HUELLA DE CARBONO, DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y ENERGÍA CONVENCIONAL

Fernando Llavador Colomer

Conferencia Grupo de Trabajo *Agua y Energía*

GESTIÓN DEL AGUA EN EL MEDITERRÁNEO Y ENERGÍAS RENOVABLES

Valencia, 18 de octubre de 2016

HUELLA DE CARBONO: "*Totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto por un individuo, organización, evento o producto*"



OBJETIVOS

1. Obtener una aproximación de la huella de carbono de la actividad de depuración de aguas residuales en la Comunitat Valenciana por la emisión directa de gases de efecto invernadero por combustión de combustibles fósiles en fuentes fijas, emisiones de CH_4 y N_2O asociadas al proceso de depuración (alcance 1) y por la emisión indirecta derivada del consumo de energía eléctrica (alcance 2).

2. A partir de los valores de la huella de carbono, obtener los valores de los índices de emisión por:
   a) unidad de volumen de agua tratado,
   b) habitante equivalente tratado,
   c) unidad de masa de DBO_5 eliminada,
   d) unidad de masa de DQO eliminada.

ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Al tener su origen en la biomasa, no se ha considerado la emisión equivalente de CO_2 procedente de la oxidación aerobia de materia orgánica, la combustión del biogás generado en la planta, ni la emisión asociada al vertido de materia orgánica y nitrógeno con el agua residual y lodo de depuración.

- En antorchas, calderas y motogeneradores, se ha supuesto la conversión total del metano en CO_2

- En el cálculo de la emisión directa de CH_4 y N_2O asociada al proceso de depuración de las aguas residuales, se han seguido las consideraciones metodológicas dadas por el IPCC(1) y el MAGRAMA(2).

- En el cálculo de la huella de carbono de alcance 2, se ha empleado los factores de emisión publicados por el MAGRAMA (3) del *Mix* eléctrico español en cada año para comercializadoras sin GDO's.

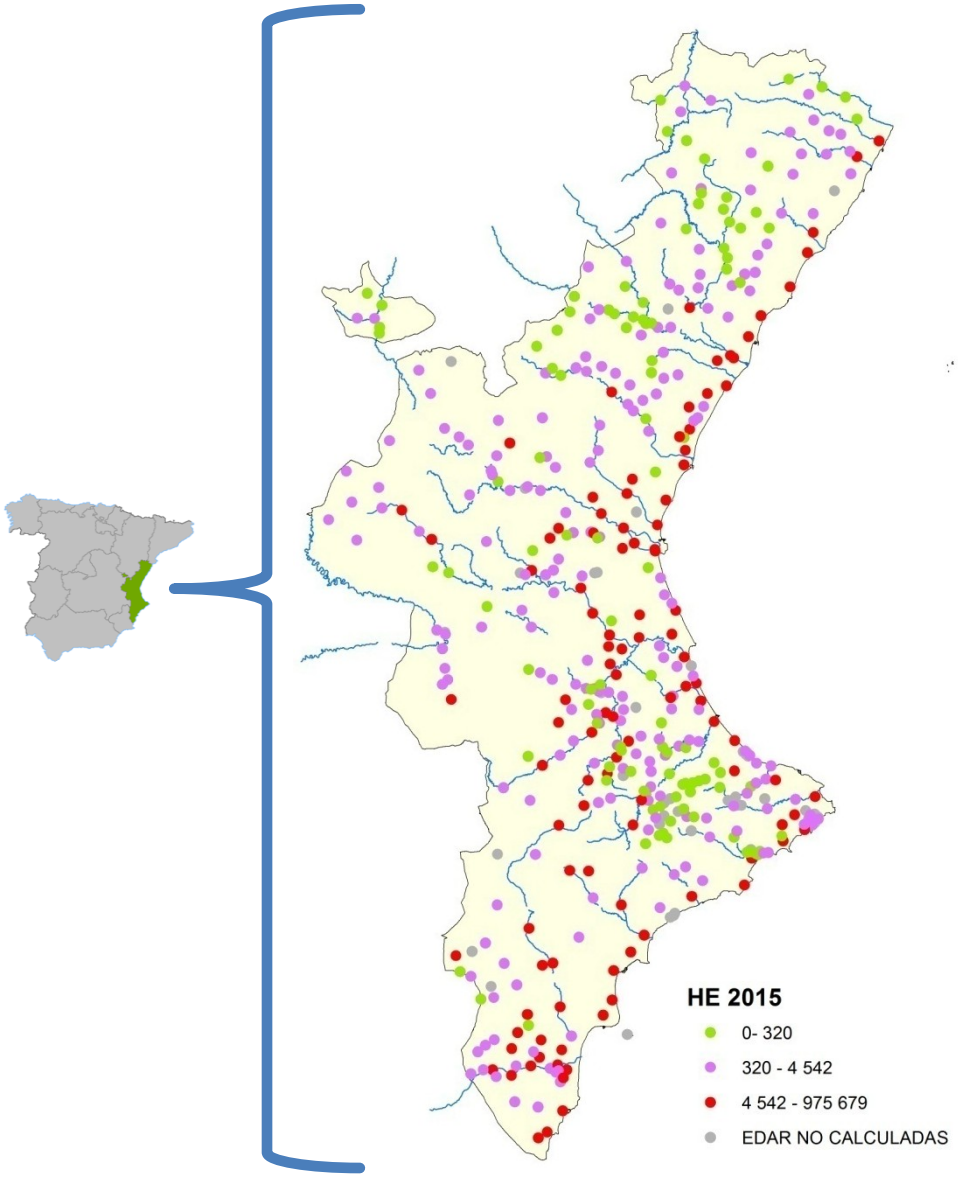
- En el cálculo de la huella de carbono de alcance 2 , se ha considerado como huella negativa la producción de electricidad por cogeneración.

- Imputación de la media a valores de concentración perdidos (sólidos en suspensión, DBO_5, DQO, N total y P total).

MUESTRA EMPLEADA:

- ❑ Años **2010 a 2015**

- ❑ **424 EDAR**:
  - *2010: 391 EDAR*
  - *2011: 401 EDAR*
  - *2012: 402 EDAR*
  - *2013: 405 EDAR*
  - *2014: 407 EDAR*
  - *2015: 419 EDAR*



CÁLCULO DE LA EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

$$CO_2eq = \sum_{i=1}^{n} DA_i \cdot FE_i \cdot PCG_i$$

n = Número de GEI considerados;
DA_i = dato de actividad para el GEI i;
FE_i = Factor de emisión para el GEI i;
PCG_i = Potencial de calentamiento global para el GEI i;

FUENTES DE EMISIÓN DE GEI Y DATOS DE ACTIVIDAD

Fuente de emisión	Dato de actividad	Unidades
Alcance 1:		
Emisión directa de CO_2 por combustión de gasóleo en fuentes fijas	Consumo anual	L
Emisión directa de CO_2 por combustión de gas natural en fuentes fijas	Consumo anual	Nm^3
Emisión directa de CH_4 por degradación de materia orgánica en condiciones anaerobias sin recuperación de metano	masa anual de DBO_5 eliminada	Mg O_2/L
Emisión directa de N_2O por nitrificación-desnitificación de compuestos nitrogenados	masa anual de N total eliminado	Mg N/L
Alcance 2:		
Emisión indirecta de CO_2 por consumo eléctrico	Energía anual consumida	kWh

FACTORES DE EMISIÓN: *Factor que permite estimar emisiones de GEI a partir de los datos de actividades disponibles*

Fuente de emisión	Factor de emisión	Ref.
Gasóleo	2,828 kg CO_2eq/L	3
Gas natural 2010	(0,201 kg CO_2eq/kWh) · (10,7056 kWh/Nm^3)	3
2011	(0,201 kg CO_2eq/kWh) · (10,7056 kWh/Nm^3)	3
2012	(0,202 kg CO_2eq/kWh) · (10,7056 kWh/Nm^3)	3
2013	(0,201 kg CO_2eq/kWh) · (10,7056 kWh/Nm^3)	3
2014	(0,201 kg CO_2eq/kWh) · (10,7056 kWh/Nm^3)	3
2015	(0,201 kg CO_2eq/kWh) · (10,7056 kWh/Nm^3)	3
Electricidad 2010	0,31 kg CO_2eq/kWh	3
2011	0,36 kg CO_2eq/kWh	3
2012	0,40 kg CO_2eq/kWh	3
2013	0,36 kg CO_2eq/kWh	3
2014	0,37 kg CO_2eq/kWh	3
2015	0,40 kg CO_2eq/kWh	3
CH_4	0,18 kg CH_4/kgDBO_5	1, 2
N_2O	(3,2 g N_2O/hab·año) · (1/365 año/dia) · (1/12 hab·día/g N)	1, 5

ESTIMACIÓN DE LA EMISIÓN DE CH_4 EN TRATAMIENTO ANAEROBIOS

$$CH_4 = (LO_{inf} - LO_{efl}) \cdot FE_{CH_4}$$

CH_4 = emisión de CH_4 desde la EDAR (kg CH_4/año);

$LO_{inf} - LO_{efl}$ = carga orgánica anual eliminada en la EDAR con tratamientos anaerobios (kg DBO_5/año);

FE_{CH_4} = factor de emisión para tratamientos anaerobios (kg CH_4/kg DBO_5)

ESTIMACIÓN DE LA EMISIÓN DE N_2O POR NITRIFICACIÓN-DESNITRIFICACIÓN

$$N_2O = (LN_{inf} - LN_{efl} - N_{lodo}) \cdot FE_{N_2O}$$

N_2O = emisión de N_2O desde la EDAR (kg N_2O/año);

$LN_{inf} - LN_{efl}$ = carga anual de nitrógeno eliminada en la EDAR en procesos de nitrificación-desnitrificación (kgN/año);

N_{lodo} = masa de nitrógeno eliminada con el lodo evacuado de la EDAR (kgN/año);

FE_{N_2O} = factor de emisión (kgN_2O/kgN);

POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL

Representa el efecto combinado del tiempo de residencia en la atmósfera de un gas de efecto invernadero y su efecto, respecto al CO_2, en el balance de radiación de la misma.

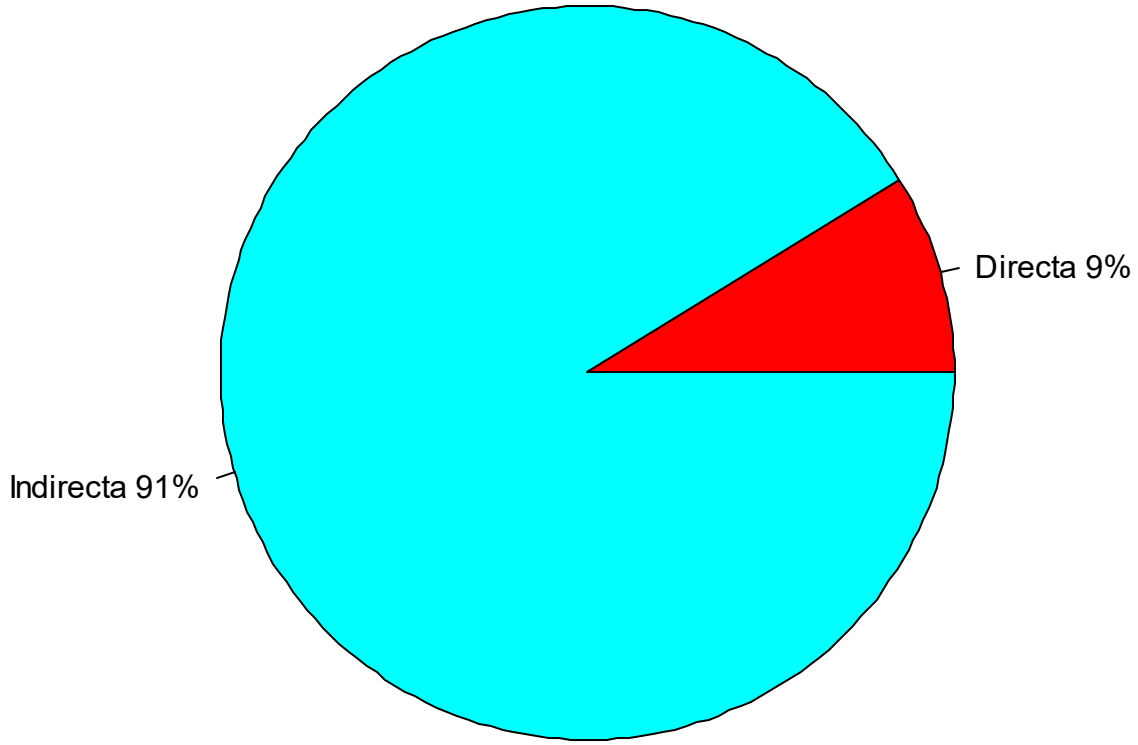
Componente	PCG*		Ref.
CO_2	1	kg CO_2eq/kg CO_2	
CH_4	28	kg CO_2eq/kg CH_4	4
N_2O	265	kg CO_2eq/kg N_2O	4

* Para un horizonte temporal de 100 años;
Sin considerar efectos indirectos y realimentaciones.

RESULTADOS DE LA HUELLA DE CARBONO

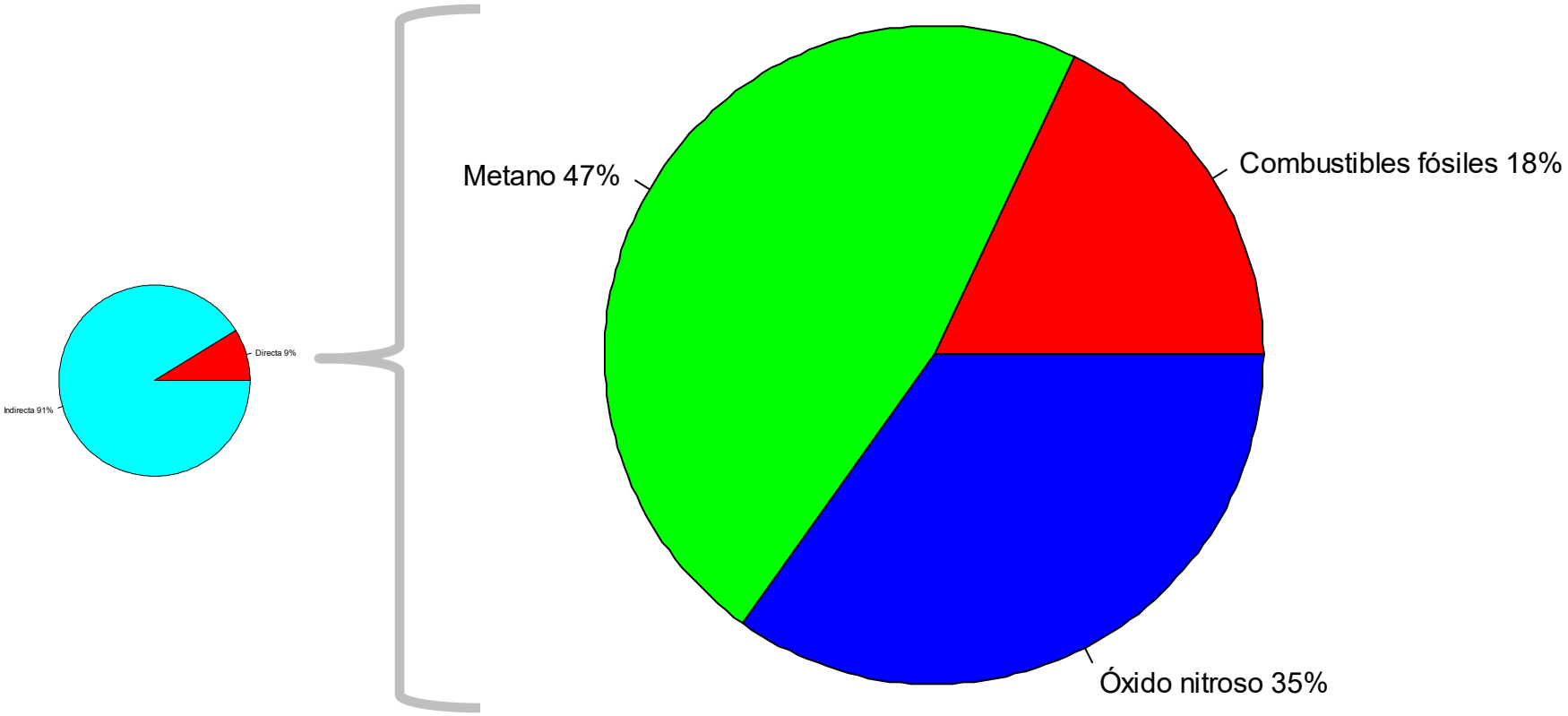
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	(Gg CO_2 eq)	(Gg CO_2 eq)	(Gg CO_2 eq)	(Gg CO_2 eq)	(Gg CO_2 eq)	(Gg CO_2 eq)
Combustibles fósiles	1,38	1,17	1,85	1,46	0,09	0,86
Emisiones CH_4	3,54	3,42	2,77	2,87	2,58	2,67
Emisión de N_2O	2,13	2,15	2,24	2,28	2,17	2,20
Total alcance 1	**7,05**	**6,74**	**6,86**	**6,60**	**4,84**	**5,73**
Electricidad (alcance 2)	63,19	69,89	69,43	60,99	62,91	66,47
Total alcance 1+2	**70,24**	**76,63**	**76,29**	**67,59**	**67,74**	**72,20**
Total alcance 1+2 (base 2010)	**70,24**	**66,92**	**60,67**	**59,12**	**57,55**	**57,24**

CONTRIBUCIÓN A LA HUELLA DE CARBONO DE LAS EMISIONES DIRECTAS E INDIRECTAS

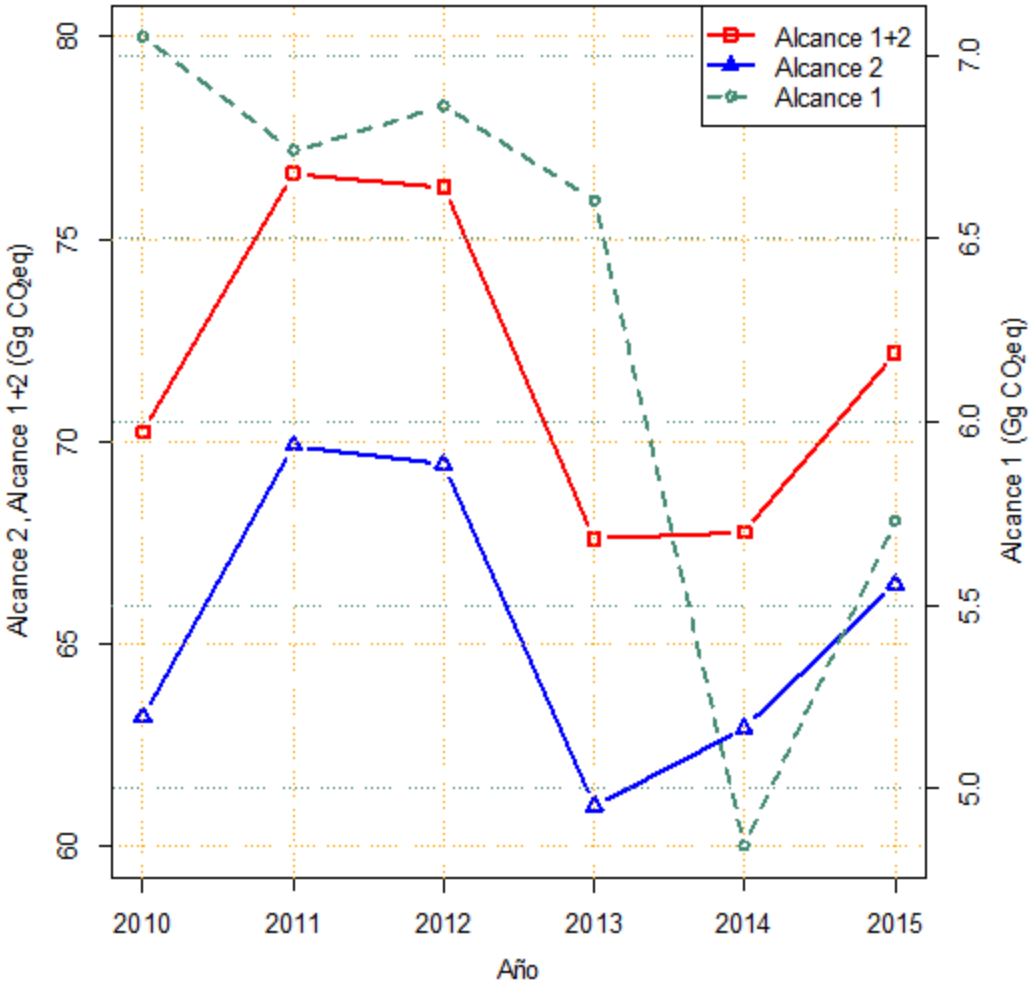


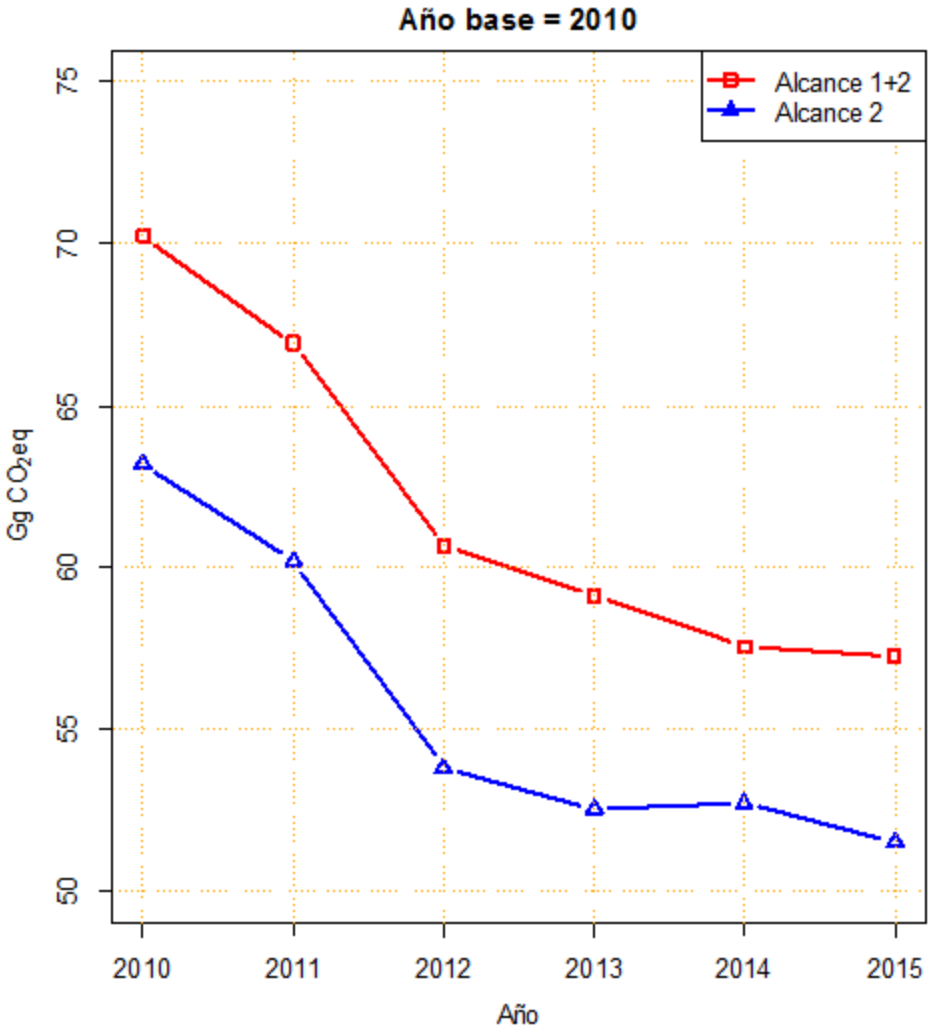
Periodo 2010-2015

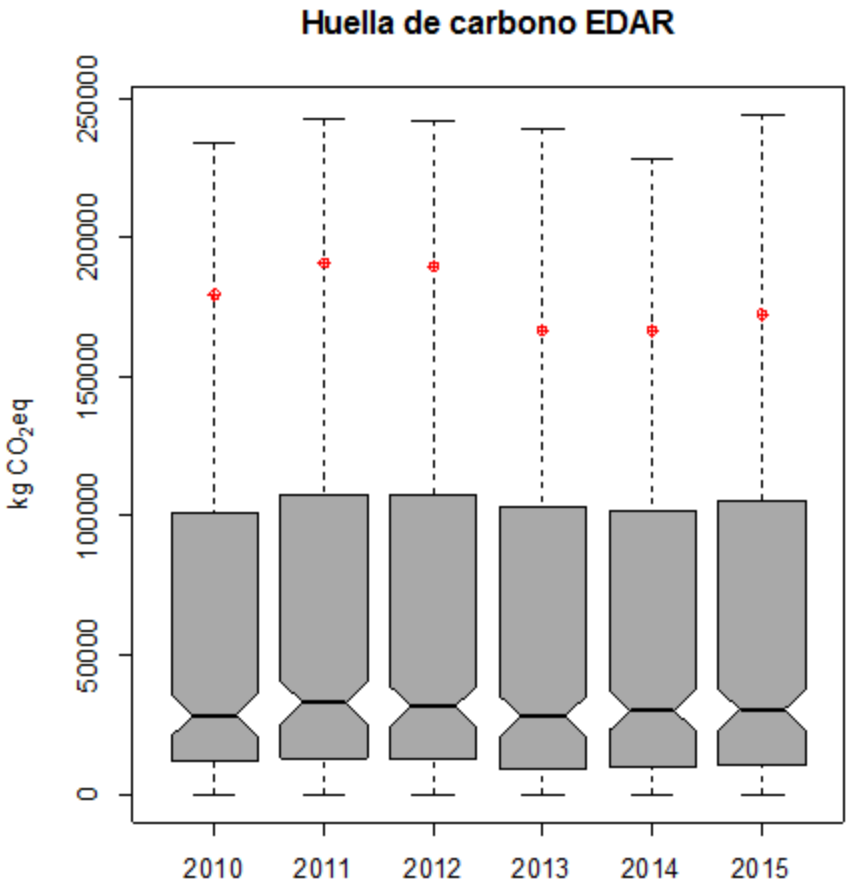
CONTRIBUCIÓN A LA HUELLA DE CARBONO DE LAS EMISIONES DIRECTAS

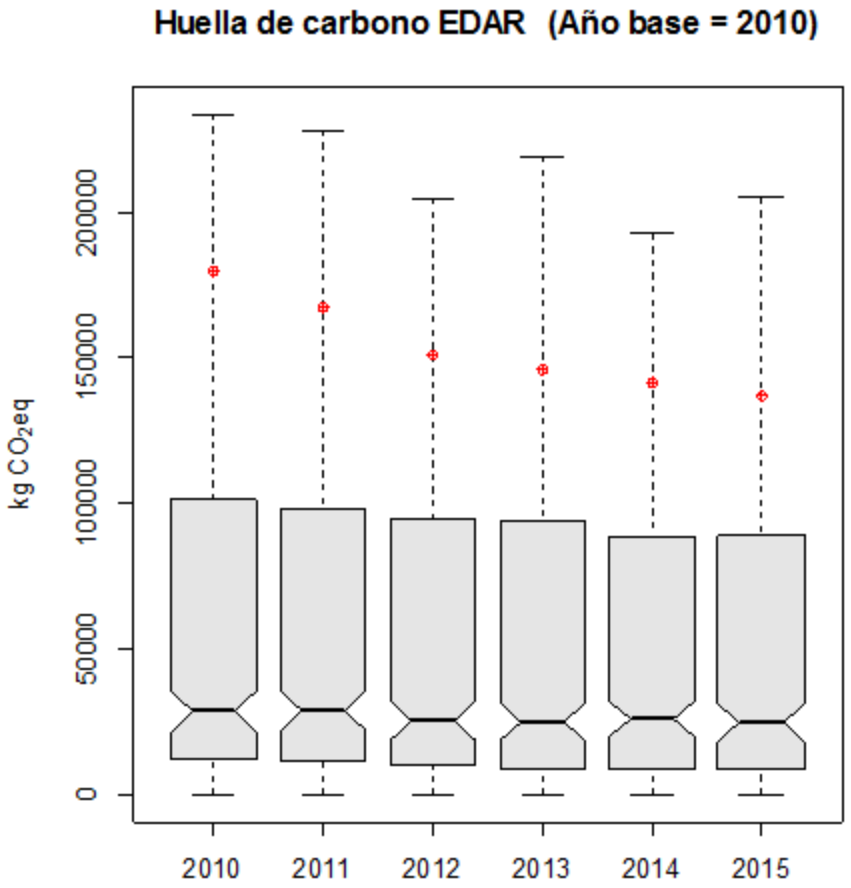


Periodo 2010-2015


Alcance 1+2
Alcance 2
Alcance 1
Alcance 2 ,Alcance 1+2 (Gg CO2eq)
Alcance 1 (Gg CO2eq)
Año
60
65
70
75
80
5.0
5.5
6.0
6.5
7.0
2010
2011
2012
2013
2014
2015

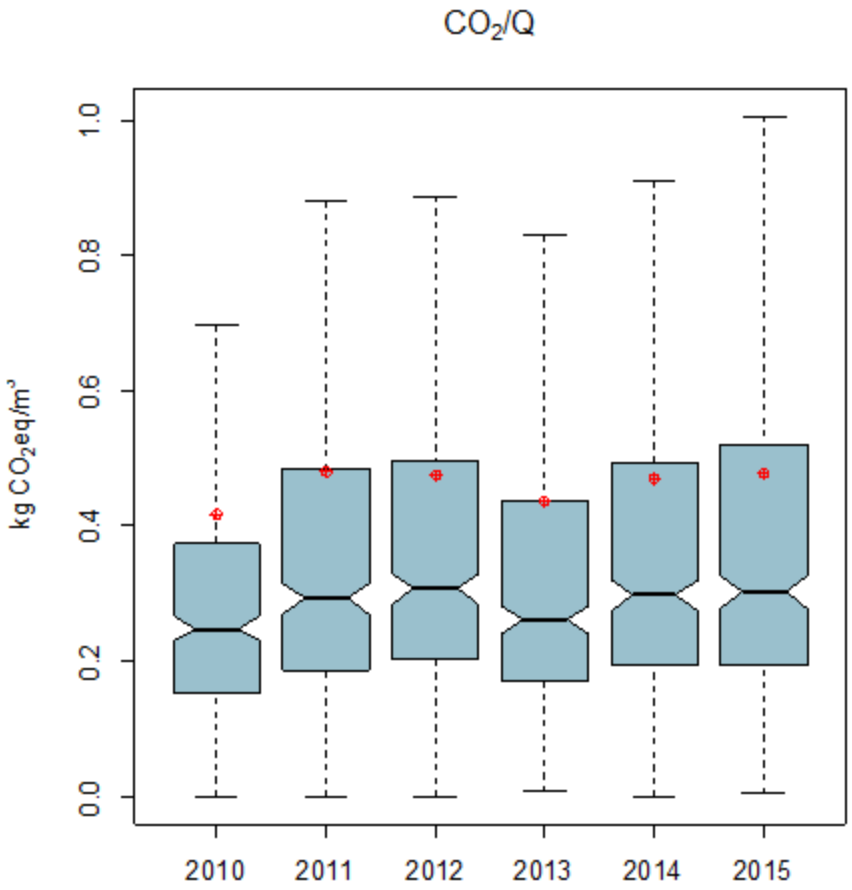

Año base = 2010
Alcance 1+2
Alcance 2
Gg CO2eq
75
70
65
60
55
50
2010
2011
2012
2013
2014
2015
Año

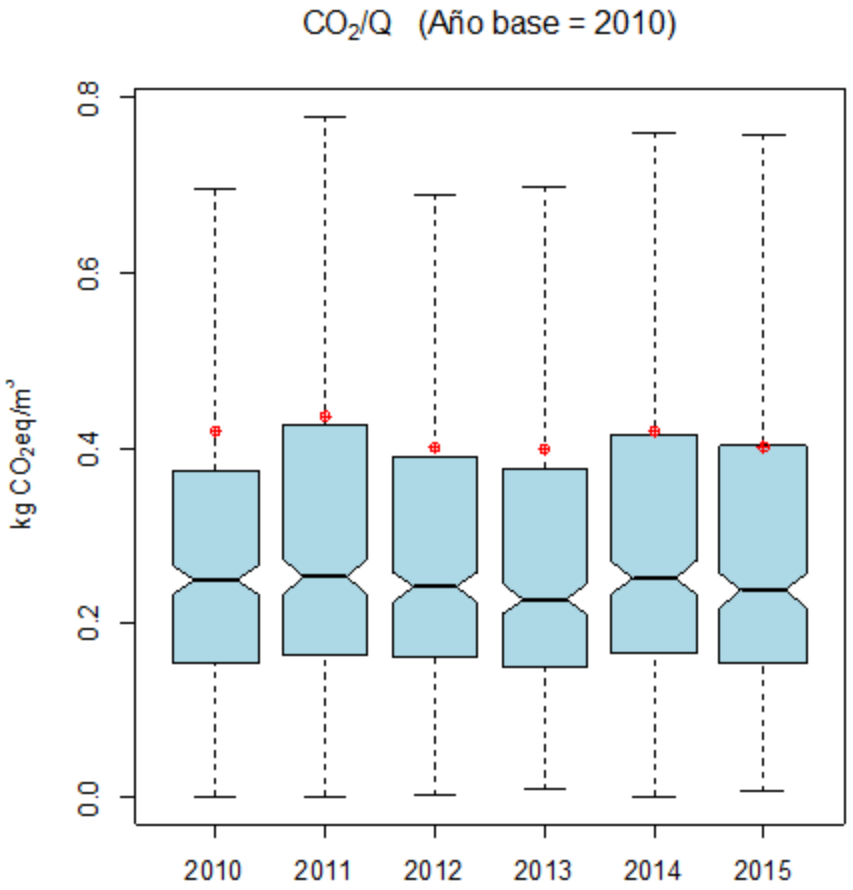

Huella de carbono EDAR
kg CO_2eq
0
50000
100000
150000
200000
250000
2010
2011
2012
2013
2014
2015


Huella de carbono EDAR (Año base = 2010)
kg CO_2eq
0
50000
100000
150000
200000
2010
2011
2012
2013
2014
2015

HUELLA DE CARBONO POR UNIDAD DE VOLUMEN DE AGUA TRATADO

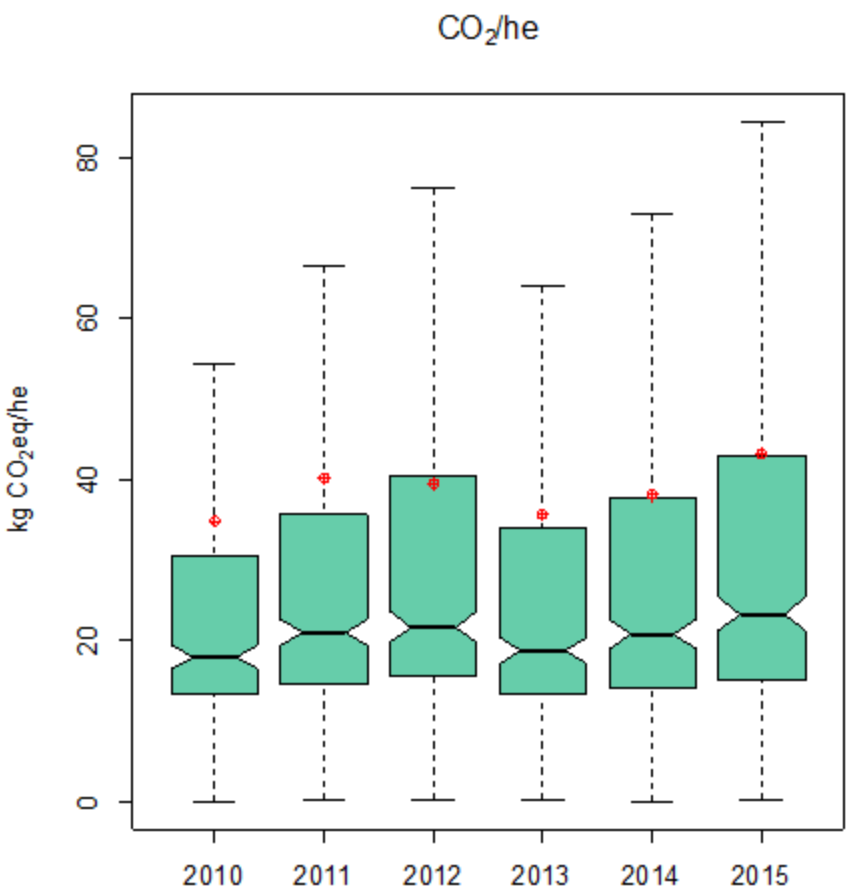
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	(kg CO_2 eq/m^3)	(kg CO_2 eq/m^3)	(kg CO_2 eq/m^3)	(kg CO_2 eq/m^3)	(kg CO_2 eq/m^3)	(kg CO_2 eq/m^3)
Pctl(0)	0,002	0,002	0,003	0,008	0,002	0,007
Pctl(25)	0,15	0,19	0,20	0,17	0,20	0,20
Pctl(50)	**0,25**	**0,29**	**0,31**	**0,26**	**0,30**	**0,30**
Pctl(75)	0,37	0,49	0,50	0,44	0,49	0,52
Pctl(100)	4,34	4,28	3,73	3,20	4,50	3,63
Media	**0,42**	**0,48**	**0,48**	**0,43**	**0,47**	**0,48**

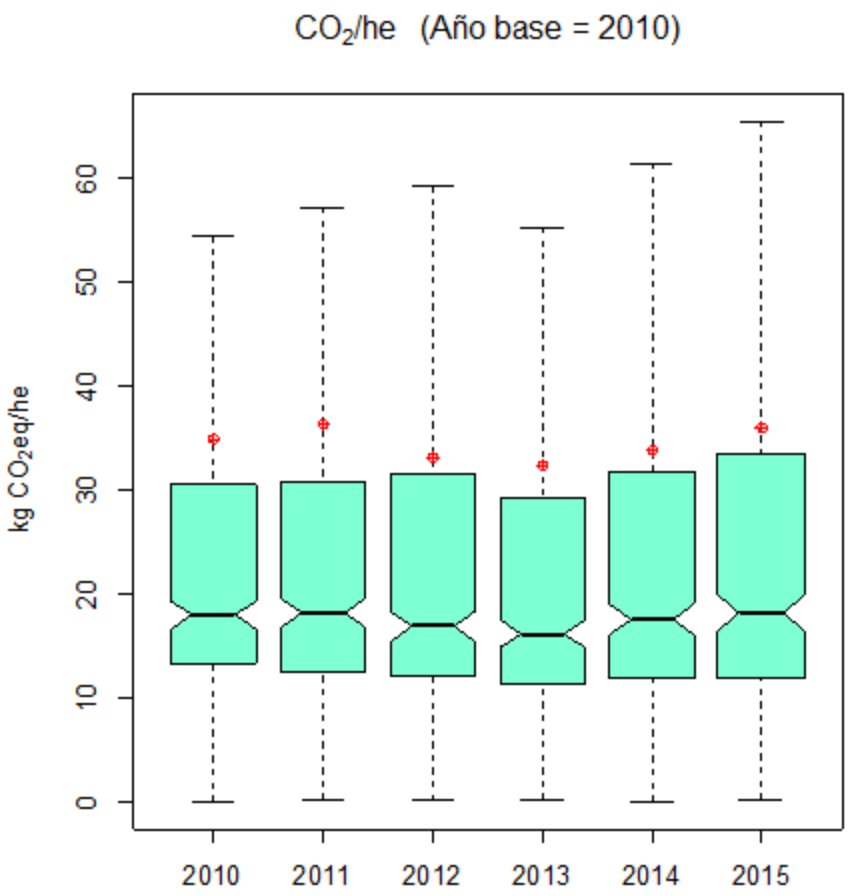

CO2/Q
kg CO2eq/m3
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
2010
2011
2012
2013
2014
2015


CO2/Q (Año base = 2010)
kg CO2eq/m3
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
2010
2011
2012
2013
2014
2015

HUELLA DE CARBONO POR HABITANTE EQUIVALENTE TRATADO

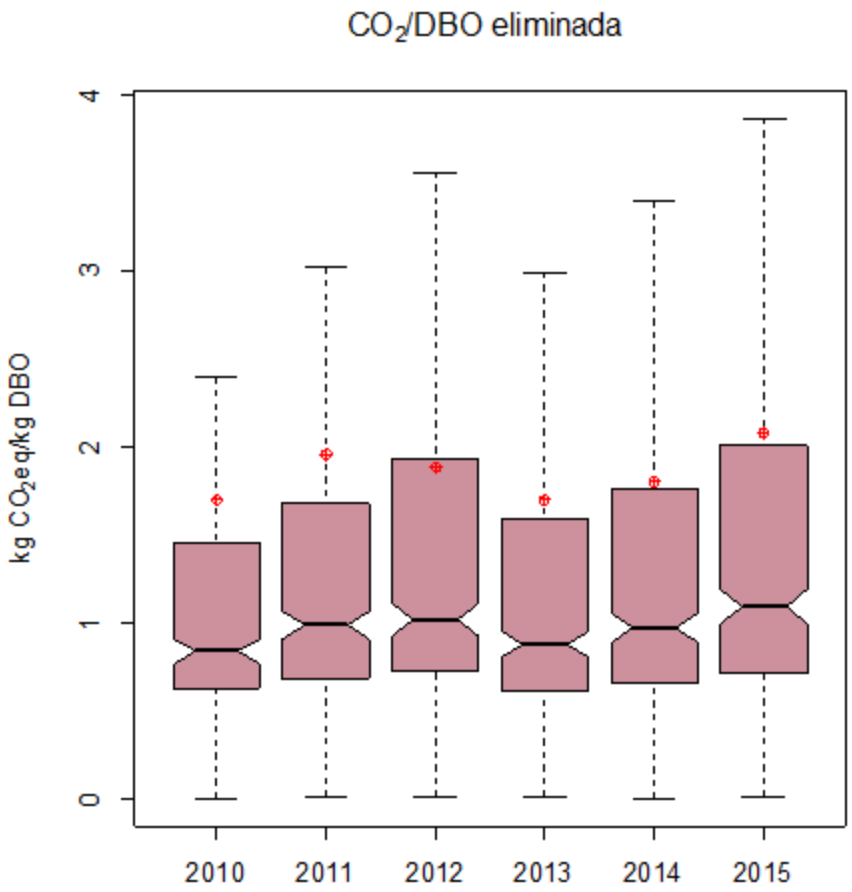
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	(kg CO_2 eq/he)	(kg CO_2 eq/he)	(kg CO_2 eq/he)	(kg CO_2 eq/he)	(kg CO_2 eq/he)	(kg CO_2 eq/he)
Pctl(0)	0,14	0,27	0,29	0,29	0,19	0,25
Pctl(25)	13,33	14,50	15,66	13,26	14,10	15,19
Pctl(50)	**18,01**	**21,08**	**21,76**	**18,76**	**20,90**	**23,32**
Pctl(75)	30,46	35,65	40,62	33,90	37,77	42,95
Pctl(100)	593,31	1032,92	318,55	313,69	342,18	621,70
Media	**34,84**	**40,20**	**39,52**	**35,76**	**38,04**	**43,26**

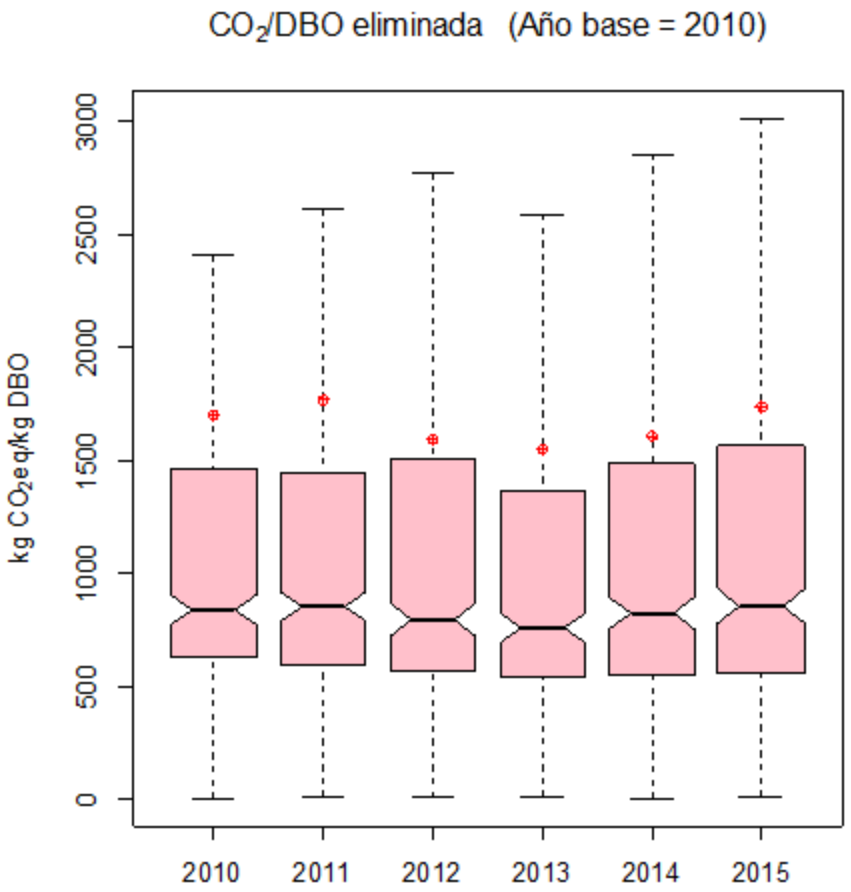

CO2/he
kg CO2eq/he
0
20
40
60
80
2010
2011
2012
2013
2014
2015


CO2/he (Año base = 2010)
kg CO2eq/he
0
10
20
30
40
50
60
2010
2011
2012
2013
2014
2015

HUELLA DE CARBONO POR UNIDAD DE DBO_5 ELIMINADA

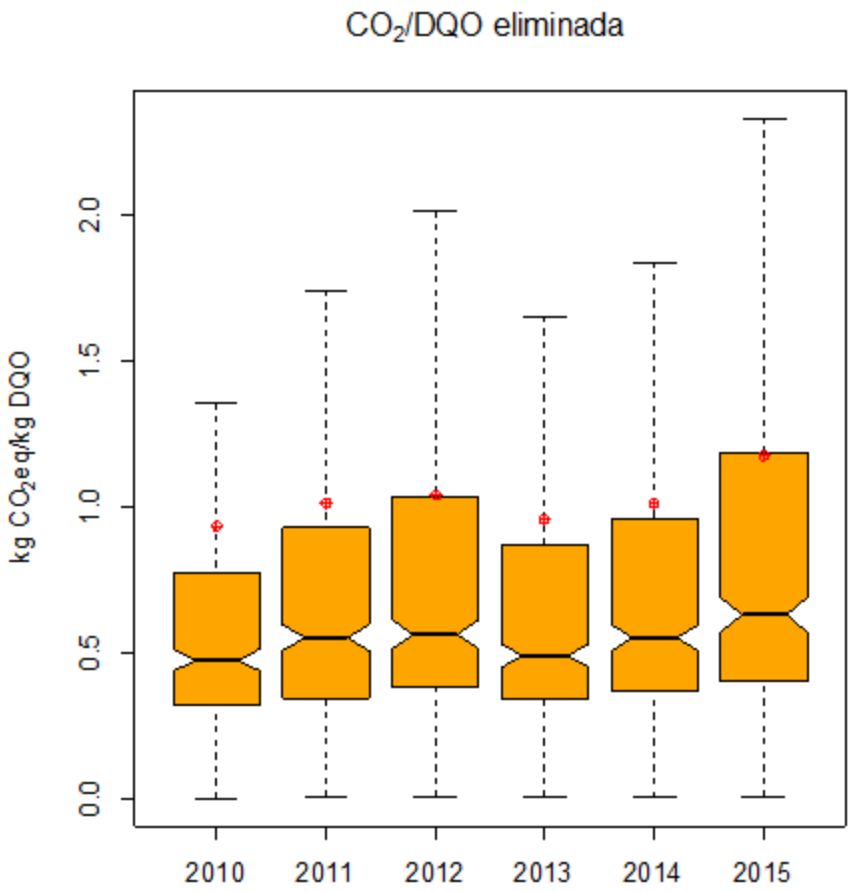
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	(kg CO_2 eq/kg DBO_5)	(kg CO_2 eq/kg DBO_5)	(kg CO_2 eq/kg DBO_5)	(kg CO_2 eq/kg DBO_5)	(kg CO_2 eq/kg DBO_5)	(kg CO_2 eq/kg DBO_5)
Pctl(0)	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Pctl(25)	0,63	0,68	0,73	0,62	0,65	0,71
Pctl(50)	**0,84**	**0,99**	**1,02**	**0,88**	**0,98**	**1,10**
Pctl(75)	1,46	1,68	1,93	1,58	1,77	2,01
Pctl(100)	28,52	62,89	16,48	15,07	17,30	33,18
Media	**1,70**	**1,96**	**1,89**	**1,71**	**1,81**	**2,08**

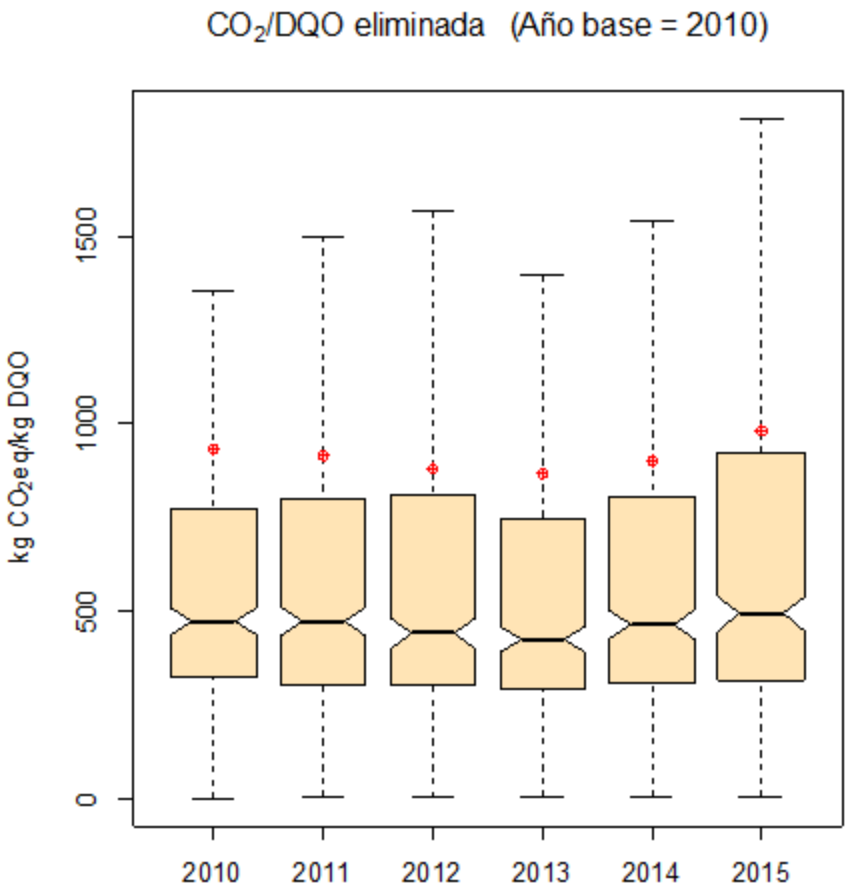

CO2/DBO eliminada
kg CO2eq/kg DBO
0
1
2
3
4
2010
2011
2012
2013
2014
2015


CO2/DBO eliminada (Año base = 2010)
kg CO2eq/kg DBO
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
2010
2011
2012
2013
2014
2015

HUELLA DE CARBONO POR UNIDAD DE DQO ELIMINADA

	2010	2011	2012	2013	2014	2015
	(kg CO_2 eq/kg DQO)	(kg CO_2 eq/kg DQO)	(kg CO_2 eq/kg DQO)	(kg CO_2 eq/kg DQO)	(kg CO_2 eq/kg DQO)	(kg CO_2 eq/kg DQO)
Pctl(0)	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Pctl(25)	0,32	0,35	0,39	0,39	0,37	0,41
Pctl(50)	**0,47**	**0,55**	**0,56**	**0,49**	**0,55**	**0,63**
Pctl(75)	0,77	0,92	1,04	0,86	0,96	1,18
Pctl(100)	15,76	17,15	8,59	8,48	8,13	28,17
Media	**0,93**	**1,01**	**1,04**	**0,95**	**1,01**	**1,17**


CO2/DQO eliminada
kg CO2eq/kg DQO
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2010
2011
2012
2013
2014
2015


CO2/DQO eliminada (Año base = 2010)
kg CO2eq/kg DQO
0
500
1000
1500
2010
2011
2012
2013
2014
2015

CONCLUSIONES

1 Los valores de la huella anual de carbono de las diferentes EDAR en el conjunto de los seis años en estudio, muestran una distribución estadística claramente no normal determinada por la distribución de tamaños de las instalaciones en servicio en la Comunitat Valenciana.

2 No se aprecian diferencias significativas entre los valores de la huella mediana de carbono obtenida en cada uno de los años del estudio.

3 Se ha determinado una aproximación de la huella de carbono anual en el conjunto de 424 instalaciones de depuración de aguas residuales urbanas de la Comunitat Valenciana entre los años 2010 y 2015, obteniéndose un valor medio anual de **71,8 Gg CO_2 eq** con un intervalo de confianza entre 68,49 y 75,08 Gg CO_2 eq para una probabilidad del 95%.

4 En el periodo 2010-2015, la huella derivada del consumo eléctrico ha supuesto el 91% de la huella total.

5 La huella de carbono total se muestra muy sensible al valor anual del factor de emisión para las emisiones indirectas derivadas del consumo de electricidad. Las variaciones anuales del valor del factor de emisión del *Mix* eléctrico español en cada año para comercializadoras sin GDO's, enmascaran (en cuanto a huella de carbono) el efecto de las medidas de reducción del consumo energético implantadas en la plantas durante el periodo del estudio.

CONCLUSIONES

6 Se ha determinado el índice de emisión de CO_2 eq por unidad de volumen de agua tratada, obteniéndose, en el periodo 2010-2015, un valor medio anual de **0,46 kg CO_2 eq/m^3** con un intervalo de confianza (95%) entre 0,44 y 0,48 kg CO_2 eq/m^3 .

7 Se ha determinado el índice de emisión de CO_2 eq por habitante equivalente tratado, obteniéndose, en el periodo 2010-2015, un valor medio anual de **38,60 kg CO_2 eq/he** con un intervalo de confianza (95%) entre 36,06 y 41,14 kg CO_2 eq/he .

8 Se ha determinado el índice de emisión de CO_2 eq por unidad de masa de DBO_5 eliminada, obteniéndose, en el periodo 2010-2015, un valor medio anual de **1,85 kg CO_2 eq/kg DBO_5** con un intervalo de confianza (95%) entre 1,73 y 1,98 kg CO_2 eq/kg DBO_5 .

9 Se ha determinado el índice de emisión de CO_2 eq por unidad de masa de DQO eliminada, obteniéndose, en el periodo 2010-2015, un valor medio anual de **1,02 kg CO_2 eq/kg DQO** con un intervalo de confianza (95% aprox.) entre 0,95 y 1,09 kg CO_2 eq/kg DQO .

REFERENCIAS

1. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. En http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html. Acceso el 25-5-2016

2. INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA 1990-2013. Volumen 2 . Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. Madrid, Abril 2015. En http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/90-13volumen2_tcm7-401254.pdf. Acceso el 25-5-2016

3. FACTORES DE EMISIÓN. REGISTRO DE HUELLA DE CARBONO, COMPENSACIÓN Y PROYECTOS DE ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO. Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente. Madrid, Abril 2016. En http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factoresemision_tcm7-359395.pdf. Acceso el 27-4-2016

4. IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. En http://www.climatechange2013.org/ . Acceso el 10-8-2016

5. Summary of the QA analysis of data on UWWTP incoming and discharged load. European Environment Agency. ETC/ICM, En http://cdr.eionet.europa.eu/help/UWWTD/UWWTD_613. Acceso el 25-5-2016

GENERALITAT VALENCIANA

Fernando Llavador Colomer

Cap. Dept. Control de Qualitat

EPSAR
Entitat de
Sanejament d'Aigües

llavador_fer@gva.es