

CONTRIBUCIÓN LOCAL AL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL. APLICACIÓN AL MUNICIPIO DE VIGO

Autor principal:

Luis Espada Recarey
Valedor do Cidadán de Vigo

Otros autores:

Víctor Manuel Martínez Cacharrón
Ingeniero Industrial / Oficina do Valedor do Cidadán

Juan Luis Sobrino Balboa
Ingeniero Industrial / Universidade de Vigo

Francisco Javier Rodríguez Rodríguez
Dr. Ingeniero Industrial.
Centro Universitario de la Defensa de la Escuela Naval de Marín

Guillermo Rey González
Dr. Ingeniero Industrial.
Centro Universitario de la Defensa de la Escuela Naval de Marín

El objetivo de este estudio es determinar las emisiones de origen antropogénico de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el municipio de Vigo y compararlas con las de otras ciudades europeas. De este modo, se creará un marco de referencia que permitirá averiguar aquellos sectores causantes del efecto invernadero y determinar las líneas de actuación. Para ello, se seguirá la metodología elaborada por el IPCC, adoptada por la mayoría de países industrializados del mundo.

Inventario de las emisiones de GEI en el municipio de Vigo

Consideraciones previas

En principio, debemos tener en cuenta que cada uno de los GEI afecta de distinta manera a la atmósfera y se mantiene allí durante un periodo de tiempo diferente. Por esto, se estableció una variable que determina la medida en la que un gas contribuye al calentamiento global, el denominado "Poder de Calentamiento Global" (PCG). Para poder comparar datos de distintos gases a la vez, el IPCC propuso como gas de referencia el dióxido de carbono y se estimó que el PCG del CO₂ sea siempre igual a 1.

Asimismo, algunos gases provocan mucho más calentamiento que el CO₂, pero desaparecen de la atmósfera en un tiempo menor. Por esta razón, ciertos gases pueden constituir un problema evidente y considerable durante un periodo corto de tiempo pero transcurrido éste, el problema resultará menor. Por el contrario, otros gases pueden tener una persistencia mayor en la atmósfera, lo que originará problemas durante un periodo

de tiempo más largo. Por ejemplo, el PCG del metano durante 100 años equivale a 25, lo que significa que las emisiones de una tonelada métrica de metano equivalen a 25 de dióxido de carbono. Esta medida utilizada para indicar el PCG de los GEI es denominada CO2 equivalente (CO2-eq) y su uso es recomendado por el IPCC.

Para la elaboración de este inventario, los PCG que serán usados son:

| GAS | Nomenclatura | PCG |
|--------------------|------------------|-----|
| Dióxido de carbono | CO ₂ | 1 |
| Metano | CH ₄ | 25 |
| Óxido nitroso | N ₂ O | 298 |

Distribución sectorial adaptada al caso de Vigo

Para el cálculo de emisiones de GEI en el municipio de Vigo, se seguirá la metodología propuesta por el IPCC en su versión más renovada (2006), aunque adaptándola en la medida de lo posible a las condiciones específicas del área de Vigo. Por lo tanto, la distribución sectorial que se aplicará en este inventario será:

1. Energía

A. Actividades de combustión

1. Industrias de la energía
2. Industrias manufactureras y de la construcción
3. Transporte
4. Otros sectores
5. Total emisiones de "Sector energético"

2. Procesos industriales y uso de productos

3. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

A. Ganado

1. Fermentación entérica
2. Gestión del estiércol

B. Tierra

1. Tierras forestales que permanecen como tales

C. Fuentes de emisión no CO2 de la tierra

1. Emisiones directas de NO2 de los suelos gestionados
2. Emisiones indirectas de NO2 de los suelos gestionados
3. Emisiones de GEI de los incendios forestales
4. Total emisiones de "Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra"

4. Desechos

1. Incineración de desechos
2. Tratamiento y eliminación de aguas residuales
3. Total emisiones "Desechos"

5. Total emisiones

CÁLCULO DE EMISIONES DE GEI

A continuación se realiza el cálculo de emisiones siguiendo la distribución sectorial definida en el apartado anterior.

1. Energía

A) Actividades de combustión

Dentro de este apartado se engloban las actividades que emiten GEI procedentes de la quema de combustibles y las emisiones originadas por fugas en centros de almacenaje de combustibles sólidos, petróleo y gas natural. Como casi la totalidad de las emisiones proceden de las actividades de combustión, para la elaboración de este inventario de GEI no se tendrá en cuenta la parte referente a las emisiones fugitivas.

1.1 Industrias de la energía

En el municipio de Vigo no se localizan industrias que emitan GEI procedentes de la quema de combustibles fósiles en actividades de extracción de carburantes o de producción de energía.

No obstante, debido al principio de responsabilidad, es necesario tener en cuenta las emisiones derivadas del uso de la energía final y las debidas a actividades situadas en la zona seleccionada.

Por tanto, las emisiones originadas por la generación de electricidad pueden ser consideradas como responsabilidad del municipio de Vigo

1.2 Industrias manufactureras y de la construcción

Para elaborar los cálculos de este apartado se considerarán sólo aquellas emisiones que provengan de la quema de combustibles fósiles para la generación de calor, ya que el correspondiente al consumo de la energía ya fue considerado anteriormente.

En primer lugar, es necesario conocer el número de industrias, tanto manufactureras como del sector de la construcción, que existen en Galicia y Vigo (año 2012). De esta forma, se podrá realizar una aproximación de los consumos a nivel municipal de Vigo. Según estadísticas del IGE, el número de industrias localizadas en Galicia y Vigo son:

| Número de industrias manufactureras y constructoras en Galicia y Vigo | | | |
|-----------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------|-------|
| Galicia | | Vigo | |
| Industrias manufactureras | 13.884 | Industrias manufactureras | 1.195 |
| Industrias construcción | 31.504 | Industrias construcción | 2.519 |
| Total | 45.388 | Total | 3.714 |

Con estos datos, el porcentaje de industria que representa Vigo con respecto a Galicia equivale al 8,18%.

Las emisiones correspondientes a la industria manufacturera y a la de construcción en el municipio de Vigo (2012) alcanzan la suma de 101.317,52 Tn CO2 equivalente.

Teniendo en cuenta la población de Vigo en el año de referencia del inventario, resulta un total de 0,34 Tn/habitante.

1.3 Transporte

Dentro de este apartado se considerarán cuatro tipos de transporte que tienen especial relevancia en el municipio de Vigo: aéreo, ferroviario, marítimo y por carretera.

a) Transporte aéreo

Las emisiones procedentes del transporte aéreo comprenden las originadas por la aviación civil nacional e internacional (incluyendo todas las maniobras de vuelo), sin considerar la aviación de carácter militar

Para la elaboración del inventario de emisiones del aeropuerto de Vigo, se ha seguido la metodología EMEP/CORINAIR (versión 2013), la cual divide al transporte aéreo en cuatro subactividades:

- Tráfico nacional en el aeropuerto (ciclo LTO<1000 m altitud)
- Tráfico internacional en el aeropuerto (ciclo LTO<1000m altitud)
- Tráfico nacional en crucero (ciclo LTO>1000 m altitud)
- Tráfico internacional en crucero (ciclo LTO>1000 m altitud)

El siguiente paso es conocer el tráfico aéreo del aeropuerto de Peinador, cuyos datos son proporcionados por AENA (Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea). Para el siguiente cálculo se han tenido en cuenta varias simplificaciones. Por un lado, se incluyen las emisiones de los aviones comerciales que acuden regularmente al aeropuerto de Vigo y, por otro, se considera que los distintos modelos de una misma compañía presentan factores de emisión de gases con criterios similares. Finalmente, para calcular las emisiones se seguirá el método 2 descrito en la metodología EMEP/CORINAIR en su versión más renovada

Las emisiones correspondientes al sector aéreo en el municipio de Vigo alcanzan la suma de 16.078,89 Tn CO2 equivalente.

Teniendo en cuenta la población en Vigo en el año de referencia del inventario, resulta un total de 0,05 Tn/habitante.

b) Transporte ferroviario

Las emisiones debidas al transporte ferroviario son las producidas por el uso de combustibles en las locomotoras.

Para realizar los cálculos de emisiones del transporte ferroviario en Vigo, hay que conocer, en primer lugar, el número de viajes realizados en el año de estudio en la estación de tren del municipio.

Los datos facilitados por RENFE proporcionan el tráfico anual de trenes de pasajeros en la estación de Vigo.

La siguiente tabla muestra el número total de trenes de pasajeros y de mercancías en la estación de Vigo (2012):

| Número de trenes en la estación Vigo | | | |
|--------------------------------------|-------|-------------------|--------|
| Año 2003 | | Año 2012 | |
| Trenes pasajeros | 7.574 | Trenes pasajeros | 10.071 |
| Trenes mercancías | 765 | Trenes mercancías | 1.017 |

Para la elaboración del cálculo de emisiones tenemos que suponer también que los trenes recorren por término medio 5 km para poder entrar y salir de los límites del municipio.

Sumando los dos tipos de emisiones calculadas, se obtiene la suma de 188,92 Tn CO₂ equivalentes para el municipio de Vigo. Teniendo en cuenta la población en Vigo en el año de referencia del inventario, resulta un total de 0,00062 Tn/habitante que, como se puede comprobar, es un dato muy reducido en comparación con el resto de sectores analizados.

c) Transporte marítimo

En este apartado son contabilizadas todas aquellas emisiones producidas por embarcaciones para transporte de viajeros y para traslado de mercancías. En este grupo no se tendrán en cuenta las relacionadas con el sector pesquero, ya que se pretende hacer una diferenciación entre las embarcaciones que se encuentran de tránsito por Vigo y aquellas que ejercen su actividad únicamente en los límites del municipio.

Para elaborar el inventario de emisiones de GEI referente al transporte marítimo, es necesario conocer el tráfico portuario en Vigo. Esta información fue obtenida de la "Memoria Anual del Puerto de Vigo 2012". Asimismo, a partir de la metodología del IPCC (2006), es posible conocer los consumos de los diferentes tipos de buques que pasaron por el puerto en el año de referencia del estudio. Para simplificar los cálculos, se usarán los parámetros de consumo medios.

Las emisiones correspondientes al sector marítimo en el municipio de Vigo alcanzan la suma de 7.107,41 Tn CO₂ equivalente. Teniendo en cuenta la población en Vigo en el año de referencia del inventario, resulta un total de 0,024 Tn/habitante.

d) Transporte por carretera

El transporte por carretera produce anualmente grandes cantidades de emisiones de GEI en la mayoría de zonas urbanas del planeta y Vigo no iba a ser una excepción. La dificultad para valorar este sector reside en la complejidad de calcular el volumen de emisiones debido a la multitud de variables que presenta este tipo de transporte (características de cada vehículo, variabilidad de factores como la aceleración, velocidad, número de paradas, las formas de conducción de cada usuario, etc...). Además, a la hora de contabilizar las emisiones, se puede producir una distorsión en los datos, ya que en muchos lugares de tránsito se imputarán grandes cantidades de emisiones que no pertenecen explícitamente a vehículos del municipio estudiado. Por tanto, para realizar el cálculo de emisiones GEI debidas al transporte rodado en Vigo, sólo se tendrán en cuenta los vehículos matriculados en el municipio.

Las emisiones correspondientes a Vigo (2012) procedentes del sector transporte por carretera suman un total de 735.946,85 Tn CO₂ equivalentes, por lo que a cada habitante de la ciudad le corresponderían 2,48 Tn CO₂.

e) Total transporte

Una vez calculadas todas las emisiones procedentes del sector transporte, se puede apreciar que la modalidad por carretera es, con diferencia, la que emite una mayor cantidad de GEI a la atmósfera. En segundo lugar se encuentra el transporte aéreo, seguido del marítimo. En último lugar, de una manera casi testimonial, se encuentra el transporte ferroviario. En la siguiente tabla se determina el peso que cada modalidad representa en las emisiones totales referentes al transporte:

| Transporte | Tn CO ₂ equivalentes | Porcentajes |
|------------|---------------------------------|-------------|
| Aéreo | 16.078,89 | 2,12% |
| Ferroviano | 188,92 | 0,02% |
| Marítimo | 7.107,41 | 0,94% |
| Carretera | 735.946,85 | 96,92% |
| Total | 759.322,07 | 100,00% |

1.4 Otros sectores

Además de las actividades relacionadas con la combustión industrial y el transporte, existen otras actividades que emiten GEI y que es necesario tener en cuenta. Dentro de este grupo se integran los siguientes sectores:

- Sector comercial e institucional: se consideran todas las emisiones procedentes de la quema de combustibles en edificios comerciales e institucionales.
- Sector residencial: se refiere a todas las emisiones procedentes de la quema de combustibles en los hogares.
- Sector agrícola y pesquero: se incluyen las emisiones procedentes de los combustibles utilizados por los vehículos de tracción y bombas, y utilizados en cultivos o en actividades forestales y pesqueras.

a) Sector residencial, institucional y comercial

Para conocer el número de locales destinados al sector servicios existentes en Vigo y en la provincia, es necesario consultar los datos del IGE. En el año 2012, el número de este tipo de locales en Vigo era de 18.856 y en la provincia de Pontevedra ascendía a un total de 52.600. Por consiguiente, en

Vigo radica un 35,85% de los locales destinados a este sector en la provincia de Pontevedra.

Para integrar los cálculos de los dos sectores estudiados (residencial y comercial), hemos adoptado los criterios de proporción que se suelen admitir en el consumo de energía total. Según datos de Eurostat (2012), el sector servicios representaba el 11% de la energía total consumida, mientras el residencial alcanzaba el 19%.

Los resultados indican que para el año 2012 se generaron en Vigo un total de 187.597,24 Tn de CO₂ equivalente provenientes del sector residencial/comercial, lo que se traduce en unas 0,63 Tn/habitante.

b) Sector agrícola y pesquero

Para calcular las emisiones de GEI en estos dos sectores se ha tenido en cuenta el consumo de combustibles utilizado en las maquinarias y en los barcos pesqueros. Debido a que casi la totalidad utiliza para su funcionamiento gasóleo B, se considerarán únicamente los factores de emisión de este combustible a la hora de realizar los cálculos

- Sector agrícola

En primer lugar, se considerará que las emisiones son originadas por la maquinaria agrícola y que ésta es proporcional a la superficie cultivable. Los últimos datos ligados a la superficie agrícola utilizada (SAU) en las diversas zonas geográficas son los facilitados por el "Censo Agrario del 2009", por lo que éstos se equiparán a los del año 2012. Debido a la metodología usada para el cálculo de emisiones de este apartado, es necesario conocer los valores correspondientes a la SAU de las provincias de Pontevedra y Ourense, así como del municipio de Vigo.

A partir de los factores de emisión del gasóleo facilitados por el IPCC 2006, se pueden obtener las emisiones referentes al sector agrícola, que son de 177,825 Tn CO₂ equivalentes.

- Sector pesquero

El sector pesquero tiene gran importancia en Vigo. Para calcular las emisiones de GEI atribuibles a éste, se han considerado (lo mismo que en el sector agrícola) aquellas originadas por los combustibles empleados por las embarcaciones destinadas a la recogida de pescado de la zona marítima del municipio, en este caso gasóleo B.

Así, para poder extrapolar este valor a Vigo, se usará la relación entre el porcentaje de pescado descargado en el puerto de Vigo y el total de la provincia de Pontevedra. Según datos facilitados por Puertos del Estado, durante ese año fueron descargadas un total de 82.695 Tn de pesca fresca y congelada en el puerto de Vigo, y 361.176 Tn en Galicia. Con estos datos, conociendo que hay 45 puertos dentro de la provincia de Pontevedra¹⁵, es posible determinar que el puerto de Vigo representa un 65,63% de la pesca fresca y congelada descargada en toda la provincia de Pontevedra

De este modo, 379.901,32 Tn equivalentes de CO₂ fueron emitidas en el 2012 correspondientes a los sectores agrícola y pesquero, lo que se traduce en 1,269 Tn CO₂ equiv/habitante

1.5 Total emisiones de “Sector energético”

El sector energético emitió en 2012 un total de 1.996.640,565 Tn CO₂ equivalentes, siendo el transporte y la generación de energía eléctrica las actividades que más contribuyeron a las emisiones de CO₂.

| Sectores | Tn emisiones CO ₂ | Porcentaje |
|-----------------------|------------------------------|------------|
| Generación | 568.500,42 | 28,47% |
| Manufacturera | 101.317,52 | 5,07% |
| Transporte | 759.322,07 | 38,03% |
| Residencial/comercial | 187.597,24 | 9,40% |
| Agricultura | 178,825 | 0,01% |
| Pesca | 379.724,49 | 19,02% |
| TOTAL | 1.996.640,565 | 100,00% |

2. Procesos industriales y uso de productos

Una vez analizadas las emisiones derivadas del sector energético, el siguiente punto que destaca el IPCC (2006) es el referido a los procesos industriales. Debido a que en el municipio de Vigo no existen industrias generadoras de grandes emisiones en sus procesos, como por ejemplo las industrias químicas o cementeras, en la elaboración de este inventario se considerarán estas emisiones insignificantes.

3. Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra

Es, en este punto, donde la nueva actualización del IPCC (2006) tiene mayores diferencias que en la pasada edición (1996), ya que integra en un mismo apartado “Agricultura” y “Cambio de uso del suelo y silvicultura”. Asimismo, se han añadido categorías y subcategorías, lo que aumentará el nivel de detalle a la hora de utilizar esta metodología para realizar el inventario de emisiones de GEI.

En esta nueva versión aparecen tres apartados destacados:

A) Ganado, B) Tierra: Tierras forestales, Tierras de cultivo, Pastizales, Humedales, Asentamientos, Otras tierras. C) Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂.

A) Ganado

El total de emisiones de CO₂ registradas en Vigo en el apartado Ganadería es de 116,87 Tn CO₂ equivalentes.

| | Categoría | Tn CO ₂ equiv |
|--------|-----------------------|--------------------------|
| Ganado | Fermentación entérica | 94,75 |
| | Gestión estiércol | 22,12 |
| | Total | 116,87 |

Lo que resulta un total de 0,00039 Tn CO₂ equiv/habitante.

B) Tierra

Se llama sumidero natural de carbono a toda actividad natural por la cual el CO₂ es retirado de la atmósfera. Gracias al proceso de la fotosíntesis, la vegetación terrestre es capaz de retener el CO₂ existente y convertirlo en O₂.

Para el cálculo de las emisiones de este apartado, y siguiendo la metodología IPCC (2006), se realizará un estudio sobre la modificación de zonas de masa forestal en el municipio de Vigo debido tanto a la reforestación como a la deforestación, considerando despreciables los cambios de suelo referidos a pastizales o a zonas de cultivo. Para comparar los datos, se tomará como año base el de la realización del último inventario de GEI de Vigo (2003)

La absorción total correspondiente a 2012 es de 19.361,37 Tn de CO₂.

C) Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO₂ de la tierra

Debido a las condiciones que presenta el municipio de Vigo, para la elaboración de este apartado sólo se tendrán en cuenta las emisiones directas e indirectas de N₂O de los

suelos agregados y las emitidas por los incendios forestales y se consideran insignificantes las emisiones generadas en los demás puntos facilitados por el IPCC (2006).

Las emisiones directas de N₂O-N procedentes de los suelos agrícolas (2012) fueron de 1642,87 kg. Para poder pasar el N₂O-N a N₂O, es necesario aplicar el factor estequiométrico 44/28, por lo que las emisiones directas resultantes de N₂O son 2,58 Tn N₂O, lo que representa un total de 64,54 Tn CO₂ equivalentes.

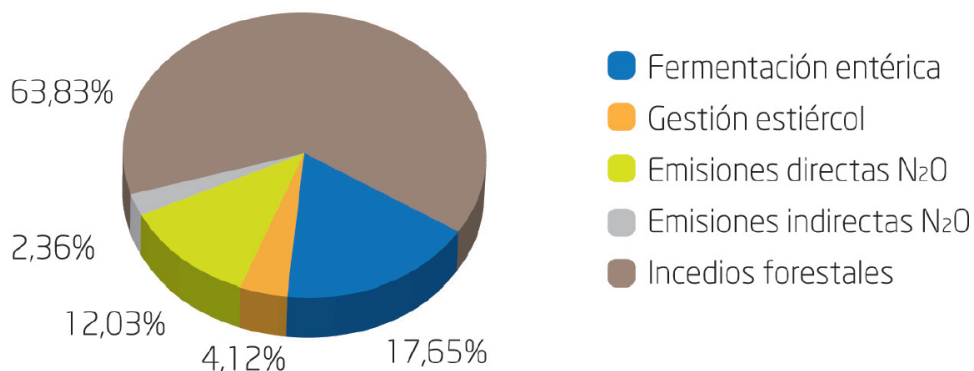
En resumen, la cantidad total de GEI emitidos por el sector “Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra”, según los parámetros de la metodología del IPCC (2006), es la siguiente:

| | Categoría | Tn CO ₂ equivalentes |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|
| Ganadería | Fermentación entérica | 94,72 |
| | Gestión estiércol | 22,12 |
| Tierra ²⁸ | Tierras forestales que permanecen como tales | |
| Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO ₂ | Emisiones directas N ₂ O | 64,54 |
| | Emisiones indirectas N ₂ O | 12,67 |
| | Incendios forestales | 342,51 |
| | TOTAL | 536,56 |

Un total de 536,56 Tn CO₂ equivalentes fueron emitidas a la atmósfera en 2012 en Vigo, siendo la gran mayoría de las emisiones las que corresponden al apartado de “fuentes agregadas y de no emisión de CO₂”

Desglosando los dos grandes apartados en las categorías analizadas en este inventario, es posible comprobar el peso de cada una de ellas.

Emisiones de CO₂ equivalentes de la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra en Vigo (2012)



Las emisiones de GEI por habitante en Vigo representan un total de 0,0018 Tn CO₂ equivalentes, lo que es un valor muy reducido. Esto es debido a la escasa actividad agrícola y ganadera que existe en el municipio que, además, se ha visto muy reducida en los últimos años.

4. Desechos

En este apartado, la metodología propuesta por el IPCC (2006) contiene algunas variaciones importantes respecto a la del IPCC (1996), ya que se añaden varias subcategorías con el objetivo de cubrir todas las prácticas relacionadas con la gestión de desechos. De este modo, las cuatro nuevas categorías incluidas en este capítulo son las siguientes:

- Eliminación de desechos sólidos.
- Tratamiento biológico de los desechos sólidos.
- Incineración e incineración abierta de desechos.
- Tratamiento y eliminación de aguas residuales.

Una vez realizados todos los cálculos del sector desechos, se puede apreciar que el total de emisiones de CO₂ equivalentes es el siguiente:

| Categoría | Tn CO ₂ equivalentes |
|---------------------------------------------------|---------------------------------|
| Incineración de RSU | 68.852,50 |
| Tratamiento y eliminación de las aguas residuales | 12.149,93 |
| Total | 81.002,43 |

Se puede comprobar que la mayoría de las emisiones de este sector proceden de la incineración de los RSU, que, aunque se lleve a cabo en el municipio de Cerceda, es consecuencia directa de Vigo.

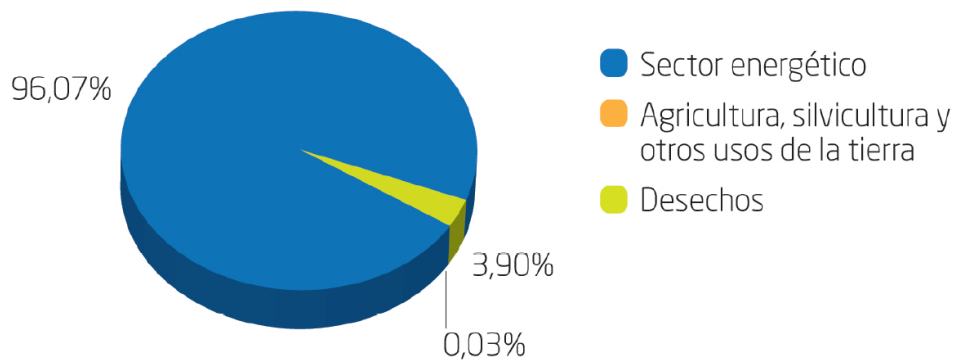
5. Total emisiones

Es relevante destacar que el CO₂ representa un 97,74% de las emisiones totales de GEI a la atmósfera. A gran distancia le siguen el N₂O con un 1,98% y el CH₄ con un 0,32%. Se puede observar también que dichos valores siguen una proporción prácticamente similar a los obtenidos en el anterior inventario de emisiones. Esto es debido a que la actividad agrícola/ganadera sigue representando una proporción escasa en la evolución general del municipio.

Desde el punto de vista de la importancia relativa de cada sector analizado con respecto al total, se puede destacar al sector energético, que con un 96,85% del total de las emisiones de GEI, es el que contribuye de una forma más importante al conjunto del CO₂ equivalente emitido en Vigo.

Después se sitúa el sector desechos y de una manera casi inapreciable el sector agrícola, el cual se ha visto reducido considerablemente en los últimos tiempos.

Representación de emisiones de GEI de cada sector con respecto al total



Si realizamos un análisis desagregado por actividades, se puede comprobar que el sector transporte, con un 36,83% de las emisiones, es la principal fuente de emisión de GEI a la atmósfera. La generación de energía eléctrica y el sector "otros" (liderado por un sector tan importante para Vigo como el sector pesquero) ocupan respectivamente el segundo y tercer lugar en importancia de emisiones. Como se puede comprobar en el siguiente gráfico, los demás sectores ya se encuentran situados a una distancia considerable de los tres primeros.

Representación de emisiones de GEI de cada sector con respecto al total

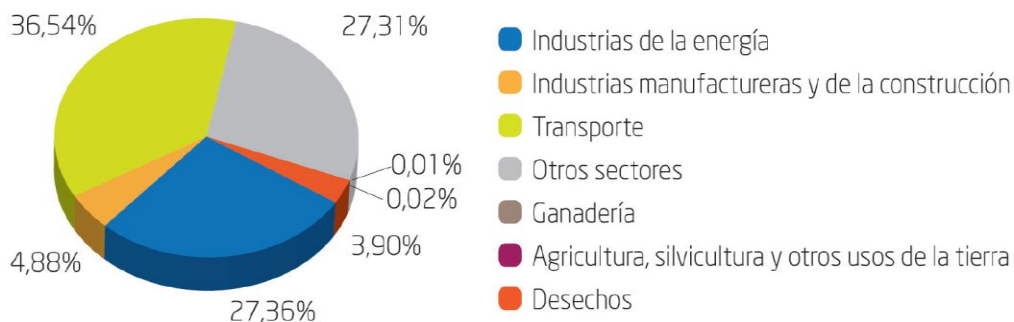


TABLA RESUMEN DE EMISIONES

En total, durante el año 2012 fueron emitidas en Vigo 2.058.782,41 Tn CO₂ equivalentes, o lo que es lo mismo, 6,92 Tn CO₂ equivalente por habitante, cuya distribución, por sectores, se resume en la siguiente tabla:

| Sector | Emisiones de GEI (Tn) | | | |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------|-----------------------|
| | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | CO ₂ equiv |
| Industrias de la energía | 566.024,67 | 6,75 | 7,74 | 568.500,42 |
| Industrias manufactureras y de la construcción | 100.993,75 | 3,86 | 0,76 | 101.317,52 |
| Transporte aéreo | 15.884,91 | 0,60 | 0,60 | 16.078,89 |
| Transporte ferroviario | 151,94 | 0,00 | 0,01 | 154,55 |
| Transporte marítimo | 7.031,51 | 0,65 | 0,20 | 7.107,41 |
| Transporte por carretera | 703.275,85 | 83,11 | 102,66 | 735.946,85 |
| Total transporte | 726.344,21 | 84,36 | 103,47 | 759.287,70 |
| Sector residencial, institucional y comercial | 186.791,03 | 21,08 | 0,94 | 187.597,24 |
| Sector agrícola y pesquero | 377.715,56 | 50,97 | 3,06 | 379.901,32 |
| Total otros sectores | 564.506,59 | 72,05 | 4,00 | 567.498,56 |
| TOTAL SECTOR ENERGÉTICO | 1.957.869,22 | 167,02 | 115,97 | 1.996.604,20 |
| Fermentación entérica | | 3,79 | | 94,75 |
| Gestión del estiércol | | 0,87 | 0,01 | 22,12 |
| TOTAL GANADERÍA | 0,00 | 4,66 | 0,01 | 116,87 |
| Emisiones directas N ₂ O suelos agregados | | | 2,58 | 64,54 |
| Emisiones indirectas N ₂ O suelos agregados | | | 0,53 | 13,22 |
| Emisiones del quemado de biomasa en tierras forestales | 304,65 | 0,91 | 0,05 | 342,51 |
| TOTAL AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA | 304,65 | 5,57 | 3,17 | 420,27 |
| Incineración | 65.253,79 | 0,37 | 12,05 | 68.852,50 |
| Tratamiento de aguas residuales | 8.147,53 | 89,21 | 5,95 | 12.149,93 |
| TOTAL DESECHOS | 73.401,32 | 89,58 | 18,00 | 81.002,43 |
| Total emisiones GEI | 2.031.575,19 | 262,17 | 137,14 | 2.078.143,77 |
| Total absorciones | | | | 19.361,36 |
| BALANCE GLOBAL | | | | 2.058.782,41 |

Comparativa global de emisiones de GEI en el municipio de Vigo 2003-2012

Una vez calculados los valores de las emisiones de GEI en el municipio de Vigo en el año 2012, en la presente tabla se comparan los valores obtenidos con los del anterior inventario realizado en la ciudad (año 2003). La siguiente tabla presenta los valores siguiendo la misma división por sectores que la utilizada en el análisis de las emisiones de 2012.

| Sector | 2003 | 2012 | ¿Mejora? |
|------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------|
| | CO ₂ equivalente | CO ₂ equivalente | |
| Industrias de la energía | 694.512 | 568.500,42 | ● |
| Industrias manufactureras y de la construcción | 132.709,3 | 101.317,52 | ● |
| Transporte aéreo | 17.860,7 | 16.078,89 | ● |
| Transporte ferroviario | 366,35 | 154,55 | ● |
| Transporte marítimo | 5.831,54 | 7.107,41 | ● |
| Transporte por carretera | 550.696,8 | 735.946,85 | ● |
| Total transporte | 574.755,39 | 759.287,7 | ● |
| Sector residencial, institucional y comercial | 154.135,2 | 187.597,24 | ● |
| Sector agrícola y pesquero | 297.588,7 | 379.901,32 | ● |
| Total otros sectores | 451.723,9 | 567.498,56 | ● |
| Total sector energético | 1.853.700,59 | 1.996.604,2 | ● |
| Fermentación entérica | 693,1 | 94,75 | ● |
| Gestión del estiércol | 400,6 | 22,12 | ● |
| Total ganadería | 1.093,7 | 116,87 | ● |
| Tierra | -22.971 | -19.361,36 | ● |
| Emisiones directas N ₂ O suelos agregados | 1.689,2 | 64,54 | ● |
| Emisiones indirectas N ₂ O suelos agregados | 470,2 | 13,22 | ● |
| Emisiones del quemado de biomasa en tierras forestales | | 342,51 | |
| Total agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra | -19.717,9 | 420,27 | ● |
| Incineración | 73.472,52 | 68.852,5 | ● |
| Tratamiento de aguas residuales | 11.970 | 12.149,93 | ● |
| Total desechos | 85.442,52 | 81.002,43 | ● |
| Total emisiones GEI | 1.919.425,21 | 2.058.782,41 | ● |

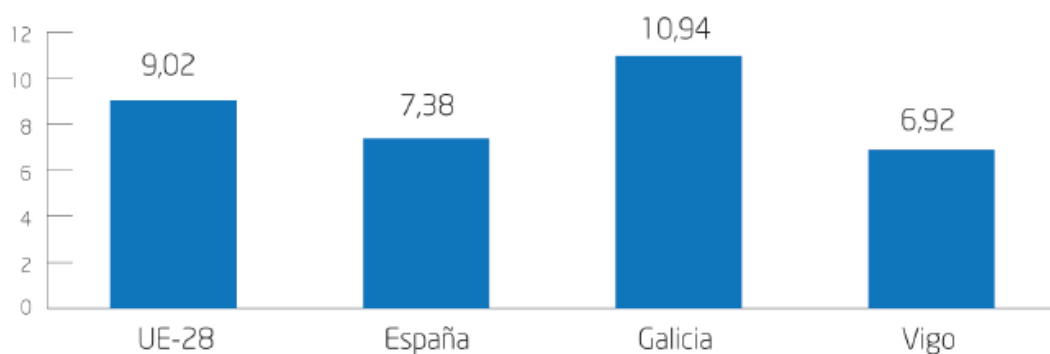
Comparación con otras regiones y ciudades

Actualmente, algunos municipios y entidades geográficas particulares están llevando a cabo diversos inventarios de GEI similares al propuesto en este trabajo. Para ello, se

basan en las directrices propuestas por el IPCC y por la Guía EMEP/CORINAIR, una metodología ampliamente utilizada en los diversos inventarios realizados hasta la fecha en Europa y parte del mundo. De este modo, aunque se debe considerar que la variable de las diferencias geográficas es realmente importante, es posible comparar las emisiones de GEI de Vigo con otros ámbitos regionales y locales.

En primer lugar, se pueden comparar las emisiones de Vigo con respecto a varias escalas territoriales, como puede ser a nivel autonómico, estatal o europeo, que son las siguientes:

Comparativa emisiones distintos niveles en Tn CO₂ equiv/habitante



Debido a que en España la realización de inventarios de GEI está más arraigada en el ámbito autonómico que en el municipal, todas las Comunidades Autónomas han realizado un inventario analizando la cantidad de emisiones de GEI por habitante en sus territorios correspondientes. De este modo, en la siguiente tabla se muestran las emisiones de CO₂ equivalentes por habitante de cada una de ellas:

| Comunidad Autónoma | Tn CO ₂ equiv/habitante | Comunidad Autónoma | Tn CO ₂ equiv/habitante |
|--------------------|------------------------------------|--------------------|------------------------------------|
| Andalucía | 6,22 | C. Valenciana | 4,87 |
| Aragón | 12,94 | Extremadura | 7,54 |
| Asturias | 22,93 | Galicia | 10,94 |
| Baleares | 8,27 | La Rioja | 7,60 |
| Canarias | 6,45 | Madrid | 3,42 |
| Cantabria | 10,39 | Melilla | 3,89 |
| Castilla León | 13,78 | Navarra | 9,15 |
| Castilla la Mancha | 9,66 | País Vasco | 8,59 |
| Cataluña | 6,11 | Murcia | 6,19 |
| Ceuta | 5,39 | Total | 7,38 |

Vigo se encuentra en un nivel intermedio de emisiones, superando a lugares como Madrid y Cataluña, pero con un nivel de emisiones muy inferior al de Castilla y León o Asturias.

Comparativa emisiones distintos niveles en Tn CO₂ equiv/habitante

Vigo, comparada con las ciudades europeas utilizadas en el estudio de Siemens, ocuparía una posición intermedia-alta, superando ampliamente en emisiones de GEI a ciudades como Oslo, Estocolmo o Madrid, pero por debajo de Lisboa, Praga o Dublín.

| Ciudad | Tn CO ₂ /habitante | País | Ciudad | Tn CO ₂ /habitante | País |
|------------|-------------------------------|------------|-----------|-------------------------------|-----------------|
| Ámsterdam | 6,66 | Holanda | Londres | 5,84 | Reino Unido |
| Atenas | 5,92 | Grecia | Madrid | 4,08 | España |
| Belgrado | 3,85 | Serbia | Oslo | 2,19 | Noruega |
| Berlín | 6,57 | Alemania | París | 5,04 | Francia |
| Bratislava | 5,08 | Eslovaquia | Praga | 8,05 | República Checa |
| Bruselas | 3,91 | Bélgica | Riga | 3,98 | Letonia |
| Bucarest | 5,23 | Rumanía | Roma | 3,50 | Italia |
| Budapest | 5,80 | Hungría | Sofía | 4,32 | Bulgaria |
| Copenhague | 5,38 | Dinamarca | Estocolmo | 3,62 | Suecia |
| Dublín | 9,72 | Irlanda | Tallín | 6,80 | Estonia |
| Helsinki | 6,01 | Finlandia | Viena | 5,19 | Austria |
| Estambul | 3,25 | Turquía | Vilna | 4,55 | Lituania |
| Kiev | 4,10 | Ucrania | Varsovia | 6,29 | Polonia |
| Lisboa | 7,47 | Portugal | Zagreb | 6,68 | Croacia |
| Liubliana | 3,41 | Eslovenia | Zurich | 3,70 | Suíza |

Por último, en el año 2012 se realizó el estudio “25 ciudades españolas sostenibles” que, bajo el patrocinio también de Siemens, trató de analizar el impacto social y medioambiental en las principales ciudades españolas. En este trabajo se recogen las emisiones de CO₂ per cápita en cada ciudad, que son las siguientes:

| Ciudad | Tn CO ₂ /habitante | Ciudad | Tn CO ₂ /habitante |
|------------|-------------------------------|----------|-------------------------------|
| Zaragoza | 2,25 | Alicante | 6,04 |
| Barcelona | 2,34 | Vigo | 6,92 |
| Bilbao | 3,15 | Mérida | 7,37 |
| Sevilla | 4,15 | Murcia | 7,45 |
| Valencia | 4,27 | A Coruña | 11,50 |
| Córdoba | 4,82 | Toledo | 12,80 |
| Valladolid | 5,84 | Gijón | 27,51 |

Como se puede comprobar, Vigo se encuentra en una posición intermedia entre las grandes ciudades (Barcelona, Madrid, Valencia) y las ciudades de tamaño intermedio como A Coruña o Gijón.

CONCLUSIONES

Para evaluar la reducción de los GEI, es necesario conocer la realidad y realizar un inventario preciso de emisiones. Desde finales del siglo pasado, el IPCC ha establecido unos mecanismos para calcular de una manera aproximada el número de toneladas de GEI emitidos a la atmósfera que, con sus últimas actualizaciones, han permitido que el cálculo de las emisiones sea cada vez más ajustado a la realidad.

En el caso de España, sólo el Gobierno Central y las Comunidades Autónomas están obligados a elaborar el inventario de emisiones, siendo de carácter voluntario para los municipios. A pesar de ello, ciudades como Barcelona, Madrid, Vitoria, Bilbao han elaborado su propio inventario de emisiones y han tomado medidas para reducir el nivel de CO₂ emitido.

En el año 2003, se realizó un inventario de emisiones en la ciudad de Vigo, el cual seguía la metodología del IPCC (1996). En esta versión, el IPCC dividía la actividad económica en varios sectores: energía, procesos industriales, disolventes, agricultura, cambios uso suelo y tratamiento de residuos.

En este nuevo estudio se propone una actualización del inventario de emisiones de GEI para la ciudad de Vigo siguiendo la metodología propuesta por el IPCC (2006) para, de este modo, poder comparar los datos obtenidos con los de las otras ciudades. Para ello se ha dividido la actividad de la ciudad en varias categorías, las cuales representan a los diversos sectores económicos del municipio. En esta nueva metodología, apartados como el de disolventes desaparecen, y cambios en el uso de suelo y agricultura se fusionan. Además, cambios en los procedimientos del cálculo de emisiones ha permitido una mayor aproximación en la cuantificación de las Tn de CO₂ equivalentes.

El inventario de emisiones de CO₂ para Vigo (2012) muestra que el sector energético, con un total de 1.996.604,20 Tn CO₂equivalentes, es el más contaminante, representando casi un 97% del total de las emisiones municipales producidas. Sectores como el consumo eléctrico en la ciudad, el transporte o el sector pesquero constituyen el apartado del inventario más relevante del municipio.

Sin embargo, a pesar de la reducción de emisiones procedentes de la industria manufacturera y del consumo de electricidad, el incremento del número de vehículos y de buques pesqueros ha provocado que la cifra total de emisiones se haya incrementado en los últimos años.

Por el contrario, las emisiones del sector de la ganadería y agricultura se reduce notablemente, con un total de 116,87 Tn CO₂equivalentes. Esto es debido al descenso en el número de cabezas de ganado y a la reducción del número de hectáreas agrícolas existentes. A pesar de ello, aspectos como el aumento de la frecuencia de incendios forestales y la reducción de la superficie forestal del municipio ha originado que este apartado haya incrementado también la cantidad de Tn de CO₂emitidas con respecto a las del anterior inventario realizado, sumando un total de 537,14 Tn CO₂.

En el apartado del tratamiento de residuos es dónde existen menores diferencias entre los dos inventarios de referencia, debido posiblemente a la utilización de la misma metodología del IPCC.

Un total de 81.002,43 Tn CO₂ equivalente emitidas fueron debidas al tratamiento de residuos.

Así pues, considerando el total neto de emisiones de los distintos sectores analizados, se puede asegurar que las emisiones de GEI en Vigo en 2012 fueron de 2.058.782,41 Tn CO₂ equivalente, un 5,87% más que en 2003. Si se tiene en cuenta la población de la ciudad en el año de referencia, esto supone un total de 6,92 Tn CO₂ equivalente por habitante del municipio y año. Si se comparan estos valores con los de otras ciudades, se puede comprobar que Vigo permanece en una situación intermedia, muy alejado de las grandes urbes europeas o españolas pero a un nivel igual al de varias ciudades con población similar.

BIBLIOGRAFÍA

Libros y artículos

De Vegoechea, A. (2012). *“Las cumbres de Naciones Unidas sobre el cambio climático”*. Ed. FES. Colombia.

Espada Recarey, L. (2004). *“Análise da contribución do municipio de Vigo ó cambio climático”*. España: Ed. Valedor do Cidadán Vigo

Espada Recarey, L. (2009). *“La accesibilidad a los servicios básicos. Aplicación al municipio de Vigo y comparación con otras ciudades europeas”*. España: Ed. Valedor do Cidadán Vigo

Carrasco, P. (2005). *“Medidas de actuación para la reducción de las emisiones de GEI en el municipio de Vigo”*. PFC. Universidade de Vigo.

Pose, S. (2013). *“Medidas de actuaciones municipales para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en Vigo”*. TFM. Universidade de Vigo.

Información periodística de medios de difusión

Páginas web

Finanzas Carbono. *Conferencia de las Partes*. <<http://finanzascarbono.org/>>

Universidad Politécnica de Valencia. *Relación de Conferencias Internacionales sobre Cambio Climático y Cumbres de la Tierra*. <<http://www.upv.es/contenidos>>

Sostenibilidad y desarrollo. *El cambio climático: cronología de las negociaciones* <<http://sustentabilidadydesarrollo.com/2015/01/30/el-cambio-climatico-cronologia-denegociaciones/>>

Oficina catalana de cambio climático. *Políticas ante el cambio climático* <<http://canviclimatic.gencat.cat/ca/>>

IPCC. Quinto Informe de Evaluación. <http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.shtml>

Red Ambiental de Asturias. *Contexto internacional en la lucha contra el cambio climático*. <<https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnnextoid=894001c1dda91210VgnVCM10000097030a0aRCRD&vgnnextchan nel=f42c1cc03aa1a110VgnVCM1000006a01a8c0RCRD&i18n.http.lang=es>>

Conselleria de Medio Ambiente e Ordenación do Territorio. *Galicia e o cambio climático* <<http://cambioclimatico.cmati.xunta.es/>>

Cambio climático global. *Los gases de efecto invernadero*
<<http://cambioclimaticoglobal.com/gasesinv>>

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *Cambio climático.*
<<http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/>>

Slideshare. *Efectos del cambio climático en España.*
<<http://es.slideshare.net/geopaloma/efectos-del-cambio-climtico-en-espaa>>

Gobierno de la Región de Murcia. *Proyecto compensaforest.* <<http://compensaforest.es/2015/05/11/radiografia-de-las-emisiones-de-gei-por-los-sectores-difusos-en-espana/>>

Observatorio de la Sostenibilidad en aviación. *Inventario y metodología.*
<http://www.obsa.org/PaginasOBSA/Navegacion/AreasTrabajo_Inventarios_Metodologia.aspx>

Instituto Enerxético de Galicia. *Balance Enerxético de Galicia 2012.*
<http://www.inega.es/sites/default/descargas/publicacions/Balance_enerxetico_de_Galicia_2012_galego.pdf>

Ayuntamiento de Zaragoza. *Indicadores comunes europeos actualizados.*
<<https://www.zaragoza.es/ciudad/medioambiente/agenda21/observatorio/indicadores-europeos.htm>>

Universidad Politécnica de Madrid. *Informe sobre Indicadores Locales de Sostenibilidad.*
<http://habitat.aq.upm.es/indloc/aindloc_10.html>

Agenda 21 de Baztan. *Sistema de seguimiento e indicadores de sostenibilidad.*
<http://www.baztan.eus/files/2013/04/Indicadores_Europeos_Baztan.pdf>

Centro Nacional de Referencia sobre Contaminantes Organicos Persistentes. *Inventario de emisiones CORINAIR en el programa EMEP.*
<<http://www.cnrco.es/gc/si-quieres-profundizar-mas/actuaciones-y-progresos/emisiones/new-profundizar-9/>>

Red ambiental de Asturias. *Las causas del cambio climático.*
<<https://www.asturias.es/portal/site/medioambiente/>>

Red Española Nacional de Ferrocarriles. *Nuestros trenes y horarios.*
<<http://www.renfe.com>>

Ministerio de Energía de Chile. *Inventario de emisiones para GEI.*
<<http://huelladecarbono.minenergia.cl/transporte-maritimo>>

ELECRAIL. *Metodología de cálculo de consumo de energía de los trenes de viajeros y actuaciones en el diseño del material rodante para su reducción.*
<http://www.investigacion-ffe.es/documentos/elecraail/m5-elecraail_calculo-consumo.pdf>

Dirección General de Tráfico. *Parque automovilístico.* <<http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/parque-vehiculos/tablas-estadisticas/2012/>>

Economics for energy. *Evolución de los factores que determinan el consumo energético residencial.*

<<http://economicsforenergy.blogspot.com.es/2013/03/evolucion-de-los-factores-que.html>>

Portos de Galicia. *Número de puertos en la Comunidad.*

<<http://www.portosdegalicia.gal/gl/web/portos-de-galicia/sist-port>>

Agencia Estatal de Meteorología. *Datos climáticos.*

<<http://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=1495&k=gal>>

Blog creado por alumnos del I.E.S. Luis Seoane. *Los sumideros de CO2.*

<<http://cambioclimaticoluisseoan1bach.blogspot.com.es/2011/03/los-sumideros-de-CO2.html>>

Cluster de la madera en Pontevedra. *Valoración económica de la superficie forestal en Pontevedra.*

<<http://clustermadeira.com/pdf/pontevedra.pdf>>

Asociación Nacional de Fabricantes de fertilizantes en España. *Consumo de fertilizantes.*

<<http://www.anffe.org/informaci%F3n%20sectorial/evoluci%F3n%20del%20consumo/index.html>>

Organización para las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. *Estimación de gases de efecto invernadero en la agricultura.*

<<http://www.fao.org/3/a-i4260s.pdf>>

Gestión de Residuos. *Aprobado el Plan de Gestión de Residuos Urbanos de Galicia.*

<<http://gestoresderesiduos.org>>

Sogama. *Red de plantas de transferencia.*

<<http://www.sogama.es/es/info/red-de-plantas-de-transferencia>>

Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial Gobierno Vasco. *Inventario de emisiones de GEI en gráficos.*

<<http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/informacion/inventarios-degases-de-efecto-invernadero-en-graficos/r49-11293/es/>>

Regions for sustainable change. *Indicators.*

<<http://www.rscproject.org/indicators/index.php?page=ghg-emissions>>

Siemens. *25 ciudades españolas sostenibles.*

<<https://s3.amazonaws.com/25CiudadesSostenibles/25+ciudades+espan%CC%83olas+sostenibles.pdf>>

Robert Radford. *Cómo escribir notas al pie, referencias electrónicas y bibliografías.*

<<http://www.imperialmetric.com/Edition/nota/#definition>>

Escuela Universitaria de Barcelona. *Recursos de la información.*
<<http://www.elisava.net/es/biblioteca/recursos-de-informacion/como-hacer-una-bibliografia>>