

Espectro radioeléctrico para el servicio de radioastronomía

1 Introducción

Las rayas espectrales atómicas y moleculares, junto con las observaciones del continuum, ofrecen información esencial sobre la formación de las estrellas y, en particular, sobre la formación de planetas en otros sistemas solares, la existencia de moléculas prebiológicas y de vida extraterrestre, la física y la química del medio interestelar, la historia de los inicios del Universo y otros procesos astrofísicos de gran interés.

Muchos de los adelantos astronómicos realizados en las últimas décadas como, por ejemplo, el descubrimiento de radiogalaxias, cuásares y púlsares, la medición directa de hidrógeno neutro, y la medición directa de distancias de ciertas galaxias, han sido logrados a través de la radioastronomía, y se prevé que las observaciones radioastronómicas continúen proporcionando descubrimientos fundamentales para el conocimiento del Universo.

La radioastronomía es la astronomía basada en la recepción de ondas radioeléctricas de origen cósmico (RR 1.13). Sin embargo, el servicio de radioastronomía (RR 1.58) no es un servicio de radiocomunicación porque esa recepción de ondas radioeléctricas no se realiza con fines específicos de telecomunicación (RR 1.19). Tampoco debe confundirse con el servicio de investigación espacial que es un servicio de radiocomunicación que utiliza vehículos espaciales, u otros objetos espaciales, para fines de investigación científica o tecnológica (RR 1.55).

2 Bandas de frecuencias

En general, las frecuencias de observación radioastronómica vienen determinadas por las frecuencias de la rayapectral de los átomos y moléculas que existen en los entornos astrofísicos y esas frecuencias vienen fijadas por la naturaleza, de manera que no es utilizable para la radioastronomía cualquier banda de frecuencias. Además, debe tenerse en cuenta el desplazamiento de las frecuencias de las rayas por efecto Doppler, debido al movimiento relativo de las fuentes y el observador.

La observación de rayas espectrales atómicas y moleculares son muy importantes para la radioastronomía, pero sólo algunas de las bandas de frecuencias de interés se encuentran atribuidas a la radioastronomía.

En el cuadro del anexo se muestran, para la Región 1 UIT en la que se encuentra España, las bandas de frecuencias utilizadas, o que se utilizarán en el futuro, por el servicio de radioastronomía, con indicación de las notas pertinentes del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR), y los Informes o las Recomendaciones UIT-R de aplicación.

Algunas de estas bandas están expresamente atribuidas al servicio de radioastronomía, a título primario (con derecho a protección), otras lo están a título secundario (sin derecho a protección), y algunas ni siquiera se encuentran atribuidas pero, en cualquier caso, todas las Administraciones deben esforzarse para no causar interferencias perjudiciales a la radioastronomía (RR 29.10 y RR 29.11).

Existe la previsión futura para realizar observaciones de emisiones radioeléctricas procedentes de fuentes cósmicas en frecuencias superiores a 275 GHz e, incluso, ya se trabaja para realizar observaciones del continuum en frecuencias por encima de 1000 GHz. Las bandas utilizadas para dichas observaciones desde la Tierra vienen determinadas por las ventanas atmosféricas donde se produce la menor atenuación.

3 Protección del servicio de radioastronomía

El servicio de radioastronomía utiliza bandas de frecuencias, o bandas adyacentes, atribuidas a servicios de radiocomunicación y, por lo tanto, pueden producirse situaciones de interferencia perjudicial, en cuyo caso el servicio de radioastronomía se trata como si fuera un servicio de radiocomunicación (RR 4.6).

Algunas bandas de frecuencias están atribuidas al servicio de radioastronomía y, por lo tanto, las observación de emisiones de origen cósmico se encuentran protegidas contra la interferencia perjudicial; mientras que otras bandas utilizadas por este servicio no están atribuidas y, en consecuencia, las observaciones de radioastronomía pueden verse afectadas por la interferencia. En cualquier caso, las Administraciones deben prestar especial atención al hacer las asignaciones de frecuencias a estaciones de otros servicios para proteger el servicio de radioastronomía contra la interferencia perjudicial (RR 5.149).

En la protección del servicio de radioastronomía contra la interferencia perjudicial deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- la sensibilidad, excepcionalmente grande, de las estaciones de radioastronomía;
- la necesidad de largos períodos de observación sin interferencia perjudicial; y
- la localización de las estaciones de radioastronomía existentes en cada país.

En el análisis de la protección del servicio de radioastronomía puede tenerse en cuenta la siguiente documentación:

- la Recomendación UIT-R RA.517, que establece criterios de protección frente a las emisiones fuera de banda de los servicios que funcionan en bandas adyacentes;
- la Recomendación UIT-R RA.769, que proporciona valores umbral de la interferencia para protección de los radiotelescopios astronómicos;
- la Recomendación UIT-R RA.1031, que aborda la protección de la radioastronomía en las bandas compartidas;

- la Recomendación UIT-R RA.1513, que indica los niveles aceptables de pérdida de datos para las observaciones radioastronómicas;
- la Recomendación UIT-T M.1583, que establece los cálculos de la interferencia entre los servicios móvil por satélite o de radionavegación por satélite no geoestacionario y los emplazamientos de los telescopios de radioastronomía; y
- la Recomendación UIT-R S.1586, que determina el método para calcular los niveles de emisiones no deseadas producidas por el servicio fijo por satélite no geoestacionario en las ubicaciones de radioastronomía.

| Bandas de frecuencias para observaciones del servicio de radioastronomía en la Región 1 | | | | | | | |
|---|-------|------------|---|-----------------------------|----------------|---------------------|-------------------------------|
| Bandas | RR | Título | Otras notas RR | Observaciones | Raya espectral | Banda mínima | Inf o Rec UIT-R |
| 13 360-13 410 kHz | 5.149 | Primario | | [continuum] | | | |
| 25 550-25 670 kHz | 5.149 | Primario | | [continuum] | | | |
| 37,5-38,25 MHz | 5.149 | Secundario | | [continuum] | | | |
| 73-74,6 MHz | 5.149 | | 5.175 5.177 5.179 | [continuum] | | | |
| 150,05-153 MHz | 5.149 | Primario | | [continuum] | | | |
| 322-328,6 MHz | 5.149 | Primario | | Deuterio (D I) | 327,384 MHz | 327,0-327,7 MHz | RA.314 |
| 406,1-410 MHz | 5.149 | Primario | 5.265 | [continuum] | | | |
| 606-614 MHz | 5.149 | | 5.291A 5.294 5.296 5.300 5.304 5.306 5.312 | [continuum] | | | |
| 1 330-1 400 MHz | 5.149 | | | | | | |
| 1 400-1 427 MHz | | Primario | 5.340 5.341 | Hidrógeno (H I) | 1 420,406 MHz | 1 370,0-1 427,0 MHz | RA.314 |
| 1 610,6-1 613,8 MHz | 5.149 | Primario | 5.341 5.355 5.359 5.364 5.366 5.367 5.368 5.369 5.371 5.372 | Radical hidroxilo (OH) | 1 612,231 MHz | 1 606,8-1 613,8 MHz | RA.314 RA.769 RA.1513 RA.1631 |
| 1 660-1 670 MHz | 5.149 | Primario | 5.341 5.351 5.354 5.362A 5.376A 5.379 5.379A 5.379D 5.379E | Radical hidroxilo (OH) | 1 665,402 MHz | 1 659,8-1 667,1 MHz | RA.314 |
| 1 718,8-1 722,2 MHz | 5.149 | | 5.385 | Radical hidroxilo (OH) | 1 667,359 MHz | 1 661,8-1 669,0 MHz | RA.314 |
| 2 483,5-2 500 MHz | | | 5.402 | | 1 720,530 MHz | 1 714,8-1 722,2 MHz | RA.314 |
| 2 655-2 690 MHz | 5.149 | Secundario | 5.412 | [continuum] | | | |
| 2 690-2 700 MHz | | Primario | 5.413 5.340 5.422 | | | | |
| 3 260-3 267 MHz | 5.149 | | | Metiledina (CH) | 3 263,794 MHz | 3 252,9-3 267,1 MHz | RA.314 |
| 3 332-3 339 MHz | 5.149 | | | Metiledina (CH) | 3 335,481 MHz | 3 324,4-3 338,8 MHz | RA.314 |
| 3 345,8-3 352,5 MHz | 5.149 | | | Metiledina (CH) | 3 349,193 MHz | 3 338,0-3 352,5 MHz | RA.314 |
| 4 800-4 825 MHz | | Secundario | 5.339 5.443 | [continuum] | | | |
| 4 825-4 835 MHz | 5.149 | Secundario | 5.339 5.443 | Formaldehido (H2CO) | 4 829,660 MHz | 4 813,6-4 834,5 MHz | RA.314 |
| 4 950-4 990 MHz | 5.149 | Secundario | 5.339 5.443 | [continuum] | | | |
| 4 990-5 000 MHz | 5.149 | Primario | 5.402 5.443B | [continuum] | | | Res 741 |
| 6 650-6 675,2 MHz | 5.149 | | 5.458A | Metanol (CH3OH) | 6 668,518 MHz | 6 661,8-6 675,2 MHz | RA.314 |
| | | | | Helio (3He+) | 8 665,650 MHz | 8 657,0-8 674,3 MHz | RA.314 |
| 10,6-10,68 GHz | 5.149 | Primario | 5.482 5.482A | [continuum] | | | |
| 10,68-10,7 GHz | | Primario | 5.340 5.483 | [continuum] | | | |
| | | | | Metanol (CH3OH) | 12,178 GHz | 12,17-12,19 GHz | RA.314 |
| 14,47-14,5 GHz | 5.149 | Secundario | 5.504A 5.504B | Formaldehido (H2CO) | 14,488 GHz | 14,44-14,50 GHz | RA.314 M.1643 |
| 15,35-15,4 GHz | | Primario | 5.340 5.511 5.511F 5.AA110 | [continuum] | | | RA.769 RA.1513 |
| 22,01-22,21 GHz | 5.149 | Primario | 5.532 | Ciclopropenilideno (C3H2) | 18,343 GHz | 18,28-18,36 GHz | RA.314 |
| 22,21-22,5 GHz | 5.149 | Primario | 5.532 5.D110 | Vapor agua (H2O) | 22,235 GHz | 22,16-22,26 GHz | RA.314 |
| 22,81-22,86 GHz | 5.149 | | | [continuum] | | | RA.769 RA.1513 |
| 23,07-23,12 GHz | 5.149 | | | | | | |
| 23,6-24,0 GHz | | Primario | 5.340 | Amoniaco (NH3) | 23,694 GHz | 23,61-23,71 GHz | RA.314 |
| | | | | Amoniaco (NH3) | 23,723 GHz | 23,64-23,74 GHz | RA.314 |
| | | | | Amoniaco (NH3) | 23,870 GHz | 23,79-23,89 GHz | RA.314 |
| | | | | Monóxido sulfuro (SO) | 30,002 GHz | 29,97-30,03 GHz | RA.314 |
| 31,2-31,3 GHz | 5.149 | | | | | | |
| 31,3-31,5 GHz | | Primario | 5.340 | [continuum] | | | |
| 31,5-31,8 GHz | 5.149 | Primario | 5.546 | [continuum] | | | |
| | | | | Metanol (CH3OH) | 36,169 GHz | 36,13-36,21 GHz | RA.314 |
| 36,43-36,5 GHz | 5.149 | | | | | | |
| 42,5-43,5 GHz | 5.149 | Primario | 5.547 5.551H 5.551I | Monóxido silicio (SiO) | 42,519 GHz | 42,47-42,57 GHz | RA.314 RA.1631 |
| | | | | Monóxido silicio (SiO) | 42,821 GHz | 42,77-42,86 GHz | RA.314 |
| | | | | Monóxido silicio (SiO) | 43,122 GHz | 43,07-43,17 GHz | RA.314 |
| | | | | Monóxido silicio (SiO) | 43,424 GHz | 43,37-43,47 GHz | RA.314 |
| | | | | Dicarbono monosulfido (CCS) | 45,379 GHz | 45,33-45,44 GHz | RA.314 |
| 48,94-49,04 GHz | 5.149 | Primario | 5.555 5.555B | Carbono monosulfido (CS) | 48,991 GHz | 48,94-49,04 GHz | RA.314 |
| 51,4-54,25 GHz | | | 5.556 | | | | |
| 58,2-59 GHz | | | 5.556 | | | | |
| | | | | Oxígeno molecular (O2) | 61,1 GHz | 56,31-63,06 GHz | RA.314 |
| 64-65 GHz | | | 5.556 | | | | |
| 76-77,5 GHz | 5.149 | Primario | | [continuum] | | | |
| 77,5-79,0 GHz | 5.149 | Secundario | 5.560 | [continuum] | | | |
| 79,0-81,0 GHz | 5.149 | Primario | | Vapor agua pesada (HDO) | 80,578 GHz | 80,50-80,66 GHz | RA.314 |
| 81-86 GHz | 5.149 | Primario | 5.561A | Ciclopropenilideno (C3H2) | 85,339 GHz | 85,05-85,42 GHz | RA.314 |
| 86-92 GHz | | Primario | 5.340 | Monóxido silicio (SiO) | 86,243 GHz | 86,16-86,33 GHz | RA.314 |
| | | | | Formilio (H13CO+) | 86,754 GHz | 86,66-86,84 GHz | RA.314 |
| | | | | Monóxido silicio (SiO) | 86,847 GHz | 86,76-86,93 GHz | RA.314 |
| | | | | Radical etinol (C2H) | 87,3 GHz | 87,21-87,39 GHz | RA.314 |
| | | | | Ácido clorídrico (HCl) | 88,632 GHz | 88,34-88,72 GHz | RA.314 |
| | | | | Formilio (HCO+) | 89,189 GHz | 88,89-89,28 GHz | RA.314 |
| | | | | Hidrógeno isocianida (HNC) | 90,664 GHz | 90,57-90,76 GHz | RA.314 |
| 92-94 GHz | 5.149 | Primario | | Diacenilium (N2H+) | 93,174 GHz | 93,07-93,27 GHz | RA.314 |
| 94,0-94,1 GHz | | Secundario | 5.562 5.562A | [continuum] | | | |
| 94,1-100 GHz | 5.149 | Primario | 5.554 | Carbono monosulfido (CS) | 97,981 GHz | 97,65-98,08 GHz | RA.314 |
| | | | | Monóxido sulfuro (SO) | 99,300 GHz | 99,98-100,18 GHz | RA.314 |
| 100-102 GHz | | Primario | 5.340 5.341 | [continuum] | | | |
| 102-109,5 GHz | 5.149 | Primario | 5.341 5.562B | Metil acetileno (CH3C2H) | 102,5 GHz | 102,39-102,60 GHz | RA.314 |
| | | | | Metanol (CH3OH) | 107,014 GHz | 106,91-107,12 GHz | RA.314 |
| 109,5-111,8 GHz | | Primario | 5.340 5.341 | Monóxido carbono (C18O) | 109,782 GHz | 109,67-109,89 GHz | RA.314 |
| | | | | Monóxido carbono (13CO) | 110,201 GHz | 109,83-110,31 GHz | RA.314 |
| 111,8-114,25 GHz | 5.149 | Primario | 5.341 5.562B | Monóxido carbono (C17O) | 112,359 GHz | 112,25-112,47 GHz | RA.314 |
| | | | | Radical ciano (CN) | 113,5 GHz | 113,39-113,61 GHz | RA.314 |
| 114,25-116 GHz | | Primario | 5.340 5.341 | Monóxido carbono (CO) | 115,271 GHz | 114,88-115,39 GHz | RA.314 |
| | | | | Oxígeno molecular (O2) | 118,750 GHz | 118,63-118,87 GHz | RA.314 |
| 123,0-128,33 GHz | | Secundario | 5.554 5.562D | [continuum] | | | |

| Bandas de frecuencias para observaciones del servicio de radioastronomía en la Región 1 | | | | | | | |
|---|--------|------------|--------------------|----------------------------|----------------|-------------------|---------------------|
| Bandas | RR | Título | Otras notas RR | Observaciones | Raya espectral | Banda mínima | Inf o Rec UIT-R |
| 128,33-128,59 GHz | 5.149 | Secundario | 5.554 5.562D | [continuum] | | | |
| 128,59-129,23 GHz | | Secundario | 5.554 5.562D | [continuum] | | | |
| 129,23-129,49 GHz | 5.149 | Secundario | 5.554 5.562D | [continuum] | | | |
| 129,49-130 GHz | | Secundario | 5.554 5.562D | [continuum] | | | |
| 130-134 GHz | 5.149 | Primario | 5.562A | [continuum] | | | |
| 134-136 GHz | | Secundario | | [continuum] | | | |
| 136-148,5 GHz | 5.149 | Primario | | Formaldehido (H213CO) | 137,450 GHz | 137,31-137,59 GHz | RA.314 |
| | | | | Formaldehido (H2CO) | 140,840 GHz | 140,69-140,98 GHz | RA.314 |
| | | | | Carbono monosulfido (CS) | 146,969 GHz | 146,82-147,12 GHz | RA.314 |
| 148,5-151,5 GHz | | Primario | 5.340 | Óxido nítrico (NO) | 150,4 GHz | 149,95-150,85 GHz | RA.314 |
| 151,5-158,5 GHz | 5.149 | Primario | | Metanol (CH3OH) | 156,602 GHz | 156,45-156,76 GHz | RA.314 |
| 164-167 GHz | | Primario | 5.340 | [continuum] | | | |
| 168,59-168,93 GHz | 5.149 | | | Vapor agua (H2O) | 183,310 GHz | 183,12-183,50 GHz | RA.314 |
| 171,11-171,45 GHz | 5.149 | | | | | | |
| 172,31-172,65 GHz | 5.149 | | | | | | |
| 173,52-173,85 GHz | 5.149 | | | | | | |
| 182-185 GHz | | Primario | 5.340 | | | | |
| 195,75-196,15 GHz | 5.149 | | | | | | |
| 200-209 GHz | | Primario | 5.340 5.341 5.563A | [continuum] | | | |
| 209-226 GHz | 5.149 | Primario | 5.341 5.562B | Monóxido carbono (C18O) | 219,560 GHz | 219,34-219,78 GHz | RA.314 |
| | | | | Monóxido carbono (13CO) | 220,399 GHz | 219,67-220,62 GHz | RA.314 |
| 226-231,5 GHz | | Primario | 5.340 | Radical ciano (CN) | 226,6 GHz | 226,37-226,83 GHz | RA.314 |
| | | | | Radical ciano (CN) | 226,8 GHz | 226,57-227,03 GHz | RA.314 |
| 241-248 GHz | 5.149 | Primario | 5.138 | Monóxido carbono (CO) | 230,538 GHz | 229,77-230,77 GHz | RA.314 |
| 248-250 GHz | 5.149 | Secundario | | Carbono monosulfido (CS) | 244,953 GHz | 244,72-245,20 GHz | RA.314 |
| 250-252 GHz | | Primario | 5.340 5.563A | Óxido nítrico (NO) | 250,600 GHz | 250,35-250,85 GHz | RA.314 |
| 252-275 GHz | 5.149 | Primario | 5.554 5.563A | Radical etinilo (C2H) | 262,000 GHz | 261,74-262,26 GHz | RA.314 |
| | | | | Ácido cianídrico (HCN) | 265,886 GHz | 265,62-266,15 GHz | RA.314 |
| | | | | Formilio (HCO+) | 267,557 GHz | 267,29-267,83 GHz | RA.314 |
| | | | | Hidrógeno isocianida (HNC) | 271,981 GHz | 271,71-272,25 GHz | RA.314 |
| 275-323 GHz | 5.564A | | 5.565 | Diacenilium (N2H+) | 279,511 GHz | 279,23-279,79 GHz | Res 731 |
| | | | | Carbono monosulfido (CS) | 293,912 GHz | 292,93-294,21 GHz | |
| | | | | Oxonio (H3O+) | 307,192 GHz | 306,88-307,50 GHz | |
| | | | | Vapor agua pesada (HDO) | 313,750 GHz | 313,44-314,06 GHz | |
| 327-371 GHz | 5.564A | | 5.565 | Monóxido carbono (C18O) | 329,330 GHz | 329,00-329,66 GHz | Res 731 Inf RA.2189 |
| | | | | Monóxido carbono (13CO) | 330,587 GHz | 330,25-330,92 GHz | |
| | | | | Carbono monosulfido (CS) | 342,883 GHz | 342,54-343,23 GHz | |
| | | | | Monóxido carbono (CO) | 345,796 GHz | 345,45-346,14 GHz | |
| | | | | Ácido cianídrico (HCN) | 354,484 GHz | 354,13-354,84 GHz | |
| | | | | Formilio (HCO+) | 356,734 GHz | 356,37-357,09 GHz | |
| | | | | Molécula oxígeno (O2) | 368,498 GHz | 368,13-368,87 GHz | |
| 388-424 GHz | 5.564A | | 5.565 | Diacenilium (N2H+) | 372,672 GHz | 372,30-373,05 GHz | Res 731 Inf RA.2189 |
| | | | | Vapor agua (H2O) | 380,197 GHz | 379,81-380,58 GHz | |
| | | | | Oxonio (H3O+) | 388,459 GHz | 388,07-388,85 GHz | |
| | | | | Carbono monosulfido (CS) | 391,847 GHz | 390,54-392,24 GHz | |
| | | | | Molécula oxígeno (O2) | 424,763 GHz | 424,34-425,19 GHz | |
| 426-442 GHz | 5.564A | | 5.565 | Monóxido carbono (C18O) | 439,088 GHz | 438,64-439,53 GHz | Res 731 Inf RA.2189 |
| | | | | Monóxido carbono (13CO) | 440,765 GHz | 440,32-441,21 GHz | |
| 453-510 GHz | 5.564A | | 5.565 | Monóxido carbono (CO) | 461,041 GHz | 460,57-461,51 GHz | Res 731 Inf RA.2189 |
| | | | | Vapor agua pesada (HDO) | 464,925 GHz | 464,46-465,39 GHz | |
| | | | | Ión carbono (CI) | 492,162 GHz | 491,66-492,66 GHz | |
| | | | | Vapor agua pesada (HDO) | 509,292 GHz | 508,78-509,80 GHz | |
| 623-711 GHz | 5.564A | | 5.565 | Acido cianídrico (HCN) | 531,716 GHz | 529,94-532,25 GHz | Res 731 Inf RA.2189 |
| | | | | Carbono monosulfido (CS) | 538,689 GHz | 536,89-539,23 GHz | |
| | | | | Vapor agua (H218O) | 547,676 GHz | 547,13-548,22 GHz | |
| | | | | Monóxido carbono (13CO) | 550,926 GHz | 549,09-551,48 GHz | |
| | | | | Vapor agua (H2O) | 556,936 GHz | 556,37-557,50 GHz | |
| | | | | Amoniaco (15NH3) | 572,113 GHz | 571,54-572,69 GHz | |
| | | | | Amoniaco (NH3) | 572,498 GHz | 571,92-573,07 GHz | |
| | | | | Monóxido carbono (CO) | 576,268 GHz | 574,35-576,84 GHz | |
| | | | | Carbono monosulfido (CS) | 587,616 GHz | 587,03-588,20 GHz | |
| | | | | Vapor agua pesada (HDO) | 599,927 GHz | 599,33-600,53 GHz | |
| | | | | Vapor agua (H2O) | 620,700 GHz | 620,08-621,32 GHz | |
| | | | | Hidrógeno clorido (HCl) | 625,040 GHz | 624,27-625,67 GHz | |
| | | | | Hidrógeno clorido (HCl) | 625,980 GHz | 625,35-626,61 GHz | |
| | | | | Carbono monosulfido (CS) | 636,532 GHz | 634,41-637,17 GHz | |
| | | | | Monóxido carbono (13CO) | 661,067 GHz | 658,86-661,73 GHz | |
| | | | | Monóxido carbono (CO) | 691,473 GHz | 690,78-692,17 GHz | |
| 795-909 GHz | 5.564A | | 5.565 | Molécula oxígeno (O2) | 715,393 GHz | 714,68-716,11 GHz | Res 731 Inf RA.2189 |
| | | | | Carbono monosulfido (CS) | 734,324 GHz | 733,59-735,06 GHz | |
| | | | | Vapor agua (H2O) | 752,033 GHz | 751,28-752,79 GHz | |
| | | | | Molécula oxígeno (O2) | 773,840 GHz | 773,07-784,61 GHz | |
| | | | | Ácido cianídrico (HCN) | 797,433 GHz | 796,64-798,23 GHz | |
| | | | | Formilylum (HCO+) | 802,653 GHz | 801,85-803,85 GHz | |
| | | | | Monóxido carbono (CO) | 806,652 GHz | 805,85-807,46 GHz | |
| | | | | Ión carbono (CI) | 809,350 GHz | 808,54-810,16 GHz | |
| | | | | Carbono monosulfido (CS) | 832,057 GHz | 829,28-832,89 GHz | |
| | | | | Molécula oxígeno (O2) | 834,146 GHz | 833,31-834,98 GHz | |
| | | | | Carbono monosulfido (CS) | 880,899 GHz | 877,96-881,78 GHz | |