

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Estudio del “*Impossible Early Galaxy Problem*” y sus posibles soluciones.

Autor:
Santiago ARRANZ SANZ

Tutor:
Dr. Santi ROCA FABREGA

*Un trabajo requerido para completar
el Máster universitario en Astrofísica*

in the

Departamento de Astrofísica

19 de abril de 2020

1 Introducción

Bibliografía

- Behroozi, Peter y Joseph Silk (abr. de 2018). «The most massive galaxies and black holes allowed by Λ CDM». En: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 477.4, págs. 5382-5387. ISSN: 0035-8711. DOI: [10.1093/mnras/sty945](https://doi.org/10.1093/mnras/sty945). eprint: <https://academic.oup.com/mnras/article-pdf/477/4/5382/24874284/sty945.pdf>. URL: <https://doi.org/10.1093/mnras/sty945>.
- Behroozi, Peter y col. (2019). «UniverseMachine: The correlation between galaxy growth and dark matter halo assembly from $z=0$ -10». En: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 488.3, págs. 3143-3194.
- Bouwens, RJ y col. (2015a). «Reionization after Planck: the derived growth of the cosmic ionizing emissivity now matches the growth of the galaxy UV luminosity density». En: *The Astrophysical Journal* 811.2, pág. 140.
- Bouwens, RJ y col. (2015b). «UV luminosity functions at redshifts $z=4$ to $z=10$: 10,000 galaxies from HST legacy fields». En: *The Astrophysical Journal* 803.1, pág. 34.
- Capak, Peter y col. (2012). «SPLASH: Spitzer Large Area Survey with Hyper-Suprime-Cam». En: *Spitzer Proposal*.
- Finkelstein, Steven L y col. (2015a). «An increasing stellar baryon fraction in bright galaxies at high redshift». En: *The Astrophysical Journal* 814.2, pág. 95.
- Finkelstein, Steven L y col. (2015b). «The evolution of the galaxy rest-frame ultraviolet luminosity function over the first two billion years». En: *The Astrophysical Journal* 810.1, pág. 71.
- Grogin, Norman A y col. (2011). «CANDELS: the cosmic assembly near-infrared deep extragalactic legacy survey». En: *The Astrophysical Journal Supplement Series* 197.2, pág. 35.
- Hildebrandt, H y col. (2009). «CARS: the CFHTLS-Archive-Research Survey-II. Weighing dark matter halos of Lyman-break galaxies at $z=3-5$ ». En: *Astronomy & Astrophysics* 498.3, págs. 725-736.
- Murray, SG, Chris Power y ASG Robotham (2013). «HMFcalc: An online tool for calculating dark matter halo mass functions». En: *Astronomy and Computing* 3, págs. 23-34.
- Sheth, Ravi K, HJ Mo y Giuseppe Tormen (2001). «Ellipsoidal collapse and an improved model for the number and spatial distribution of dark matter haloes». En: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 323.1, págs. 1-12.
- Steinhardt, Charles L y Josh S Speagle (2014). «A uniform history for galaxy evolution». En: *The Astrophysical Journal* 796.1, pág. 25.
- Steinhardt, Charles L y col. (2016). «The impossibly early galaxy problem». En: *The Astrophysical Journal* 824.1, pág. 21.
- Wang, T. y col. (2019). «A dominant population of optically invisible massive galaxies in the early Universe». En: *Nature* 572.7768, págs. 211-214. DOI: [10.1038/s41586-019-1452-4](https://doi.org/10.1038/s41586-019-1452-4). URL: <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1452-4>.

A Esquema

Planteamientos a contestar

1. **Introducción: Luces y sombras del modelo cosmológico estandar.**
 - 1.1 Modelo cosmológico estandar, breve descripción y principales logros.
 - 1.2 Naturaleza de la materia oscura, teorías y principales ventajas y desventajas de éstas
 - 1.3 Evolución jerárquica de galaxias en la cosmología estandar.
 - 1.3.1 Descripción y teoría.
 - 1.3.2 Simulaciones.
 - 1.3.3 Predicciones, Problemas y Observaciones. Hasta que punto esos problemas se pueden solucionar en el modelo estándar.
 - 1.4 El papel actual de la física barionica como heroe al rescate a los problemas de la cosmología estándar.
 - 1.5 Papel de los modelos cosmológicos ante los mismos problemas y observaciones.
 - 1.6 ¿En qué punto nos encontramos? ¿Por qué no encontramos candidatos a la CDM? Resumen.
2. **Impossible Early Galaxy Problem.**
 - 2.1 Descripción del problema de Steinhardt y col., 2016.
 - 2.1.1 Plateamiento de las observaciones analizadas.
 - 2.1.2 Contexto teórico usado en la comparación, ¿es válido?
 - 2.1.3 Relación con otros problemas observados (Impossible Early Quasar Problem, Agujeros negros medianos)
 - 2.2 ¿Cómo abordamos el problema?
 - 2.2.1 Los tres posibles frentes: Observaciones mal interpretadas, Papel de la física Bariónica no considerado, Modelo Cosmológico fallido.
 - 2.2.2 Soluciones planteadas en Steinhardt y col., 2016.
 - 2.2.3 Soluciones de otros autores: Las observaciones están mal interpretadas Behroozi y Silk, 2018, el modelo cosmológico es erróneo ($R_h=c$)...
 - 2.2.4 Otros trabajos que apoyan y rechazan las hipótesis de Steinhardt y col., 2016
3. **Observaciones**
 - 3.1 Observaciones basadas en el ratio luminosidad - masa halo
 - 3.1.1 Descripción de las observaciones de Bouwens y col., 2015b.

- 3.1.2 Modelo usado por Steinhardt y col., 2016 para la conversión luz-halo. Descripción del modelo *abundance matching* que enlaza luminosidad con masa estelar. Consideración del enlace entre masa estelar y masa de halo por $M_{\odot} \sim 70M_{\star}$.
- 3.1.3 Medidas de (Behroozi y col., 2019) y planteamiento de Behroozi y Silk, 2018 en el que plantea el error de Steinhardt y col., 2016. Análisis de ratio del ratio masa bariónica masa estelar. Rangos de error entre la relación SMHM. Método aplicado a las observaciones de Bouwens y col., 2015b.
- 3.1.4 Papel de nuevas observaciones en redshift altos (Wang y col., 2019).
- 3.2 Observaciones basadas en el *cluster analysis*.
 - 3.2.1 Descripción de las observaciones de Hildebrandt y col., 2009. Resumen de la metodología.
 - 3.2.2 Posibles errores cometidos en la medida de estas y su incertidumbre.
 - 3.2.3 Dependencia del modelo cosmológico.
 - 3.2.4 Dependencia del volumen de galaxias observadas. ¿Qué pasa si existen muchas más galaxias de las consideradas?
- 3.3 El papel de nuevas observaciones: *JWST*

4. El papel de la Física Bariónica

- 4.1 Planteamientos de Steinhardt y col., 2016 y efectos en las medidas.
- 4.2 Una física variante puede implicar una evolución de los ratios de luminosidad, masa estelar y masa de halo.
- 4.3 ¿Cómo considerar estos nuevos ingredientes? El papel de los modelos semi-analíticos

5. El modelo cosmológico

- 5.1 Descripción de la cosmología usada por Steinhardt y col., 2016.
- 5.2 Resultados con la variación de parámetros usados.
- 5.3 Simulaciones: Descripción de las Bolshoi y resultados con otras.
- 5.4 ¿Qué pasaría si la teoría considerada no fuera correcta?
 - 5.4.1 Consideración de otra naturaleza de la materia oscura: WDM, FDM.
 - 5.4.1.1 Descripción
 - 5.4.1.2 Papel en la evolución galáctica
 - 5.4.1.3 Simulaciones y resultados
 - 5.4.2 Variaciones de la teoría: MOND, $R_h=c, \dots$
 - 5.5.1 Descripción
 - 5.5.2 Papel en la evolución galáctica
 - 5.5.3 Simulaciones y resultados

6. ¿Y ahora qué? Como seguimos a partir de aquí.