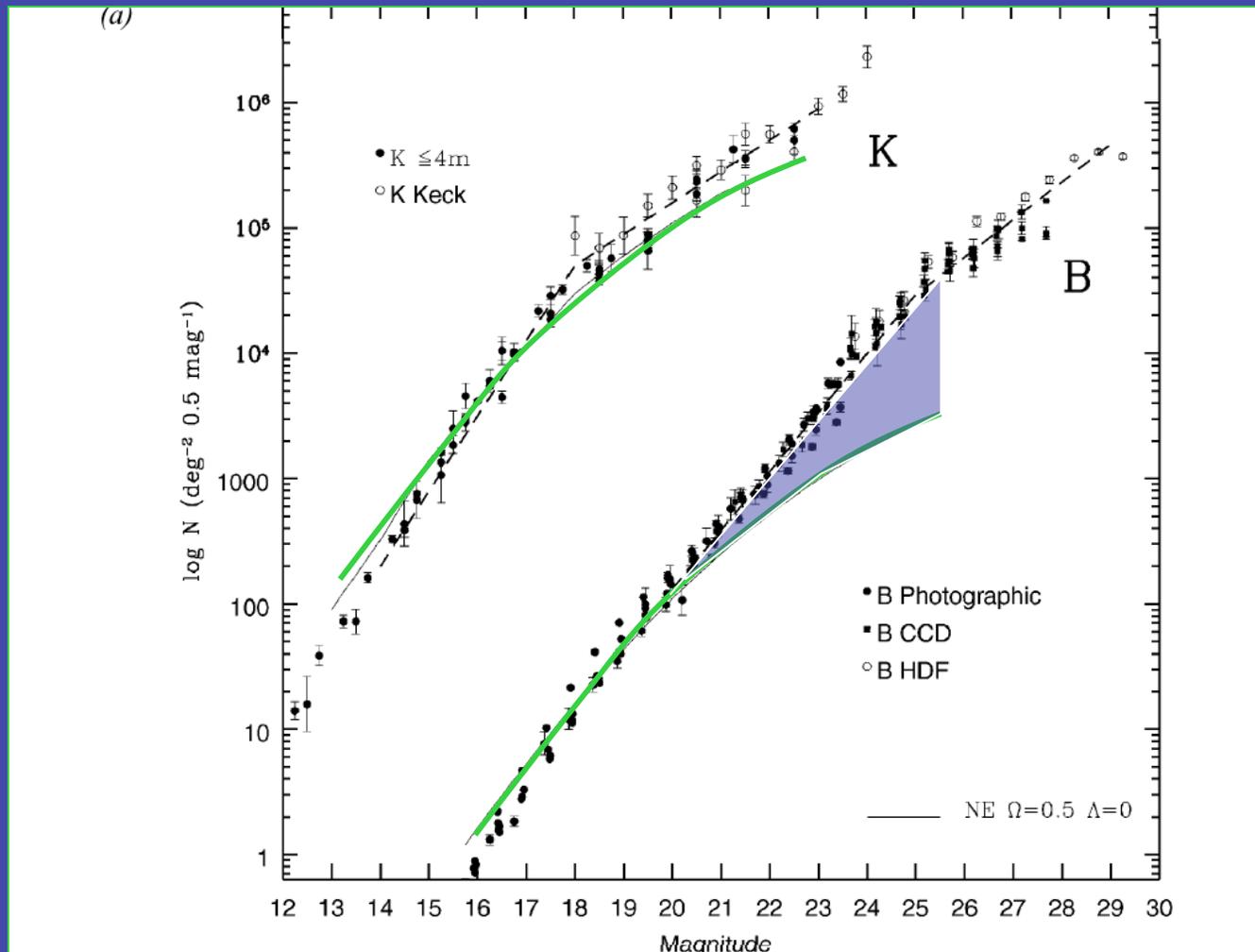
$$E = \frac{d \ln L}{d \ln t} = \frac{1}{\alpha - 1} \left\{ x - \alpha + \frac{G}{G + 1} \right\}$$

Malmquist Bias

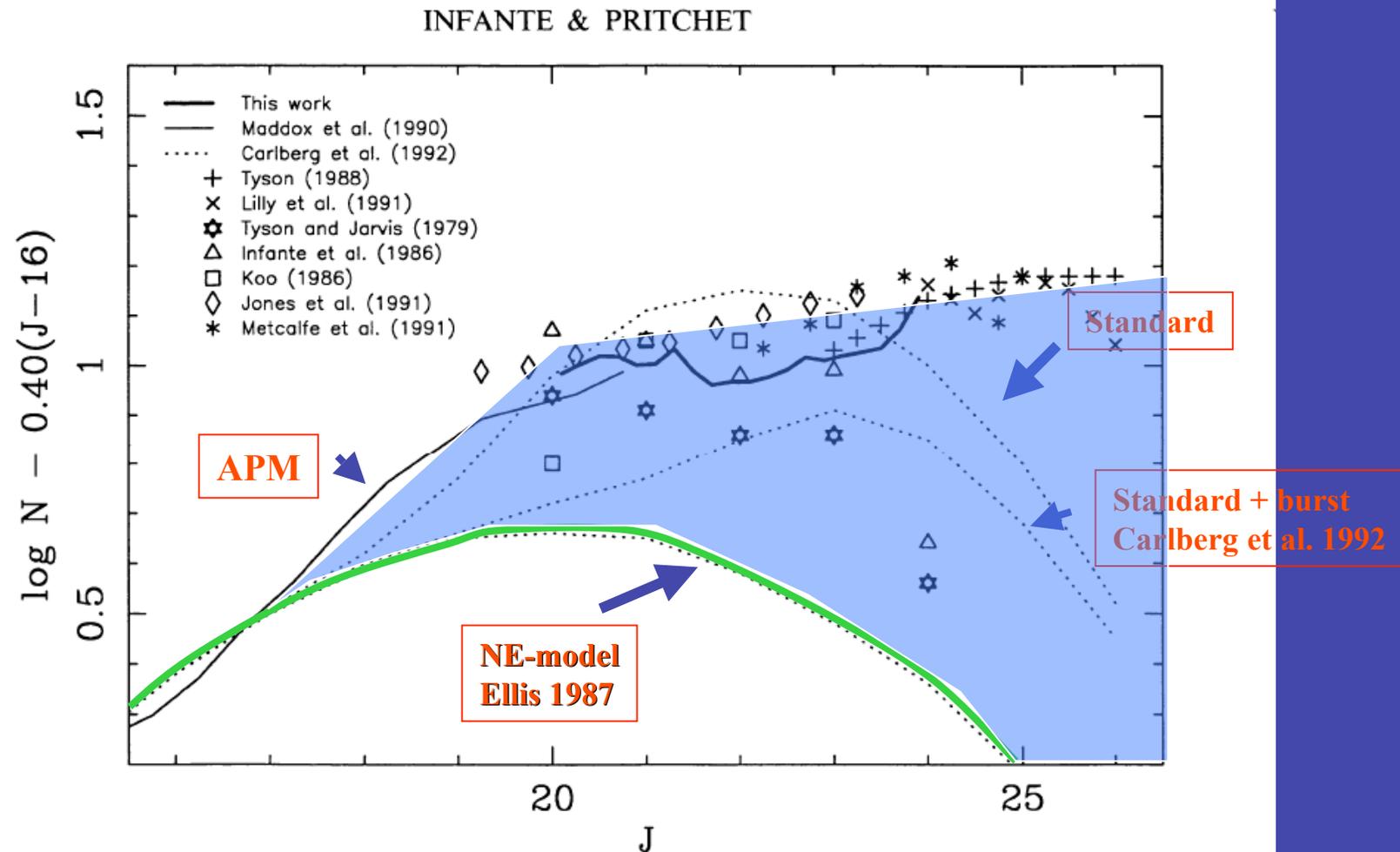
Problema muy común en *surveys* extra-galácticos. Este sesgo (*bias*) afecta cualquier *survey* limitado en flujo. Si observamos galaxias hasta un límite fijo en magnitud aparente, no obtenemos una mezcla representativa de las distintas galaxias en el cielo, ya que en el límite del catálogo sólo incluimos las más luminosas. Para explorar este problema en la tarea-4 haremos simulaciones Monte Carlo.

Observaciones y Modelos

Cuentas de Galaxias en bandas B (0.4μ) y K (2.2μ)



Exceso de Galaxias débiles azules



El análisis de las cuentas de galaxias indica un fuerte exceso de galaxias débiles azules respecto a las predicciones de modelos estándar, sin evolución. Las interpretaciones principales son:

- **Detección de efectos evolutivos en galaxias. Sin embargo evolución pasiva no es suficiente.**
- **Detección de una nueva y gran población de galaxias con eventos de formación de estrellas en redshifts moderados, *i.e.* $z \sim 0.6$**
- **Posiblemente la función de luminosidad intrínseca no es una función de Schechter. Hay un exceso de galaxias débiles, locales y azules (irregulares enanas, Sdm) aumentando la cola débil de la función de Schechter.**

La prueba vino con la determinación de la distribución de redshifts, (dN/dz) , de las galaxias débiles azules.

Distribución en Redshift

