

Medición de interferencias en radio para estudios a alto redshift

Marcos Ramirez^{1,2}, Carlos Valotto² (PI), Mariano Domínguez²

¹ INENCO, CONICET - UNSa; ² IATE, CONICET - UNC

WIAA, Córdoba, Argentina - 9 de mayo de 2019



CONICET



Universidad
Nacional
de Córdoba



Ministerio de
**CIENCIA
Y TECNOLOGÍA**

I A T E

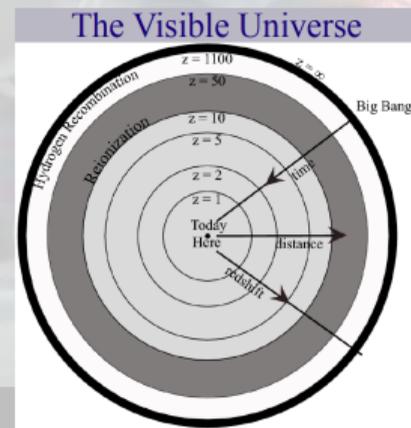
Introducción

- ▶ Presentamos un proyecto para medición de RFI entre 50 y 200 MHz
- ▶ La motivación para hacerlo es encontrar un sitio bueno para la instalación de experimentos para el estudio de la señal de 21 cm en la Época de Reionización
- ▶ En esta charla repasaremos algunos de los motivos que hacen particularmente relevante estos estudios en el contexto actual
- ▶ Luego describiremos nuestro proyecto, algunas ideas para el futuro y una invitación abierta...

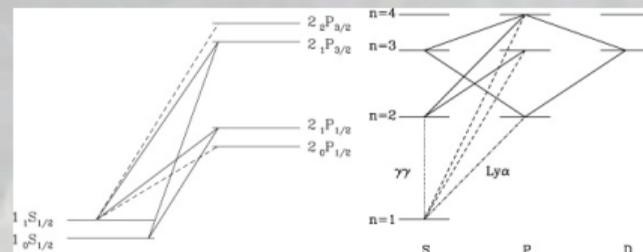
Tomografía de la línea de 21 cm de HI para el estudio de la Época de Reionización

- ▶ La emisión global en 21 cm (1420GHz) está presente en el universo desde la recombinación, pero se encontraría mayormente acoplada al CMB salvo en ciertos períodos: la Edad Oscura y la Época de Reionización (EoR)
- ▶ Se espera una diferencia de temperatura de brillo entre $z \approx 200$ y $z \approx 6$ (corresponde a un rango de frecuencias entre 10 y 200 MHz)

- ▶ La forma del espectro de esta señal arrojaría luz sobre la física del universo en esas etapas, donde hoy hay claramente un faltante de datos...



El efecto de Wouthuysen-Field



- ▶ La emisión en $\text{Ly}\alpha$ previa a la reionización (Epoca del Calentamiento o Amanecer Cósmico) induciría transiciones "spin-flip" entre los estados $1s$ del hidrógeno, por medio de un "scattering resonante"
- ▶ Esto genera un acoplamiento entre la "temperatura de spin" (de los números de ocupación de estos estados) y la temperatura cinética del gas
- ▶ La temperatura del gas es menor a la de la radiación (se estima que se desacoplan en $z \approx 200$), por lo que se observaría un perfil de absorción
- ▶ Perfil que estaría limitado en redshift por el calentamiento del gas asociado a las emisiones de las primeras estructuras

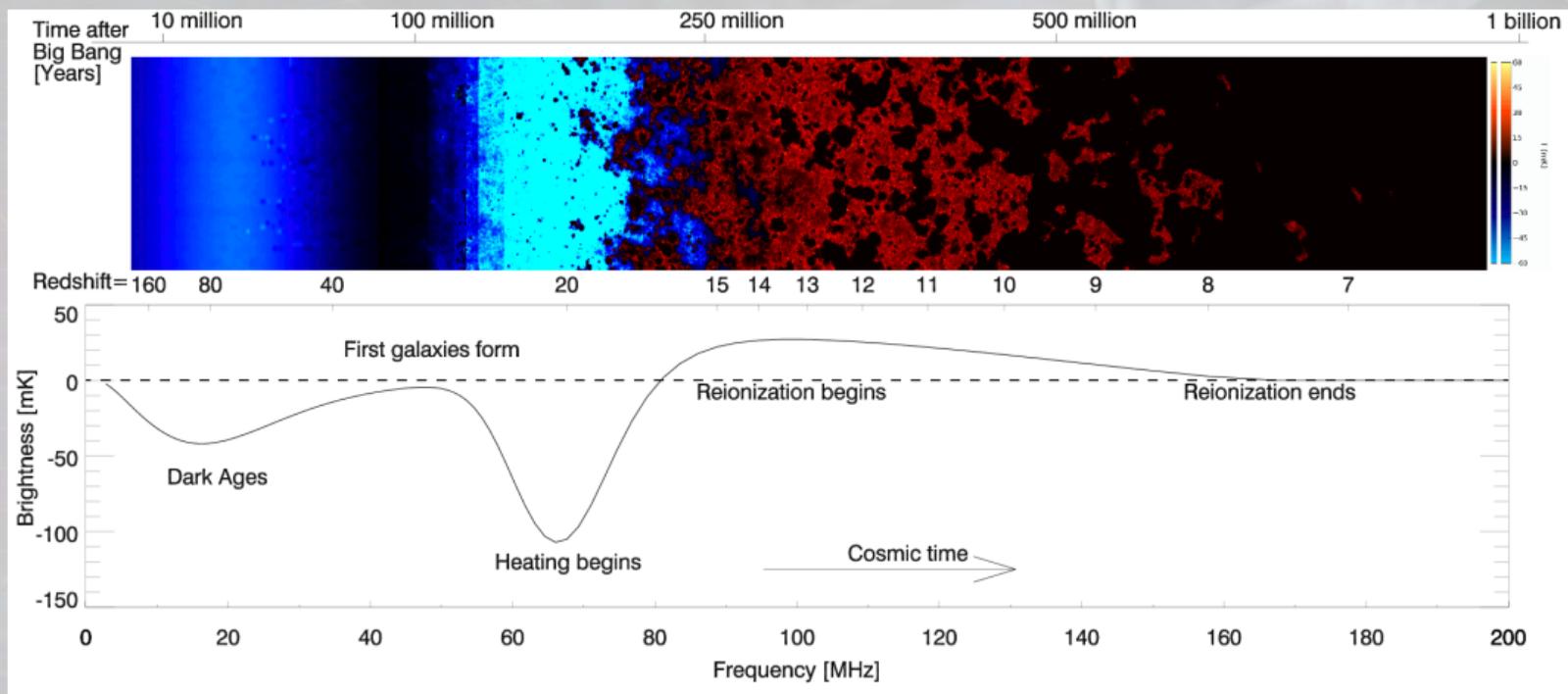
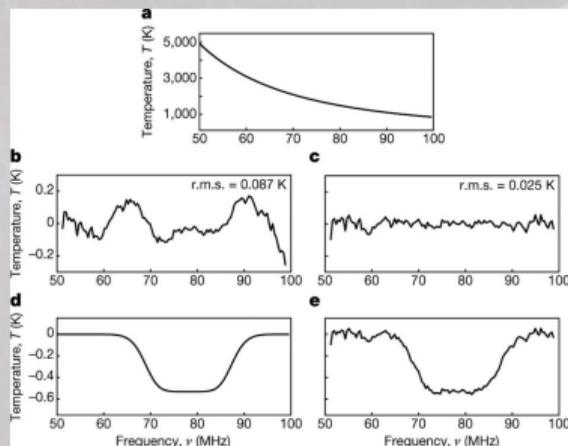


Figure: Pritchard and Loeb, 2012 Rep. Prog. Phys. 75 0869012012

¿La física del Amanecer Cósmico?

- ▶ La forma precisa de este perfil nos daría información sobre el flujo de fotones Lyman (y de la radiación en general), la temperatura del hidrógeno neutro y la fracción de ionización
- ▶ Pero se trata de una señal entre 40 y 100 MHz, bien adentro de la banda VHF. Las radios comerciales y diversas antenas de telecomunicación son fuentes de interferencia
- ▶ Y su intensidad estaría (muy) por debajo de la radiación sincrotrón galáctica...

La señal de EDGES



- ▶ Dicen haber medido un perfil de absorción centrado en 78 MHz, con un ancho de 18 MHz y una amplitud de 0.5K
- ▶ Luego de integración y filtrado, domina la radiación sincrotrón galáctica (temperatura de brillo del orden de 10^3 K; la señal buscada es 4 órdenes de magnitud más débil)
- ▶ Definieron un modelo de *foregrounds*, que incluye tanto esta radiación como la contribución de la ionósfera, y un modelo de la señal esperada (una Gaussiana aplanada)
- ▶ Remueven por un lado sólo los foregrounds, y por el otro foregrounds + 21 cm. La segunda opción queda más homogénea en el espacio de frecuencias y con menor r.m.s.
- ▶ El *best fit* de 21 cm tiene un amplitud al menos un factor 2 más grande que la mayor de las predicciones previas

Un abanico de interpretaciones

- ▶ Primera medición de este perfil. Son necesarias mediciones independientes
- ▶ De ser confirmada, indicaría que la temperatura de spin es mucho menor de lo que se esperaba en relación a la de radiación. Dos tipos de explicaciones:

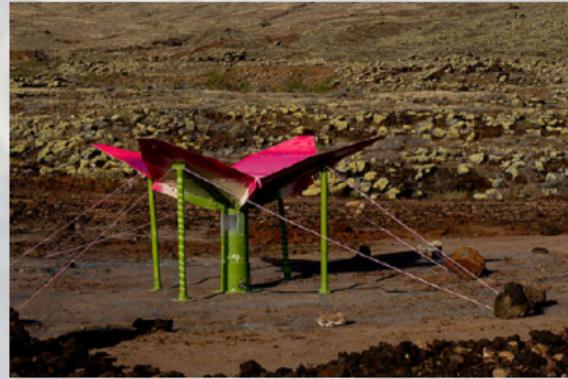
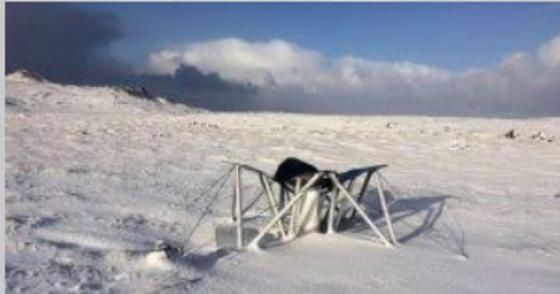
El gas se enfrió más que mediante una mera expansión adiabática

- Un desacoplamiento más temprano ($z \approx 250$) del gas con el CMB explicaría la señal (restringido por la fracción de ionización inferida por Planck)
- Interacción entre Materia Oscura y Materia Bariónica. Restringido por diversos experimentos tanto cosmológicos como de laboratorio (Bowman et. al. 2018, Barkana 2018, Muñoz and Loeb 2018, Slatyer and Wu 2018, etc). Mejor explicación: menos de un 1% de la DM con *minicarga*

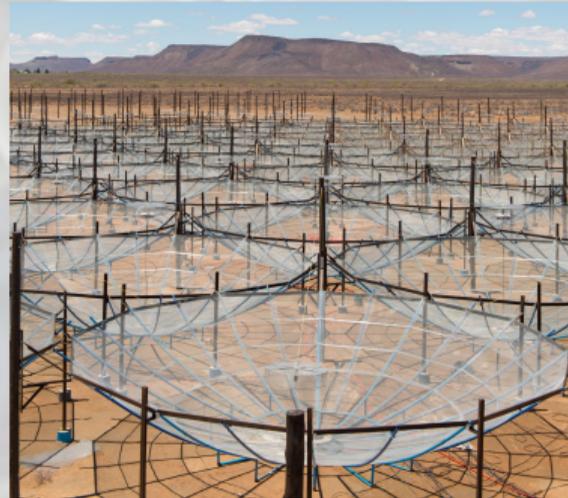
La temperatura de la radiación es más alta de lo que se esperaba

- *Emisión por acreción de PBH* (Bernal et. al. 2018, Ewall-Wice et. al. 2018). Restringido por el calentamiento en la temperatura del gas de esta misma emisión
- Aniquilación de DM, u otra física exótica (Yang 2018, Pospelov et. al. 2018)

Hay que confirmar la detección



Hay que confirmar la detección



Primer paso: Medición de interferencias en radio en la banda 50-200 MHz

- ▶ Este etapa ya cuenta con financiación del MinCyT Córdoba
- ▶ Se puede hacer con equipamiento económico, la electrónica es genérica de equipos receptores y antenas de radiocomunicaciones
- ▶ El IAR (Guillermo Gancio) está colaborando con la construcción del monitor de interferencias: una antena de TV, un amplificador de bajo ruido y un receptor digital
- ▶ Vamos a medir en Salinas Grandes y Mar de Ansenúza (2019)
- ▶ Revisaremos además los sitios preseleccionados para SKA (2020)

Primeros sitios a testear



Segundo paso: construcción de una antena competitiva

- ▶ Una primera idea es delinear una colaboración estrecha con el equipo de SCI-HI, cuya antena se encuentra en la Isla Guadalupe, México
- ▶ Este equipo nos facilitó los planos de esa antena
- ▶ Construir el mismo aparato va a ayudar a detectar errores sistemáticos
- ▶ Existe además un convenio marco entre el IATE y el IAR a través del cual podemos canalizar esfuerzos
- ▶ Estamos abiertos a nuevas ideas y a incorporar colaboradores interesados
- ▶ Si bien a nivel internacional hay competencia, la tomografía de 21 cm para la EoR está en sus primeros estadios, y se la puede estudiar con una inversión relativamente modesta

The background of the slide is a complex, multi-layered image. On the left side, there is a faint, light-colored grid of concentric circles and radial lines, resembling a celestial map or a coordinate system. The rest of the background is filled with a field of translucent, glowing bubbles or spheres of various sizes. Some of these bubbles have small, bright yellow or orange dots in their centers. On the right side, there is a vertical strip of a colorful, multi-colored galaxy or nebula, showing shades of pink, purple, and blue. The overall color palette is soft and ethereal, with a mix of light blues, greens, and pinks.

Gracias