

CARACTERIZACIÓN DE RUIDO RADIOELÉCTRICO EN EMISIÓN DEL HIDROXILO (OH) EN UHF 1610-1614 MHz

Norman Antonino Galo Meza^a, Hugo Heomar Ramos Hernández^b

^a Departamento de Astronomía y Astrofísica, Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, norman.galo@unah.edu.hn

^b Departamento de Astronomía y Astrofísica, Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, hugo.ramos@unah.edu.hn

DOI: <https://doi.org/10.5377/pc.v1i19.18701>

Recepción: 21/08/2023

Aceptación: 15/04/2024

Resumen

El estudio denominado «Caracterización de ruido radioeléctrico en emisión del hidroxilo (OH) en UHF 1610-1614 MHz» es fundamental en las fases preliminares para la implementación de un radiotelescopio.

El Servicio de Radioastronomía establecido conjuntamente por la Unión Internacional de Astronomía y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (IAU e ITU, por sus siglas en inglés) respalda la relevancia de esta investigación.

Los datos se recopilaron mediante metodologías y técnicas establecidas por la ITU (2011) y se utilizaron equipos certificados para estudios radioeléctricos-RFI.

Se determinaron las condiciones radioeléctricas que prevalecen en el Observatorio Astronómico Centroamericano de Suyapa (OACS), es decir, el ambiente radioeléctrico al que estará expuesta cualquier señal de alguna fuente celeste emitida en frecuencia 1610-1614 MHz.

El estudio demostró que en la ubicación del OACS no hay radio interferencia de origen humano, por lo que señales de fuentes como el Sol y la Vía Láctea son factibles de ser recibidas.

Palabras clave: radioastronomía, 1610-1614 MHz, RF, interferencia

CHARACTERIZATION OF RADIOELECTRIC NOISE IN HYDROXYL (OH) EMISSION, IN UHF 1610-1614 MHZ

Norman Antonino Galo Meza^a, Hugo Heomar Ramos Hernández^b

^a Departamento de Astronomía y Astrofísica, Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, norman.galo@unah.edu.hn

^b Departamento de Astronomía y Astrofísica, Facultad de Ciencias Espaciales, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, hugo.ramos@unah.edu.hn

DOI: <https://doi.org/10.5377/pc.v1i19.18701>

Recepción: 21/08/2023

Aceptación: 15/04/2024

Abstract

The study called «Characterization of Radioelectric Noise in Emission of Hydroxyl (OH), in UHF 1610-1614 MHz», is of paramount importance in the stages prior to the implementation of a radio telescope.

The Radio Astronomy Service was jointly defined by the International Astronomy Union and the International Telecommunications Union (IAU and ITU, acronym in English, respectively).

The data was collected using methodologies and techniques established in the *Handbook Spectrum Monitoring*, published by ITU in 2011 and certified equipment for radio-RFI studies was used.

The radio conditions prevailing at the Central American Astronomical Observatory of Suyapa (OACS) were determined, or in other words, the radio environment to which any signal from a celestial source will be exposed, emitted in frequency 1610-1614 MHz.

The study showed that in the location of the OACS, there is no radio interference of human origin and that signals from sources such as the Sun and the Milky Way are feasible to be received.

Keywords: radio astronomy, 1610-1614 MHz, RF, interference

Introducción

Los radiotelescopios son utilizados para recibir la información proveniente de las llamadas fuentes de radio como el sol, estrellas, galaxias, nubes moleculares, moléculas, emisión sincrotrón, supernovas (rayos gamma), enanas blancas, pulsares, etc.

La emisión/absorción en reposo de la molécula del hidroxilo (OH) ocurre en la frecuencia 1612.231 MHz ($\lambda = 18.6$ cm), por lo que la banda asignada para los estudios en radioastronomía es de 1610.6 a 1613.8 MHz. Esta molécula se encuentra presente en el Medio Interestelar, en regiones de formación de proto-estrellas (Caswell, 1999), por lo que ofrece importante información de la evolución estelar. Su importancia en la astronomía se debe a que fue la primera molécula detectada mediante la radioastronomía.

Según Weinreb *et al.* (1963), la primera detección de esta molécula en el campo astronómico fue en el año de 1963, durante el periodo del 15 al 29 de octubre.

Esta molécula es de suma importancia en observaciones astronómicas y ha sido observada en emisión y absorción por sus transiciones rotacionales en longitudes de onda en el infrarrojo lejano, por ejemplo, en la región de Orión (Baud & Wouterloot, 1980). Debido a que los niveles rotacionales del OH se dividen al doble de su longitud de onda (*lambda doubling*), se puede observar una amplia variedad de estados de energía desde el estado en reposo del OH.

El OH se utiliza como trazador de condiciones de *shock*, ya que se requiere de muy altas densidades para termalizar la transición rotacional del OH, pero el paso de ondas de choque a través de una nube molecular es precisamente el proceso que deriva en un desequilibrio del gas molecular y el polvo, permitiendo las observaciones de líneas de emisión en el infrarrojo lejano. Una rápida y moderada onda de choque puede producir una elevación del transiente rotacional de la abundancia del OH en relación al hidrógeno en la nube (Storey, Watson & Townes, 1981).

Por lo anterior, las líneas de emisión en el infrarrojo lejano del OH son un buen indicativo de condiciones de *shock* en una nube molecular (Storey, Watson & Townes, 1981).

El OH presente en nubes difusas es de mucho interés porque juega un rol primario en la comprensión de la evolución y termodinámica del medio inte-

restelar (Dickey, Crovisier & Kazès, 1981). Las nubes difusas con sus variadas temperaturas y velocidades centrales no afectan considerablemente a la emisión espectral del OH; en principio, las líneas moleculares no sufren de estos problemas, esto hace a la línea espectral del OH (18 cm) una línea muy conveniente para la observación de espectros de absorción.

El OH presente en la Vía Láctea se encuentra en *masers* estelares (estrellas evolucionadas) y en la transición entre remanente de supernova a material molecular (Baan, Haschick & Henkel, 1989).

También el OH se observa en *Masers* Interestelares (regiones de formación de estrellas), a menudo en los alrededores o «envolturas» de regiones H II (UC H II) (Argon, Reid & Menten, 2003). Lugar donde se forman *masers* de la molécula H₂O, así que las observaciones del OH en estas regiones son de gran importancia para determinar la distribución de la molécula de H₂O en el medio interestelar a grandes resoluciones espaciales.

Por estas razones el OH es un buen candidato y, por ende, una de las moléculas más ampliamente estudiadas en radioastronomía. Esta información es recibida a través de radiotelescopios, luego es discriminada a fin de eliminar o filtrar todo lo que no es información propia de la fuente, después es procesada digitalmente, recopilando imágenes y/o datos de tiempo real, para luego ser almacenada para su posterior estudio (Argon, Reid & Menten, 2003).

En este punto, hacemos notar que es necesario que el radiotelescopio opere sin problemas y libre de interferencias de radiofrecuencias y por sobre el ruido radioeléctrico que prevalece en el lugar para un correcto funcionamiento. Es dentro de este marco de correcto funcionamiento que existe la necesidad de determinar el valor de intensidad de campo eléctrico en el lugar. Para ello, seguiremos lo estipulado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones en la recomendación, *Cuestión 214-2/3* (ITU-R, 2007), así como las formas y los mecanismos de protección para un radiotelescopio, conforme a lo estipulado por la International Telecommunications Union-ITU en la publicación *RA.1031-2* (ITU-R, 2007).

Con esto podremos determinar los valores mínimos, promedios y máximos del componente de ruido radioeléctrico, que es el componente principal según lo indica (Cohen, 2000).

Otro tópico de suma importancia en este punto es que este componente puede ser tan ponderante que ejerza un efecto de enmascaramiento, a tal punto que sature las señales de los estudios que realizaría el radiotelescopio. Lo anterior se denomina «caracterización de ruido radioeléctrico» y se realiza a fin de determinar el valor de dicho ruido (en el mejor de los casos) y evaluar el enmascaramiento sobre las señales que se estudiarán en el futuro con el equipo de medición. Además, se busca sugerir formas de bloquear o corregir estos efectos, tal como lo especifica la International Telecommunications Union (ITU) en sus recomendaciones: *P.372-7* (ITU-R, 2001), *RA.2126-1* (ITU-R, 2013) y *RA.2259* (ITU-R, 2012). Los resultados obtenidos de la «Caracterización de ruido radioeléctrico en emisión del hidroxilo (OH) en UHF del rango de frecuencias 1610.6-1613.8 MHz», también determinarán las condiciones y componentes óptimos (antenas, receptores, cables, sistemas de protección de radiofrecuencia y otros) que deben conformar en todo caso el futuro radiotelescopio.

Esta investigación se centró en caracterizar la intensidad de campo eléctrico del nivel o piso de ruido radioeléctrico en emisión del hidroxilo (OH) en relación con la sensibilidad del sistema de recepción de un radiotelescopio prospecto ubicado en la ciudad de Tegucigalpa y sus alrededores.

Inicialmente, se procedió a determinar de forma mensual durante el periodo de un año el valor de la intensidad de campo eléctrico del ruido radioeléctrico en la emisión del hidroxilo (oh) por sobre la sensibilidad del sistema receptor en un rango de frecuencia 1610.6-1613.8 mhz, para luego determinar el porcentaje de enmascaramiento que produce el valor de la intensidad de campo eléctrico del ruido radioeléctrico

Metodología

Instrumentación

Este equipo está conformado de analizadores de espectros radioeléctricos, ubicados en estaciones fijas y móviles para la medición y recolección de datos. Entre los componentes de este equipo se puede men-

Figura 1. Equipo: procesador de espectros, antena TCI-641 y PC



Imagen del sistema integrado de receptor.
Fuente: TCI-ECS Technologies.

En la Tabla 1 se listan las características radioeléctricas de este sistema.

Tabla 1. Características técnicas del equipo n.º 2, sistema integrado de Medición

Marca	TCI
Modelo antena	TCI-641
Rango de operación	20 MHz a 3000 MHz
Impedancia de entrada	50 Ω
Sensibilidad, procesador, espectros	@ 1 GHz: -18dB μ V/m; @2 GHz: -11dB μ V/m
Ganancia de antena	2 a 9 dBi
Tipo de patrón de radiación	Omni-direccional (monitoreo y DirectionFinding)
Tipo de elementos	9 tipo Horn, un tipo Omni-bicónico UHF, un tipo Bicónico para monitoreo y referencia

cionar que cuenta con procesadores de espectros de frecuencias, su propia antena integrada de varios elementos, cableado, ordenadores y servidores de gestión de varios procesos relacionados con el espectro en radiofrecuencia-RF.

La Figura 1 muestra los componentes de la estación fija, se observa un procesador de espectros, una antena y un ordenador (Personal Computer-PC).

Figura 2. Configuración general del equipo fijo

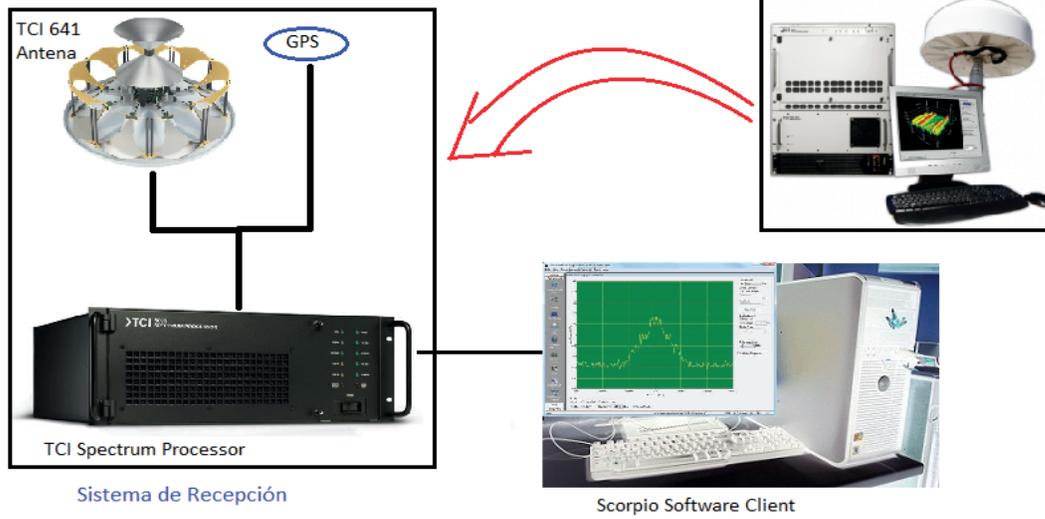


Imagen del sistema y componentes por separado, antena-receptor y PC de registro almacenamiento. Fuente TCI-ECS Technologies.

La Figura 2 muestra la configuración general del sistema de recepción fijo con una descripción por separado de sus componentes.

Tabla 2. Características técnicas del analizador de espectros

Marca	Agilent
Modelo	E4408B
Rango de operación	9 KHz a 26 GHz
Impedancia de entrada	50 Ω
Temperatura de operación	0° a 55 °C
Nivel de ruido promedio en pantalla, @ 1-1.5 GHz	-123, -130*dBm; *Típico (0 dB atenuación)
Nivel de ruido promedio en pantalla, @ 2-3 GHz	-120, -128*dBm; *Típico (0 dB atenuación)
Rango de Video Bandwidth	30 Hz a 3 MHz
Rango de Resolution Bandwidth	1 kHz a 5 MHz @ -3 dB
Rango Span	0,100 Hz hasta 26.0 GHz
Tiempo de barrido (Sweep Time)	4 ms hasta 4000 s
Precisión (Overall Accuracy)	+/- 1.1 dB

A continuación, se detalla el equipo móvil, el cual es un equipo conformado por distintos instrumentos como ser tres tipos de antenas, cableados y analizadores de espectro independientes.

En la Tabla 2 se muestran algunas de las características técnicas del receptor móvil (analizador de espectros radioeléctricos) que fue utilizado para esta investigación.

Técnicas

Las técnicas utilizadas están descritas en las reglamentaciones emitidas y publicadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) en las publicaciones *Handbook Spectrum Monitoring* (UIT, 2011) y *Ruido radioeléctrico* (UIT-R, 2007):

En primer lugar, estas especifican claramente que se debe utilizar equipo certificado, tal como el utilizado en esta investigación, dicho equipo está reconocido por la UIT en cuanto a cumplimiento de parámetros técnicos.

Figura 3. Configuración general del equipo n.º 1

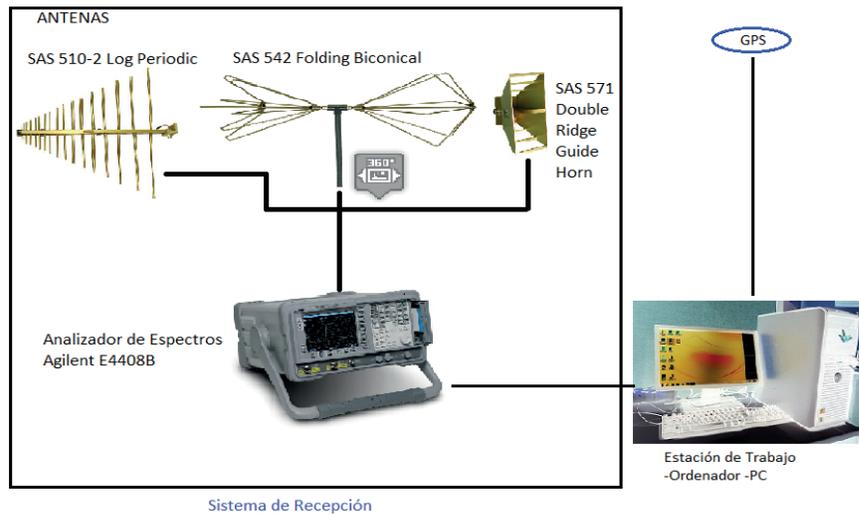


Imagen del sistema y componentes por separado, antena-receptor y PC de registro almacenamiento.
Fuente: Agilent Technologies.

La Figura 3 muestra la configuración general del sistema de recepción móvil.

En segundo lugar, especifican las técnicas a utilizar, como la denominada «muestreo de ocupación de banda», esta procura identificar las emisiones presentes en una banda o rango de frecuencias, realizando toma de datos en ciertos anchos de banda en KHz a fin de detectar posibles emisiones radioeléctricas.

La denominada «muestreo de ocupación de canal» procura identificar las emisiones presentes en una frecuencia específica, a fin de determinar sus parámetros radioeléctricos, así como porcentajes de ocupación.

Cada técnica tiene procedimientos específicos, basados en las propiedades de propagación de las radiofrecuencias y sus tipos de modulación.

Plan de análisis

En vista de que esta es una investigación previa a la implementación de un radiotelescopio y considerando que uno de sus componentes principales es la antena de recepción de señales, la cual estará expuesta a las condiciones climáticas, surge la

primera consideración: determinar la temperatura ambiente a la que estará sometida la antena.

La temperatura ambiente proporciona el primer dato para calcular el llamado «ruido térmico», en este caso, producido por la temperatura ambiente, también conocida como «ruido de antena» o «ruido de Nyquist-Johnson» (Nyquist & Johnson, 1928).

El ruido térmico se describe físicamente de la siguiente forma para un ancho de banda de 1 Hz.

$$P_{watt} = kT \left(\frac{Watts}{Hz} \right) \quad (3.3.1)$$

Y para un ancho de banda determinado

$$P_{watt} = kTB(watts) \quad (3.3.2)$$

Donde:

P: Densidad de potencia del ruido en watts

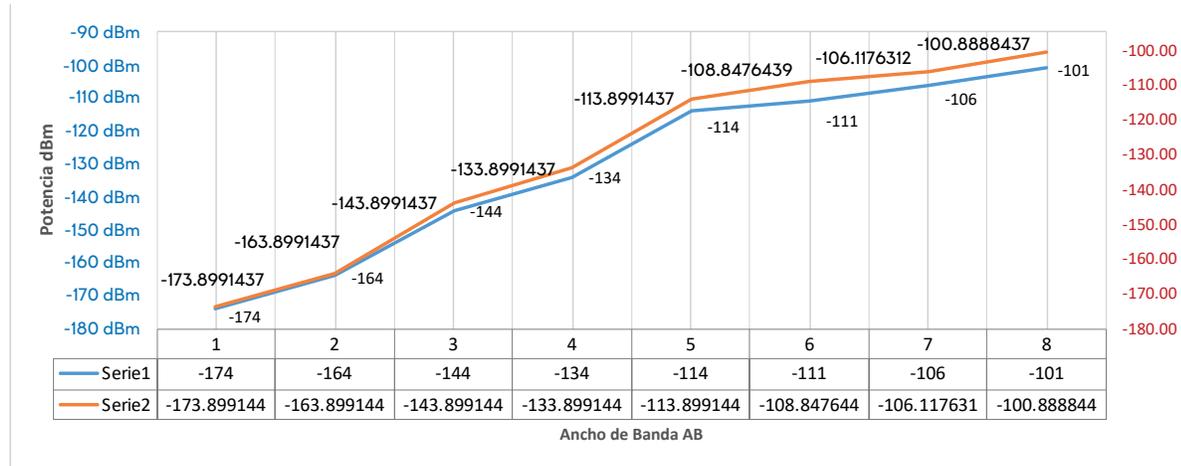
K: Constante de Boltzmann = $1.3803 \times 10^{-23} J^\circ K$

T: Temperatura absoluta en grados Kelvin; donde:

B: Ancho de banda en Hertzios. Para calcular el ruido de antena utilizamos la siguiente relación:

En telecomunicaciones, la potencia suele expresarse en decibelios relativos a 1 milivatio (dBm),

Figura 4. Intensidad de campo del ruido radioeléctrico internacional versus local en el OACS, centrada en la frecuencia de 1612.231 MHz (Cohen, 2000)



suponiendo una carga de 50 ohmios. Bajo estas condiciones, a temperatura ambiente estándar (300 °K) el ruido vale:

$$P_{dBm} = -174 + 10 \log(\Delta f) \quad (3.3.3)$$

Donde: $\Delta f = f_2 - f_1 = \text{Ancho de banda} - AB$

En la siguiente sección se presentan los resultados del análisis de los datos obtenidos para determinar el ruido térmico o ruido de antena, así como también los análisis de ocupación de banda y de canal.

Análisis de datos

Ruido térmico o ruido de antena

A continuación, se presentan gráficos estadísticos anuales obtenidos del procesamiento de datos. En primera instancia, se muestra un gráfico comparativo de niveles de ruido radioeléctrico en varios Anchos de Banda (AB) y luego los gráficos anuales individuales.

Estos datos corresponden a valores de ruido radioeléctrico a nivel local comparados a nivel internacional. La Figura 4 muestra la gráfica correspondiente a Intensidad de Campo (FI, siglas en inglés) del ruido radioeléctrico standard vs. el ruido radioeléctrico en el OACS, Tegucigalpa, a distintos valores de AB. La línea

roja corresponde a la intensidad de campo del ruido térmico local que claramente se observa es superior al ruido térmico estandarizado internacional, el cual está calculado a 16 °C de temperatura.

La Figura 4.1, presenta una gráfica comparativa de la intensidad de campo del ruido radioeléctrico en nuestra locación, en la frecuencia 1612.231 MHz, a distintos anchos de banda.

Enmascaramiento en porcentaje sobre la emisión del hidroxilo (OH)

El enmascaramiento nos permite conocer el porcentaje de confiabilidad de una señal.

Para determinar el enmascaramiento sobre la señal de emisión del hidroxilo OH, es necesario, primero, correlacionar nuestros resultados con valores típicos de sensibilidad de radiotelescopio e intensidad promedio de una señal de emisión del OH, tomando los datos del analizador de espectro Agilent Technologies-E4408B, para luego calcular el porcentaje de enmascaramiento.

Para este análisis se presenta la Figura 5 correspondiente al porcentaje de exceso de ruido o enmascaramiento en banda de frecuencias de 1610 a 1614 MHz, centrada en frecuencia 1612.231 MHz.

Conclusiones

1. En cuanto al ruido radioeléctrico, los resultados de la investigación demuestran que existe un exceso por sobre la sensibilidad del equipo. Este enmascaramiento representa una condición desfavorable para los radiotelescopios y debe ser considerado y corregido mediante tecnologías adecuadas
2. No se detectó ninguna señal interferente, lo que constituye un excelente ambiente radioeléctrico.
3. En cuanto al porcentaje de enmascaramiento, se determinaron, para Anchos de Banda pequeños < 100 kHz, valores aceptables y corregibles que varían desde 25.59 % hasta 52.82 %.
4. El porcentaje de enmascaramiento depende directamente de las intensidades de campo del ruido radioeléctrico y la señal de origen; si la intensidad de la señal es baja, entonces el enmascaramiento es mayor y viceversa.

Recomendaciones

1. Sobre las condiciones de la ubicación

La selección de la ubicación de un futuro radiotelescopio es primordial, siendo uno de los aspectos más importantes las características radioeléctricas del lugar, en nuestro caso, el OACS está rodeado de muchas fuentes de emisiones radioeléctricas

humanas que hacen de su ubicación un lugar poco apropiado para la instalación de un radiotelescopio para las investigaciones de objetos celestes débiles.

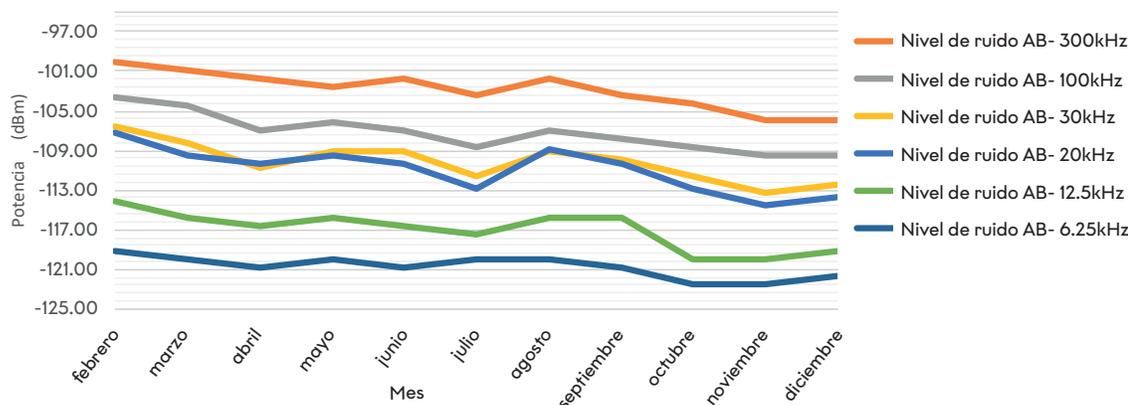
2. Sobre otras ubicaciones más favorables

En atención a lo anterior, en muchos países que realizan investigaciones de los fenómenos del universo mediante la radioastronomía, han designado Zonas Blancas de Radio (*Quiet Radio Zones*), donde no se permiten emisiones radioeléctricas humanas por muchos kilómetros a la redonda, un ejemplo de esto es el observatorio de la NRAO, esto puede también ser implementado en Honduras.

Bibliografía

- ARGON, A. L., REID, M. J., & MENTEN, K. M. (2003). A Class of Interstellar OH Masers Associated with Protostellar Outflows. *The Astrophysical Journal*, 593, 925-930.
- BAAN, W. A., HASCHICK, A. D., & HENKEL, C. (1989). Molecular Outflows In Powerful OH Megamasers. *The Astrophysical Journal*, 346, 680-689.
- BAUD, B., & WOUTERLOOT, J. (1980). OH Observations of Molecular Complexes in Orion and Taurus. *Astronomy and Astrophysics*, 90, 297-303.
- CASWELL, J. (1999). OH masers at 1612 and 1720 MHz in star-forming regions. *Astronomy Society*, 308, 683-690.

Figura 4.1. Ruido radioeléctrico anual a distintos AB



COHEN, R. (2000). Radio Pollution of the OH 1612 MHz Band. *Società di Astronomia Italiana*, 71, 47.

DICKEY, J. M., CROVISIER, J., & KAZÈS, I. (1981). Emission-Absorption Observations of OH in diffuse Interstellar Clouds. *Astronomy and Astrophysics*, 98, 271-285.

ITU-R. (2011). *Handbook Spectrum Monitoring*. International Telecommunications Union, (caps. 3, 4 y 5).

— (2012). *Characteristic of Radio Quiet Zones*. ITU-R, RA.2259.

— (2007). *Protection of the Radio Astronomy Service in Frequency Bands Shared with other Services*. RA.1031-2.

— (2001). *Radio Noise*. ITU-R Recommendations, p.372.

— (2007). *Ruido radioeléctrico*. ITU-R Recommendations, p. 214

— (2013). *Techniques for Mitigation of Radio Frequency Interference in Radio Astronomy*. RA.2126-1.

JOHNSON, J. B. (1928). Thermal Agitation of Electricity in Conductors. *Physical Review*, 32, 97-109.

NYQUIST, H. (1928). Thermal Agitation of Electric Charge in Conductors. *Physical Review*, 32, 110-113.

STOREY, J. W., WATSON, D. M., & TOWNES, C. H. (1981). Detection of Interstellar OH in the Far-Infrared. *The Astrophysical Journal*, 244, L27-L30.

WEINREB, S., BARRET, A., MEEKS, M., & HENRY, J. (1963). Radio Observations of OH in the Interstellar Medium. *Nature*, 4909, 829 - 831.

CARLA M. BEAUDET., GALEN WATTS., JEFF ACREE & SIMON J. E. RADFORD. (2003), RFI Survey at the ALMA Site at Chajnantor, *ALMA Memo 470*, National Radio Astronomy Observatory.

EUROPEAN SCIENCE FOUNDATION (2005), Committee on Radio Astronomy Frequencies, *Handbook for Radio Astronomy*, Strasbourg France.

INTERNATIONAL TELECOMMUNICATIONS UNION-ITU (1992-1995-2003). Recommendation ITU-R RA.769-2, *Protection Criteria used for Radio Astronomical measurements*. Ginebra, Suiza.

Figura 4.3. Enmascaramiento o exceso de ruido radioeléctrico, emisión OH, frecuencia 1612.231 MHz/AB

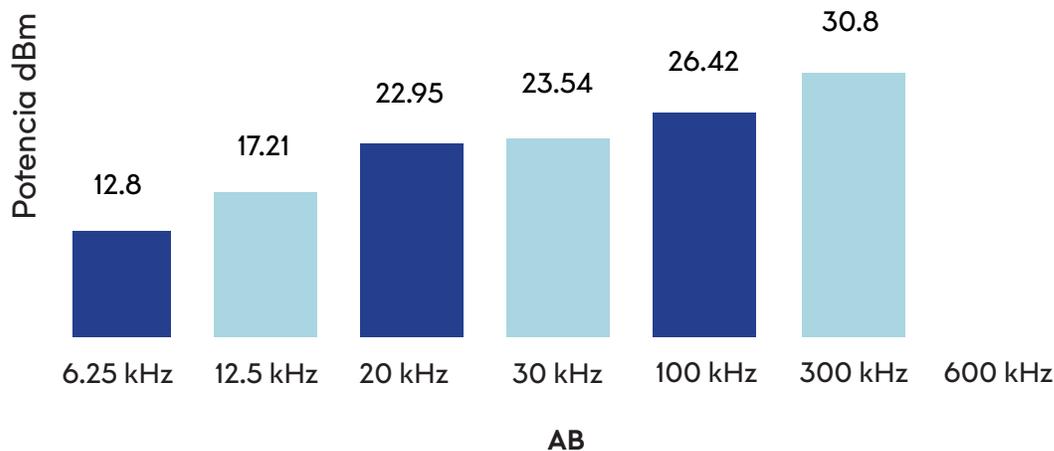
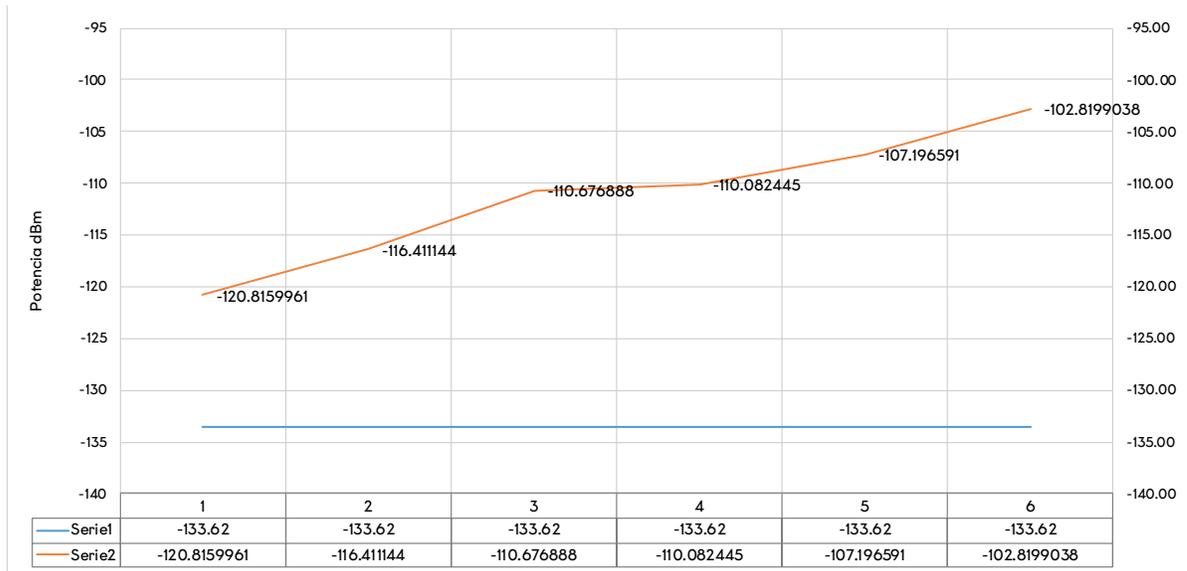
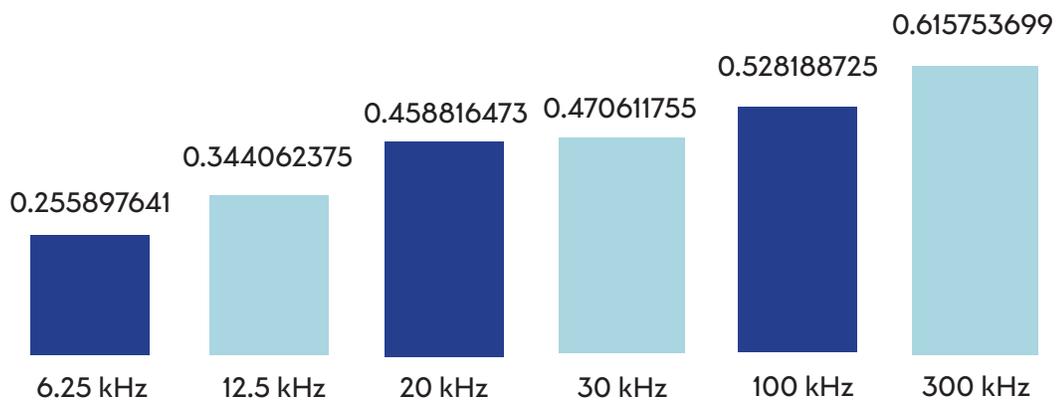


Figura 4.2. Gráfica sensibilidad del sistema versus el nivel de ruido radioeléctrico en 1612.231 MHz/AB



— Serie 1: Sencibilidad del sistema SSys
 — Serie 2: Piso de ruido radioeléctrico

Figura 5. Porcentaje de enmascaramiento



El enmascaramiento varía desde 25.59 % hasta 61.58 %, siendo los mejores anchos de banda los correspondientes a 6.25 kHz y 12.5 kHz, con un exceso de 12.8 dB y 17.21 dB, respectivamente.