

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 raya espectral 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
				Radical hidroxilo (OH)	1 667,359 MHz	1 661,8-1 669,0 MHz	RA.314
1 718,8-1 722,2 MHz	5.149		5.385	Radical hidroxilo (OH)	1 720,530 MHz	1 714,8-1 722,2 MHz	RA.314
2 483,5-2 500 MHz			5.402				
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			Metileidina (CH)	3 263,794 MHz	3 252,9-3 267,1 MHz	RA.314
3 332-3 339 MHz	5.149			Metileidina (CH)	3 335,481 MHz	3 324,4-3 338,8 MHz	RA.314
3 345,8-3 352,5 MHz	5.149			Metileidina (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	Formaldehído (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	Formaldehído (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 5.5A110	[continuum]			RA.769 RA.1513
				Ciclopropenilideno (C3H2)	18,343 GHz	18,28-18,36 GHz	RA.314
22,01-22,21 GHz	5.149	Primario	5.532	Vapor agua (H2O)	22,235 GHz	22,16-22,26 GHz	RA.314
22,21-22,5 GHz	5.149	Primario	5.532 5.D110	[continuum]			RA.769 RA.1513
22,81-22,86 GHz	5.149						
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
				Dicarbóno monosulfido (CS)	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
				Formililo (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 cianídrico (HCN)	88,632 GHz	88,34-88,72 GHz	RA.314
				Formililo (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 carbonó (C18O)	109,782 GHz	109,67-109,89 GHz	RA.314
				Monóxido carbonó (C13CO)	110,201 GHz	109,83-110,31 GHz	RA.314
111,8-114,25 GHz	5.149	Primario	5.341 5.562B	Monóxido carbonó (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 carbonó (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		Formaldehído (H213CO)	137,450 GHz	137,31-137,59 GHz	RA.314
				Formaldehído (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						
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	Vapor agua (H2O)	183,310 GHz	183,12-183,50 GHz	RA.314
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
				Monóxido carbono (CO)	230,538 GHz	229,77-230,77 GHz	RA.314
241-248 GHz	5.149	Primario	5.138	Carbono monosulfido (CS)	244,953 GHz	244,72-245,20 GHz	RA.314
248-250 GHz	5.149	Secundario		[continuum]			
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
				Formililo (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 InfRA.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	
				Formililo (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 InfRA.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 InfRA.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 InfRA.2189
				Vapor agua pesada (HDO)	464,925 GHz	464,46-465,39 GHz	
				Ión carbono (C I)	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	Ácido cianídrico (HCN)	531,716 GHz	529,94-532,25 GHz	Res 731 InfRA.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 InfRA.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	
				Formylium (HCO+)	802,653 GHz	801,85-803,85 GHz	
				Monóxido carbono (CO)	806,652 GHz	805,85-807,46 GHz	
				Ión carbono (C I)	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	