

## TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE RESIDUOS SÓLIDOS (BIOMETANIZACIÓN)

ACTIVIDADES CUBIERTAS SEGÚN NOMENCLATURA	
NOMENCLATURA	CÓDIGO
SNAP 97	09.10.06
CRF	5B2a
NFR	5B2

### Descripción de los procesos generadores de emisiones

En esta actividad se recogen las emisiones derivadas de la digestión anaeróbica de los desechos orgánicos (biometanización). Este tratamiento anaeróbico está asociado a la recuperación de metano ( $\text{CH}_4$ ) y su combustión posterior.

La biometanización acelera la descomposición natural del material orgánico en ausencia de oxígeno si la temperatura, el contenido de humedad y el pH se mantienen cercanos a los valores óptimos. Se asume que las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  procedentes del proceso son insignificantes. El  $\text{CH}_4$  generado suele usarse para producir calor y energía, aunque hay una pequeña parte que se quema en antorcha en la propia planta de biometanización. Las emisiones de gases de efecto derivadas de la quema en antorcha no se estiman.

La metodología de esta ficha es la utilizada en la estimación de las emisiones durante la biometanización y de la combustión sin valorización energética del metano captado tras la biometanización.

Por transparencia y completitud, al final de esta ficha se muestran las emisiones procedentes de la recuperación del biogás con valorización energética, no obstante, dichas emisiones se contabilizan en el sector de energía (CRF 1A1ai, NFR 1A1a).

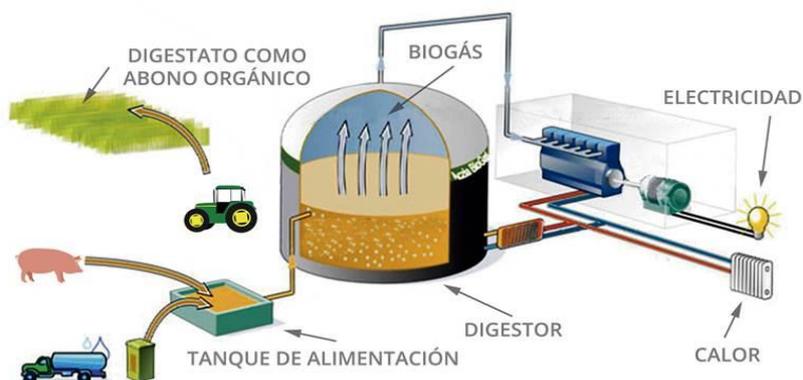


Figura 1. Esquema de planta de tratamiento biológico de los residuos (biometanización) (Fuente: [www.gruposanchiz.es](http://www.gruposanchiz.es))

Los tipos de residuos tratados son principalmente residuos procedentes de la recogida separada de la fracción orgánica y de la fracción vegetal de los residuos, lodos de depuradora, materia orgánica recuperada en el triaje de las instalaciones de tratamiento mecánico-biológico (TMB) y deyecciones ganaderas (purines).

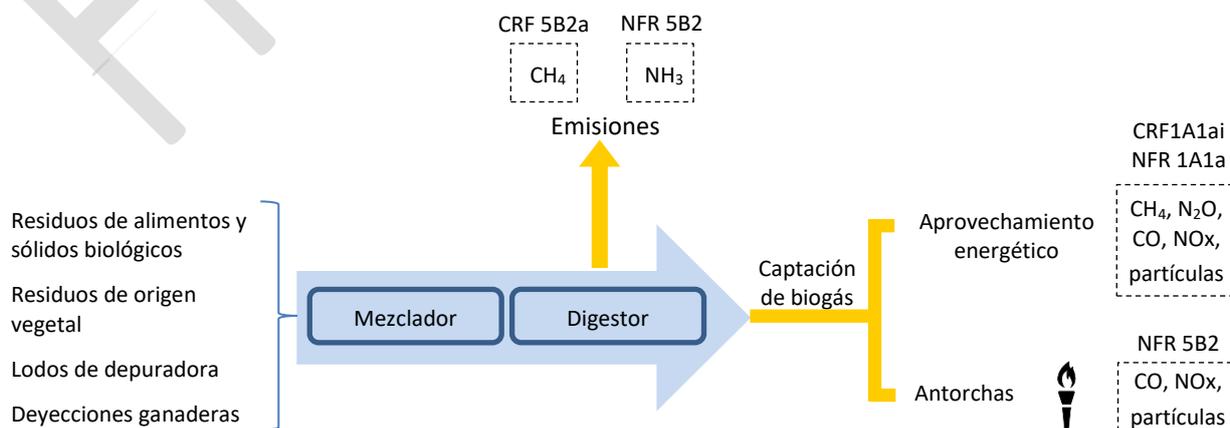


Figura 2. Diagrama del tratamiento biológico de los residuos (biometanización) (Fuente: elaboración propia)

## Contaminantes inventariados

### Gases de efecto invernadero

CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	PFC	SF <sub>6</sub>
NA	✓	NE	NA	NA	NA

OBSERVACIONES: *Notation keys* correspondientes al último reporte a UNFCCC.

### Contaminantes atmosféricos

Contaminantes principales				Material particulado				Otros	Metales pesados prioritarios			Metales pesados adicionales						Contaminantes orgánicos persistentes				
NOx	NMVOc	SO <sub>2</sub>	NH <sub>3</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	TSP	BC	CO	Pb	Cd	Hg	As	Cr	Cu	Ni	Se	Zn	DIOX	PAH	HCB	PCB	
✓	NE	NE	✓	✓	✓	✓	NE	✓	NE	NE	NE	NA	NE	NA	NA	NA	NE	NE	NE	NE	NE	NE

OBSERVACIONES: *Notation keys* correspondientes al último reporte a CLRTAP.

## Sectores del Inventario vinculados

Las actividades del Inventario relacionadas con la presente ficha metodológica son las siguientes:

RELACIÓN CON OTRAS FICHAS METODOLÓGICAS				
ACTIVIDAD SNAP	ACTIVIDAD CRF	ACTIVIDAD NFR	DESCRIPCIÓN	
01.01.03	1A1ai	1A1a	Combustión en calderas con valorización energética	
01.01.04	1A1ai	1A1a	Combustión en turbinas con valorización energética	
01.01.05	1A1ai	1A1a	Combustión en motores con valorización energética	
09.10.05	5B1a	5B1	Tratamiento biológico de residuos sólidos (compostaje)	

## Descripción metodológica general

Contaminante	Tier	Fuente	Descripción										
<b>Biometanización</b>													
CH <sub>4</sub>	T2	IPCC 2006. Volumen 5, capítulo 4, ecuación 4.1 (pág. 4.5).	Producto de la variable de actividad (cantidad de residuos tratados por digestión anaerobia, en masa húmeda), por su factor de emisión.										
NH <sub>3</sub>	T1	EMEP/EEA 2019. Capítulo 5.B.2. <i>Biological treatment of waste – anaerobic digestion at biogas facilities.</i>	<p>Los parámetros utilizados para conocer el contenido de nitrógeno de los residuos tratados son:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de residuo</th> <th>Contenido en nitrógeno en materia fresca (kg N /kg residuo)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fracción orgánica</td> <td>0,0068</td> </tr> <tr> <td>Fracción vegetal</td> <td>0,0046</td> </tr> <tr> <td>Lodos de depuradora</td> <td>0,0395 <sup>(1)</sup></td> </tr> <tr> <td>Deyecciones ganaderas</td> <td>0,0048</td> </tr> </tbody> </table> <p>Observaciones: <sup>(1)</sup> Fuente: <i>Caracterización de los lodos de depuradoras generados en España</i>. MAPAMA 2009. Pág. 29.</p>	Tipo de residuo	Contenido en nitrógeno en materia fresca (kg N /kg residuo)	Fracción orgánica	0,0068	Fracción vegetal	0,0046	Lodos de depuradora	0,0395 <sup>(1)</sup>	Deyecciones ganaderas	0,0048
Tipo de residuo	Contenido en nitrógeno en materia fresca (kg N /kg residuo)												
Fracción orgánica	0,0068												
Fracción vegetal	0,0046												
Lodos de depuradora	0,0395 <sup>(1)</sup>												
Deyecciones ganaderas	0,0048												
<b>Combustión del metano captado</b>													
CH <sub>4</sub> captado	T1	IPCC 2006. Volumen 5, capítulo 4.	<p>Las emisiones producidas por la valorización energética, se contabilizan en el sector de Energía (CRF 1A1ai).</p> <p>Quema del metano en antorchas: Siguiendo las indicaciones de buena práctica incluidas en la Guía IPCC 2006, en la que se indica que “...las emisiones provenientes de la quema del biogás captado no son significativas, pues las emisiones de CO<sub>2</sub> son de origen biogénico y las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O son muy pequeñas...” (pág. 4.5, cap. 4, vol. 5), las emisiones de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> procedentes de la quema en antorchas no se estiman.</p>										

Contaminante	Tier	Fuente	Descripción
CO	T1	US EPA AP-42. 5ª Ed. (1998). Capítulo 2.4, tabla 2.4-4.	Producto de la variable de actividad (cantidad de metano captado), por su factor de emisión.
NOx	T1		
PM <sub>2,5</sub>	T1		
PM <sub>10</sub>	T1		
TSP	T1		

## Variable de actividad

Variable	Descripción
Cantidad de residuos tratados.	Expresada en toneladas (t).
Cantidad de metano captado y quemado en antorchas.	Expresada en toneladas (t).
Cantidad de metano captado y quemado en motores.	Expresada en toneladas (t).
Cantidad de metano captado y quemado en calderas.	Expresada en toneladas (t).
Cantidad de metano captado y quemado en turbinas.	Expresada en toneladas (t).

## Fuentes de información sobre la variable de actividad

Periodo	Fuente
<b>Biometanización</b>	
1990-2001	Sin datos, no existe la actividad.
2002-2006	Datos suministrados por el punto focal (Subdirección General de Residuos de MAPAMA, en adelante SGR).
2007-2022	Información proporcionada a través de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuestionarios individualizados a plantas de tratamiento de deyecciones ganaderas, suministrados por la Subdirección General de Higiene Animal de MAPA (en adelante SGHA).</li> <li>- Punto focal (SGR, actual Subdirección de Economía Circular).</li> </ul>
<b>Combustión del metano captado</b>	
1990-2001	Sin datos, no existe la actividad.
2002-2006	Datos suministrados por el punto focal (SGR).
2007-2022	Información proporcionada a través de: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuestionarios individualizados a plantas de tratamiento de deyecciones ganaderas (SGHA).</li> <li>- Punto focal (SGR, actual Subdirección de Economía Circular).</li> </ul>

## Fuente de los factores de emisión

Contaminante	Periodo	Tipo	Fuente	Descripción
<b>Biometanización</b>				
CH <sub>4</sub>	2002-2022	D	Guía IPCC 2006. Volumen 5, capítulo 4, tabla 4.1.	FE por defecto.
NH <sub>3</sub>	2002-2022	D	EMEP/EEA 2019. Capítulo 5.B.2. <i>Biological treatment of waste – anaerobic digestion at biogas facilities</i> . Tabla 3-1.	FE por defecto.
<b>Combustión del metano captado</b>				
CO	2002-2022	OTH	US EPA AP-42. 5ª Ed. (1998). Capítulo 2.4, tabla 2.4-4.	<i>Emission factors for secondary compounds exiting control devices (flare, engine, boiler, gas turbine).</i>
NOx	2002-2022	OTH		
PM <sub>2,5</sub>	2002-2022	OTH		
PM <sub>10</sub>	2002-2022	OTH		
TSP	2002-2022	OTH		
Observaciones: D= por defecto (del inglés <i>Default</i> ); CS= específico del país (del inglés <i>Country specific</i> ); OTH= otros (del inglés <i>Other</i> ); M= modelo (del inglés <i>Model</i> ).				

## Incertidumbres

La incertidumbre de esta actividad se calcula a nivel de CRF 5B y es la recogida en la siguiente tabla.

Contaminante	Inc. VA (%)	Inc. FE (%)	Descripción
CH <sub>4</sub>	30	124	<u>Variable de actividad</u> : La incertidumbre está determinada por la dificultad que entraña obtener datos muy precisos en el ámbito de los residuos. <u>Factor de emisión</u> : Se asume la incertidumbre propuesta en la Guía IPCC 2006, volumen 5, capítulo 4.
NH <sub>3</sub>	-	-	No estimada. El Inventario contempla en su estimación de incertidumbre total, aquellos sectores que más emiten hasta completar el 97 % de las emisiones totales, quedando esta actividad y contaminante fuera del cómputo. Para más información consultar la metodología para el cálculo de incertidumbres de los reportes a UNFCCC y CRLTAP.
CO	-	-	
NO <sub>x</sub>	-	-	
PM <sub>2,5</sub>	-	-	
PM <sub>10</sub>	-	-	
TSP	-	-	

## Coherencia temporal de la serie

Las series de las variables se consideran coherentes al cubrir el conjunto de plantas del sector en el periodo inventariado y provenir la información directamente del punto focal y de las plantas de tratamiento.

## Observaciones

No procede.

## Criterio para la distribución espacial de las emisiones

El nivel de desagregación para el cálculo de las emisiones ya se realiza a nivel provincial, constituyendo un modelo *bottom-up*.

## Juicio de experto asociado

No procede.

## Fecha de actualización

Febrero de 2024.

## ANEXO I

### Datos de la variable de actividad

#### Residuos tratados en la digestión anaerobia en las instalaciones de biogás

Año	Residuo orgánico municipal (recuperados en el triaje)	Residuo orgánico municipal (recogida selectiva)	Residuo vegetal (recogida selectiva)	Lodo	Purín
	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)
2002	17 534,00	-	-	-	-
2003	41 810,00	-	-	-	-
2004	69 112,00	-	-	-	-
2005	68 954,00	-	-	-	-
2006	52 678,80	-	-	-	-
2007	75 117,60	-	-	-	993,00
2008	114 499,57	27 849,61	-	-	1 605,00
2009	291 335,88	47 037,40	9 790,00	23 342,12	5 253,45
2010	304 883,42	19 038,31	0,00	21 595,56	13 256,72
2011	484 173,28	18 145,12	1 493,57	26 679,97	26 224,99
2012	605 736,59	72 510,54	5 910,16	48 312,96	36 439,55
2013	968 710,85	293 696,50	22 208,63	35 413,41	38 967,86
2014	1 192 309,16	319 643,08	7 826,12	68 404,17	59 972,91
2015	1 073 280,69	326 238,99	19 122,76	133 542,95	44 711,99
2016	516 244,92	374 122,00	14 720,20	142 438,14	88 954,59
2017	455 575,96	373 616,19	18 384,39	254 677,69	101 989,56
2018	536 318,06	446 206,00	15 542,21	231 216,61	46 049,92
2019	385 513,64	565 509,56	16 012,07	145 577,05	71 641,77
2020	545 769,07	602 561,87	33 409,99	144 341,61	55 211,93
2021	495 265,19	460 136,09	29 592,98	129 217,30	69 746,73
2022	496 814,45	477 377,98	25 963,48	137 859,45	70 321,51

(\*) Se indica con un guion (-) los datos donde no hay registro

#### Contenido en nitrógeno de los residuos tratados según la clasificación de los mismos

Contenido en nitrógeno (kg N/kg residuo tratado)				
Residuo orgánico municipal (recuperado en triaje)	Residuo orgánico municipal (recogida selectiva)	Residuo vegetal (recogida selectiva)	Lodo	Purín
0,0068		0,0046	0,0395	0,0048

**Combustión del metano captado**

Año	Metano captado y quemado	Metano quemado sin valorización energética (Antorchas)	Metano quemado con valorización energética (Motores)	Metano quemado con valorización energética (Turbinas)	Metano quemado con valorización energética (Calderas)
	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)
2002	416,16	60,34	353,74	-	2,08
2003	1 069,68	171,63	888,37	-	9,68
2004	5 414,57	203,07	5 107,00	-	104,50
2005	6 834,75	282,62	6 510,28	-	41,85
2006	6 334,81	243,59	6 019,63	-	71,59
2007	10 454,82	629,80	9 751,38	-	73,64
2008	16 680,67	1 555,60	15 052,51	-	72,56
2009	20 576,10	2 915,23	17 587,85	-	73,02
2010	39 316,35	4 700,64	34 468,97	-	146,74
2011	66 707,29	6 754,53	59 709,71	-	243,05
2012	72 312,10	6 837,30	65 227,04	-	247,76
2013	101 726,89	9 113,94	92 252,99	-	359,97
2014	102 300,88	8 909,66	93 043,50	-	347,72
2015	110 009,87	9 525,10	100 099,38	-	385,39
2016	94 913,74	8 869,05	85 252,71	-	791,98
2017	100 189,13	9 215,12	89 758,88	-	1 215,13
2018	105 971,63	9 729,98	94 952,11	-	1 289,54
2019	107 038,00	9 617,67	95 727,84	-	1 692,49
2020	120 757,48	12 032,30	104 775,54	178,15	3 771,50
2021	106 595,49	8 191,42	93 981,08	230,08	4 192,90
2022	116 743,63	11 327,46	101 518,87	230,08	3 667,22

## ANEXO II

### Datos de factores de emisión

#### Factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones de metano y amoníaco

CONTAMINANTE	PERIODO	FE	UNIDADES
CH <sub>4</sub>	2002-2022	0,8 <sup>(1)</sup>	g CH <sub>4</sub> /kg en masa húmeda de residuos tratados
NH <sub>3</sub> -N	2002-2022	27,5 <sup>(2)</sup>	g NH <sub>3</sub> -N/kg N en materia prima

<sup>(1)</sup> Fuente: Guía IPCC 2006. Tabla 4.1, capítulo 4, volumen 5.

<sup>(2)</sup> Fuente: EMEP/EEA 2019. Tabla 3.1, capítulo 5.B.2. *Biological treatment of waste – anaerobic digestion at biogas facilities.*

#### Factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones en la quema del metano captado en los distintos dispositivos

SNAP	PERIODO	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	TSP
		g de contaminante/t CH <sub>4</sub> quemado						
09.10.02/ANTORCHAS	2002-2022	-	-	16 799	910	378	378	378
01.01.03/CALDERAS*	2002-2022	50,4	5,04	126	742	182	182	182
01.01.04/TURBINAS*	2002-2022	50,4	5,04	5 040	1 960	490	490	490
01.01.05/MOTORES*	2002-2022	50,4	5,04	10 499	5 600	1 078	1 078	1 078

\* Emisiones contabilizadas en el sector de Energía (CRF 1A1ai)

## ANEXO III

### Cálculo de emisiones

Ejemplo de estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> (año 2015) derivadas del tratamiento de digestión anaeróbica de los residuos:

$$Emisiones\ de\ CH_4 = VA \times FE$$

$$\begin{aligned} Emisiones\ de\ CH_4 &= (1\ 073\ 280,69 + 326\ 238,99 + 19\ 122,76 + 133\ 542,95 + 44\ 711,99) \times 0,8 \times \frac{1}{10^3} \\ &= 1\ 277,52\ toneladas\ de\ CH_4 \end{aligned}$$

Ejemplo de estimación de las emisiones de NH<sub>3</sub> (año 2015) derivadas del tratamiento de digestión anaeróbica de los residuos:

$$Emisiones\ de\ NH_3 = VA \times FE$$

$$\begin{aligned} Emisiones\ de\ NH_3 &= ((1\ 073\ 280,69 + 326\ 238,99) \times 0,0068 + 19\ 122,76 \times 0,0046 + 133\ 542,95 \times 0,0395 \\ &+ 44\ 711,99 \times 0,0048) \times 27,5 \times \frac{1}{10^3} = 415,09\ toneladas\ de\ NH_3 \end{aligned}$$

## ANEXO IV

### Emisiones

#### Emisiones estimadas a nivel CRF 5B2a y NFR 5B2

Año	Combustión en antorcha del metano captado*						
	CRF 5B2a	NFR 5B2					
	CH <sub>4</sub> (t)	NH <sub>3</sub> (t)	CO (t)	NO <sub>x</sub> (t)	PM <sub>10</sub> (t)	PM <sub>2,5</sub> (t)	TSP (t)
2002	14,03	3,28	0,62	0,03	0,01	0,01	0,01
2003	33,45	7,82	1,74	0,09	0,04	0,04	0,04
2004	55,29	12,92	2,06	0,11	0,05	0,05	0,05
2005	55,16	12,89	2,86	0,15	0,06	0,06	0,06
2006	42,14	9,85	2,47	0,13	0,06	0,06	0,06
2007	60,89	14,18	6,44	0,35	0,15	0,15	0,15
2008	115,16	26,83	15,62	0,85	0,35	0,35	0,35
2009	301,41	90,56	29,21	1,58	0,66	0,66	0,66
2010	287,02	85,78	47,68	2,58	1,07	1,07	1,07
2011	445,37	126,57	68,87	3,73	1,55	1,55	1,55
2012	615,13	184,87	69,08	3,74	1,55	1,55	1,55
2013	1 087,20	282,49	91,80	4,97	2,07	2,07	2,07
2014	1 318,52	365,95	89,83	4,87	2,02	2,02	2,02
2015	1 277,52	415,09	106,87	5,79	2,40	2,40	2,40
2016	909,18	334,83	89,65	4,86	2,02	2,02	2,02
2017	963,40	447,49	92,61	5,02	2,08	2,08	2,08
2018	1 020,27	442,94	98,25	5,32	2,21	2,21	2,21
2019	947,40	347,46	100,01	5,42	2,25	2,25	2,25
2020	1 105,04	383,04	123,50	6,69	2,78	2,78	2,78
2021	947,17	331,97	88,43	4,79	1,99	1,99	1,99
2022	966,67	344,49	120,29	6,52	2,71	2,71	2,71

\*Las emisiones del metano captado con valorización energética se reportan en el sector de energía (CRF 1A1ai, NFR 1A1a), dichas emisiones están incluidas en la siguiente tabla.

Emisiones estimadas a nivel CRF 1A1ai y NFR 1A1a

Año	CRF 1A1ai		NFR 1A1a				
	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	TSP
	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)
2002	0,01	0,00	2,25	1,20	0,23	0,23	0,23
2003	0,03	0,00	5,65	3,02	0,58	0,58	0,58
2004	0,87	0,02	31,50	17,11	3,14	3,14	3,14
2005	8,71	0,05	50,87	29,10	3,98	3,98	3,98
2006	58,79	0,26	120,29	77,34	3,79	3,79	3,79
2007	43,36	0,48	123,27	88,51	6,20	6,20	6,20
2008	36,52	0,72	145,90	110,28	9,46	9,46	9,46
2009	0,54	0,05	112,22	59,88	11,53	11,53	11,53
2010	1,06	0,11	219,90	117,34	22,59	22,59	22,59
2011	1,83	0,18	380,22	202,88	39,06	39,06	39,06
2012	2,01	0,20	417,88	222,97	42,93	42,93	42,93
2013	2,84	0,28	589,50	314,55	60,56	60,56	60,56
2014	2,87	0,29	596,33	318,18	61,26	61,26	61,26
2015	3,51	0,35	727,84	388,37	74,77	74,77	74,77
2016	2,75	0,28	568,63	303,60	58,46	58,46	58,46
2017	2,90	0,29	596,76	318,81	61,40	61,40	61,40
2018	3,10	0,31	635,91	339,73	65,43	65,43	65,43
2019	3,11	0,31	637,42	340,70	65,63	65,63	65,63
2020	3,43	0,34	687,63	368,38	71,03	71,03	71,03
2021	3,16	0,32	628,01	336,74	64,95	64,95	64,95
2022	3,42	0,34	687,59	368,20	70,99	70,99	70,99