

PROPUESTA TESIS DE GRADO

Prof. German Chaparro

12/09/2020

Br. Juan David Guerrero

- **Título del proyecto de trabajo de grado:**

Validación Estadística del modelo de la señal cosmológica de 21 cm reportada por el radiotelescopio EDGES

- **Justificación:**

Teorías actuales sobre el universo temprano predicen que durante la formación de las primeras estrellas en la llamada era de reionización la radiación producida por estas estrellas ionizaba el gas primordial a su alrededor. Justo antes de esto, el hidrogeno primordial estaba en estado neutral, por lo cual absorbía fotones del fondo cósmico de microondas a través de su transición hiperfina correspondiente a una longitud de onda de 21 cm. Dependiendo del estado termodinámico del hidrogeno, se espera que se produzca una distorsión espectral de la línea de 21 cm con un redshift cercano a $z=20$ que corresponde a un rango de radiofrecuencias entre 50 y 200 MHz. Sobre esta distribución espectral se pueden encontrar aspectos importantes sobre las condiciones astrofísicas de la edad temprana del universo (alrededor de 180 My después del Big Bang). El radiotelescopio EDGES [2] realizó una medición de una componente de absorción en este rango de frecuencias que fue identificada con la señal de absorción del hidrógeno neutro primordial. Este resultado ha tenido varias críticas debido a una posible cromaticidad instrumental cuyo origen esta en el diseño del radiotelescopio con el que fue detectada la señal. Las mediciones de este experimento son de libre acceso al igual que el modelo físico que simula la distribución espectral. Por ende en este proyecto se plantea la forma de usar los datos tomados por [2], y verificar estadísticamente el modelo físico usado para reproducir la distribución espectral, y adicionalmente validar por primera vez la capacidad del modelo de predecir datos similares a los que tomó la antena, con base en un análisis bayesiano completo de las incertidumbres del problema.

- **Objetivo General:**

Elaborar un modelo estadístico bayesiano basado en los modelos físicos de [1] que logre simular los datos reportados ,y verificar que la incertidumbre del modelo sea tal que sea posible vincular directamente las mediciones a una detección fidedigna de la señal del hidrogeno primordial en la era de la reionización .

- **Objetivos Específicos:**

- >Descargar la base de datos del estudio hecho por [2], y analizar los datos obtenidos y organizar la información . Revisar la bibliografía de los modelos físicos que predicen esta señal.
- >Con los datos obtenidos y los modelos físicos, elaborar una simulación de la señal, usando estadística bayesiana , con la cual se pueda obtener distribuciones de probabilidad para los parámetros físicos que dan cuenta de la forma espectral de la señal de 21 cm del hidrogeno primordial.
- > Verificar la capacidad del modelo para predecir datos similares a los que tomo la antena.
- > determinar si el modelo predice correctamente las mediciones de la antena, o si las detecciones son un producto del rango de incertidumbre de los modelos.
- > Explorar si este análisis se puede utilizar para validar otros experimentos de la era de reionización con distintas antenas de radio.

- **Metodología**

- Recopilar material bibliográfico, relacionado con :
 - Modelos astrofísicos para la era de reionización.
 - Efectos cromáticos en la recepción señal global de 21 cm.
 - Predicción mediante inferencia bayesiana [1][3].

Descargar base de datos, con los resultados obtenidos por [2], analizar y

organizar la información.

- Conseguir todas las herramientas necesarias para realizar la simulación, tales como el hardware y software necesarios, lenguajes de programación como python y librerías como emcee o pymc3 para el tratamiento estadístico de los datos, además de acceso a bases de datos y simulaciones de este tipo.

- Identificar la distribución de cada parámetro que mejor ajuste el modelo a la señal que se quiere identificar a través de inferencia bayesiana.

- Proponer una herramienta de validación para el soporte estadístico de una detección de Hidrogeno primordial considerando distintos posibles modelos físicos .

- **Resultados**

- Análisis de las gráficas y datos obtenidos con las simulaciones y el analisis estadístico.

- Comprobar que estas simulaciones puedan reproducir lo obtenido por la antena.

- Estimar e interpretar las incertidumbres en los datos.

- **Escritura de informes y manuscrito de tesis.**

- **Antecedentes**

El profesor German Chaparro, ha venido trabajando desde 2019 con unos prototipos de antenas , para medir la señal cosmológica de 21 cm para radiotelescopios de baja frecuencia [6], además de haber trabajado con estadística bayesiana para determinar el error en las medidas de distancia extragalacticas. También a lo largo de los semestre se ha trabajado en la parte computacional, que es parte importante de los cursos de física y astronomía, donde se aprende a manejar lenguajes necesarios para realizar la simulación, además de conceptos claves en la estadística. Adicionalmente se esta avanzando en la lectura del material bibliográfico requerido para la realización del proyecto.

- **Cronograma:**

Semanas 1 y 2: Recopilación de material bibliográfico.

Semanas 3 y 4: Recolección de los datos necesarios para comenzar el proyecto.

Semanas 5 y 6: Identificación y clasificación de las muestras de datos que van a ser analizadas.

Semanas 7 a 10: Tratado estadístico de los datos, mediante herramientas computacionales, bases de datos. etc

Semanas 11 a 14: Determinar los parámetros necesarios para realizar las primeras simulaciones, que servirán de boceto para posteriores simulaciones.

Semanas 15 y 16: Determinar los modelos que mejor se adaptan a nuestro problema físico, y que puedan aportar resultados concluyentes.

Semanas 17 a 20: Análisis de gráficas y pruebas estadísticas a los resultados.

Semanas 21 a 24: Estimar e interpretar las incertidumbres en los datos.

semana 25 a 28: Poner a prueba los modelo físicos respecto a los datos reales, y sacar conclusiones.

Semanas 29 a 30: Escritura de trabajo de grado y entrega de adelantos.

Semanas 31 y 32: Correcciones al trabajo de grado.

Semanas 33 y 34: Cambios finales y entrega final del trabajo de grado.

- **Requerimientos específicos**

Para este proyecto se requieren en su mayoría de la disposición de l equipo de computo de FCom, los cuales en algunas ocasiones requerirán tiempo de maquina para correr las simulaciones, También es necesario tener acceso a bases de datos o a software que nuestra simulación lo requiera. Por otra parte, no será necesario presupuesto.

- **Referencias:**

[1] Statistical Rethinking, 2015: *A Bayesian Course with Examples in R and*

STAN- Richard McElreath - Google Libros.

[2] Judd D. Bowman, Alan E.E. Rogers, Raul A. Monsalve, Thomas J. Mozdzen, and Nivedita Mahesh. An absorption profile centred at 78 megahertz in the sky-averaged spectrum. *Nature*, 555(7694):67–70, feb 2018.1

[3] Germán Chaparro-Molano, Juan Carlos Cuervo, Oscar Alberto RestrepoGaitán, and Sergio Torres Arzayús. Predicting extragalactic distance errors using Bayesian inference in multimeasurement catalogues. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 485(3):4343–4358, feb 2019.

[4] T. J. Mozdzen, J. D. Bowman, R. A. Monsalve, and A. E.E. Rogers. Limit on foreground subtraction from chromatic beam effects in global redshifted 21 cm measurements. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 455(4):3890–3900, feb 2016.

[5] H. K. Vedantham, L. V.E. Koopmans, A. G. De Bruyn, S. J. Wijnholds, B. Ciardi, and M. A. Brentjens. Chromatic effects in the 21 cm global signal from the cosmic dawn. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 437(2):1056–1069, nov 2013.

[6] German Chaparro Molano, Pablo Cuartas Restrepo. Modelo de recepción de la señal cosmológica de 21 cm para radiotelescopios de baja frecuencia. Instituto de Física - UdeA: Mayo 2020.