



Petjada de carboni de la gestió i tractament dels residus municipals de Catalunya (2012-2013)

octubre / 14

Elaborat per:



Per a:



Crèdits del treball:

Treball desenvolupat per **Inèdit Innovació SL**, empresa del Parc de Recerca de la Universitat Autònoma de Barcelona (PRUAB) i membre del grup de recerca en Sostenibilitat i Prevenció Ambiental (Sostenipra, ICTA-IRTA-Inèdit)



Equip tècnic

Dr. Ramon Farreny Gaya

Dr. Carles Martínez Gasol

BSc. Elisenda Andrés Padró

Contacte:

Telèfon: 937 532 915

ramon@ineditinnova.com

www.ineditinnova.com

Amb la col·laboració de:



Treball realitzat per Inèdit Innovació SL, spin off del grup de recerca en Sostenibilitat i Prevenció Ambiental (Sostenipra) de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), a partir de l'adaptació de l'eina de càlcul CO₂ZW®, propietat del grup de recerca Sostenipra, i la participació de l'Agència de Residus de Catalunya (ARC) de la Generalitat de Catalunya, que ha cedit les dades de gestió i tractament dels residus municipals de Catalunya pels anys 2012 i 2013, així com de l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic (OCCC), que ha actualitzat els factors mitjans d'emissió dels residus que aplica en el Programa d'Acords Voluntaris.



ÍNDEX

Índex de taules	2
Índex de figures	3
Abreviatures.....	5
RESUM EXECUTIU	1
1. Introducció: residus i canvi climàtic.....	6
1.1. Eina de càlcul: CO ₂ ZW®	6
1.2. Objectius	7
2. Metodologia de càlcul – CO ₂ ZW®	8
3. Fases del projecte	11
3.1. Adaptació de la CO ₂ ZW® a Catalunya.....	11
3.2. Càlcul de la petjada de carboni dels residus municipals del conjunt de Catalunya (2012 i 2013)	21
3.3. Càlcul de la petjada de carboni dels residus municipals de Catalunya, per municipis (2012 i 2013)	22
4. Petjada de carboni de la gestió dels residus municipals de Catalunya	27
4.1. Escenari base Catalunya 2012	27
4.2. Escenari base Catalunya 2013	33
4.3. Escenaris alternatius	40
5. Petjada de carboni de la gestió dels residus municipals dels municipis catalans	43
5.1. Resultats a nivell de municipi (2013).....	43
5.2. Resultats per comarca (2013)	51
6. Evolució 2011-2013	58
7. Síntesi	63
8. Referències	65
A. Annex. Emissions de GEH generades i evitades de la gestió dels residus municipals, a escala municipal (2013).....	67
B. Annex. Actualització dels factors d'emissió de GEH de l'oficina de canvi climàtic (OCCC) segons cada fracció de residus aplicant la metodologia recollida a la CO ₂ ZW®.	109
C. Annex. Petjada de carboni a l'àmbit de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB), 2013	114

ÍNDIX DE TAULES

Taula 1. Generació de residus per habitant a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO ₂ ZW® i mitjana europea	12
Taula 2. Composició de la bossa tipus a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO ₂ ZW® i mitjana europea	13
Taula 3. Recollida selectiva a Catalunya (t) (anys 2012 i 2013)	14
Taula 4. Recollida selectiva (% en base al total de cada fracció) a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO ₂ ZW® i mitjana europea.....	15
Taula 5. Impropris a la FORM a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO ₂ ZW® i mitjana europea	15
Taula 6. Vies de tractament de la fracció resta a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO ₂ ZW® i mitjana europea	16
Taula 7. Vies de tractament de la FORM a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb Espanya	17
Taula 8. Característiques dels ecoparcs –tractament de resta- (TMB2) a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb les plantes TMB2 a Espanya	18
Taula 9. Destí del rebuig de TMB2 a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb Espanya	18
Taula 10. Eficiència de les plantes de reciclatge a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO ₂ ZW® i mitjana europea	19
Taula 11. Factors clau: mix elèctric i captació de biogàs a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO ₂ ZW® i mitjana europea	20
Taula 12. Distància mitjana de transport de vidre, envasos lleugers i paper i cartró estimades en base a la localització de les plantes de recuperació de materials.....	25
Taula 13. Petjada de carboni del tractament dels residus municipals de Catalunya (2012), en t de CO ₂ eq, i comparació amb els resultats obtinguts per l'any 2011	29
Taula 14. Petjada de carboni del tractament dels residus municipals de Catalunya (2013), en t de CO ₂ eq, i comparació amb els resultats obtinguts per l'any 2012	36
Taula 15. Estadística descriptiva de la petjada de carboni dels municipis catalans (comparativa entre els anys 2012 i 2013)	45
Taula 16. Coeficient de correlació de Pearson entre la petjada de carboni per habitant i altres variables (comparativa entre els anys 2012 i 2013).....	48
Taula 17. Petjada de carboni de la gestió dels residus municipals mitjana de les comarques de Catalunya (2013), en Kg de CO ₂ eq/hab	51

ÍNDEX DE FIGURES

Figura 1. Logo de l'eina CO ₂ ZW (marca comunitària registrada).....	7
Figura 2. Indicadors de les emissions generades, evitades i de petjada de carboni de la gestió de residus municipals a Catalunya (2012).....	28
Figura 3. Petjada de carboni de Catalunya (2012): impactes directes, indirectes i evitats	30
Figura 4. Petjada de carboni del tractament de residus municipals de Catalunya (2012) per flux de residus.....	31
Figura 5. Petjada de carboni del tractament dels residus municipals a Catalunya (2012), per tipus d'impacte	31
Figura 6. Contribució del transport al total d'impactes generats per la gestió dels residus municipals a Catalunya (2012).....	32
Figura 7. Indicadors de les emissions generades, evitades i de petjada de carboni de la gestió de residus municipals a Catalunya (2013).....	34
Figura 8. Petjada de carboni de Catalunya (2013): impactes directes, indirectes i evitats	37
Figura 9. Petjada de carboni del tractament de residus municipals de Catalunya (2013) per flux de residus.....	38
Figura 10. Petjada de carboni del tractament dels residus municipals a Catalunya (2013), per tipus d'impacte	38
Figura 11. Contribució del transport al total d'impactes generats per la gestió dels residus municipals a Catalunya (2013).....	39
Figura 12. Emissions generades i evitades de la gestió dels residus municipals a Catalunya (2013): escenari base vs escenaris alternatius	41
Figura 13. Exemple de fitxa de resultats de la petjada de carboni de la gestió de residus municipals per a cada municipi.....	44
Figura 14. Diagrama de caixa de la petjada de carboni de la gestió de residus municipals dels municipis catalans (2013).....	46
Figura 15. Diagrama de caixa de la petjada de carboni de la gestió de residus municipals dels municipis catalans (2012).....	46
Figura 16. Histograma de la petjada de carboni de la gestió dels residus municipals dels municipis catalans (2013).....	47
Figura 17. Models de regressió lineal de la petjada de carboni per habitant i la resta a DC, generació de residus i recollida selectiva, respectivament (2013).....	49
Figura 18. Models de regressió lineal múltiple per a la petjada de carboni per habitant (2013).....	50
Figura 19. Petjada de carboni de la gestió de residus municipals de les comarques de Catalunya (2013).....	52

Figura 20. Petjada de carboni de la gestió de residus municipals de les comarques de Catalunya (2012)	53
Figura 21. Petjada de carboni a nivell comarcal, expressada en Kg CO ₂ eq/habitant (2012-2013). La barra horitzontal i el número expressen els resultats de l'any 2013, mentres que la línia negra vertical mostra els resultats de 2012.	54
Figura 22. Diagrama de dispersió de la petjada de carboni de la gestió dels residus municipals mitjana per habitant i la quantitat de resta destinada a DC, a nivell comarcal (2013)	55
Figura 23. Diagrama de dispersió de la recollida selectiva i de la resta enviada a DC per habitant, per comarca (2013). El número que acompanya el nom de la comarca correspon a la petjada de carboni de la gestió de residus municipals (Kg CO ₂ eq/hab·any)	56
Figura 24. Diagrama de dispersió de la recollida selectiva i de la resta enviada a DC per habitant, per comarca (2012). El número que acompanya el nom de la comarca correspon a la petjada de carboni de la gestió de residus municipals (Kg CO ₂ eq/hab·any)	57
Figura 25. Generació de residus i índex de recollida selectiva anys 2011 i 2013	58
Figura 26. Destí de la fracció Resta a Catalunya (2011 i 2013)	59
Figura 27. Petjada de carboni de la gestió de residus municipals per tona de residu (Kg CO ₂ eq/tona)	59
Figura 28. Emissions de GEH de la gestió de residus municipals per tona de residu (Kg CO ₂ eq/tona)	60
Figura 29. Emissions evitades dels Residus Municipals (Kg CO ₂ eq/tona)	61
Figura 30. Petjada de Carboni dels residus municipals per habitant	61
Figura 31. Emissions dels Residus Municipals per habitant (Kg CO ₂ eq/hab)	62
Figura 32. Emissions Evitades de la gestió de Residus Municipals per habitant (kg CO ₂ eq/hab)	62

ABREVIATURES

ACV	Anàlisi de Cicle de Vida
ARC	Agència de Residus de Catalunya
CDR	Combustible Derivat de Residus
CH ₄	Metà
CO ₂	Diòxid de carboni
CO ₂ eq	Equivalent de diòxid de carboni
DC	Dipòsit Controlat
FIRM	Fracció Inorgànica dels Residus Municipals
FORM	Fracció Orgànica dels Residus Municipals
FV	Fracció Vegetal
GEH	Gasos amb Efecte d'Hivernacle
IPCC	Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic
N ₂ O	Òxid de dinitrogen
PVE	Planta de Valorització Energètica
TMB	Tractament Mecànic-Biològic
UAB	Universitat Autònoma de Barcelona

RESUM EXECUTIU

La gestió i tractament dels residus municipals contribueix a l'**escalfament global** degut a les emissions directes i indirectes de GEH. No obstant, la valorització material i energètica dels residus també permet evitar emissions en altres sectors de l'economia, ja que permet substituir altres fonts energètiques i matèries primeres. La diferència entre les emissions generades menys les emissions evitades es coneix com a Petjada de Carboni i s'expressa en unitats de tones de CO₂ equivalent. Aquesta **visió global de les emissions associades** a la gestió dels residus permet **definir polítiques i estratègies de gestió dels residus** encaminades a la reducció del potencial d'escalfament global de l'economia.

En aquest context, l'Agència de Residus de Catalunya (ARC) té l'objectiu de quantificar les emissions generades, evitades i la Petjada de Carboni de la gestió dels residus municipals de Catalunya, com a instrument útil per a la planificació i la presa de decisions.

Per al càlcul de la petjada de carboni dels residus es fa ús de l'eina CO₂ZW¹, desenvolupada pel grup de recerca Sostenipra (Sostenibilitat i Prevenció Ambiental) i adaptada al context català de gestió de residus gràcies al present projecte. Aquesta eina, amb visió de cicle de vida, permet comptabilitzar les emissions generades (directes i indirectes) i evitades gràcies a la gestió dels residus municipals (transport i tractament), des del seu origen fins a la darrera instal·lació de tractament (destí final).

El present informe presenta els resultats de la petjada de carboni dels residus municipals de Catalunya per l'any 2013, tant a nivell del conjunt català, com per municipi i comarca. Els resultats es comparen amb els obtinguts en l'any anterior (2012).

Petjada de carboni dels residus municipals de Catalunya (2013)

Les **emissions generades** per la gestió dels residus a Catalunya l'any 2013 ascendeixen a **1.440.861 t CO₂eq**, el qual suposa una reducció d'un 7,6% respecte l'any 2012. Aquestes emissions tenen lloc principalment degut a l'activitat dels **dipòsits controlats**, que emeten grans quantitats de metà, tot i la captació de biogàs (els dipòsits concentren un 75% de les emissions generades).

¹ CO₂ZW[®] ha estat desenvolupada pel grup de recerca Sostenipra de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) i està disponible de forma gratuïta a <http://co2zw.eu.sostenipra.cat>

No obstant, la **valorització material i energètica** dels residus permet **contrarestar aproximadament la meitat** d'aquestes emissions (730.369 t CO₂eq), de manera que la **petjada de carboni total de la gestió dels residus municipals de Catalunya per a l'any 2013 és de 710.492 t CO₂eq** (veure Figura A).

Aquesta petjada de carboni representa una emissió de **94 Kg CO₂eq/habitant** i de **197 Kg CO₂eq/tona** de residu generat, el qual representa una millora respecte l'any anterior.

La **petjada de carboni per habitant es redueix en un 9,6%** respecte 2012, el qual s'explica en part degut a la reducció de la generació de residus, que descendeix un 3,7%, de 1,35 a 1,30 Kg/habitant·dia (veure Figura A).

Alhora, en aquest mateix període la **petjada de carboni per tona de residu gestionat disminueix en un 7,1%** gràcies als canvis en la gestió dels residus (veure Figura A). L'any 2013 es segueix la tendència a augmentar la proporció de fracció resta tractada a ecoparc (TMB) (passa del 50,3% al 51,9%), front al dipòsit controlat (disminueix de 38,2% a 37,0%) i la incineració (d'11,5% a 11,2%). Alhora, l'eficiència en la recuperació de materials en els ecoparcs s'incrementa d'un 7,6% a un 9,7% i el rebuig generat disminueix d'un 69,4% a un 63,6% entre 2012 i 2013. Aquests canvis favorables, que contribueixen a la reducció de la petjada de carboni, permeten contrarestar el fet que la recollida selectiva disminueix del 39,0% al 38,1% en el mateix període, degut parcialment a l'increment de la sostracció de residus dels contenidors de vorera.

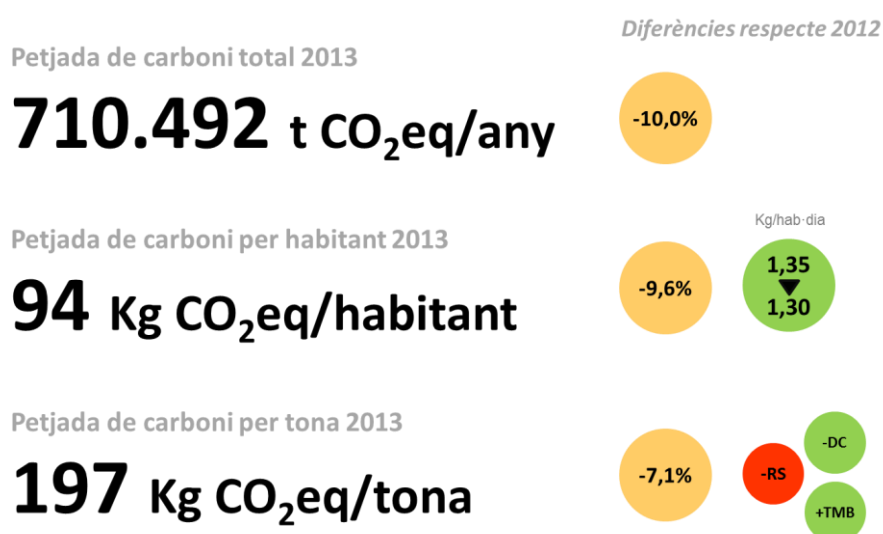


Figura A. Petjada de carboni total, per habitant i per tona, de la gestió dels residus municipals de Catalunya (2013)

Petjada de carboni dels residus municipals de Catalunya, per municipi i comarca (2013)

El 80% dels municipis catalans tenen una petjada de carboni entre 38 i 296 Kg CO₂eq/habitant. La interpretació dels resultats permet identificar que la variable que presenta una major correlació amb la petjada de carboni per habitant és la quantitat de **resta destinada a Dipòsit Controlat (DC) per habitant** ($R=0,918$, $p=0,000$), seguida de la **generació de residus per habitant** i l'índex de **recollida selectiva** (%). Aquestes tres variables, conjuntament, permeten predir la petjada de carboni dels municipis en més d'un 91%, d'acord amb el model de regressió lineal múltiple desenvolupat.

La Figura B mostra les dades de **petjada de carboni de la gestió dels residus municipals de les comarques catalanes**² en un diagrama de dos eixos; (1) índex de recollida selectiva i (2) resta directa a dipòsit controlat. Es pot observar com a la part inferior i dreta es situen les comarques amb una petjada de carboni menor. Així, en aquesta secció hi trobem comarques que pràcticament no fan ús dels dipòsits controlats i comarques amb alts índexs de recollida selectiva. En el marge superior i esquerra trobem, per contra, aquelles comarques amb major petjada de carboni, degut a baixos índexs de recollida selectiva i/o alta dependència dels dipòsits controlats.

² A més a més de les comarques catalanes, es presenten també els resultats per l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB)

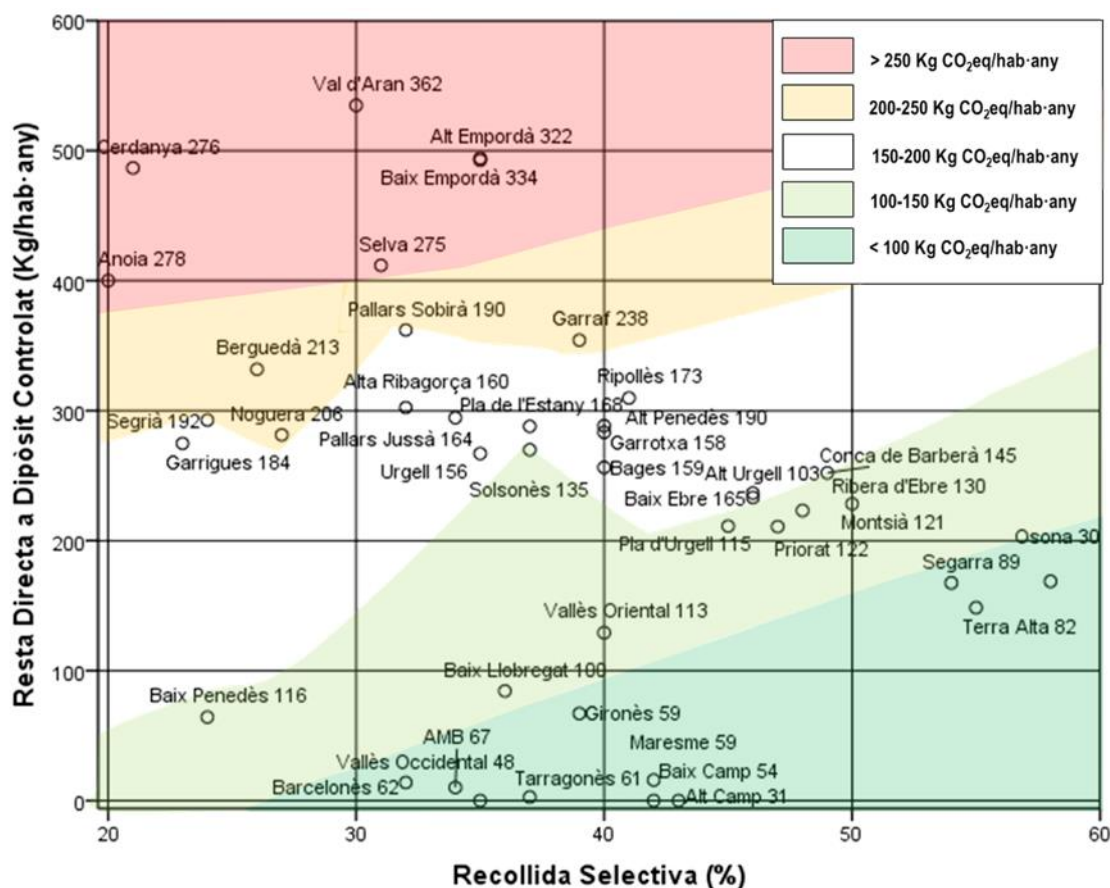


Figura B. Diagrama de dispersió de la recollida selectiva i de la resta enviada a dipòsit controlat per habitant, per comarca (2013). El número que acompanya el nom de la comarca correspon a la petjada de carboni de la gestió de residus municipals (Kg CO₂eq/hab·any)

Evolució de la petjada de carboni dels residus municipals a Catalunya (2011-2013)

En aquests anys (2011-2013) la petjada de la gestió dels residus municipals ha disminuït un 21% en valor absolut i per habitant. Això es deu a dos factors principals: per una banda, la generació de residus per habitant s'ha reduït en un 11%, i per l'altra banda, la petjada de carboni per tona de residu generat ha disminuït en un 11%.

Aquest menor impacte per tona de residu està relacionat amb els canvis en la gestió de la fracció resta (veure Figura C). Així, en el període 2011-2013 la quantitat de resta tractada als ecoparcs ha guanyat pes (del 36% al 52%) en detriment dels dipòsits controlats i incineració.

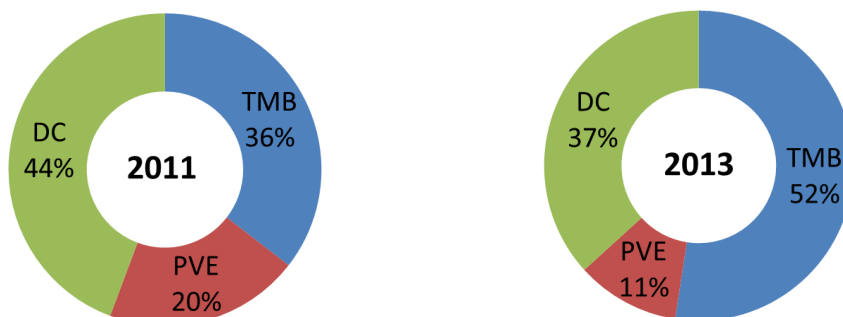


Figura C. Tractament de la fracció resta a Catalunya (2011 i 2013). Nota: DC: Dipòsit Controlat, PVE: Planta de Valorització Energètica; TMB: Tractament Mecànic-Biològic

Els Dipòsits Controlats són els principals contribuents a les emissions de la gestió de residus municipals. El fet que hi vagi menys resta directa a Dipòsit controlat i que els TMB guanyin terreny alhora que augmentin la seva eficiència en la recuperació de materials i energia (5,1% a 9,7%, Taula 8), fa que la petjada de carboni per habitant passi de 119 a 94 Kg CO₂eq/habitant·any (Figura D).

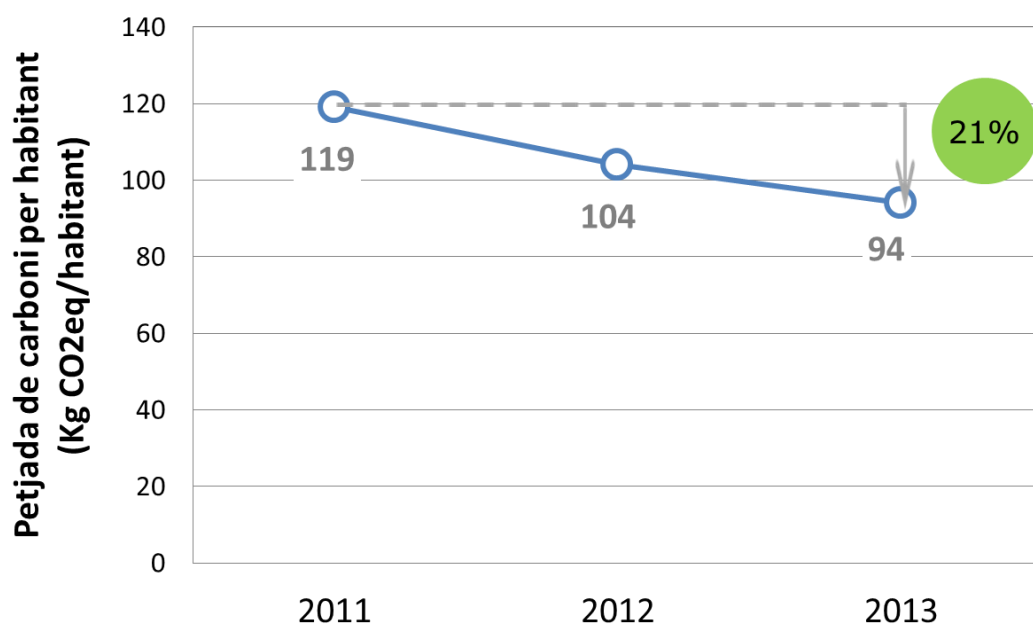


Figura D. Petjada de carboni de la gestió dels residus municipals per habitant (evolució 2011-2013).

1. INTRODUCCIÓ: RESIDUS I CANVI CLIMÀTIC

La gestió dels residus municipals, que inclou processos de transport i tractament de residus, contribueix a les **emissions de Gasos amb Efecte d'Hivernacle (GEH)**, les quals depenen tant de la generació de residus per càpita com de les vies de gestió dels mateixos. El total d'emissions de GEH es coneix també com petjada de carboni, la qual és una mesura agregada dels diferents GEH expressada en unitats de CO₂ equivalent (CO₂eq). A Catalunya les emissions de GEH derivades del tractament i l'eliminació de residus, l'any 2010, van representar el 6% de les emissions totals del país (OCCC 2013a). Aquestes emissions inclouen, principalment, les derivades de la deposició de residus sòlids (responsable del 69% de les emissions en aquest sector) (OCCC 2013).

Totes les pràctiques de gestió de residus generen GEH, tant de forma directa (per exemple, les emissions del procés de degradació biològica dels residus) com indirecta (per exemple, a través del consum d'electricitat). No obstant això, l'impacte o benefici global de la gestió dels residus dependrà de l'emissió neta de GEH, tenint en compte tant les emissions com els estalvis indirectes. En aquest sentit, el sector dels residus es troba en una posició única per passar de ser una font d'emissions globals a esdevenir una **via de reducció d'emissions de GEH**. Per tant, una visió holística de la gestió dels residus permet entendre les conseqüències positives que té el sector pel que fa a les emissions de GEH de diferents sectors com l'energia, la silvicultura, agricultura, mineria, transport i manufactura, a partir de la valorització material i energètica dels residus (UNEP 2010).

Les estimacions de les emissions de GEH de les pràctiques de gestió de residus cada vegada més tendeixen a basar-se en la **metodologia de l'Anàlisi de Cicle de Vida (ACV)** (UNEP 2010), que permet obtenir útils avaluacions dels impactes potencials i els beneficis de diferents opcions de tractament. El pensament en cicle de vida i les eines quantitatives com l'ACV proporcionen un suport informat i rigorós per a una presa de decisions amb criteris ambientals en la gestió dels residus (European Commission 2011).

1.1. Eina de càlcul: CO₂ZW®

La **CO₂ZW®** es una eina pública resultat del projecte europeu '*Low Cost Zero Waste Municipality*' (1G/MED08-533 ZERO WASTE) per al càlcul de les emissions de GEH derivades de la gestió i tractament dels residus sòlids municipals (**Figura 1**). La CO₂ZW® ha estat desenvolupada pel grup de recerca Sostenipra de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) i està disponible a <http://co2zw.eu.sostenipra.cat>, previ registre com a usuari. Es tracta d'una eina de referència, validada amb altres models de càlcul de la gestió i tractament dels residus municipals en el context europeu, tal i com s'explica en l'article internacional publicat a la revista indexada *Energy Policy* (Sevigné-Itoiz et al. 2013).



Figura 1. Logo de l'eina CO₂ZW (marca comunitària registrada)

L'eina pot ser emprada per l'administració, gestors de residus, investigadors i consultors que puguin estar interessats en calcular les GEH de qualsevol sistema de gestió i tractament de residus municipals a escala local, regional o nacional. A més, l'eina conté dades de context específiques per a Espanya, Grècia, Eslovènia i Itàlia i mitjanes europees per una sèrie de paràmetres rellevants per al càlcul de les emissions de GEH dels residus.

Dues de les virtuts d'aquesta eina per al present projecte són:

- Està desenvolupada sota un enfocament de cicle de vida, el qual contempla –entre altres- les emissions futures dels dipòsits controlats així com els crèdits evitats de la recuperació material i energètica dels residus.
- Permet integrar dades locals dels municipis i de Catalunya per tal de calcular la petjada de carboni d'acord amb els escenaris reals, reduint la incertesa del model de càlcul.

1.2. Objectius

La present proposta té per objectiu general:

- Quantificar la Petjada de Carboni de la gestió (transport i tractament) dels residus municipals dels municipis de Catalunya, des del seu origen fins al destí final, d'acord amb la situació actual (anys 2012 i 2013) aplicant la CO₂ZW®.

Els objectius específics de la proposta de projecte, són:

- Adaptar la CO₂ZW® amb valors per defecte de la gestió dels residus municipals a Catalunya per tal de facilitar el càlcul de petjada de carboni a escala municipal
- Quantificar la Petjada de Carboni associada a la gestió dels residus municipals per al conjunt de Catalunya (per als anys 2012 i 2013)
- Quantificar la Petjada de Carboni associada a la gestió dels residus municipals per als municipis catalans (per als anys 2012 i 2013).

2. METODOLOGIA DE CàLCUL – CO₂ZW®

La CO₂ZW® és una eina d'anàlisi ambiental que segueix un protocol de càlcul per a la identificació i quantificació de les emissions de GEH (petjada de carboni) produïdes al llarg del cicle de vida de la gestió dels residus municipals. L'eina permet als seus usuaris calcular la petjada de carboni de la gestió dels residus³, en funció de les dades disponibles i per a diferents escales de treball (municipi, regió, país, etc.).

A continuació es resumeixen les principals característiques de l'eina i posteriorment es descriuen els principals punts metodològics.

Les principals característiques de la CO₂ZW® en relació al present projecte són:

- Visió **Anàlisi de Cicle de Vida** (impactes directes i indirectes emissions presents i futures derivades dels residus generats en l'actualitat, i emissions futures del dipòsit controlat)
- **Inclusió dels crèdits** de la valorització energètica i material (d'acord amb recomanacions de la Comissió Europea (European Commission 2011) i els estàndards ISO 14040 i ISO 14069)
- Adaptació a les **dades locals**
- **Factors emissió** del tractament de residus basats en IPCC

- **Caracterització dels impactes**

Es consideren tots els GEH considerats pel Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic (IPCC) per a l'elaboració dels inventaris nacionals: CO₂, N₂O i CH₄ (IPCC 2006). A més a més, també es consideren altres gasos amb potencial efecte hivernacle quan aquests són rellevants. En el cas del CO₂ biogènic de la degradació biològica i/o combustió dels residus, es considera d'acord amb les especificacions de les directrius per als inventaris nacionals d'emissions, és a dir, es considera neutral.

Per tal de convertir tots els GEH en unitats de CO₂eq, l'eina utilitza els **factores de caracterització** recomanats en els informes de l'IPCC (s'ha acordat amb l'Agència de Residus de Catalunya (ARC) utilitzar els factors de caracterització del segon informe (Houghton et al. 1996)).

³ Les infraestructures no s'inclouen dins dels límits del sistema, ja que s'assumeix que són relativament petites en comparació amb altres etapes de la gestió dels residus (Cleary 2009).

Els impactes de petjada de carboni es desagreguen en impactes directes, indirectes i evitats.

- Els **impactes directes** fan referència a aquelles emissions que tenen lloc a les plantes de tractament de residus. En el cas de les emissions de la degradació biològica i de la combustió dels residus, s'utilitzen els valors de referència proposats per l'IPCC (IPCC 2006).

- Els **impactes indirectes** fan referència a aquelles emissions que tenen lloc fora de les plantes de tractament de residus però que estan associades a la seva operació (p.e. producció d'electricitat, fabricació de reactius, etc.) (emissions aigües amunt o *'upstream'*).

- Els **impactes evitats** fan referència a les emissions que s'eviten gràcies a la recuperació de materials i energia, la qual substitueix altres fonts energètiques o matèries primeres en diferents sectors de l'economia. Els valors per als crèdits evitats s'obtenen de diferents fonts d'informació internacionals i públiques (A Boldrin et al. 2009; Prognos Ifeu, and INFU 2008; Jungbluth 2007; Kellenberger et al. 2007; Nemecek, Kägi, and Blaser 2007; US EPA 2012; Smith et al. 2001; US EPA 2006).

- **Dades sobre generació de residus i composició**

El punt de partida per al càlcul de la petjada de carboni és la recollida de dades sobre la generació de residus i la seva composició. Aquest darrer és un paràmetre rellevant per al càlcul de la petjada de carboni, ja que determina en gran mesura les emissions de GEH de les plantes de tractament que els reben.

L'eina permet que l'usuari introdueixi les dades locals de generació de residus i la composició de la bossa tipus. Alhora, l'usuari també pot introduir els índexs de recollida selectiva, els quals permeten que l'eina ajusti automàticament la composició de la fracció 'resta', segons la lògica següent: la fracció resta contindrà aquells residus de la bossa tipus que no hagin estat recollits selectivament.

- **Recollida i transport**

L'eina permet calcular les emissions de la recollida de residus (transport intraurbà per a la recollida dels residus dels diferents contenidors o punts d'aportació de residus, dins del municipi) i per al seu transport (transport interurbà entre el municipi i la planta de tractament de residus). Així doncs, l'eina presenta factors d'emissió per defecte tant per la recollida com per al transport, tenint en compte tot el cicle de vida d'aquestes operacions. Per tant, es tenen en compte les emissions relacionades amb l'operació dels vehicles (consum de combustibles i l'extracció i refinatge dels mateixos) així com les emissions implicades en la construcció i manteniment dels vehicles i carreteres (Spielmann et al. 2007).

- **Tractament de residus**

Els mètodes de tractament de residus inclosos en la CO₂ZW® representen les principals tecnologies disponibles avui en dia per la gestió dels residus municipals a Europa. S'inclouen:

- *Plantes de triatge i afí* per a les fraccions següents: paper i cartró, envasos plàstics, envasos metàl·lics i vidre⁴.
- *Tractament biològic* de la Fracció Orgànica dels Residus Municipals (FORM) i la Fracció Vegetal (FV). L'eina contempla els processos de compostatge (en piles i en túnel) i de digestió anaeròbica.
- *Tractament Mecànic-Biològic (TMB)* de la fracció resta (planta que combina processos mecànics i biològics per a l'estabilització de la resta i l'aprofitament de materials/energia).
- *Incineració*: es considera una Planta de Valorització Energètica (PVE) que incinera els residus i produeix calor i electricitat.
- *Dipòsit controlat (DC)*. Es considera que l'índex de captació de biogàs dels dipòsits controlats és variable i, per tant, l'usuari pot modificar el valor de referència establert per a cada país. Alhora, l'eina permet calcular les emissions dels dipòsits controlats d'acord amb dues possibilitats: (a) emissions segons la metodologia utilitzada per als inventaris nacionals (IPCC 2006), la qual considera les emissions dels dipòsits controlats en l'any en curs –que depenen dels residus depositats durant els 50 anys anteriors-, i (b) emissions futures dels residus depositats en l'any en curs, les quals no depenen de la gestió dels residus en el passat i, per tant, tenen més interès en la planificació i definició de polítiques de gestió dels residus. En el cas dels càlculs del present treball, s'ha acordat utilitzar el segon enfocament (emissions futures).

⁴ No es consideren la valorització d'altres fraccions de residus recollides selectivament, tals com el tèxtil, els voluminosos o els especials.

3. FASES DEL PROJECTE

Aquest apartat presenta la metodologia seguida per a l'execució del projecte, la qual es divideix en tres fases.

3.1. Adaptació de la CO₂ZW® a Catalunya

La calculadora CO₂ZW® conté informació per defecte d'Espanya, Eslovènia, Grècia i Itàlia (participants en el projecte europeu) per als següents paràmetres⁵:

- Residu generat per habitant (tones/any)
- Composició de la bossa tipus
- Vies de tractament de la resta i del rebuig de TMB
- Vies de tractament de la FORM
- Ràtio de recollida selectiva de les diferents fraccions
- Percentatge d'impropis a la FORM
- Captació de biogàs als dipòsits controlats
- Eficiència de les instal·lacions de tractament de residus (instal·lacions de triatge i reciclatge, plantes de compostatge, ecoparcs, valorització energètica)
- Factor d'emissió de GEH de l'electricitat

En aquesta fase del treball s'integra la informació de referència de Catalunya per als anys 2012 i 2013 a la calculadora, de manera que es pugui disposar de l'eina adaptada al context actual de gestió dels residus municipals a Catalunya. Amb aquestes dades introduïdes a la calculadora, hom pot calcular la petjada de carboni total de Catalunya. Alhora, un municipi que no disposés de dades locals pot estimar la seva petjada de carboni coneixent només la seva població gràcies a les dades per defecte introduïdes de Catalunya.

⁵ El projecte europeu s'ha desenvolupat entre els anys 2011 i 2012, de manera que les dades per defecte recollides dels diferents països fan referència a dades estadístiques referents a la situació entre els anys 2008 i 2011.

Dades per defecte de Catalunya (2012 i 2013)

A continuació es mostren les dades per defecte considerades per a Catalunya per a l'any 2012 i 2013, i es mostren amb finalitats comparatives la resta de dades per defecte introduïdes a la CO₂ZW®.

La font d'informació per les dades de Catalunya és l'ARC (*documents de treball no publicats*). Les fonts d'informació de les dades per la resta de països queden recollides en el manual d'usuari de la CO₂ZW® (Farreny et al. 2012).

- **Generació de residus per habitant**

La generació de residus per habitant a Catalunya es mostra a la Taula 1, tenint en compte que la població de Catalunya el 2013 ascendeix a 7.553.650 habitants (7.570.908 habitants el 2012) i la generació total de residus municipals és de 3.588.823 tones (3.731.437 tones el 2012).

Taula 1. Generació de residus per habitant a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO₂ZW® i mitjana europea

País	Generació de residus (Kg/persona·dia)
Catalunya (2013)	1,30
Catalunya (2012)	1,35
Espanya	1,69
Grècia	1,43
Itàlia	1,55
Eslovènia	1,11
Mitjana europea	1,42

- **Composició de la bossa tipus**

La bossa tipus fa referència al conjunt de residus municipals generats, caracteritzada prèviament a qualsevol tipus de recollida selectiva. La Taula 2 mostra la composició de la bossa tipus, la qual es considera constant en ambdós anys.

Taula 2. Composició de la bossa tipus a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO₂ZW® i mitjana europea

Fracció	Catalunya (2012 i 2013) ¹	Espanya	Grècia	Itàlia	Eslovènia	Mitjana europea
Matèria orgànica	36,0%	44,0%	43%	32,8%	37,0%	31,0%
Paper & cartró	18,0%	21,2%	23%	23,9%	20,5%	18,0%
Plàstic	10,2%	10,6%	13%	11,8%	10,0%	12,0%
Vidre	7,0%	6,9%	3,8%	6,4%	7,0%	5,0%
Metalls	6,4%	4,1%	4,3%	2,3%	5,6%	3,0%
Fusta	2,5%	1,0%	1,3%	1,6%	4,2%	3,3%
Tèxtils	4,0%	4,8%	2,3%	3,0%	6,8%	4,0%
Cautxú i cuir	3,9%	6,2%	0,1%	0,0%	0,5%	3,3%
Altres	12,0%	6,2%	5,7%	18,0%	8,4%	20,3%
Total	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100%

¹ PROGEMIC 2007-2012. Estudi Composició Bossa Tipus (Generalitat de Catalunya)

- **Recollida selectiva**

El model de recollida selectiva predominant a Catalunya considera les fraccions de vidre, paper i cartró, envasos lleugers (inclou materials plàstics, metàl·lics i brics) i matèria orgànica. A més a més, es recullen selectivament altres fraccions a través de les deixalleries i altres sistemes de recollida (p.e. recollida de voluminosos al carrer).⁶

Donat que la CO₂ZW® classifica els índexs de recollida selectiva per materials, ja que a cada material li correspon un crèdit determinat d'emissions de GEH evitades, les dades de recollida selectiva de Catalunya es transformen en dades de recollida selectiva per materials. Per aquest motiu, el contenidor d'envasos lleugers es desagrega en tres materials: un 73% correspon a envasos plàstics, un 18% a envasos metàl·lics i un 9% brics (d'acord amb les estimacions de l'ARC). Per la seva banda, els brics es descomponen en un 74% de paper i cartró, un 21% de plàstic i un 5% de metall (Tetrapak).

La Taula 3 mostra la quantitat de residus recollits selectivament els anys 2012 i 2013 (per materials), mentre que la Taula 4 mostra els índex de recollida selectiva de Catalunya (en proporció a la quantitat total de materials generats de cada fracció, segons la composició de la bossa tipus), comparats amb la resta de països.

Taula 3. Recollida selectiva a Catalunya (t) (anys 2012 i 2013)

País	Total (t)	Vidre (t)	Plàstic (t)	Metall (t)	Paper i cartró (t)	Matèria orgànica (t)	Altres (t)
Catalunya 2013	1.362.513	158.241	95.540 ¹	28.875 ²	270.924 ³	481.894 ⁴	387.841
Catalunya 2012	1.457.764	169.117	101.319 ¹	31.185 ²	327.031 ³	488.428 ⁴	340.685

¹Inclou els envasos plàstics del contenidor groc i la part de plàstics dels brics

²Inclou els envasos metàl·lics del contenidor groc, la ferralla de les deixalleries i la part metàl·lica dels brics

³Inclou la recollida selectiva de paper i cartró i la part de paper i cartró dels brics.

⁴Inclou la FORM, la fracció vegetal (residus verds) i l'autocompostatge.

⁶ En el cas de 5 municipis catalans (Castellbisbal, Corbera, Molins de Rei, El Papiol i Torrelles de Llobregat) el model de recollida selectiva implantat és l'anomenat 'Residu Mínim'. Aquest recull separatament la FORM, vidre, paper i cartró i finalment la fracció FIRM (Fracció Inorgànica dels Residus Municipals), que inclou el que en altres municipis correspondria a envasos lleugers i fracció resta. En el cas d'aquesta fracció, es destina a una instal·lació que en recupera una sèrie de materials (principalment envasos plàstics i metàl·lics) els quals es computen com a recollida selectiva per aquests municipis, i finalment queda una fracció assimilable a la 'resta' (la qual, a efectes de càlcul de la petjada de carboni, es comptabilitza de la mateixa manera que la resta recuperada en altres municipis).

Taula 4. Recollida selectiva (% en base al total de cada fracció) a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO₂ZW® i mitjana europea

País	Total (%)	Vidre (%)	Plàstic (%)	Metall (%)	Paper i cartró (%)	Matèria orgànica (%)	Altres (%)
Catalunya 2013	38,0	63,0	26,2	12,5	41,9	37,3	40,7
Catalunya 2012	39,1	64,7	26,7	13,0	48,7	36,4	40,7
Espanya	13,4	43,2	11,4	18,9	22,5	7,1	4,3
Grècia	17,0	51,0	20,0	45,0	42,0	4,2	0,0
Itàlia	33,1	81,8	16,0	45,5	38,1	35,1	19,1
Eslovènia	13,4	8,0	5,0	0,0	20,0	37,0	0,0
Mitjana europea	35,1	42,5	28,3	50,5	49,0	41,5	0,0

- **Impropis en la FORM**

La Taula 5 mostra el contingut d'impropis en la FORM recollida selectivament.

Taula 5. Impropis a la FORM a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO₂ZW® i mitjana europea

País	Impropis a la FORM (%)
Catalunya 2013	14
Catalunya 2012	15
Espanya	20
Grècia	15
Itàlia	10
Eslovènia	10
Mitjana europea	7

- **Vies de tractament de la fracció resta**

La fracció de residus 'resta', que inclou tot allò que no és recollit selectivament, es pot destinar a tres opcions: ecoparc (TMB), dipòsit controlat i PVE. (veure Taula 6).

Taula 6. Vies de tractament de la fracció resta a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO₂ZW® i mitjana europea

País	TMB (%)	Dipòsit Controlat (%)	Valorització energètica (%)
Catalunya 2013	52,4 ¹	36,7	10,8
Catalunya 2012	50,3 ²	38,2	11,5
Espanya	45,8	45,2	9,1
Grècia	17,0	83,0	0,0
Itàlia	30,7	56,0	13,3
Eslovènia	0,0	98,3	1,7
Mitjana europea	8,2	55,5	36,3

¹Una part es gestiona per via de digestió anaeròbia (19,1%) i l'altra per compostatge (33,3%)

²Una part es gestiona per via de digestió anaeròbia (19,9%) i l'altra per compostatge (29,8%). El 0,6% restant correspon a la Resta inclosa en la fracció FIRM, gestionada a la planta de FIRM.

- **Vies de tractament de la FORM**

La FORM es pot destinar a cinc opcions: planta de compostatge en piles, planta de compostatge amb túnel, ecoparc (via compostatge), ecoparc (via biometanització) i planta de biometanització. El destí de la FORM es mostra a la Taula 7.

Taula 7. Vies de tractament de la FORM a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb Espanya

País	Planta compostatge piles (%)	Planta compostatge túnel (%)	Compostatge ecoparc (%)	Biometanització ecoparc (%)	Planta biometanització (%)
Catalunya 2013	40,1	12,9	0,7	30,8	15,5
Catalunya 2012	39,5	12,9	0,7	31,7	15,2
Espanya	19,5	42,1	22,2	13,3	2,9

- **Eficiència de les plantes de tractament de residus i reciclatge**

La CO₂ZW® diferencia dues plantes de tractament mecànic-biològic: TMB1 i TMB2. En general, les plantes de TMB1 fan referència a plantes de tractament de resta, amb processos relativament simples de triatge dels materials recuperables i estabilització aeròbica de la matèria orgànica residual, mentre que les plantes TMB2 fan referència a plantes tecnològicament més avançades, amb processos d'estabilització de la matèria orgànica per via aeròbia i/o anaeròbia, que poden tenir dues línies de tractament de residus: una per a la resta i l'altra per a la FORM.

En el cas de Catalunya, els ecoparcs i plantes TMB s'assimilen a l'opció TMB2 de l'eina CO₂ZW® (Taula 8). El rebuig generat en aquestes instal·lacions pot seguir tres vies: dipòsit controlat, incineració i preparació de combustibles derivats de residus (CDR), d'acord amb la Taula 9.

Taula 8. Característiques dels ecoparcs –tractament de resta- (TMB2) a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb les plantes TMB2 a Espanya

País	Material recuperat ¹ (%)	Desviació matèria orgànica ² (%)	Recuperació matèria orgànica ³ (%)	Rebuig ⁴ (%)
Catalunya 2013	9,7	85,0	8,5	63,6
Catalunya 2012	7,6	84,6	0,0	69,4
Espanya	4,5	85,0	7,4	57,0

¹Quantitat de materials valoritzats (sense incloure la matèria orgànica) en relació a les entrades totals

²Percentatge de matèria orgànica de l'entrada que és desviada del rebuig. Es calcula com: (matèria orgànica entrada – matèria orgànica rebuig) / (matèria orgànica entrada). S'assumeix que el residu d'entrada i el rebuig de sortida tenen un 36% i un 8% de matèria orgànica, respectivament.

³Quantitat de bioestabilitzat en relació a les entrades totals.

⁴El rebuig inclou les sortides de residu a Dipòsit Controlat, PVE i a Combustible Derivat de Residus (CDR), en relació a les entrades totals.

Taula 9. Destí del rebuig de TMB2 a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb Espanya

País	Dipòsit Controlat (%)	Valorització energètica - incineració (%)	Combustible Derivat de Residus (%)
Catalunya 2013	53,9	44,3	1,9
Catalunya 2012	56,4	39,5	4,0
Espanya	96,0	4,0	0,0

Finalment, l'eficiència de les plantes de reciclatge de les fraccions recollides selectivament de paper i cartró, envasos lleugers i vidre es mostren a la Taula 10.

Taula 10. Eficiència de les plantes de reciclatge a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO₂ZW® i mitjana europea

País	Vidre (%)	Plàstic (%)	Metall (%)	Paper i cartró (%)
Catalunya (2012 i 2013)	98	65	98	95
Espanya	96	54,7	54,7	92
Grècia	99	80	99	95
Itàlia	97,5	67,3	76,9	93,5
Eslovènia	97,5	67,3	76,9	93,5
Mitjana europea	97,5	67,3	76,9	93,5

- **Factors clau: mix elèctric i biogàs capturat en dipòsits controlats**

Alguns factors o variables tenen una incidència substancial en les emissions de GEH del tractament dels residus. Entre aquests, destaquen el potencial d'escalfament global del mix elèctric (el qual depèn de les fonts energètiques utilitzades per a la producció d'electricitat) i el percentatge de biogàs recuperat en els dipòsits controlats. Aquest darrer factor és cabdal, ja que els dipòsits controlats són el principal generador d'emissions de GEH degut a la descomposició de la matèria orgànica en condicions anaeròbies. No obstant, hi ha molta incertesa en relació al percentatge de biogàs que es capta, degut a les dificultats en quantificar les emissions generades. La Taula 11 mostra els valors considerats per ambdós factors clau.

Taula 11. Factors clau: mix elèctric i captació de biogàs a Catalunya (anys 2012 i 2013) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO₂ZW® i mitjana europea

País	Potencial Escalfament Global Mix elèctric (Kg CO ₂ /KWh)	Captació biogàs dipòsits controlats(%)
Catalunya 2013	0,248 ¹	30,0 ²
Catalunya 2012	0,300 ¹	30,0 ²
Espanya	0,240	17,2
Grècia	1,03	60,0
Itàlia	0,65	48,1
Eslovènia	0,50	36,8
Mitjana europea	0,50	38,7

¹ Oficina Catalana del Canvi Climàtic (OCCC, 2013b; OCCC, 2014)

² Estimació consensuada entre l'ARC i l'OCCC.

El resultat d'aquesta fase és l'eina CO₂ZW® amb dades per defecte de Catalunya per a les variables presentades anteriorment i traduïda al català (la versió original és en anglès), la qual queda a disposició, a través de l'ARC, de qualsevol municipi que desitgi calcular la petjada de carboni de la gestió i tractament dels residus generats amb dades de Catalunya per defecte.

3.2. Càlcul de la petjada de carboni dels residus municipals del conjunt de Catalunya (2012 i 2013)

En aquesta fase es calcula i s'interpreta la petjada de carboni dels residus municipals generats a tot Catalunya per als anys 2012 i 2013, a partir de la CO₂ZW® amb les dades per defecte de Catalunya.

Per al càlcul de la petjada de carboni del tractament, s'utilitzen les dades per defecte introduïdes a la calculadora. Pel que fa a la petjada de carboni del transport de residus, s'utilitzen les dades agregades de les estimacions de transport per als diferents municipis.

Amb ànim d'interpretar els resultats, posteriorment es compara l'escenari 2013 amb altres escenaris alternatius de gestió dels residus municipals a Catalunya i/o amb altres metodologies de càlcul i comptabilitat de la petjada de carboni:

- **Escenari A / Destí de la resta**
 - **/A1/** 100% a dipòsit controlat
 - **/A2/** 0% a dipòsit controlat (s'assumeix que la resta que el 2013 va a dipòsit controlat es passa a gestionar a través de TMB2 i PVE, de manera proporcional a les quantitats tractades l'any base)
- **Escenari B / Recollida selectiva**
 - **/B1/** Sense recollida selectiva
 - **/B2/** Compliment dels objectius següents: 55% de valorització de la matèria orgànica, 75% per al vidre, 75% per al paper i cartró i 25% per a envasos lleugers
- **Escenari C / Captació de biogàs en dipòsits controlats**
 - **/C1/** Sense captació (0%)
 - **/C2/** Captació del 50%
 - **/C3/** Captació del 100%
- **Escenari D / Comptabilitat segons els Inventaris Nacionals d'Emissions (IPCC, 2006)**
 - **/D1/** No comptabilització de crèdits
 - **/D2/** Emissions actuals –en l'any en curs- dels dipòsits controlats
 - **/D3/** Plantes de valorització energètica no incloses al capítol de residus
 - **/D4/** Escenaris D1+D2+D3

El resultat d'aquesta fase és l'obtenció de tres indicadors per a Catalunya per als anys 2012 i 2013:

- *Petjada de carboni total de Catalunya (t CO₂eq)*
- *Petjada de carboni per habitant a Catalunya (Kg CO₂eq/habitant)*
- *Petjada de carboni per tona de residu a Catalunya (Kg CO₂eq/ t residu)*

3.3. Càlcul de la petjada de carboni dels residus municipals de Catalunya, per municipis (2012 i 2013)

En aquesta fase es calcula i s'interpreta la petjada de carboni dels municipis de Catalunya per als anys 2012 i 2013, amb dades municipals de les següents variables:

- Generació total de residus (t)
- Població (habitants empadronats)
- Vies de tractament de la resta
- Vies de tractament de la FORM
- Recollida selectiva de les diferents fraccions
- Contingut d'impropis a la FORM
- Dades del transport de residus del municipi a les plantes de tractament

Per tant, per a les següents variables s'utilitzaran els factors per defecte de Catalunya:

- Composició de la bossa tipus
- Vies de tractament del rebuig de TMB
- Captació de biogàs als dipòsits controlats
- Factor d'emissió de GEH de l'electricitat
- Eficiència de les instal·lacions de tractament de residus (instal·lacions de triatge i reciclatge, plantes de compostatge, ecoparcs, PVE)

- **Recollida i transport de residus**

La recollida i transport de residus és una etapa que sovint s'obvia en l'avaluació ambiental de la gestió dels residus, ja que diferents estudis mostren que la influència de la recollida i transport dels residus contribueix relativament poc al consum energètic i les emissions (European Commission 2011). Per altra banda, l'obtenció de dades de qualitat sobre les etapes de recollida i transport de residus municipals és difícil, ja que l'ARC no disposa d'un sistema de recollida de dades estandarditzat per les etapes de recollida i transport dels residus.

Per aquests motius, en aquest treball s'han fet les consideracions següents:

- *Recollida de residus.* Degut a la manca de dades i la dificultat de desenvolupar estimacions per manca d'informació, no s'ha inclòs aquesta etapa en l'estudi.
- *Transport de residus.* S'han fet diferents estimacions del transport de les fraccions resta i FORM, en base a la situació analitzada per Font, Puig i Gabarrell (2012) sobre el transport de residus a Catalunya l'any 2009. Per altra banda, per al transport de les recollides selectives de paper i cartró, envasos lleugers i vidre, s'han fet estimacions en base a la ubicació de les plantes de tractament d'aquestes fraccions en el territori, d'acord amb la informació facilitada per l'ARC. A continuació es descriuen les hipòtesis considerades.

Transport de resta i FORM

El treball de Font et al. (2012) analitza amb detall el transport de les fraccions resta i FORM de tots els municipis catalans, tenint en compte el destí dels residus de cada municipi per a l'any 2009. Aquesta elaborada informació permet tenir dades molt ajustades de les distàncies mitjanes per cada municipi i fracció, de manera que s'utilitzen aquestes dades com a referència. Si bé és cert que en els anys 2012 i 2013 alguns municipis han canviat la destinació de part dels seus residus, s'ha analitzat quin percentatge de canvi pot haver-hi entre la situació analitzada per Font et al. (2012) i la situació de l'any 2012. Aquest anàlisi ha consistit en comparar, municipi per municipi, a quina/es planta/es de tractament es destinen els residus. Així doncs, s'ha calculat que per a les fracció resta i FORM no hi ha canvis en el 86% i 78% dels casos, respectivament. Aquest resultat fa que es consideri oportú utilitzar les dades del treball de Font et al. (2012), tot i els possibles canvis que hi hagin hagut, ja que l'alt nivell de detall en els càlculs realitzats és difícilment millorable i són relativament pocs els casos en que hi hagin canvis de destí. En el cas dels municipis que han implementat la recollida de FORM posteriorment al treball de Font et al. (2012), se'ls ha imputat una distància de transport equivalent a la distància mitjana dels municipis catalans d'acord amb Font et al. (2012).

Transport de les recollides selectives de paper i cartró, envasos lleugers i vidre

Per a les estimacions d'aquest transport, s'ha establert una distància mitjana per a cada comarca catalana (Taula 12). Per tal de determinar aquesta distància, s'ha agafat com a referència la ubicació geogràfica de les 13 plantes de triatge de vidre, 53 plantes de recuperació de paper i cartró i 33 plantes de triatge d'envasos lleugers que tracten aquestes fraccions de recollida selectiva a Catalunya (d'acord amb dades de l'any 2012). Alhora, s'ha tingut en compte quina és la importància relativa de cadascuna d'aquestes plantes, és a dir, quina és la quantitat de municipis que hi envien els seus residus. Amb aquesta informació, s'ha desenvolupat un model de transport que considera radis d'acció concèntrics al voltant de les plantes de tractament (començant per aquelles plantes amb major importància), per tal d'estimar la distància de transport mitjana de cada comarca. S'assumeix que, en general, els municipis transporten els residus a alguna de les instal·lacions que es troben més a prop seu.

Observació: l'etapa de transport de residus té una contribució petita (inferior al 0,7% en els anys 2011 i 2012) en comparació amb l'etapa de tractament dels residus, de manera que les consideracions descrites aquí per a l'etapa de transport es consideren suficients. No obstant, s'espera que en el futur l'ARC disposi de dades sobre la recollida i el transport facilitades pels municipis, per tal de ser incorporades en els càlculs de la petjada de carboni de la gestió dels residus.

Taula 12. Distància mitjana de transport de vidre, envasos lleugers i paper i cartró estimades en base a la localització de les plantes de recuperació de materials

Comarca	Vidre (Km)	Envasos lleugers (Km)	Paper i cartró (Km)
Alt Camp	20	30	15
Alt Empordà	140	40	60
Alt Penedès	30	20	20
Alt Urgell	110	140	120
Alta Ribagorça	140	130	120
Anoia	40	70	40
Bages	40	50	30
Baix Camp	50	40	30
Baix Ebre	100	90	100
Baix Empordà	120	20	40
Baix Llobregat	10	10	10
Baix Penedès	40	30	30
Barcelonès	20	20	10
Berguedà	90	20	40
Cerdanya	120	30	60
Conca de Barberà	10	50	30
Garraf	30	30	30
Garrigues	40	30	30
Garrotxa	100	40	50
Gironès	100	10	30
Maresme	60	30	30
Montsià	120	120	120
Noguera	70	60	30
Osona	70	20	20
Pallars Jussà	100	100	80
Pallars Sobirà	140	160	140
Pla de l'Estany	110	20	30
Pla d'Urgell	40	40	30
Priorat	50	50	50
Ribera d'Ebre	70	60	60
Ripollès	110	40	50
Segarra	40	70	50
Segrià	70	20	20
Selva	80	30	40
Solsonès	80	40	80
Tarragonès	40	10	15
Terra Alta	100	70	80
Urgell	30	60	40
Val d'Aran	170	170	160
Vallès Occidental	10	10	10
Vallès Oriental	40	10	10

- **Interpretació dels resultats de petjada de de carboni dels municipis**

Per la interpretació dels resultats, es comparen els indicadors de petjada de carboni per habitant dels diferents municipis per comarques i es comparen amb les dades mitjanes comarcals i catalanes. Alhora, el càlcul de la petjada de carboni a escala municipal permet estudiar la correlació entre paràmetres, tals com l'índex de recollida selectiva i la petjada de carboni, i elaborar models de regressió.

El resultats d'aquesta fase són:

- *Representació gràfica de la petjada de carboni per habitant dels diferents municipis, per comarques.*
- *Per a cada un dels municipis (en format digital):*
 - *fitxa de resultats detallats (obtinguda amb l'eina de càlcul i les dades facilitades per l'ARC)*
 - *eina de Càlcul CO₂ZW® editable (permet que els municipis puguin canviar les variables introduïdes per al càlcul)*
- *Taula de resultats de tots els municipis de Catalunya (inclou les variables municipals i els resultats dels tres indicadors) (en format digital)*

4. PETJADA DE CARBONI DE LA GESTIÓ DELS RESIDUS MUNICIPALS DE CATALUNYA

Aquesta secció presenta les dades de petjada de carboni global de la gestió i tractament dels residus municipals a Catalunya per als anys 2012 i 2013.

4.1. Escenari base Catalunya 2012

La petjada de carboni total de la gestió dels residus municipals de Catalunya per a l'any 2012 és de 789.393 t CO₂eq, el qual representa una emissió de 104 Kg CO₂eq/habitant i de 212 Kg CO₂eq/tona de residu generat (Figura 2). Aquests valors representen una reducció de la petjada de carboni total i de la petjada de carboni per habitant d'un 11,8% i un 12,6% en relació a l'any 2011, respectivament. Aquesta davallada s'explica en gran mesura degut a la reducció de la generació de residus per habitant, que descendeix de 1,47 a 1,35 Kg/habitant-dia. Per la seva banda, la petjada de carboni per tona de residu gestionat manté una caiguda menys forta (-4,1% entre 2011 i 2012), fruit de la combinació de dos factors amb efectes contraposats en termes d'emissions de GEH:

- Disminució de la recollida selectiva (reducció d'un 11% de la quantitat en massa de residus recollits selectivament), el qual contribueix a augmentar la petjada de carboni
- Augment de la fracció resta gestionada a través de TMB, en contraposició al tractament via deposició controlada (els TMB gestionen un 33,8% més de fracció resta, mentre que els dipòsits controlats reben un 18,5% menys de resta), el qual contribueix a reduir la petjada de carboni.

Emissions generades totals 2012

1.558.560 t CO₂eq/any

Emissions evitades total 2012

-769.167 t CO₂ eq/ any

Petjada de carboni total 2012

789.393 t CO₂ eq/ any considerant emissions evitades

Emissions generades per habitant 2012

206 Kg CO₂eq/habitant·any

Emissions evitades per habitant total 2012

-102 Kg CO₂ eq/habitant·any

Petjada de carboni per habitant 2012

104 Kg CO₂ eq/habitant·any considerant emissions evitades

Emissions generades per tona 2012

418 Kg CO₂eq/tona·any

Emissions evitades per tona 2012

-206 Kg CO₂ eq/tona·any

Petjada de carboni per tona 2012

212 Kg CO₂ eq/tona·any considerant emissions evitades

Figura 2. Indicadors de les emissions generades, evitades i de petjada de carboni de la gestió de residus municipals a Catalunya (2012)

La Taula 13 mostra el detall de la petjada de carboni del **tractament** dels residus l'any 2012, diferenciant la contribució de les diferents tipologies d'instal·lacions així com els impactes directes, indirectes i evitats. Aquesta mateixa informació es presenta també en diverses figures a continuació. S'observa com l'impacte evitat per la recollida selectiva l'any 2012 és menor que l'any 2011, el qual s'explica per la disminució d'un 11% de la quantitat de residus recollits selectivament, les 5 fraccions: FORM, Poda, vidre, envasos lleugers i paper i cartró. És

especialment notable la davallada en la recollida selectiva de paper i cartró, que disminueix un 22,16%⁷. Pel que fa a la resta i la FIRM tractades a través de TMB, s'observa una disminució de la petjada de carboni, el qual s'explica per l'increment de residus gestionats en aquest tipus de plantes (+33,8% de residus gestionats entre 2011 i 2012) i per l'increment dels índex de valorització material a TMB2 (veure Taula 8). En el cas de la resta enviada a PVE, la petjada de carboni també en disminueix. Això es pot explicar en part degut a que s'envia un 46,2% menys de resta en termes absoluts a PVE.

Taula 13. Petjada de carboni del tractament dels residus municipals de Catalunya (2012), en t de CO₂eq, i comparació amb els resultats obtinguts per l'any 2011

Flux de residus	Impacte directe	Impacte indirecte	Impacte evitat	Petjada de carboni total ¹
Recollida Selectiva	48.607	9.492	-434.214	-376.115 (+68.375)
Rest a FIRM a TMB	53.978	31.440	-191.241	-105.822 (-71.096)
Residu a PVE	242.296	13.360	-116.957	138.698 (-50.177)
Residu a Dipòsit	1.137.280	11.360	-26.755	1.121.885 (-52.224)
TOTAL¹	1.482.162 (-99.556)	65.652 (+10.432)	-769.167 (-15.998)	778.647 (-105.122)

¹Entre parèntesi es mostra la diferència entre la petjada de carboni de 2012 i 2011.

⁷ Les estadístiques de recollida selectiva de l'any 2012 mostren una davallada generalitzada de la quantitat de materials recollits selectivament. No obstant, aquesta reducció és major en el cas del paper i cartró que en el cas de la resta de fraccions selectives del model de recollida de 5 fraccions. Això s'explica en gran mesura per l'increment de la sostracció de paper i cartró directament dels contenidors. Per tal de corregir l'efecte que això pot tenir en la composició de la fracció resta dins del model de càlcul (la qual s'estima en base a la bossa tipus i els índexs de recollida selectiva), s'ha considerat a efectes de caracteritzacions de les fraccions de residus que la recollida selectiva de paper i cartró real (prèvia sostracció) només disminueix un 4,9% entre 2011 i 2012 (valor mitjà de reducció de la recollida selectiva de la matèria orgànica, vidre i envasos lleugers).

La Figura 3 mostra la contribució dels impactes directes, indirectes i evitats. Es pot observar com quasi la meitat dels impactes generats (directes i indirectes) són contrarestats pels impactes evitats, de manera que la comptabilitat d'aquests permet reduir la petjada de carboni de Catalunya de quasi 1.600.000 tones de CO₂eq a les menys de 850.000 indicades.

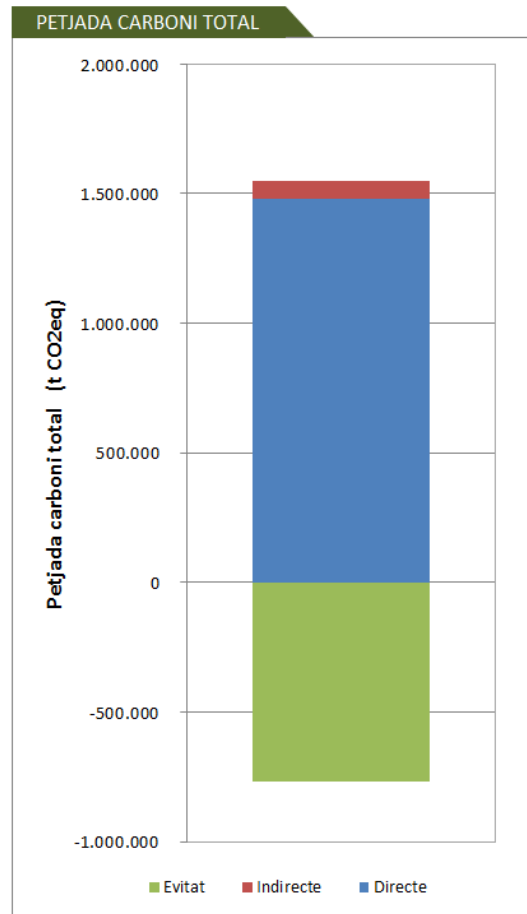


Figura 3. Petjada de carboni de Catalunya (2012): impactes directes, indirectes i evitats

La Figura 4 i la Figura 5 mostren la petjada de carboni per cada flux de residus i per cada tipus d'impacte. Es pot observar com el principal element contribuïdor a la petjada de carboni és la fracció resta enviada a dipòsit controlat, que representa tres quartes parts dels impactes directes del tractament de residus sòlids municipals. En segon lloc, les emissions de la PVE dels residus contribueixen aproximadament a una cinquena part dels impactes directes. Per altra banda, la recollida selectiva de paper i cartró, envasos lleugers i vidre contribueix a evitar una part important de la petjada de carboni.

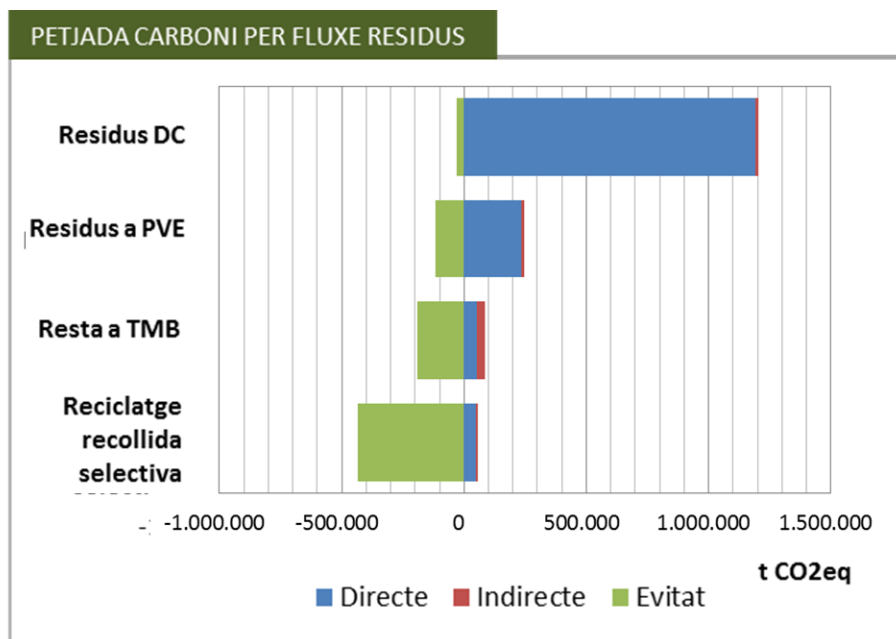


Figura 4. Petjada de carboni del tractament de residus municipals de Catalunya (2012) per flux de residus

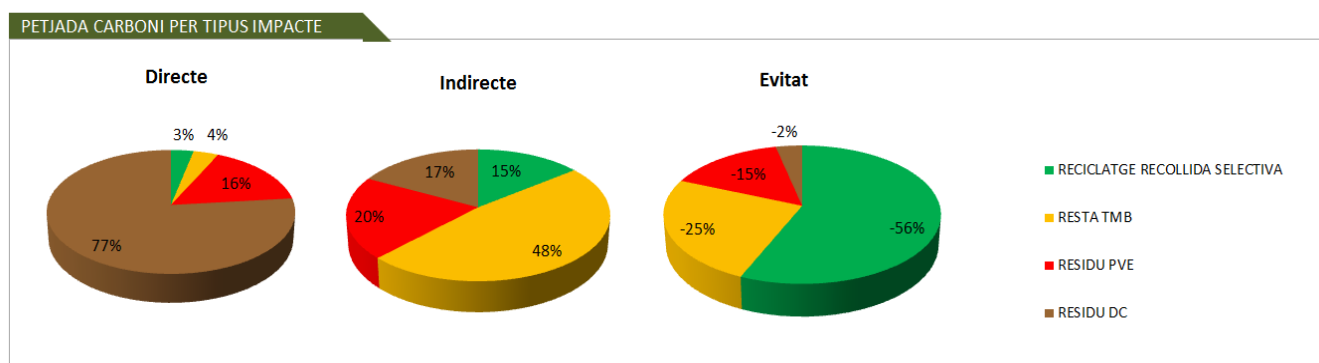


Figura 5. Petjada de carboni del tractament dels residus municipals a Catalunya (2012), per tipus d'impacte

Per altra banda, la petjada de carboni del transport interurbà de residus (del municipi a la planta de tractament) ascendeix a 10.747 tones de CO₂eq, el qual representa menys d'un 1% del total d'impactes generats pel tractament (Figura 6), de la mateixa manera que l'any 2011. Cal tenir en compte que no s'ha pogut estimar l'impacte de la recollida municipal de residus per manca de dades fiables.

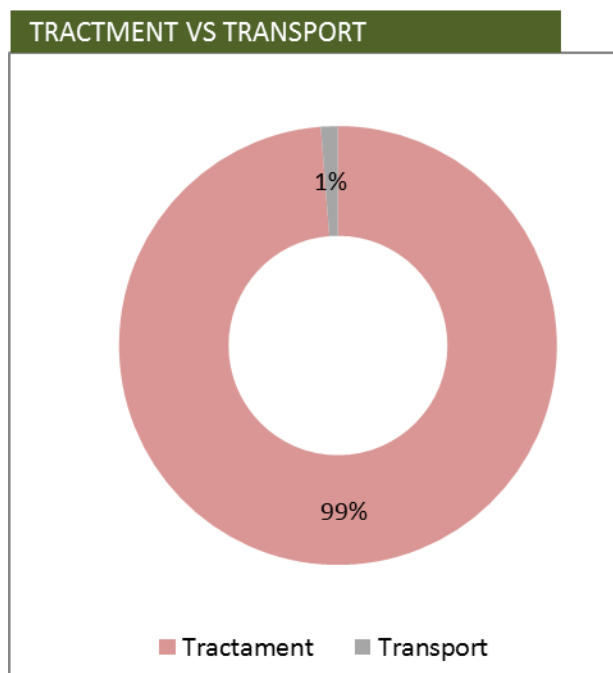


Figura 6. Contribució del transport al total d'impactes generats per la gestió dels residus municipals a Catalunya (2012)

4.2. Escenari base Catalunya 2013

La petjada de carboni total de la gestió dels residus municipals de Catalunya per a l'any 2013 és de 710.492 t CO₂eq, el qual representa una emissió de 94 Kg CO₂eq/habitant i de 197 Kg CO₂eq/tona de residu generat (Figura 7). Aquests valors representen una reducció de la petjada de carboni total i de la petjada de carboni per habitant d'un 10,0% i un 9,6% en relació a l'any 2012, respectivament. Aquesta davallada s'explica en part degut a la reducció de la generació de residus per habitant, que descendeix de 1,35 a 1,30 Kg/habitant·dia (reducció d'un 3,7%). Per la seva banda, la petjada de carboni per tona de residu gestionat disminueix en un 7,1% entre 2012 i 2013, principalment degut a que es segueix la tendència a augmentar la proporció de fracció resta tractada a ecoparc (passa del 50,3% al 51,9% entre 2012 i 2013), front a les alternatives dipòsit controlat (disminueix de 38,2% a 37,0%) i incineració (d'11,5 a 11,2%) (veure Taula 6). Alhora, l'eficiència en la recuperació de materials en els ecoparcs s'incrementa d'un 7,6 a un 9,7% (veure Taula 8). Això permet contrarestar el fet que la recollida selectiva disminueixi un 7,4% en valor absolut entre 2012 i 2013, de la mateixa manera que havia passat entre els anys 2012 i 2011 (període durant el qual va disminuir un 10,9%).

Emissions generades totals 2013

1.440.861 t CO₂eq/any

Emissions evitades total 2013

-730.369 t CO₂eq/any

Petjada de carboni total 2013

710.492 t CO₂eq/any considerant emissions evitades

Emissions generades per habitant 2013

191 kg CO₂eq/habitant·any

Emissions evitades per habitant 2013

-97 kg CO₂eq/tona·any

Petjada de carboni per tona 2013

94 kg CO₂eq/tona·any considerant emissions evitades

Emissions generades per tona 2013

401 kg CO₂eq/tona·any

Emissions evitades per tona 2013

-204 kg CO₂eq/tona·any

Petjada de carboni per tona 2013

197 kg CO₂eq/tona·any considerant emissions evitades

Figura 7. Indicadors de les emissions generades, evitades i de petjada de carboni de la gestió de residus municipals a Catalunya (2013)

La Taula 14 mostra el detall de la petjada de carboni del **tractament** dels residus l'any 2013, diferenciant la contribució de les diferents tipologies d'instal·lacions així com els impactes directes, indirectes i evitats. Aquesta mateixa informació es presenta també en diverses figures a continuació. S'observa com l'impacte evitat per la recollida selectiva l'any 2013 és menor que l'any 2012, el qual s'explica per la disminució d'un 7,4% en termes absoluts de la recollida de les fraccions FORM, Poda, Vidre, envasos lleugers i paper i cartró). És especialment notable la davallada en la recollida selectiva de paper i cartró, que disminueix un 17,5% entre 2013 i 2012⁸. Pel que fa a la resta tractada a través de TMB, s'observa una disminució de la petjada de carboni, el qual s'explica per l'increment dels índex de valorització de material a TMB2 i la disminució de la generació de rebuig (veure Taula 8). En el cas de les PVEs, la petjada de carboni també disminueix lleugerament, la qual es pot explicar en part degut a que s'envia un 7,6% menys de resta en termes absoluts a PVE. Finalment, l'impacte de la gestió dels residus en els dipòsits controlats disminueix lleugerament (-7,2%) , el qual s'explicaria per dues raons principals:

- La disminució de la quantitat de resta destinada a dipòsit controlat (-5,9% en termes absoluts).
- La disminució de rebuig generat als TMB (passa de 69,4% a 63,6% entre 2012 i 2013), combinat amb una menor proporció de rebuig gestionat a través de dipòsit controlat (veure Taula 8 i Taula 9). Això implica que arriba un 10,1% menys de rebuig, en termes absoluts, als DC catalans.

⁸ Les estadístiques de recollida selectiva de l'any 2013 mostren una davallada generalitzada de la quantitat de materials recollits selectivament, com ja havia passat l'any anterior. No obstant, aquesta reducció és major en el cas del paper i cartró (es redueix un 36% entre 2011 i 2013) que en el cas de la resta de fraccions selectives del model de recollida de 5 fraccions (reducció mitjana del 9,5%). Això s'explica en gran mesura per la sostracció de paper i cartró directament dels contenidors. Per tal de corregir l'efecte que això pot tenir en la composició de la fracció resta dins del model de càlcul (la qual s'estima en base a la bossa tipus i els índexs de recollida selectiva), s'ha considerat que la recollida selectiva de paper i cartró real (prèvia sostracció) disminueix de manera similar a la resta de fraccions selectives del model 5 contenidors (és a dir, un 9,5% entre 2011 i 2013).

Taula 14. Petjada de carboni del tractament dels residus municipals de Catalunya (2013), en t de CO₂eq, i comparació amb els resultats obtinguts per l'any 2012

Flux de residus	Impacte directe	Impacte indirecte	Impacte evitat	Petjada de carboni total ¹
Recollida Selectiva	48.667	7.547	-383.352	-327.137 (+48.978)
Resta a TMB	56.522	26.461	-228.505	-145.522 (-39.700)
Residu a PVE	219.028	10.983	-98.002	132.009 (-6.689)
Residu a Dipòsit	1.051.529	9.898	-20.450	1.040.977 (-80.908)
TOTAL¹	1.375.746 (-106.416)	54.893 (-10,759)	-730.369 (+38.798)	700.269 (-78.378)

¹Entre parèntesi es mostra la diferència entre la petjada de carboni de 2013 i 2012.

La Figura 8 mostra la contribució dels impactes directes, indirectes i evitats. De la mateixa manera que per a l'any 2012, a la figura es pot observar com quasi la meitat dels impactes generats (directes i indirectes) són contrarestats pels impactes evitats, de manera que la comptabilitat d'aquests permet reduir la petjada de carboni de Catalunya de quasi 1.500.000 tones de CO₂eq a les menys de 750.000 indicades.

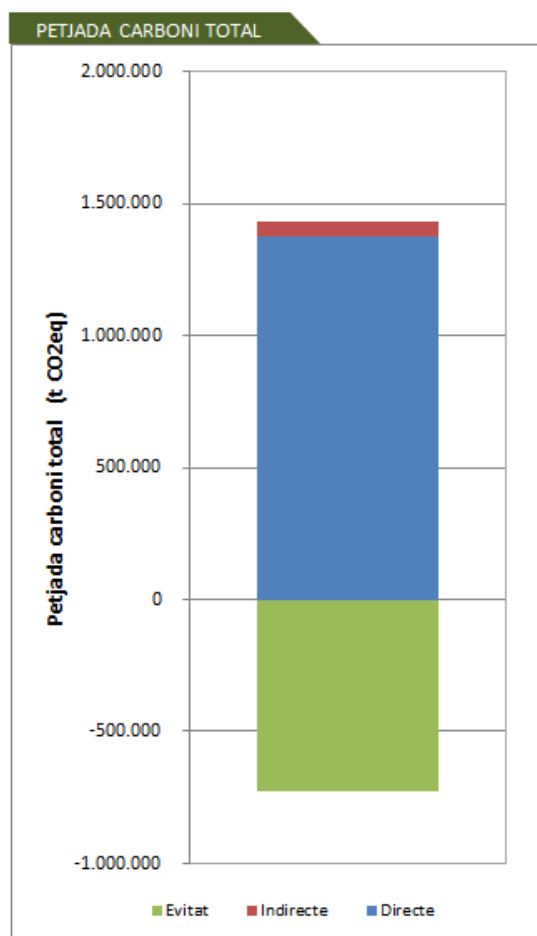


Figura 8. Petjada de carboni de Catalunya (2013): impactes directes, indirectes i evitats

La Figura 9 i la Figura 10 mostren la petjada de carboni per cada flux de residus i per cada tipus d'impacte. Es pot observar com el principal element contribuïdor a la petjada de carboni és el residu gestionat a través de dipòsit controlat, que representa tres quarts parts dels impactes directes del tractament de residus sòlids municipals. En segon lloc, les emissions de la valorització energètica dels residus contribueixen aproximadament a un 16% dels impactes directes. Per altra banda, la recollida selectiva de paper i cartró, envasos lleugers i vidre contribueix a evitar una part important de la petjada de carboni.

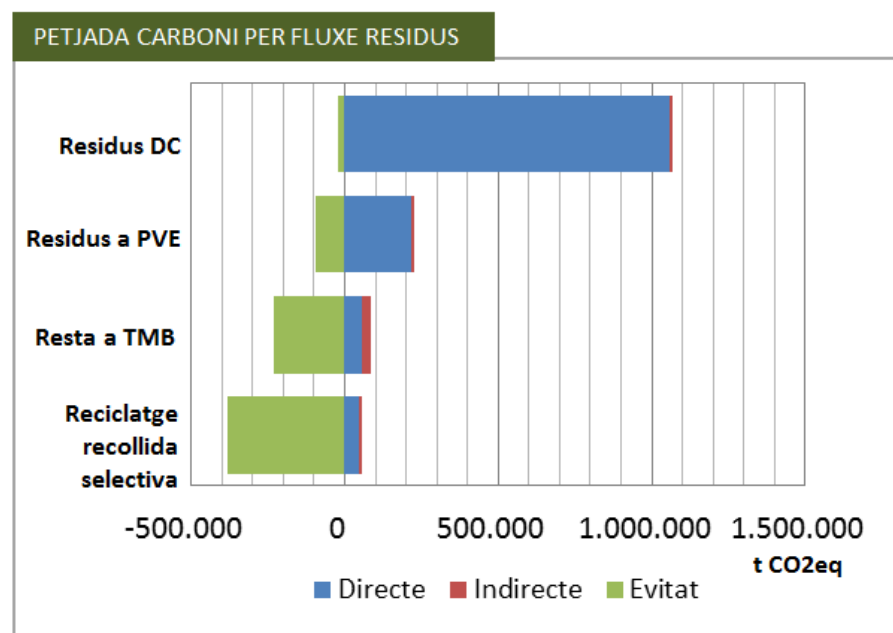


Figura 9. Petjada de carboni del tractament de residus municipals de Catalunya (2013) per flux de residus

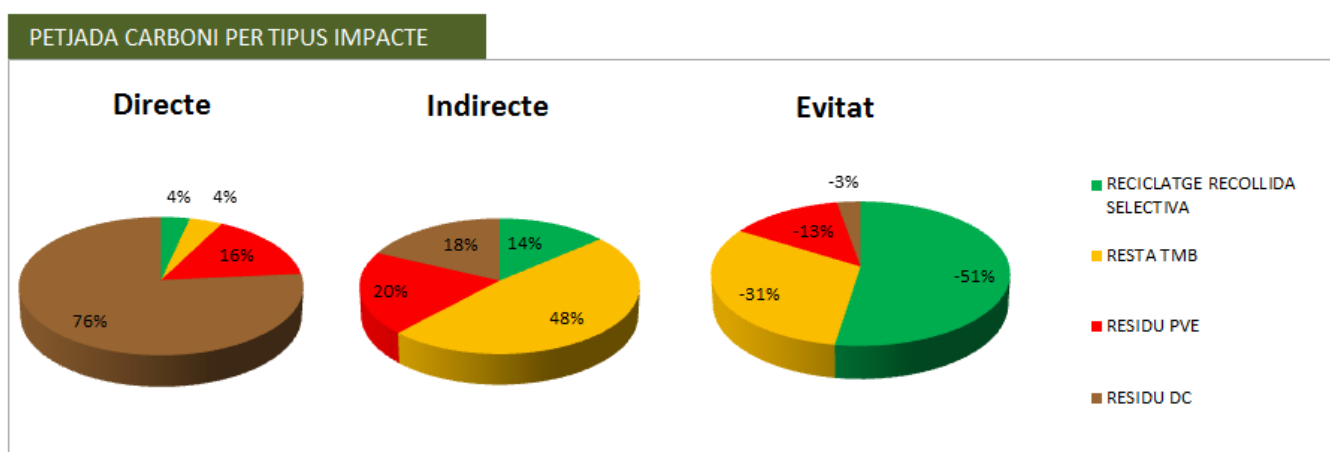


Figura 10. Petjada de carboni del tractament dels residus municipals a Catalunya (2013), per tipus d'impacte

Per altra banda, la petjada de carboni del transport interurbà de residus (del municipi a la planta de tractament) ascendeix a 10.222 tones de CO₂eq, el qual representa menys d'un 1% del total d'impactes generats pel tractament (Figura 11), de la mateixa manera que l'any 2012. Cal tenir en compte que no s'ha pogut estimar l'impacte de la recollida municipal de residus per manca de dades fiables.

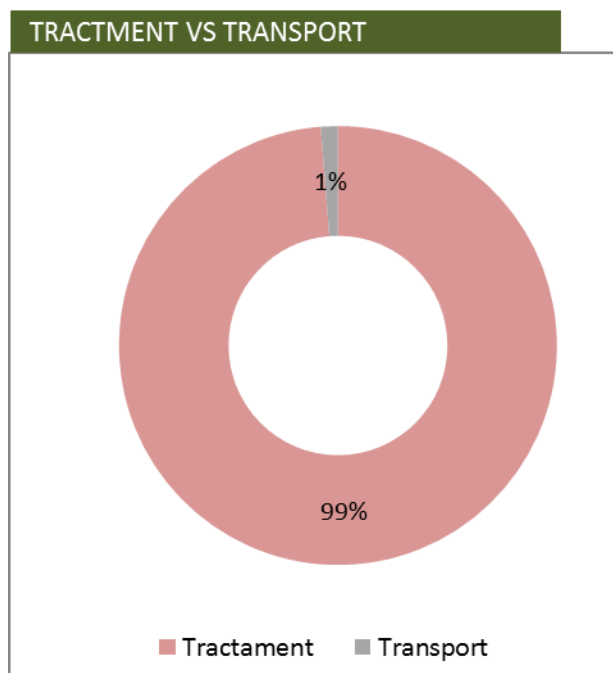


Figura 11. Contribució del transport al total d'impactes generats per la gestió dels residus municipals a Catalunya (2013)

4.3. Escenaris alternatius

La Figura 12 mostra la petjada de carboni total de la gestió dels residus municipals de Catalunya per a l'any 2013, en comparació amb la petjada de carboni que correspondria als diferents escenaris indicats a l'apartat 3.2:

- **Escenari A / Destí de la resta**
 - **/A1/** 100% a dipòsit controlat
 - **/A2/** 0% a dipòsit controlat
- **Escenari B / Recollida selectiva**
 - **/B1/** Sense recollida selectiva
 - **/B2/** Compliment dels objectius següents: 55% de valorització de la matèria orgànica, 75% per al vidre, 75% per al paper i cartró i 25% per a envasos lleugers
- **Escenari C / Captació de biogàs en dipòsits controlats**
 - **/C1/** Sense captació (0%)
 - **/C2/** Captació del 50%
 - **/C3/** Captació del 100%
- **Escenari D / Comptabilitat segons els Inventaris Nacionals d'Emissions**
 - **/D1/** No comptabilització de crèdits
 - **/D2/** Emissions actuals –en l'any en curs- dels dipòsits controlats⁹
 - **/D3/** Plantes de valorització energètica no incloses al capítol de residus
 - **/D4/** Escenari D1+D2+D3

⁹ Els inventaris nacionals d'emissions, d'acord amb les directrius de l'IPCC, indiquen que per a cada any s'han de comptabilitzar les emissions de l'any en curs procedents dels dipòsits controlats. Això implica que s'han de comptabilitzar les emissions del residu depositat l'any en curs així com dels residus que s'han anat abocant en els anys anteriors (es recomana una sèrie temporal de 50 anys) però que es degraden encara en l'any en curs. Aquest enfocament difereix de l'aplicat en el present projecte, en què s'han considerat les emissions futures (en els propers 50 anys) dels residus depositats en l'any en curs. No obstant, pel que fa a l'escenari D2, s'han considerat les emissions de l'any en curs dels residus abocats en el passat, d'acord amb les dades facilitades per l'inventari d'emissions de Catalunya per a l'any 2012 (dada més recent disponible públicament) (http://canviclimatic.gencat.cat/web/sites/canviclimatic/.content/home/politiques/politiques_catalanes/la_mitigacio_del_cambi_climatic/inventaris_demissions_a_catalunya/Cataluna_90-2012v14.xls)

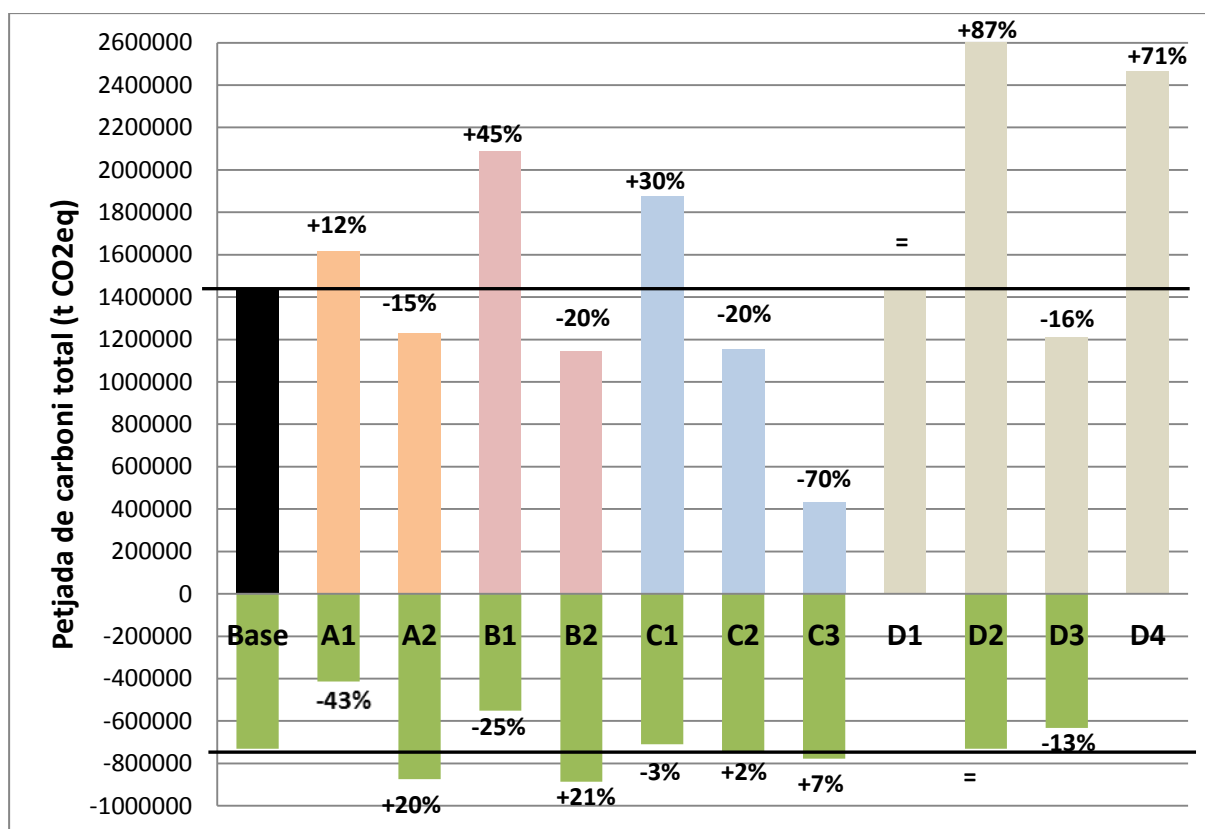


Figura 12. Emissions generades i evitades de la gestió dels residus municipals a Catalunya (2013): escenari base vs escenaris alternatius

L'**escenari A1** permet observar com el fet de destinar el 100% de la fracció resta a dipòsit controlat suposaria un increment de les emissions generades del 12% i una reducció de les evitades del 43%, mentre que en l'**escenari A2** el fet d'evitar l'entrada de fracció resta a dipòsit controlat (a costa de gestionar-ho a través d'altres alternatives: TMB i PVE), suposaria una reducció de les emissions generades del 15% i un increment de les evitades del 20%. En ambdós escenaris, les emissions generades canvien relativament poc (<15%) en relació a l'escenari base, ja que si bé en l'escenari A1 arriba més resta al dipòsit controlat, deixa d'arribar-hi una quantitat important de rebuig (procedent del tractament de la resta a TMB), la qual té emissions per tona majors que la fracció resta. En conjunt, les variacions en la generació d'impactes són relativament petites. En canvi, les emissions evitades presenten canvis més importants en els dos escenaris (-43% en l'escenari A1 i +20% en l'A2), ja que el fet de gestionar la resta a través de vies alternatives al dipòsit controlat permet incrementar la valorització material i energètica dels residus, contribuint a compensar part dels impactes generats. Per aquest motiu, el fet de deixar de gestionar la resta a través de dipòsit controlat

(escenari A2) permet en conjunt una reducció d'aproximadament un 49% de la petjada de carboni (emissions generades menys evitades).

Per altra banda, els **escenaris B1 i B2** indiquen l'efecte de diferents índex de recollida selectiva sobre les emissions generades i les emissions evitades. En l'escenari B1, en que no hi hauria recollida selectiva, s'observa com les emissions generades s'incrementarien en un 45%. En canvi, la consecució dels objectius de recollida selectiva descrits a l'escenari B2 permetria reduir les emissions generades en un 20% i incrementar les estalviades en un 21% en relació a l'escenari base.

Els **escenaris C1, C2 i C3** mostren la importància de la captació de biogàs als dipòsits controlats. Aquest paràmetre té una elevada incertesa, degut a la complexitat en l'obtenció de dades experimentals fiables i representatives. S'observa com el fet de considerar l'absència de captació de biogàs (0%) o un índex de captació del 100% faria oscil·lar les emissions generades entre +30% i -70% respecte a l'escenari base. No obstant, cal considerar que l'escenari C3 és tècnicament inviable, degut a la complexitat d'assolir taxes de captació tan elevades.

Els **escenaris D1, D2, D3 i D4** mostren els valors d'emissions generades i evitades que s'obtidrien si s'apliquessin algunes de les directrius per al càlcul de les emissions de GEH dels inventaris nacionals (IPCC 2006) a la metodologia de càlcul. L'escenari D1, sense comptabilització dels crèdits, suposaria el mateix valor d'emissions generades que a l'escenari base però la supressió de totes les emissions evitades. Pel que fa a l'escenari D2, en què es consideren les emissions actuals (de l'any en curs) dels dipòsits controlats, les emissions generades augmentarien un 87% (considerant el valor d'emissions indicat als inventaris nacionals per l'any 2012). L'escenari D3, en què els residus gestionats a través de PVE no entrarien al capítol de residus sinó que anirien al capítol d'energia, suposa una reducció d'un 16% de les emissions generades (el qual s'explica pel fet de no comptabilitzar els impactes dels residus incinerats). La combinació dels tres factors suposaria un increment de les emissions generades del 71% i la supressió de la comptabilització de les emissions evitades obtingudes de la valorització de materials i energia.

5. PETJADA DE CARBONI DE LA GESTIÓ DELS RESIDUS MUNICIPALS DELS MUNICIPIS CATALANS

Aquesta secció presenta les dades de petjada de carboni global de la gestió i tractament dels residus municipals a Catalunya, en primer lloc a escala municipal i posteriorment de manera agregada a nivell de comarca.

5.1. Resultats a nivell de municipi (2013)

Els resultats de cadascun dels municipis es mostren en detall a l'**Annex A**, agregats comarca per comarca. A més a més, en format digital (veure CD adjunt), es disposa d'una fitxa de resultats per cada municipi (veure exemple, Figura 13) així com de l'aplicatiu CO₂ZW® amb les dades de cada municipi.

RESULTATS PER	VERDÚ	D'ACORD AMB LES DADES DE L'AGÈNCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA PER L'ANY 2013		
	TOTALS (t CO2eq/any)	per habitant (Kg CO2eq/hab any)	per tona (Kg CO2eq/tona any)	
EMISSIONS GENERADES	137	137	380	
EMISSIONS EVITADES	-67	-67	-185	

Taula de resultats

FLUXOS DE RESIDUS	Quantitat de residus (t/any)	Impacte DIRECTE (A)	Impacte INDIRECTE (B)	Impacte EVITAT (C)	(A+B+C)	Emissions segrestades (informatiu)
RECICLATGE DE LA RECOLLIDA SELECTIVA		17	1	-64	-46	0
Paper i Cartró, Plàstics, Vidre i Metalls	83	0	1	-64	-63	
Matèria orgànica destinada a produir compost	89	17	0	-1	16	0
Matèria orgànica destinada a biometanització	0	0	0	0	0	
FRACCIÓ RESTA A TRACTAMENT MECÀNIC BIOLÒGIC (TMB)		0	0	0	0	0
Resta total processada a TMB	0	0	0		0	
Sortides de TMB						
Crèdits per la recuperació de materials i energia (sense CDR)				0	0	0
Combustibles Derivats de Residus (CDR)			0	0	0	
FRACCIÓ RESTA A VALORITZACIÓ ENERGÈTICA (PVE)		0	0	0	0	0
Planta de Valorització Energètica	0	0	0	0	0	
FRACCIÓ RESTA A DIPÒSIT CONTROLAT (DC)		117	1	-2	116	-53
Dipòsit controlat	177	117	1	-2	116	-53
TOTAL		135	2	-67	70	-53

Transport

1

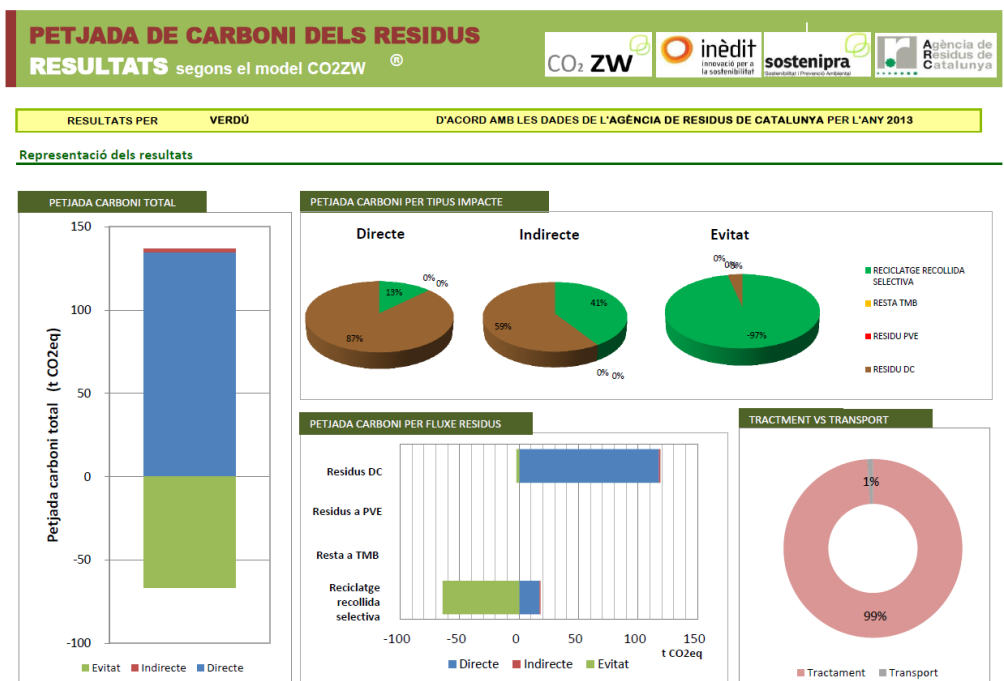


Figura 13. Exemple de fitxa de resultats de la petjada de carboni de la gestió de residus municipals per a cada municipi

Dades estadístiques descriptives

La Taula 15 mostra els descriptius estadístics de la petjada de carboni dels municipis catalans per l'any 2013, els quals es representen gràficament al diagrama de caixa de la Figura 14. Amb finalitats comparatives, la taula també presenta les dades obtingudes per a l'any 2012.

D'acord amb aquests resultats, s'observa que el 80% dels municipis tenen una petjada de carboni entre 38 i 296 Kg CO₂eq/habitant, i un 50% entre 82 i 220 Kg CO₂eq/habitant. Cal recordar que la mitjana catalana se situa en els 94 Kg CO₂eq/habitant¹⁰.

Taula 15. Estadística descriptiva de la petjada de carboni dels municipis catalans (comparativa entre els anys 2012 i 2013)

Descriptiu	Any 2012 (Kg CO ₂ eq/hab)	Any 2013 (Kg CO ₂ eq/hab)
Mitjana	170	168
Mínim	-65	-52
Percentil 10 (P10)	35	38
Percentil 25 (P25)	91	82
Percentil 50 (P50)	166	168
Percentil 75 (P75)	223	220
Percentil 90 (P90)	298	296
Màxim	870	810

¹⁰ Aquest càlcul inclou les dades de recollida selectiva no territorialitzable, és a dir, que no es pot assignar a cap municipi en concret. Sense aquestes dades, la petjada de carboni mitjana seria de 120 Kg CO₂eq/habitant.

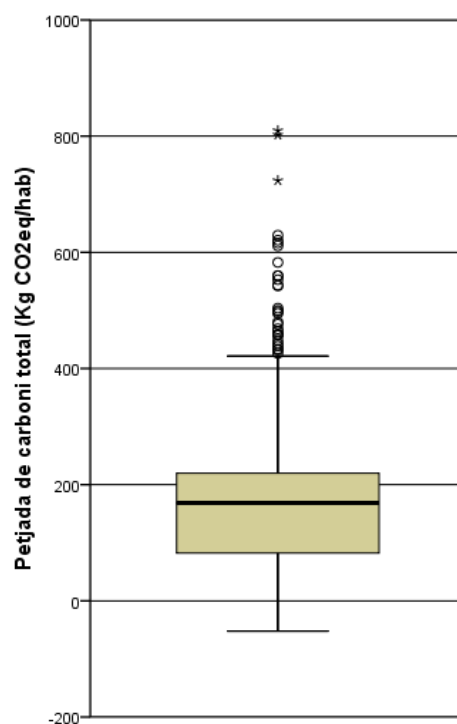


Figura 14. Diagrama de caixa de la petjada de carboni de la gestió de residus municipals dels municipis catalans (2013).

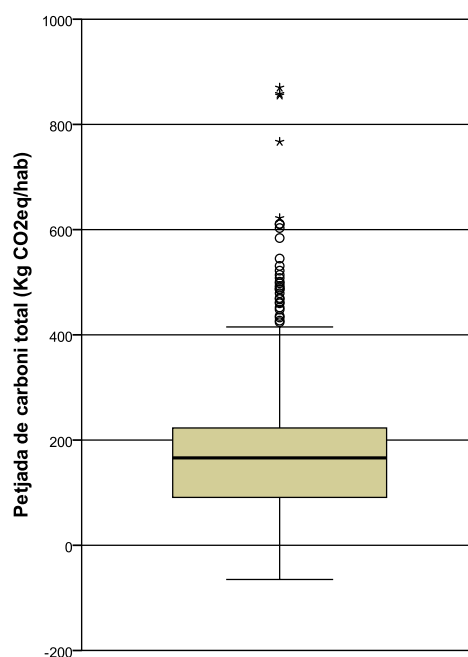


Figura 15. Diagrama de caixa de la petjada de carboni de la gestió de residus municipals dels municipis catalans (2012).

Finalment, la Figura 16 mostra l'histograma de les dades de petjada de carboni dels municipis per l'any 2013, on s'aprecien el nombre d'ocurrències de cada grup en el diagrama de barres verticals, segons una distribució normal o gaussiana.

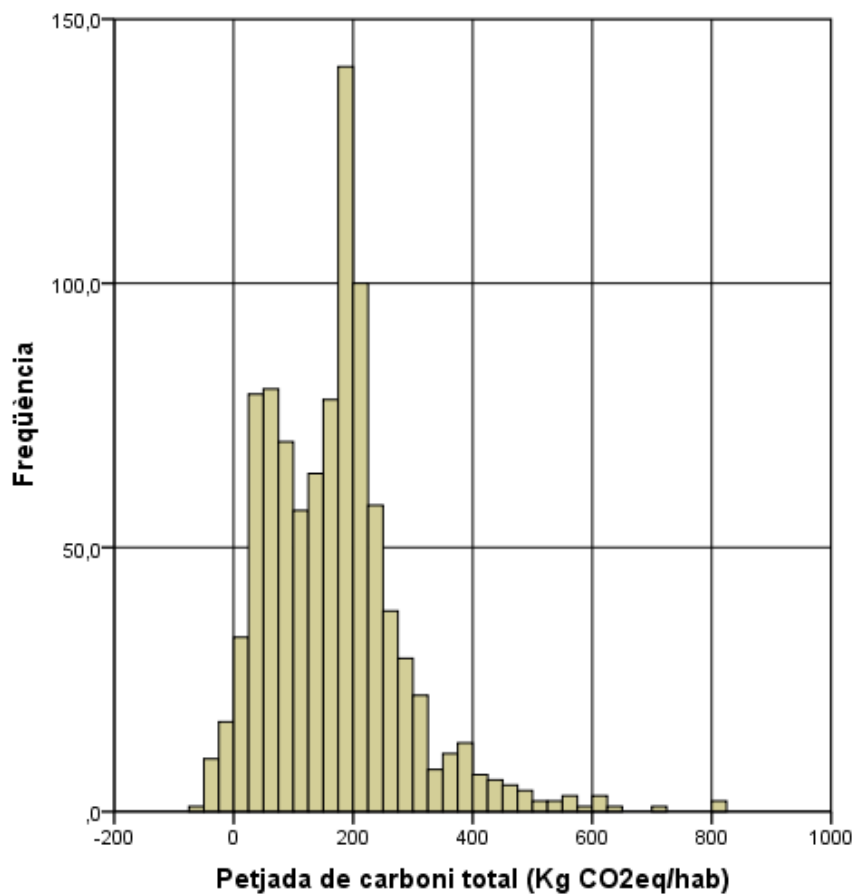


Figura 16. Histograma de la petjada de carboni de la gestió dels residus municipals dels municipis catalans (2013)

Interpretació dels resultats

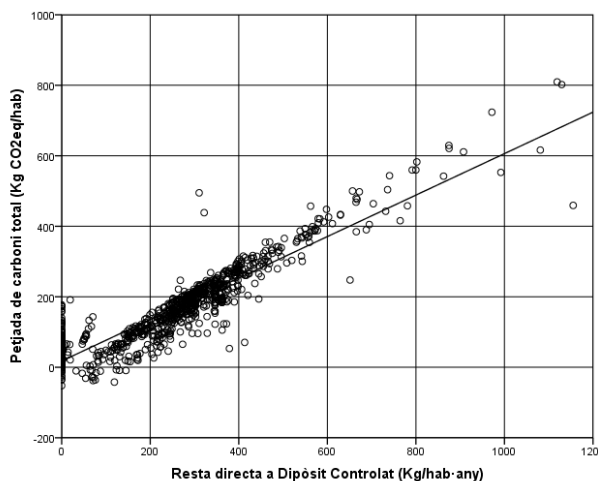
S'ha realitzat un anàlisi de correlacions de Pearson per tal de determinar quines variables estan més relacionades amb els resultats de petjada de carboni (Taula 16). Els resultats obtinguts són similars als de l'any 2012 (a la taula es mostren els resultats per als dos anys). S'observa com la variable que presenta una major correlació amb la petjada de carboni per habitant és la quantitat de **resta destinada a dipòsit controlat per habitant** ($R=0,918$, $p=0,000$). Per tant, aquells municipis que enviïn més resta a dipòsit controlat per habitant, són els que tenen una major petjada de carboni per habitant. En segon lloc, la **generació de residus per habitant** i l'índex de **recollida selectiva (%)** presenten també una correlació significativa (però menys forta) amb la petjada de carboni per habitant.

Taula 16. Coeficient de correlació de Pearson entre la petjada de carboni per habitant i altres variables (comparativa entre els anys 2012 i 2013)

Variable	Generació de residus (Kg/hab)	Rest a Dipòsit (%)	Rest a Dipòsit (Kg/hab)	Índex Recollida Selectiva (%)
Petjada de carboni 2012 (Kg CO ₂ eq/hab)	0,661**	0,409**	0,906**	-0,599**
Petjada de carboni 2013 (Kg CO ₂ eq/hab)	0,655**	0,470**	0,918**	-0,551**

** Correlació significativa (p=0,000)

La Figura 17 mostra els **models de regressió lineals** entre la petjada de carboni per habitant dels municipis i les variables amb major correlació. S'observa com la resta destinada a dipòsit controlat (DC) és la variable que presenta una millor relació amb la petjada de carboni per habitant, amb un $R^2=0,843$. Això indica que un 84,3% dels canvis en la petjada de carboni per habitant s'expliquen per les diferències en la quantitat de resta destinada a dipòsit controlat. En el cas de la generació de residus i l'índex de recollida selectiva, ambdues variables poden explicar, per si soles, aproximadament un 42,9% i un 30,3%, respectivament, de la variació en la petjada de carboni per habitant dels municipis catalans.



$$y = 0,588 \text{ RestaDC} + 17,851$$

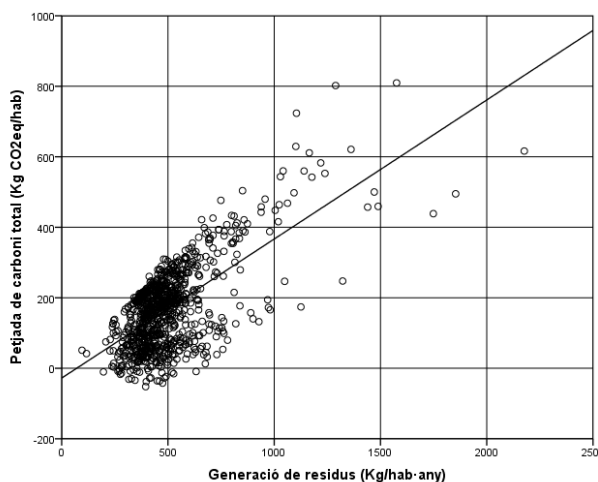
$$R^2 = 0,843$$

Error estàndard de l'estimació = 45,523

on:

y = Petjada de carboni (Kg CO₂eq/hab-any)

RestaDC = Resta a Dipòsit Controlat (Kg/hab-any)



$$y = 0,588 \text{ Generacio} - 27,718$$

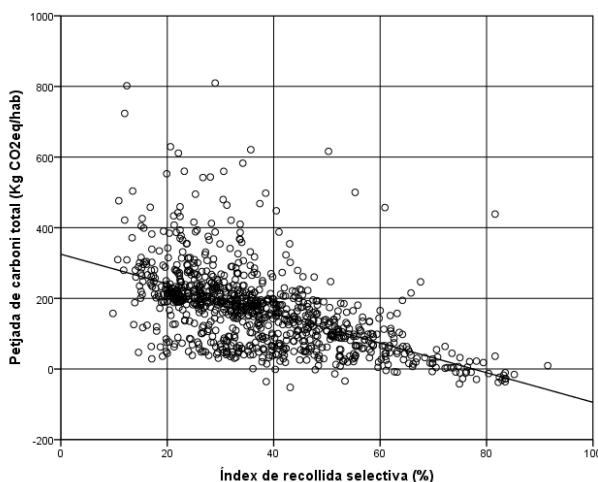
$$R^2 = 0,429$$

Error estàndard de l'estimació = 86,925

on:

y = Petjada de carboni (Kg CO₂eq/hab-any)

Generació = Generació de residus (kg/hab-any)



$$y = 325,05 - 4,19RS$$

$$R^2 = 0,303$$

Error estàndard de l'estimació = 95,998

on:

y = Petjada de carboni (Kg CO₂eq/hab-any)

RS = Índex de recollida selectiva (%)

Figura 17. Models de regressió lineal de la petjada de carboni per habitant i la resta a dipòsit controlat, generació de residus i recollida selectiva, respectivament (2013).

Finalment, s'ha desenvolupat un **model de regressió lineal múltiple**, el qual modelitza la relació entre la variable dependent 'petjada de carboni per habitant' i les tres variables independents anteriors (Figura 18). El coeficient de determinació d'aquest model ascendeix a 0,918, el qual significa que amb aquestes tres variables alhora es pot explicar més d'un 92% de les variacions en la petjada de carboni per habitant.

$$y = 46,935 + 0,162 \text{ Generació} + 0,426 \text{ RestaDC} - 1,820 \text{ RS}$$

$$R^2 = 0,918 ; \text{ Error estàndard de l'estimació} = 32,914$$

on:

y = Petjada de carboni per habitant (Kg CO₂eq/hab·any)

Generació = Generació de residus municipals (Kg residus/hab·any)

RestaDC = Quantitat de resta destinada a dipòsit controlat (Kg resta/hab·any)

RS = Índex de Recollida selectiva (%)

Figura 18. Models de regressió lineal múltiple per a la petjada de carboni per habitant (2013)

L'aplicació d'aquest model de regressió lineal és una simplificació del model de càlcul i, com a tal, té un marge d'error associat que pot arribar a ser rellevant (equival a 1/3 part de la petjada de carboni mitjana de la gestió dels residus municipals a Catalunya). Per aquest motiu, no s'aconsella utilitzar aquest model de regressió lineal de manera generalitzada si es volen obtenir resultats de petjada de carboni acurats. No obstant, es pot utilitzar com a primera aproximació a la petjada de carboni de la gestió dels residus municipals.

5.2. Resultats per comarca (2013)

La Taula 17 mostra la petjada de carboni de la gestió dels residus municipals mitjana per habitant de cada comarca¹¹, on es pot observar un rang variable entre 30 i 362 Kg CO₂eq/habitant·any. Entre parèntesi, s'indica la variació en relació als resultats de l'any 2011.

Taula 17. Petjada de carboni de la gestió dels residus municipals mitjana de les comarques de Catalunya (2013), en Kg de CO₂eq/hab

Comarca	Petjada de carboni (Kg CO ₂ eq/hab·any)	Comarca	Petjada de carboni (Kg CO ₂ eq/hab·any)
Alt Camp	31 (-5)	Maresme	59 (-25)
Alt Empordà	322 (-29)	Montsià	121 (+11)
Alt Penedès	190 (-9)	Noguera	206 (0)
Alt Urgell	103 (-18)	Osona	30 (-1)
Alta Ribagorça	160 (-4)	Pallars Jussà	164 (-3)
AMB	67(-19)	Pallars Sobirà	190 (+10)
Anoia	278 (0)	Pla de l'Estany	168 (-5)
Bages	159 (+3)	Pla d'Urgell	115 (-13)
Baix Camp	54 (0)	Priorat	122 (+43)
Baix Ebre	165 (-15)	Ribera d'Ebre	130 (+27)
Baix Empordà	334 (-10)	Ripollès	173 (-3)
Baix Llobregat	100 (-16)	Segarra	89 (+1)
Baix Penedès	116 (-84)	Segrià	192 (-5)
Barcelonès	62 (-18)	Selva	275 (-2)
Berguedà	213 (-7)	Solsonès	135 (-25)
Cerdanya	276 (-11)	Tarragonès	61 (+17)
Conca de Barberà	145 (-3)	Terra Alta	82 (+56)
Garraf	238 (-2)	Urgell	156 (-23)
Garrigues	184 (-14)	Val d'Aran	362 (+6)
Garrotxa	158 (-27)	Vallès Occidental	48 (-22)
Gironès	59 (-1)	Vallès Oriental	113 (-9)
		Catalunya	94 (-10)

¹¹ En aquest apartat es presenten, de manera addicional als resultats per comarca, els resultats corresponents a l'Àrea Metropolitana de Barcelona

La Figura 19 presenta el mapa de comarques de Catalunya, en el qual aquestes s'agrupen en 5 grups en funció de la petjada de carboni de la gestió de residus municipals per habitant per a l'any 2013 i per a l'any 2012 (Figura 20).

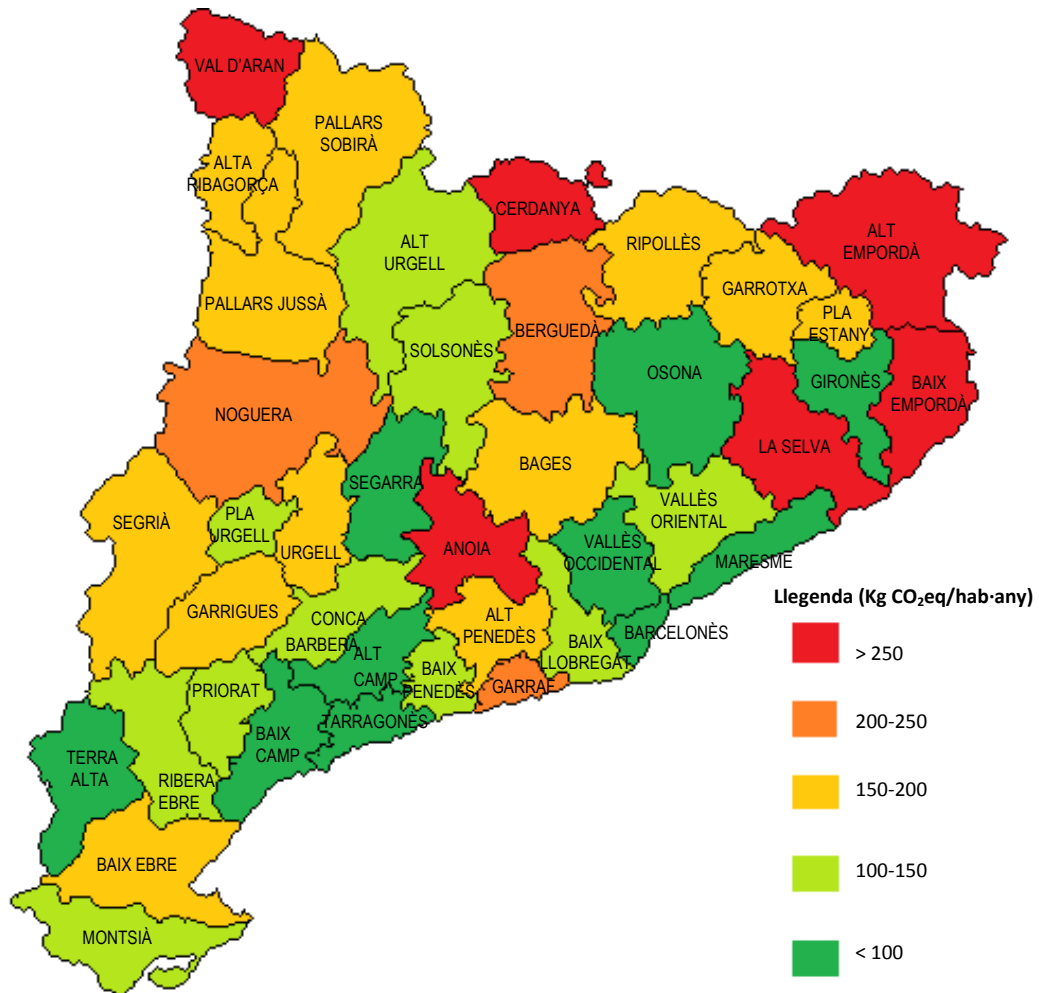


Figura 19. Petjada de carboni de la gestió de residus municipals de les comarques de Catalunya (2013)

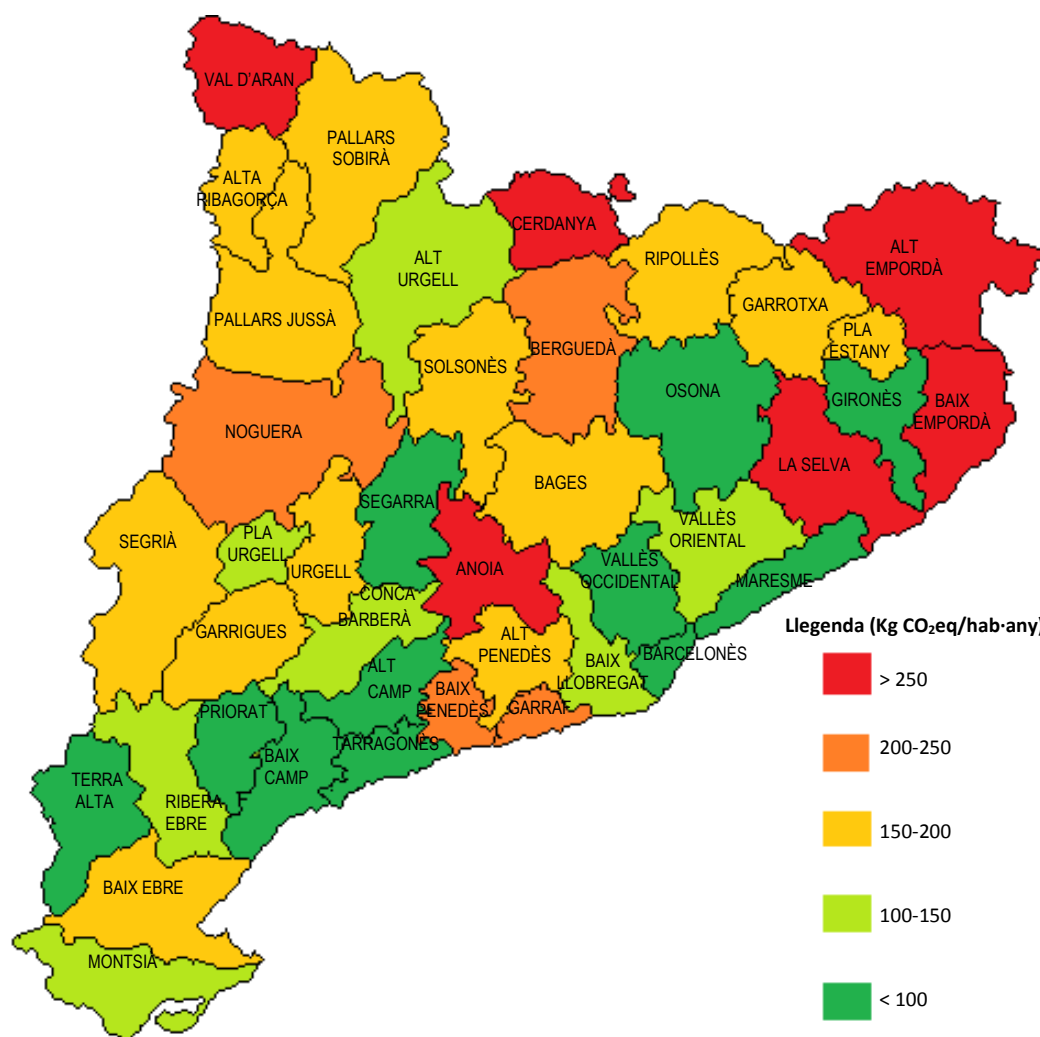


Figura 20. Petjada de carboni de la gestió de residus municipals de les comarques de Catalunya (2012)

Amb l'objectiu de comparar el canvi entre la petjada de carboni de l'any 2012 i la de l'any 2013 a nivell comarcal, la Figura 21 mostra un diagrama de barres. Es pot observar com la majoria de comarques disminueixen la seva petjada de carboni, tot i algunes excepcions.

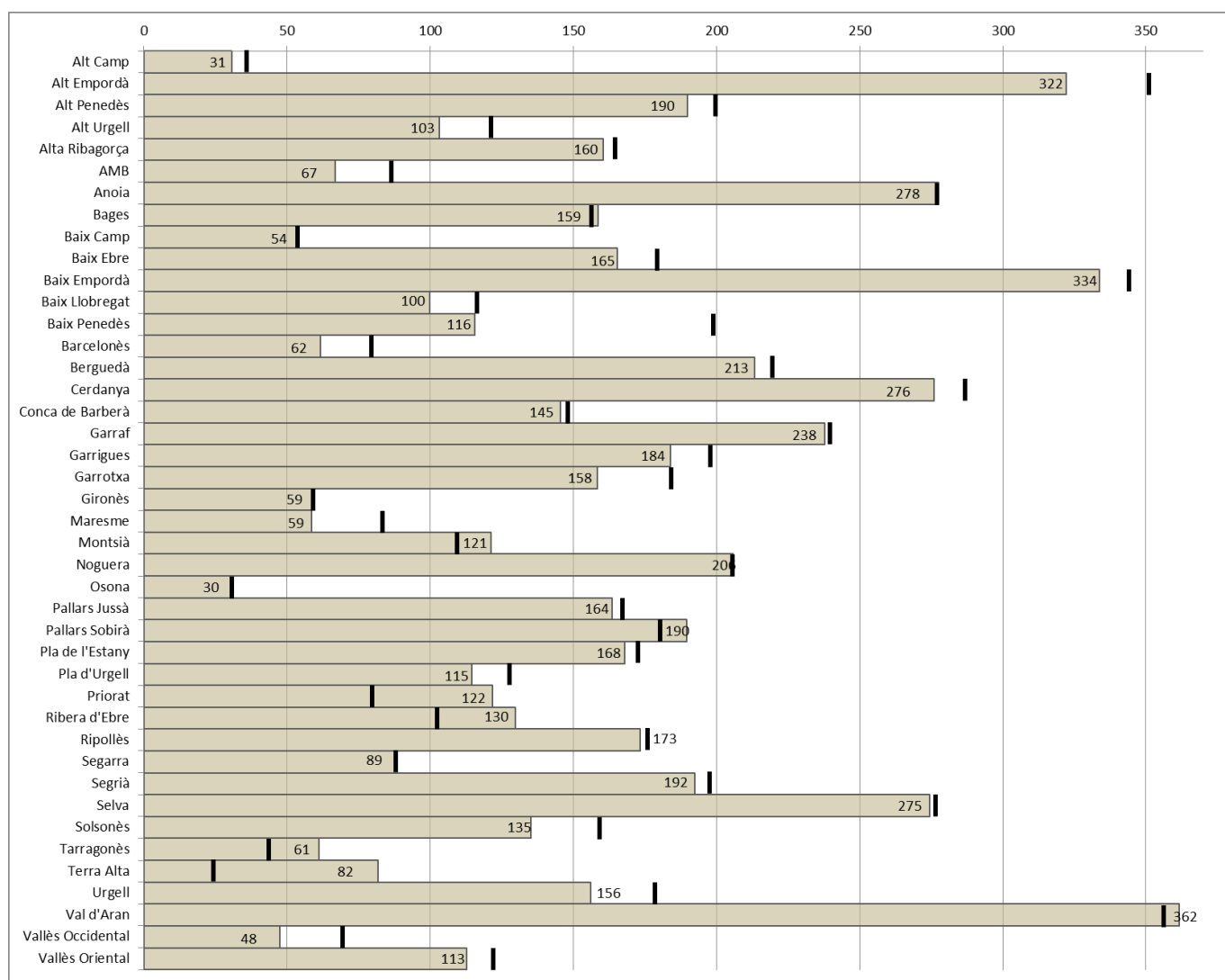


Figura 21. Petjada de carboni a nivell comarcal, expressada en Kg CO₂eq/habitant (2012-2013). La barra horitzontal i el número expressen els resultats de l'any 2013, mentre que la línia negra vertical mostra els resultats de 2012.

Tal i com s'ha explicat anteriorment, la petjada de carboni de la gestió dels residus municipals per habitant està directament relacionada amb la quantitat de resta destinada a dipòsit controlat. La Figura 22 mostra aquesta relació a nivell comarcal per a l'any 2013.

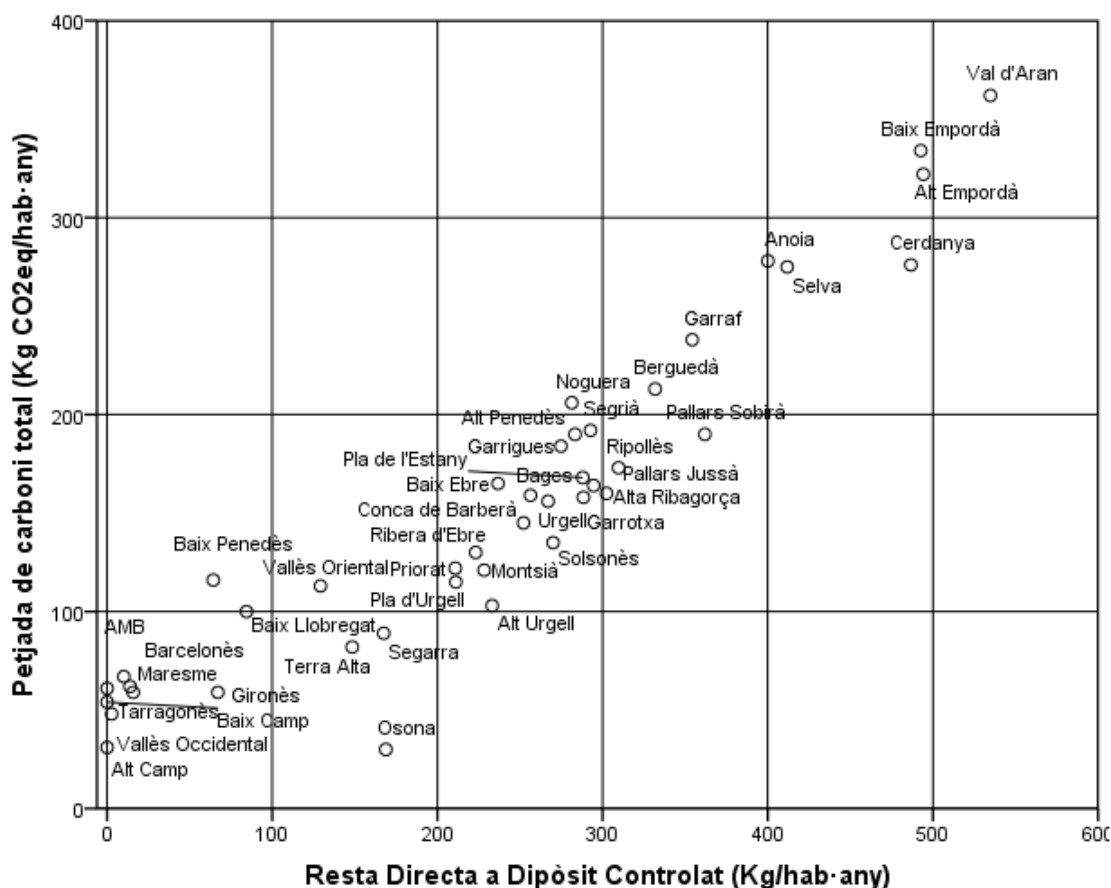


Figura 22. Diagrama de dispersió de la petjada de carboni de la gestió dels residus municipals mitjana per habitant i la quantitat de resta destinada a dipòsit controlat, a nivell comarcal (2013)

La Figura 23 representa gràficament les comarques en un diagrama de dispersió per a les variables 'resta a Dipòsit Controlat' i 'índex de recollida selectiva'. Tal i com és d'esperar, a la part inferior dreta s'ubiquen les comarques amb menor petjada de carboni (per sota de 100 Kg CO₂eq/hab·any) i a la meitat superior esquerra aquelles comarques amb una petjada de carboni major (per sobre de 250 Kg CO₂eq/hab·any). La distribució observada és similar a la de l'any 2012.

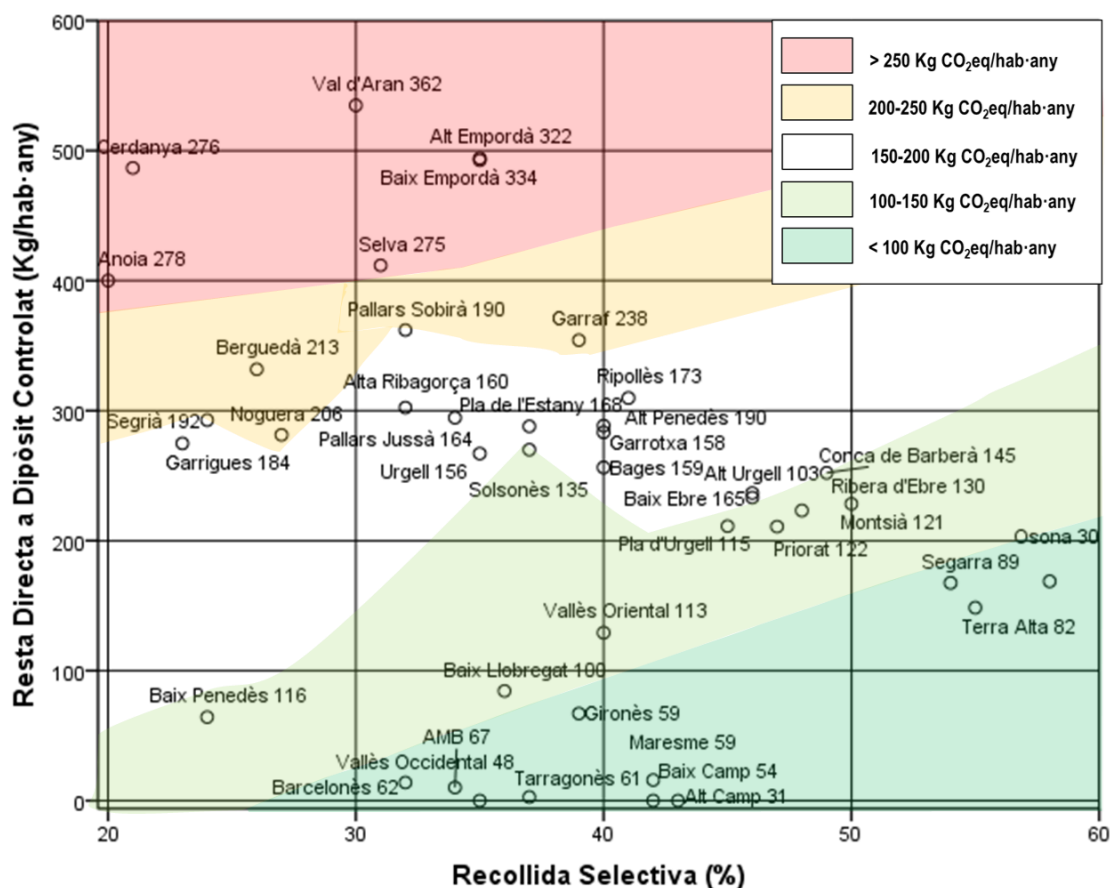


Figura 23. Diagrama de dispersió de la recollida selectiva i de la resta enviada a dipòsit controlat per habitant, per comarca (2013). El número que acompanya el nom de la comarca correspon a la petjada de carboni de la gestió de residus municipals (Kg CO₂eq/hab·any)

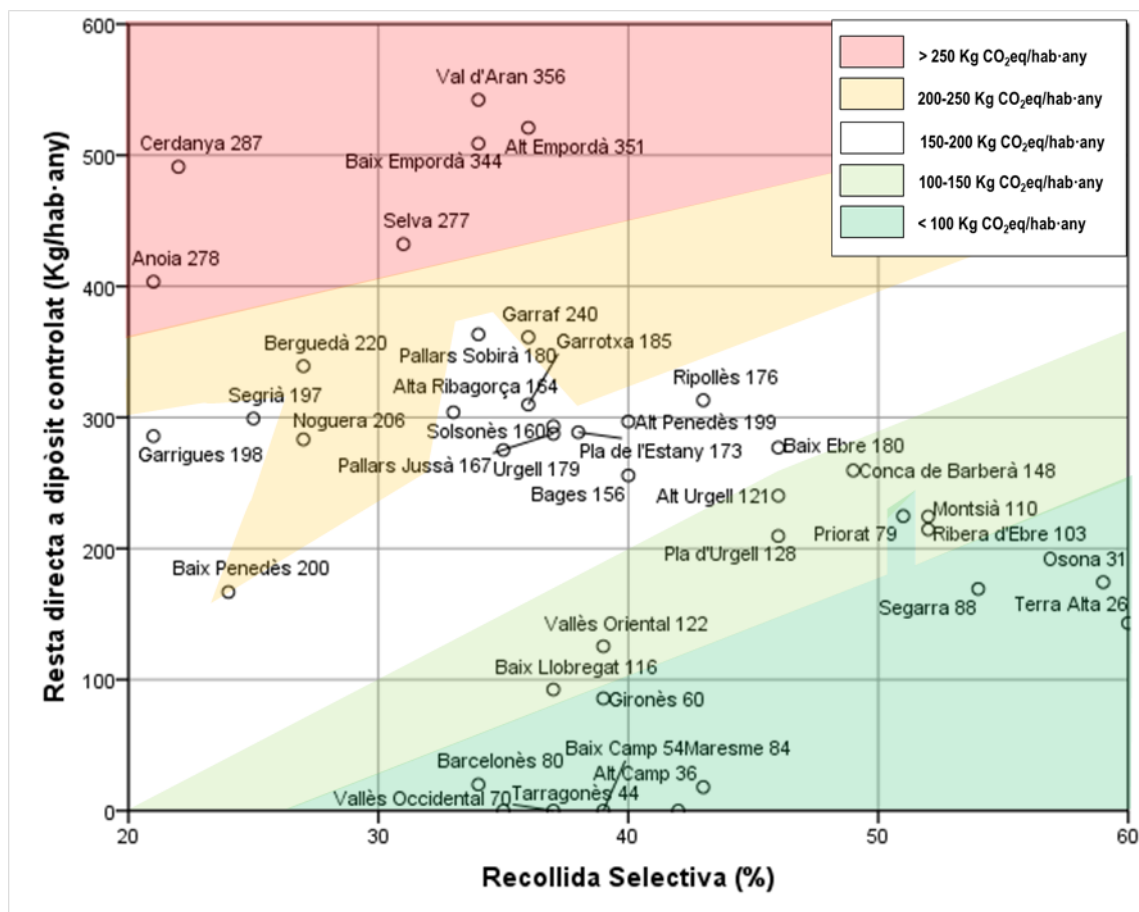


Figura 24. Diagrama de dispersió de la recollida selectiva i de la resta enviada a dipòsit controlat per habitant, per comarca (2012). El número que acompanya el nom de la comarca correspon a la petjada de carboni de la gestió de residus municipals (Kg CO₂eq/hab·any)

6. EVOLUCIÓ 2011-2013

Aquest apartat analitza l'evolució de la petjada de carboni de la gestió dels residus municipals de Catalunya en els darrers tres anys (2011, 2012 i 2013), per als quals es disposa de dades d'aquest indicador¹².

Evolució del model de gestió

En primer lloc, es contextualitza el model de gestió dels residus a Catalunya en els anys 2011 i 2013, fent èmfasi en els principals canvis a efectes de petjada de carboni.

En el període 2011-2013 ha disminuït la generació de residus per habitant en un 11%, el qual es mostra en la Figura 25. En aquest mateix període, l'índex de recollida selectiva ha passat del 40,6 al 38,0%, el qual es deu en gran mesura al fenomen de la sostracció de materials dels contenidors (especialment en el cas del paper i cartró) i recollida de residus al voltant de les deixalleries, fomentats pel context de crisi econòmica.

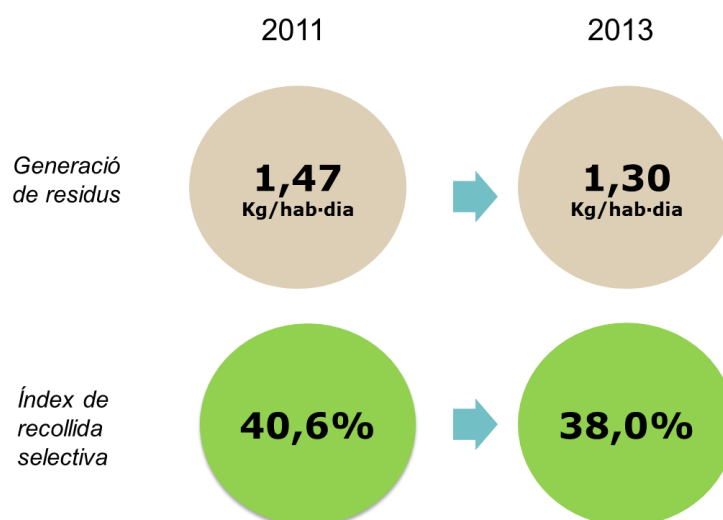


Figura 25. Generació de residus i índex de recollida selectiva anys 2011 i 2013

¹² Les dades relatives al 2011 s'extreuen del document 'Petjada de carboni de la gestió i tractament dels residus municipals de Catalunya' (inèdit, 2013)

Per la seva banda, la Figura 26 mostra quines són les principals vies de tractament de la fracció resta generada. Es pot observar com la resta gestionada a través de TMB passa d'un 36% a un 52% entre 2011 i 2013. De manera paral·lela, la resta directa a dipòsit controlat disminueix de 44 a 37%, i la de PVE de 20 a 11%.



Figura 26. Destí de la fracció Resta a Catalunya (2011 i 2013) Nota: DC: Dipòsit Controlat, PVE: Planta Valorització Energètica; TMB: Tractament Mecànic-Biològic

Evolució de la petjada de carboni dels residus municipals

Els canvis en la gestió dels residus en el període 2011-2013 fan que **la petjada de carboni per tona disminueixi en un 11%, passant de 221 a 197 Kg CO₂eq/tona.**

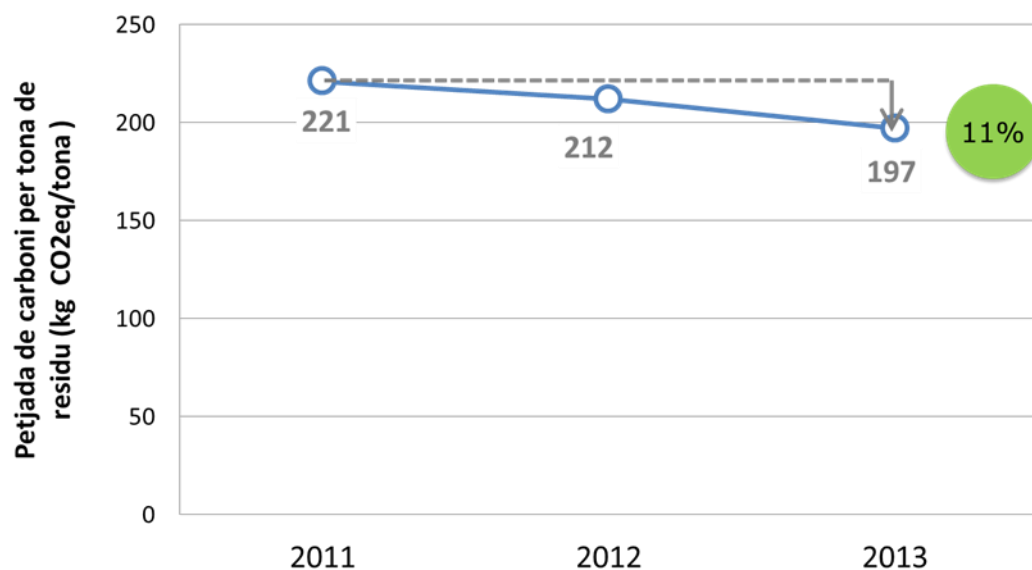


Figura 27. Petjada de carboni de la gestió de residus municipals per tona de residu (Kg CO₂eq/tona)

La millora en la petjada de carboni per tona és pot explicar a través de dos components:

- Les **emissions generades per tona han disminuït lleugerament en aquest període (1%)** (Figura 28), degut principalment a la disminució de la fracció resta que es gestiona directament a tractament finalista (dipòsit controlat i valorització energètica). Això fa que els impactes generats per la fracció resta 'directa' en aquestes instal·lacions disminueixi. No obstant, s'ha de tenir en compte que aquesta fracció resta passa a gestionar-se a través de TMB, el qual genera també emissions de GEH i inevitablement una quantitat rellevant de rebuig (al voltant del 64%) que s'ha de gestionar. La via de gestió majoritària d'aquest rebuig és el dipòsit controlat (Figura 26), el qual genera emissions relativament superiors a les de la fracció resta directa pel major contingut en paper i cartró. En conjunt, les emissions generades han davallat lleugerament.
- Les **emissions evitades per tona han augmentat un 10% en aquest període** (Figura 29), degut al fet que les plantes de TMB guanyen pes en la gestió de la fracció resta (d'un 35,5 a un 52,4%, Figura 26) i alhora guanyen eficiència en la recuperació de materials (d'un 5,1 a un 9,7%). Aquesta millora compensa el fet que la recollida selectiva disminueixi lleugerament entre 2011 i 2013 (veure Figura 25).

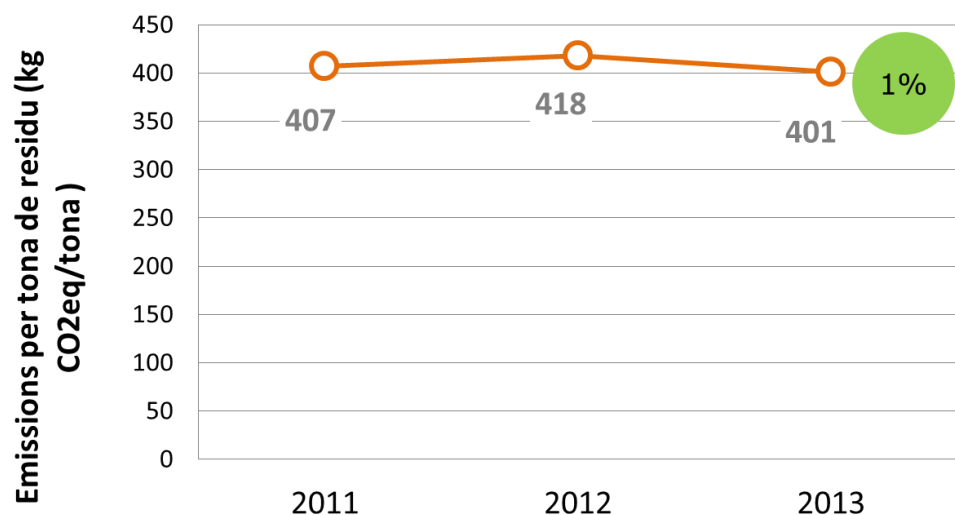


Figura 28. Emissions de GEH de la gestió de residus municipals per tona de residu (Kg CO_{2eq}/tona).

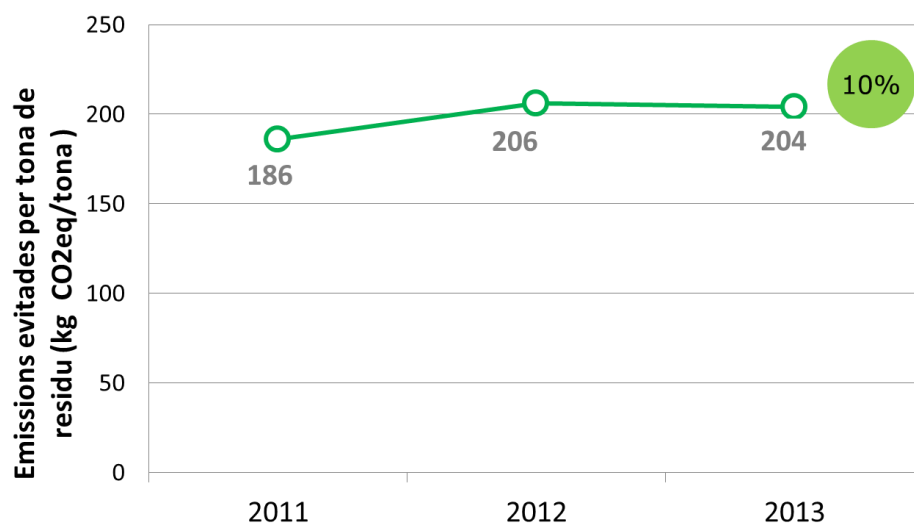


Figura 29. Emissions evitades dels Residus Municipals (Kg CO₂eq/tona)

En el cas de la **petjada de carboni de la gestió dels residus municipals per habitant**, en el període 2011-2013 s'observa una baixada del 21%, fruit de la davallada en la generació de residus (11%) i la disminució de les emissions per tona de residu gestionat (11%) (Figura 30)

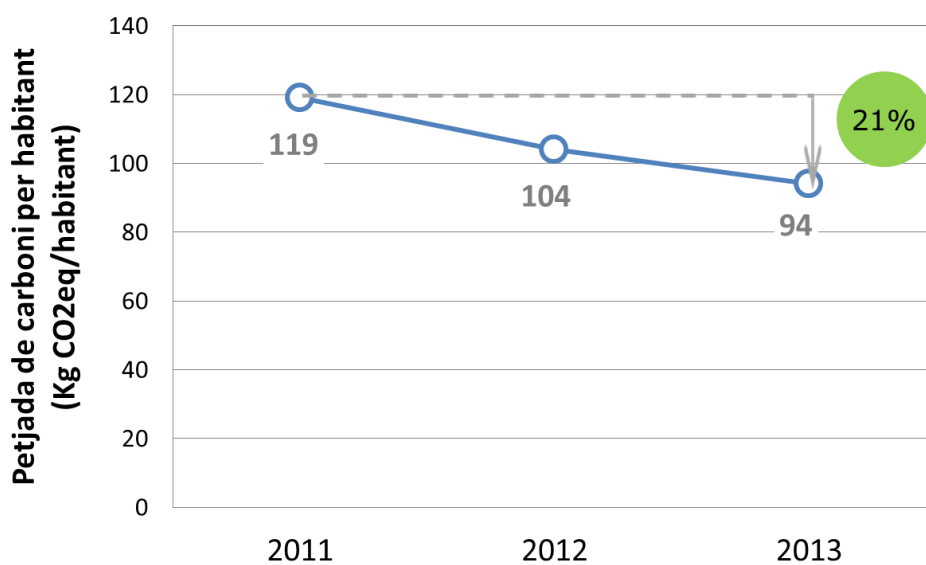


Figura 30. Petjada de Carboni dels residus municipals per habitant

En cas de descomposar la petjada de carboni per habitant en emissions generades i evitades, es pot observar que:

- Les emissions generades per habitant disminueixen un 13%, fruit de l'acció combinada d'una menor generació de residus per habitant (-11%) i una millora de les emissions per tona (-1%) (Figura 28).
- Les emissions evitades per habitant disminueixen un 3%, fruit de la combinació de dos fets amb efectes contraposats: disminueix la generació de residus per habitant (per tant, hi ha menys materials recuperables) però augmenta l'impacte evitat per tona en un 10% (fruit del major pes dels TMBs).

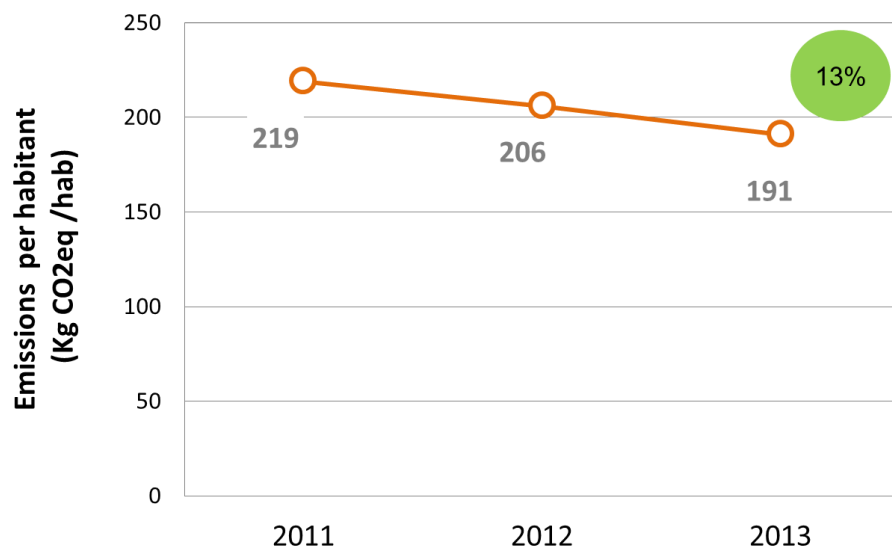


Figura 31. Emissions dels Residus Municipals per habitant (Kg CO_{2eq}/hab)

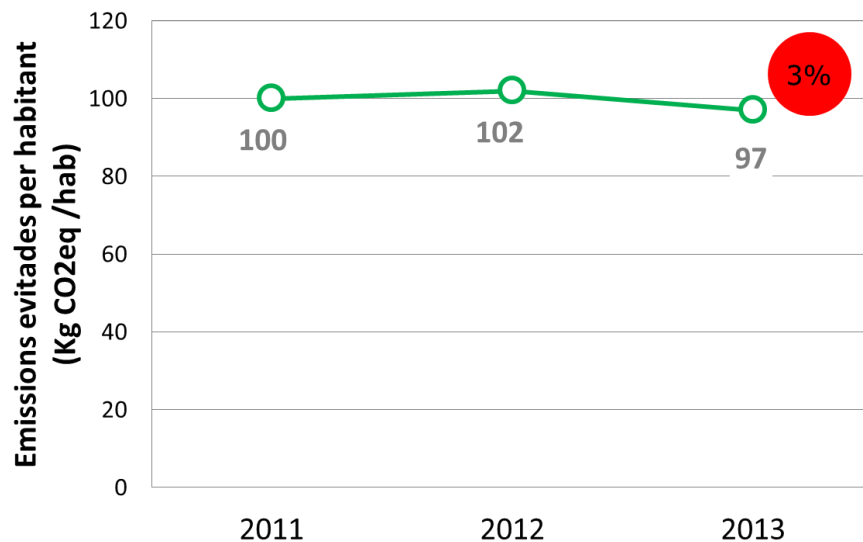


Figura 32. Emissions Evitades de la gestió de Residus Municipals per habitant (kg CO_{2eq}/hab)

7. SÍNTESI

La gestió i tractament dels residus municipals contribueix a l'**escalfament global** degut a les emissions directes i indirectes de GEH. No obstant, la valorització material i energètica dels residus també permet evitar emissions en altres sectors de l'economia, ja que permet substituir altres fonts energètiques i matèries primeres. La diferència entre les emissions generades menys les emissions evitades es coneix com a Petjada de Carboni i s'expressa en unitats de tones de CO₂ equivalent.

Aquesta **visió global de les emissions associades** a la gestió dels residus permet **definir polítiques i estratègies de gestió dels residus** encaminades a la reducció del potencial d'escalfament global de l'economia.

El present treball comptabilitza les emissions generades, les emissions evitades i la **petjada de carboni de la gestió dels residus municipals a Catalunya per als anys 2012 i 2013**, a escala nacional, comarcal i municipal. El càlcul es basa en l'adaptació de l'eina CO₂ZW® del grup de recerca Sostenpra al context català per ambdós anys i la seva aplicació als diferents municipis.

Resultats principals

Les **emissions generades** (transport i tractament) dels residus municipals a Catalunya per a l'any 2013 són de **1.440.861 t de CO₂eq/any**, el qual suposa una reducció d'un 7,6% respecte l'any 2012.

Les **emissions evitades**, procedents de la valorització material i energètica, dels residus municipals a Catalunya per a l'any 2013 són de **-730.369 t de CO₂ eq./any**, el qual permetria contrarestar un 49% de les emissions generades.

La petjada de carboni de la gestió (transport i tractament) dels residus municipals a Catalunya (incloent emissions directes, indirectes i evitades) per a l'any 2013 és de 710.492 t CO₂eq (en comparació amb les 789.393 tones de 2012). La **disminució en les emissions** s'explica en gran mesura per la reducció de la generació de residus per habitant, que passa d' 1,35 a 1,30 Kg/habitant·dia; i per la disminució dels residus que arriben a Dipòsit Controlat (tant pel que fa a fracció resta com a rebuigs d'instal·lacions de tractament de residus). Per altra banda, la **petjada de carboni per habitant es situa en 94 Kg CO₂eq/habitant** l'any 2013, el qual representa una reducció del 9,6% respecte 2012.

La **principal contribució a les emissions** del tractament dels residus prové dels **dipòsits controlats**, que emeten grans quantitats de metà (tot i la captació de biogàs). Per altra banda, la recollida selectiva contribueix en gran mesura a reduir la petjada de carboni del sector (impactes evitats). Finalment, el transport interurbà de residus té una contribució menor (~1%) a la petjada de carboni.

A nivell municipal, s'ha observat com el 80% dels municipis catalans tenen una petjada de carboni entre 38 i 296 Kg CO₂eq/habitant l'any 2013. L'anàlisi estadístic dels resultats a nivell municipal mostra com la variable amb major correlació amb la petjada de carboni per habitant és la quantitat de **resta depositada a dipòsit controlat** ($R>0,9$, $p=0,000$), variable que permet explicar per si sola fins a un 84,3% de la variació en la petjada de carboni per habitant. En segon lloc, destaca la correlació amb la generació de residus per habitant i l'índex de recollida selectiva. La combinació de les tres variables en un model de regressió múltiple permet explicar més d'un 90% de la petjada de carboni.

Entre els **anys 2011 i 2013 la petjada de carboni dels residus municipals tant en valor absolut com per habitant ha disminuït un 21%**. Aquesta millora pot explicar-se en part per la davallada d'un 11% de la generació de residus per habitant durant el període 2011-2013 i pel fet que la petjada de carboni per tona de residu generat ha disminuït en un 11%.

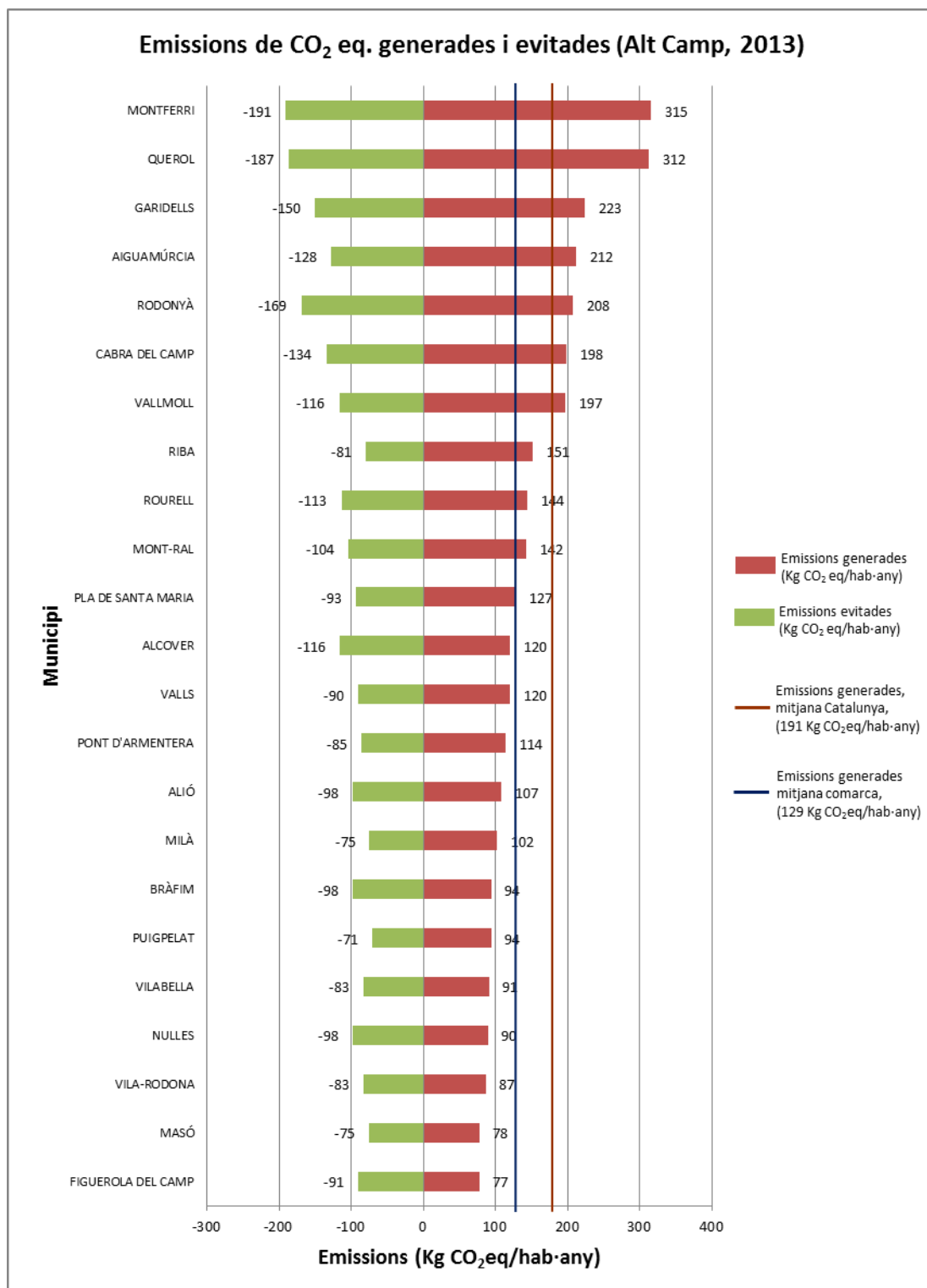
La millora en la petjada per tona de residu ve relacionada pels canvis en la gestió de la resta. Durant el període 2011-2013 s'ha passat de 36% de resta tractada a ecoparc a 52%, en detriment dels dipòsits controlats i incineració. A més a més, els TMB han millorat l'eficiència en la recuperació de materials (5,1% a 9,7%) i han disminuït la generació de rebuig.

8. REFERÈNCIES

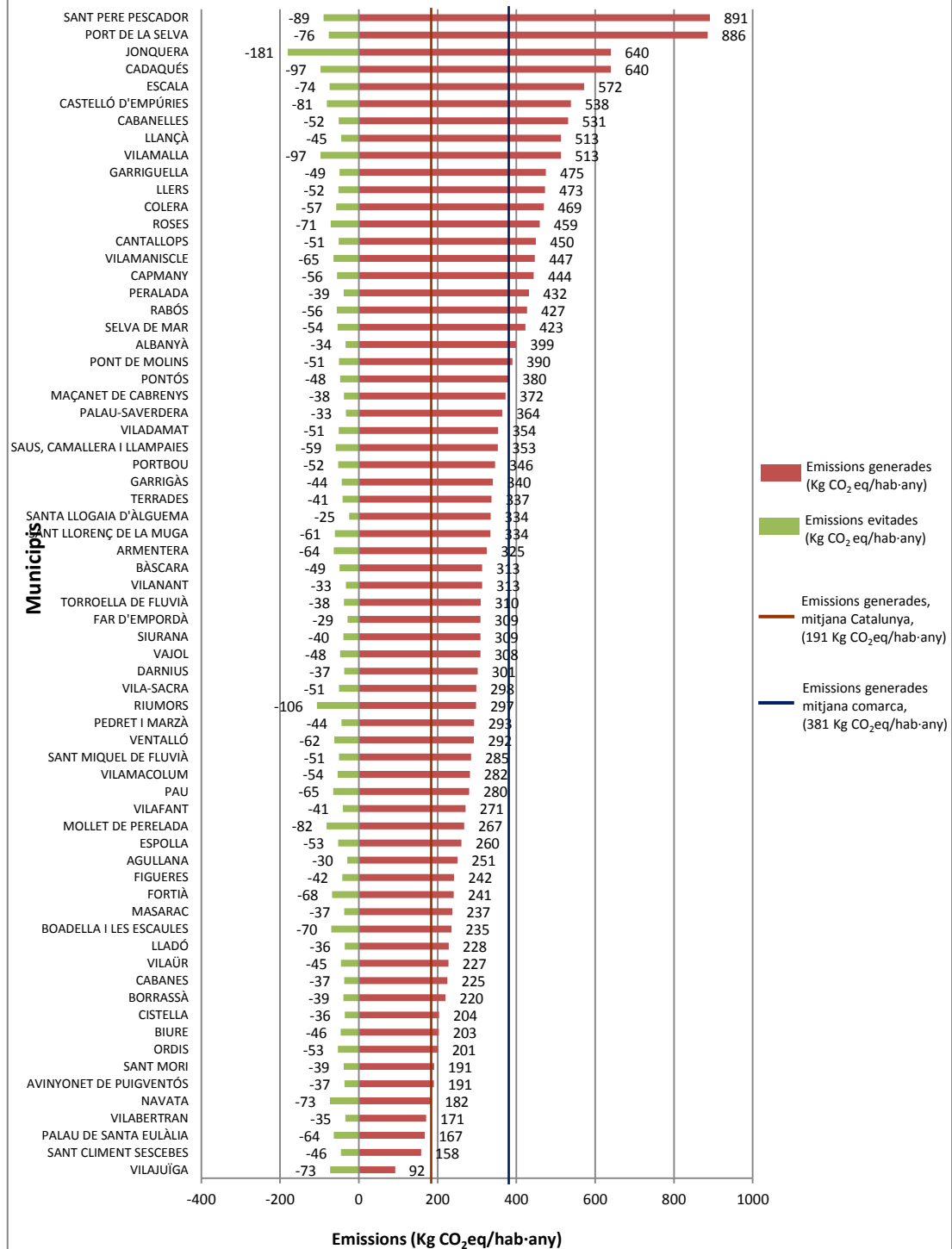
- A Boldrin, JK Andersen, J Moller, TH Christensen, and E Favoino. 2009. "Composting and Compost Utilization: Accounting of Greenhouse Gases and Global Warming Contributions." *Waste Management & Research* 27: 800–812.
- Cleary, J. 2009. "Life Cycle Assessment of Municipal Solid Waste Management Systems: a Comparative Peer-reviewed Literature." *Environment International* 35 (8): 1256–1266.
- European Commission. 2011. "Supporting Environmentally Sound Decisions for Waste Management. A Technical Guide to Life Cycle Thinking (LCT) and Life Cycle Assessment (LCA) for Waste Experts and LCA Practitioners". JRC Scientific and Technical Reports. Disponible a: http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/111111111/22582/1/regno_jrc65850_lb-na-24916-en-n%20_pdf.pdf
- Farreny, R, S Colman, CM Gasol, J Rieradevall, Seigné-Itoiz, and X Gabarrell. 2012. "CO2ZW User Guide."
- Font, D, I Puig, and X Gabarrell. 2012. "Building Waste Management Core Indicators through Spatial Material Flow Analysis: Net Recovery and Transport Intensity Indexes." *Waste Management* 32: 2496–2510.
- Generalitat de Catalunya. "Programa de Gestió de Residus Municipals de Catalunya, PROGREMIC 2007-2012." www.progremic.cat.
- Houghton, Jt, LG Meria Filho, BA Callander, N Harris, A Kattenberg, and K Maskell. 1996. "IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995 (SAR)". Cambridge University Press. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#UUM9xNawPzi.
- Inèdit 2013, "Petjada de carboni de la gestió i tractament dels residus municipals de Catalunya (2011-2012)", ARC. http://www20.gencat.cat/docs/arc/Home/Consultes%20i%20tr%C3%A0mits%20-%20nou/Estadistiques/Estadistiques%20de%20residus%20municipals/petjada_carboni_2011_2012.pdf
- IPCC. 2006. "Directrices Del IPCC de 2006 Para Los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero." <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/>
- Jungbluth, N. 2007. "Erdöl. Sachbilanzen von Energiesystemen: Grundlagen Für Den Ökologischen Vergleich von Energiesystemen Und Den Einbezug von Energiesystemene in Ökobilanzen Für Die Schweiz (Ed. Dones R.) Ecoinvent Report No. 6-IV." Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf.
- Kellenberger, D, HJ Althaus, N Jungbluth, T Künniger, A Lehmann, and P Thalmann. 2007. "Life Cycle Inventories of Building Products. Final Report Ecoinvent Data V2.0. No. 7." EMPA Dübendorf, Swiss Centre for Life Cycle Inventories.
- Nemecek, T, T Kägi, and S Blaser. 2007. "Life Cycle Inventories of Agricultural Production Systems." Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf.

- OCCC. 2013a. "Tercer Informe de Progrés a Catalunya Sobre Els Objectius de Kyoto." http://www20.gencat.cat/docs/canviclimatic/Home/Actualitat/docs/Tercer%20Informe%20de%20Progres_FINAL%20amb%20TAPA.pdf .
- OCCC. 2013b. "Guia Pràctica Per Al Càlcul D'emissions de Gasos Amb Efecte Hivernacle (versió 2013)." Disponible a: http://www20.gencat.cat/docs/canviclimatic/Home/Redueix%20emissions/Guia%20de%20calcul%20d'emissions%20de%20CO2/130430_Guia%20practica%20calcul%20emissions_sense%20canvis_CA.pdf.
- OCCC. 2014. "Guia Pràctica Per Al Càlcul D'emissions de Gasos Amb Efecte Hivernacle (versió 2014)." Disponible a: http://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/home/reduex_emissions/guia_de_calcul_demissions_de_co2/140303_guia_practica_calcul_emissions_sense_canvis_ca.pdf
- Prognos, AG, Ifeu, and INFU. 2008. "Resource Savings and CO2 Reduction Potential in Waste Management in Europe and the Possible Contribution to the CO2 Reduction Target in 2020." http://www.prognos.com/fileadmin/pdf/aktuelles/Results_CO2_wasteproject.pdf .
- Seigné-Itoiz, E, CM Gasol, R Farreny, X Gabarrell, and J Rieradevall. 2013. "CO2ZW: Carbon Footprint Tool for Municipal Solid Waste Management. Case Study of Spain." Energy Policy 56: 626–632.
- Smith, A, K Brown, S Ogilvie, K Rushton, and J Bates. 2001. "Waste Management Options and Climate Change." AEA Technology Environment. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
- Spielmann, M, C Bauer, R Dones, and M Tuchschild. 2007. "Transport Services. Ecoinvent Report No. 14." Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf.
- Tetrapak. "Investigating the Life-cycle Environmental Profile of Liquid Food Packaging Systems." http://www.tetrapak.com/Document%20Bank/environment/climate/lifecycle_envprofile_liqfoodpack.pdf.
- UNEP. 2010. Waste Management and Climate Change. Global Trends and Strategy Framework. Osaka/Shiga.
- US EPA. 2006. "Solid Waste Management and Greenhouse Gases. A Life-Cycle Assessment of Emissions and Sinks." <http://www.epa.gov/climatechange/waste/downloads/fullreport.pdf> .
- US EPA 2012. "Solid Waste Management and Greenhouse Gases. Documentation for Greenhouse Gas Emission and Energy Factors Used in the Waste Reduction Model (WARM)." <http://www.epa.gov/climatechange/waste/SWMGHGreport.html>.

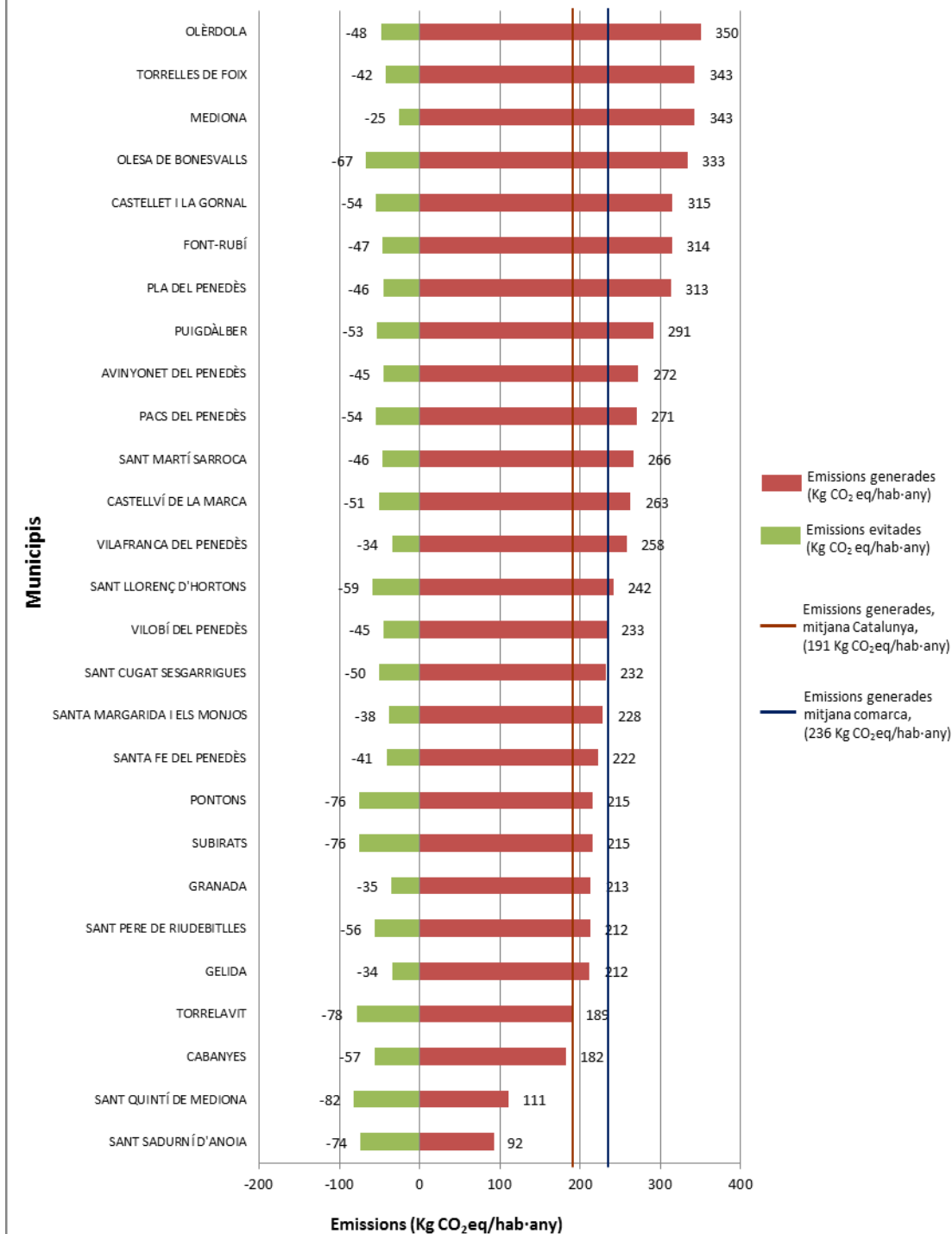
A. ANNEX. Emissions de GEH generades i evitades de la gestió dels residus municipals, a escala municipal (2013)

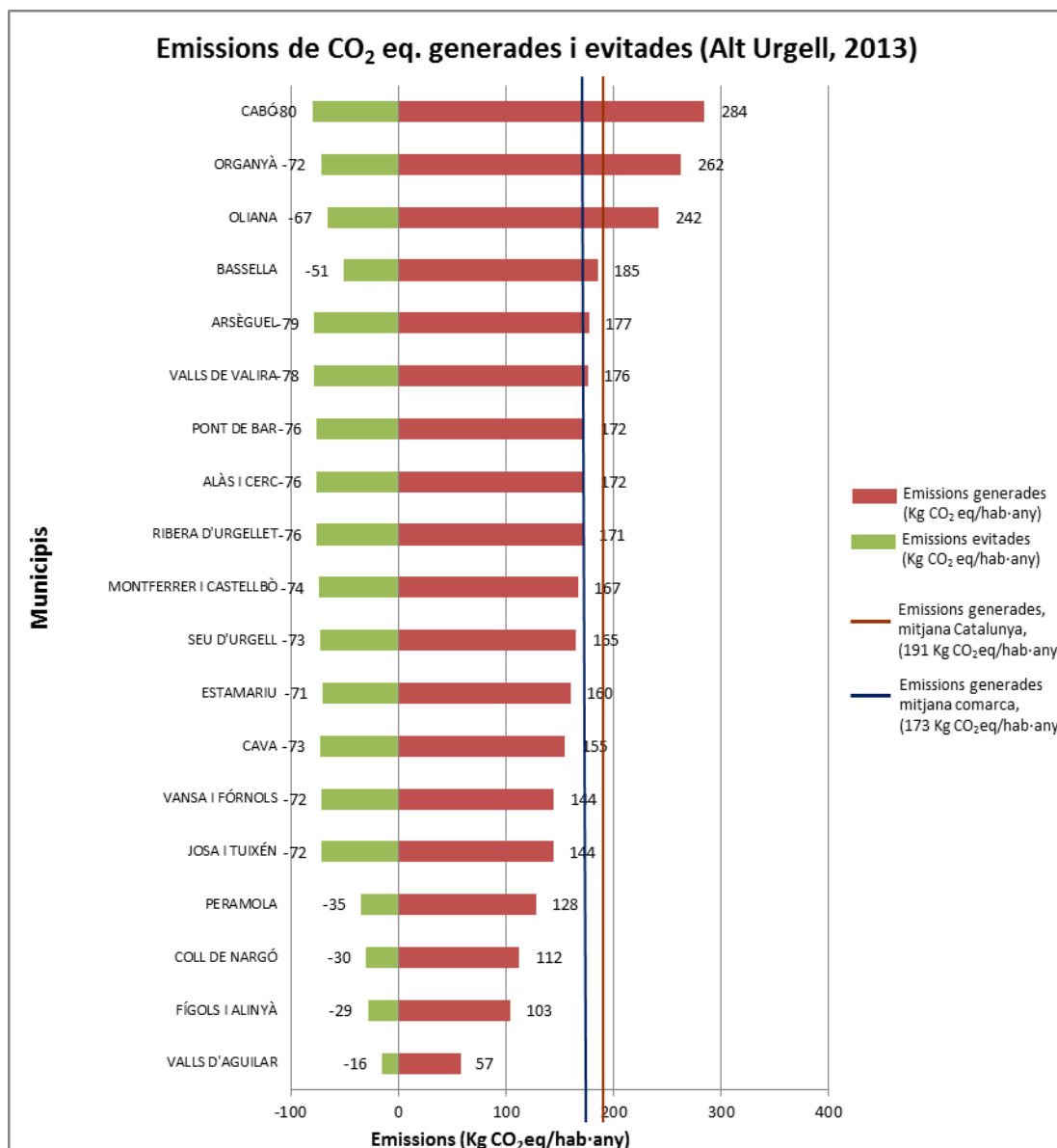


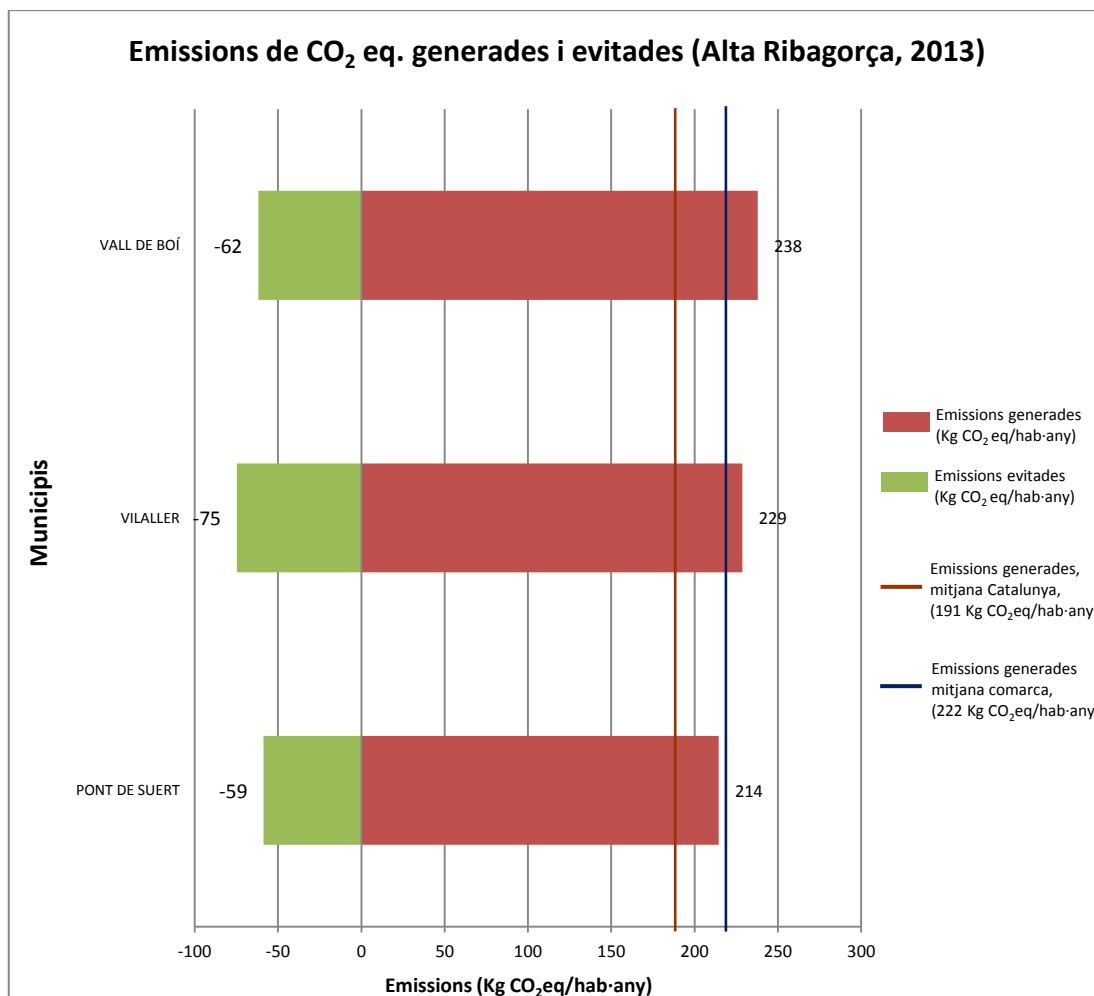
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Alt Empordà, 2013)

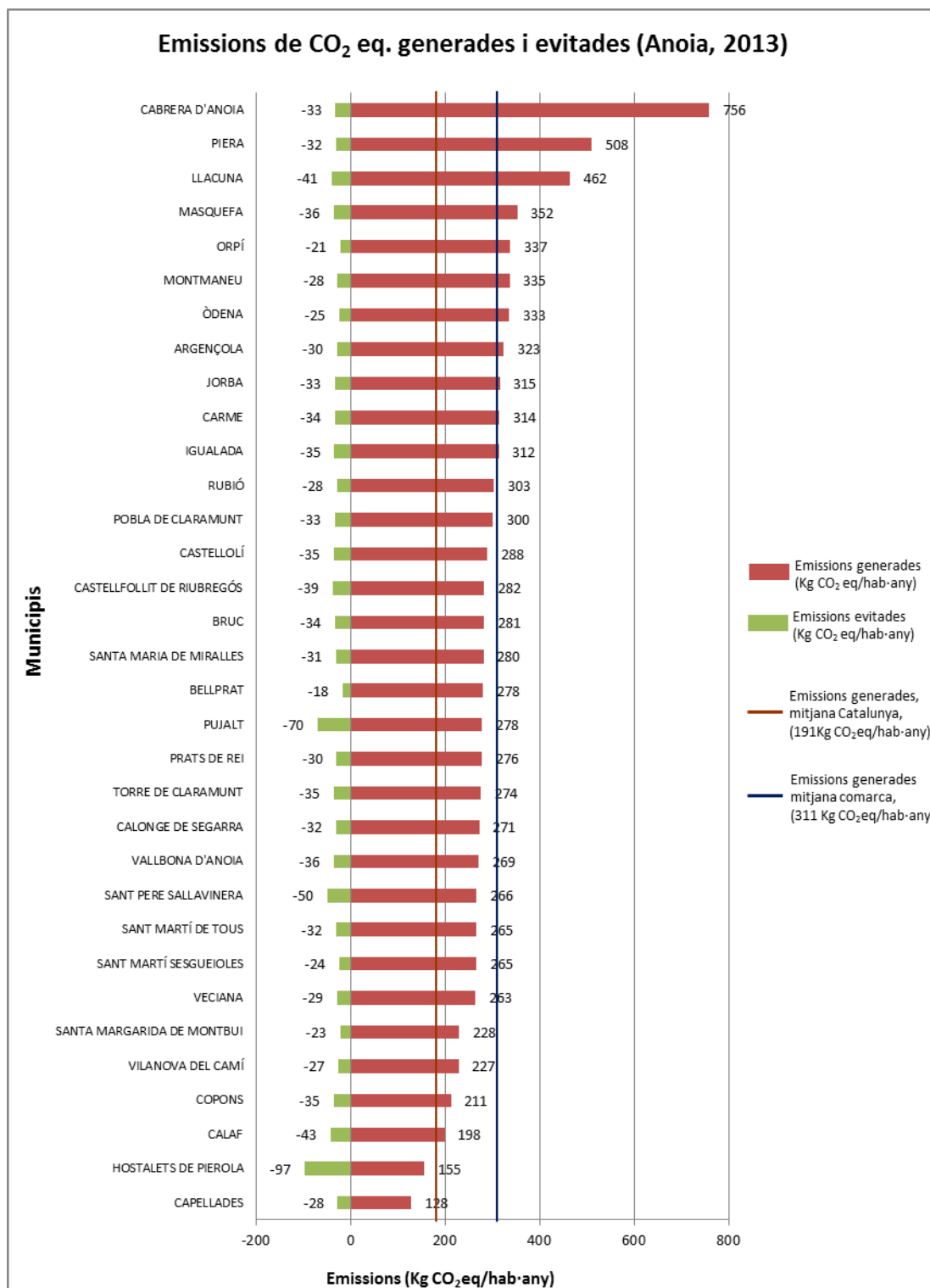


Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Alt Penedès, 2013)

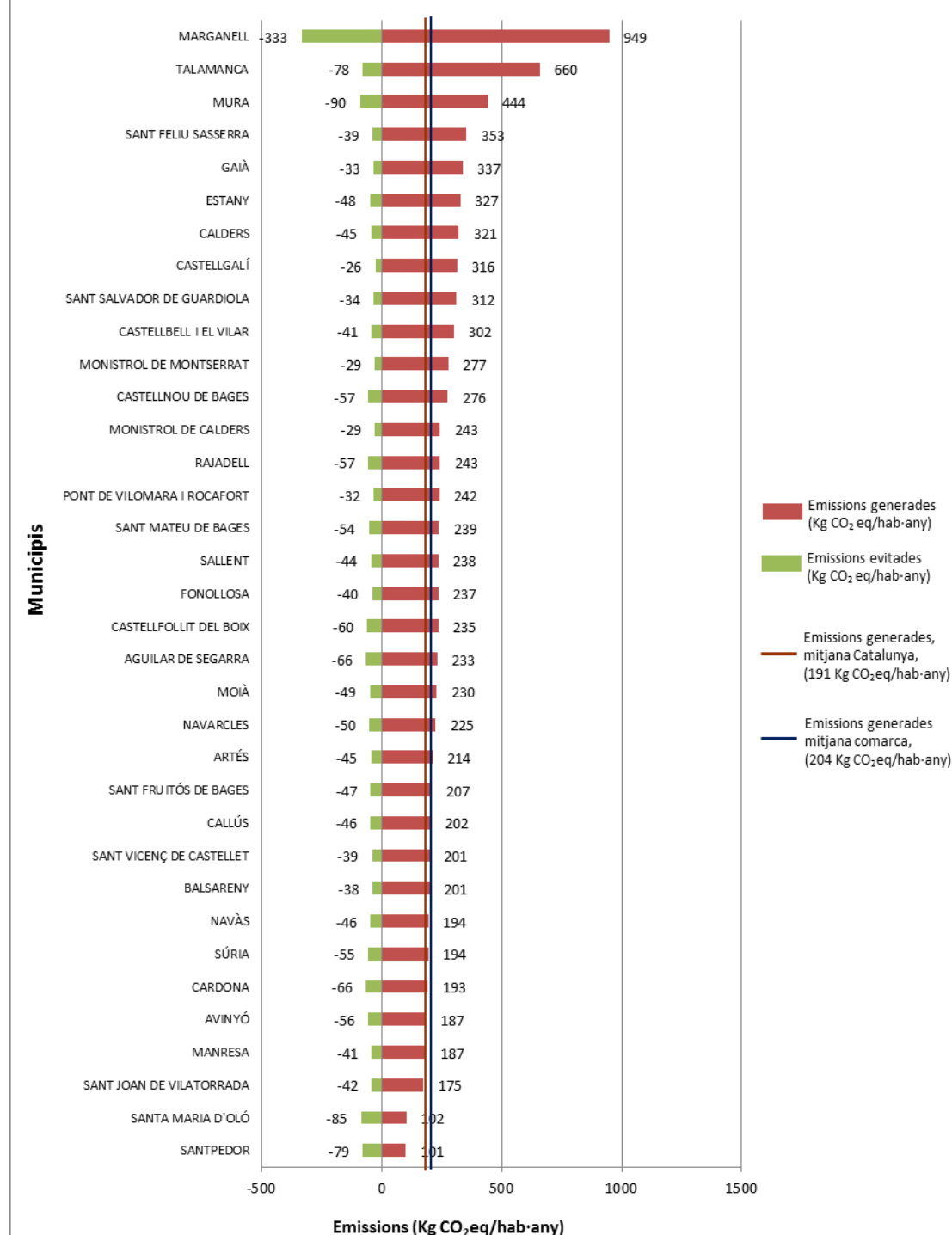




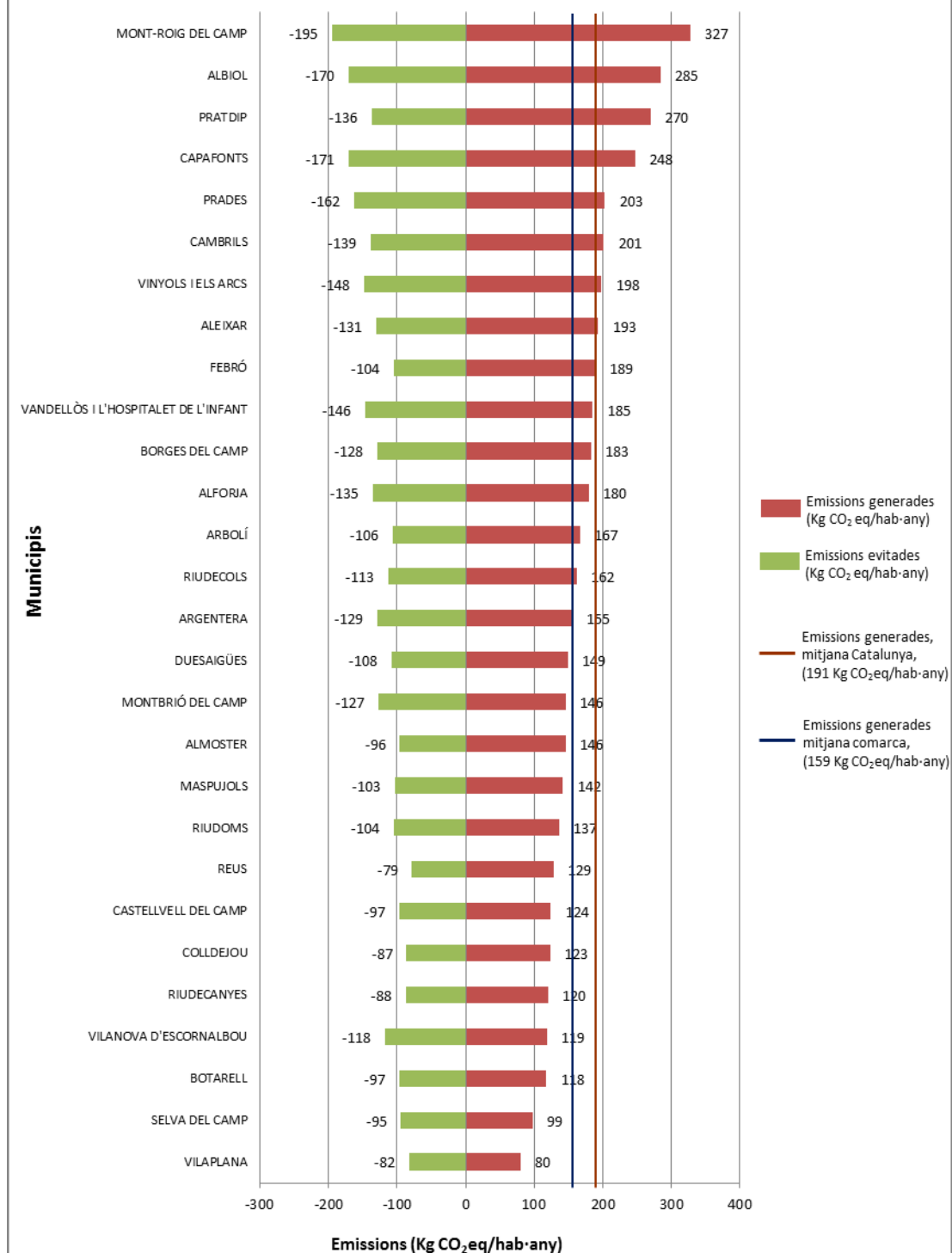


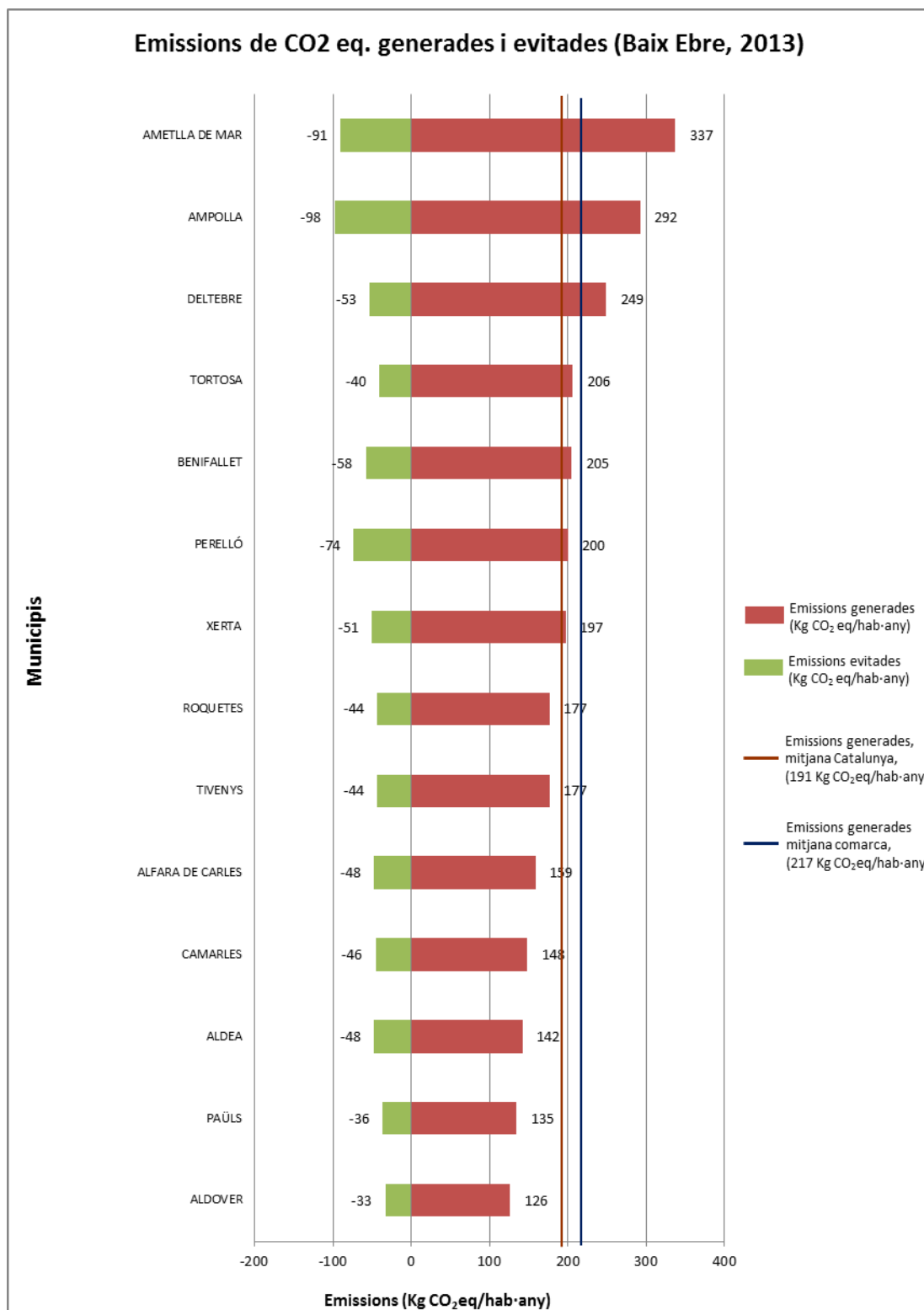


Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Bages, 2013)

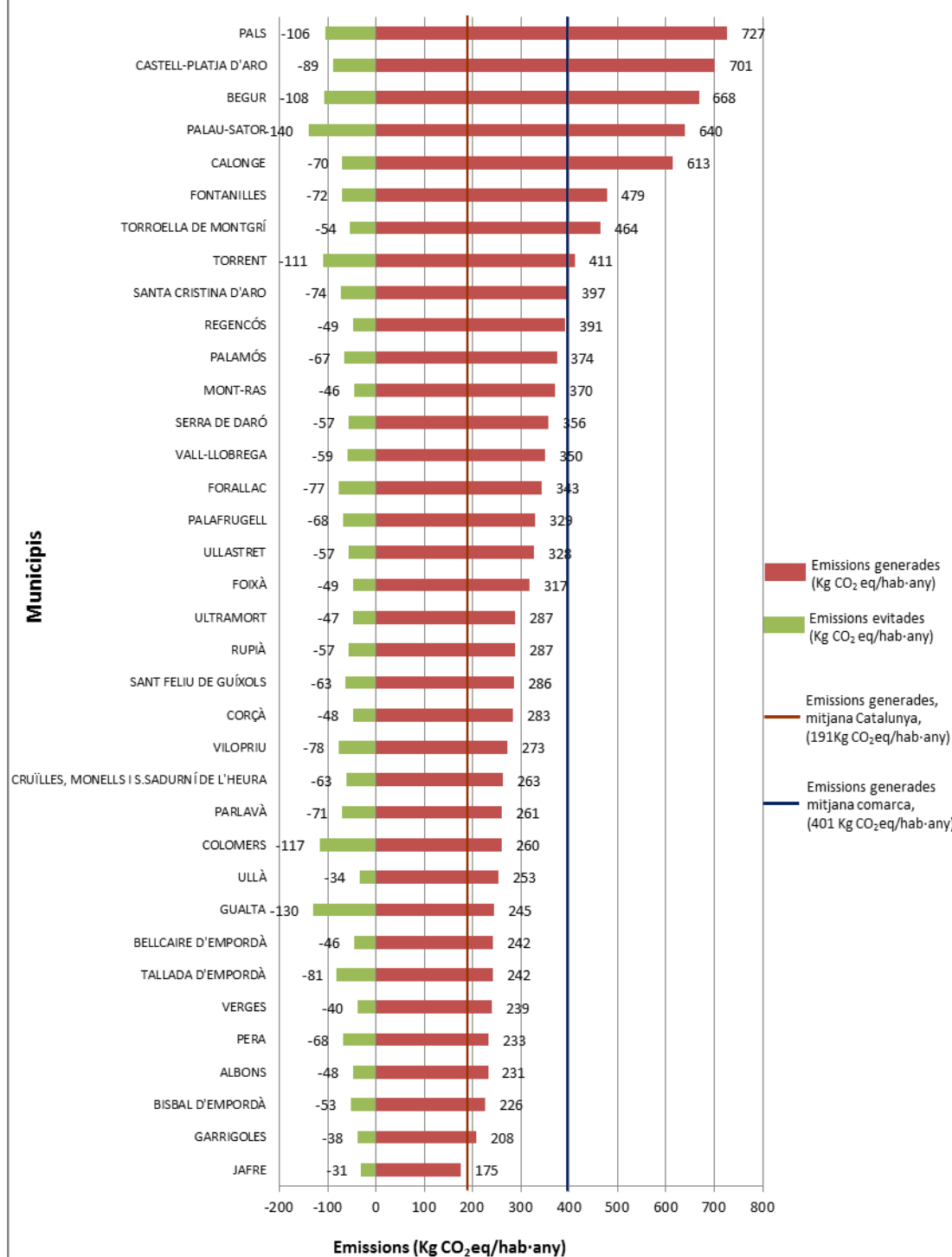


Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Baix Camp, 2013)

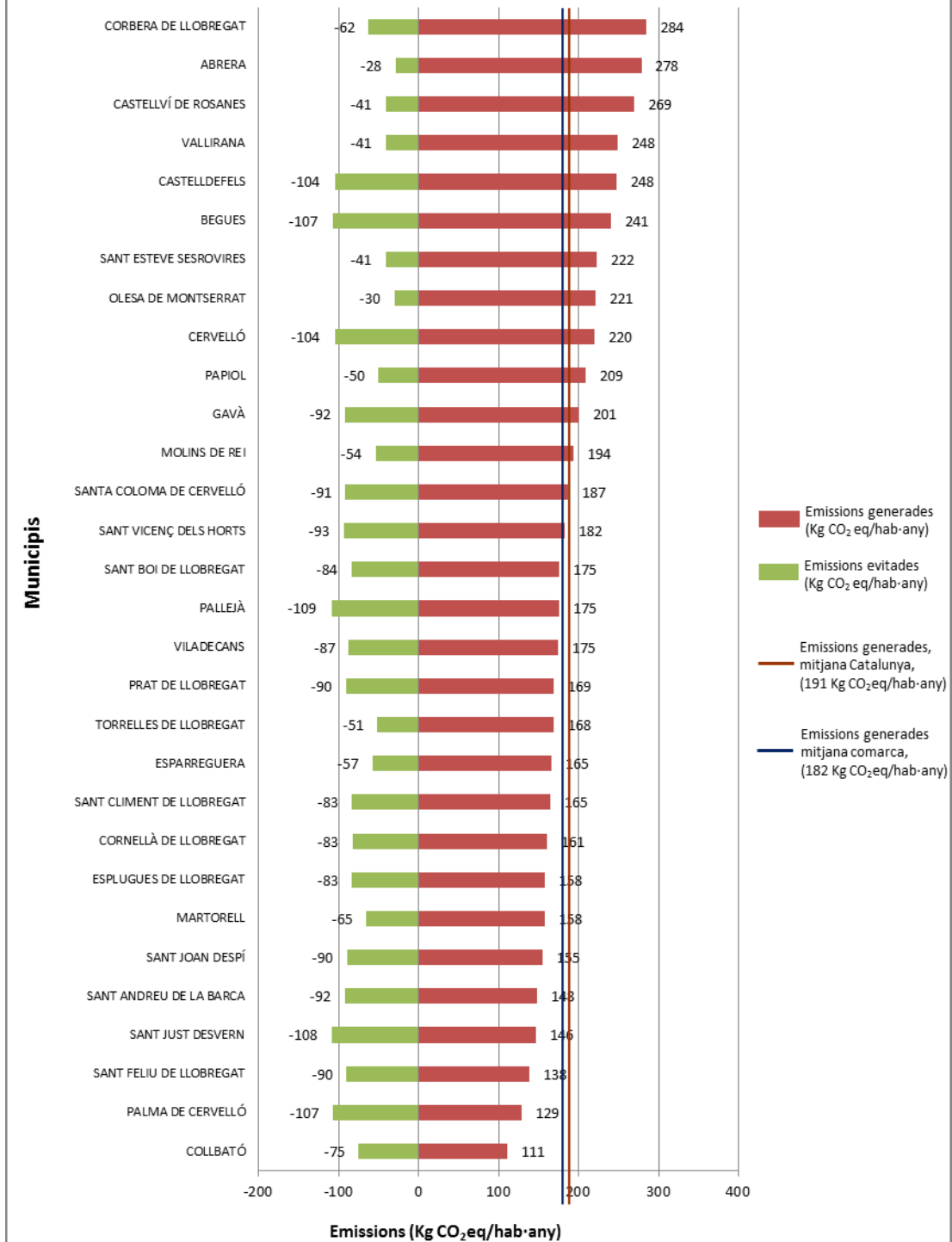


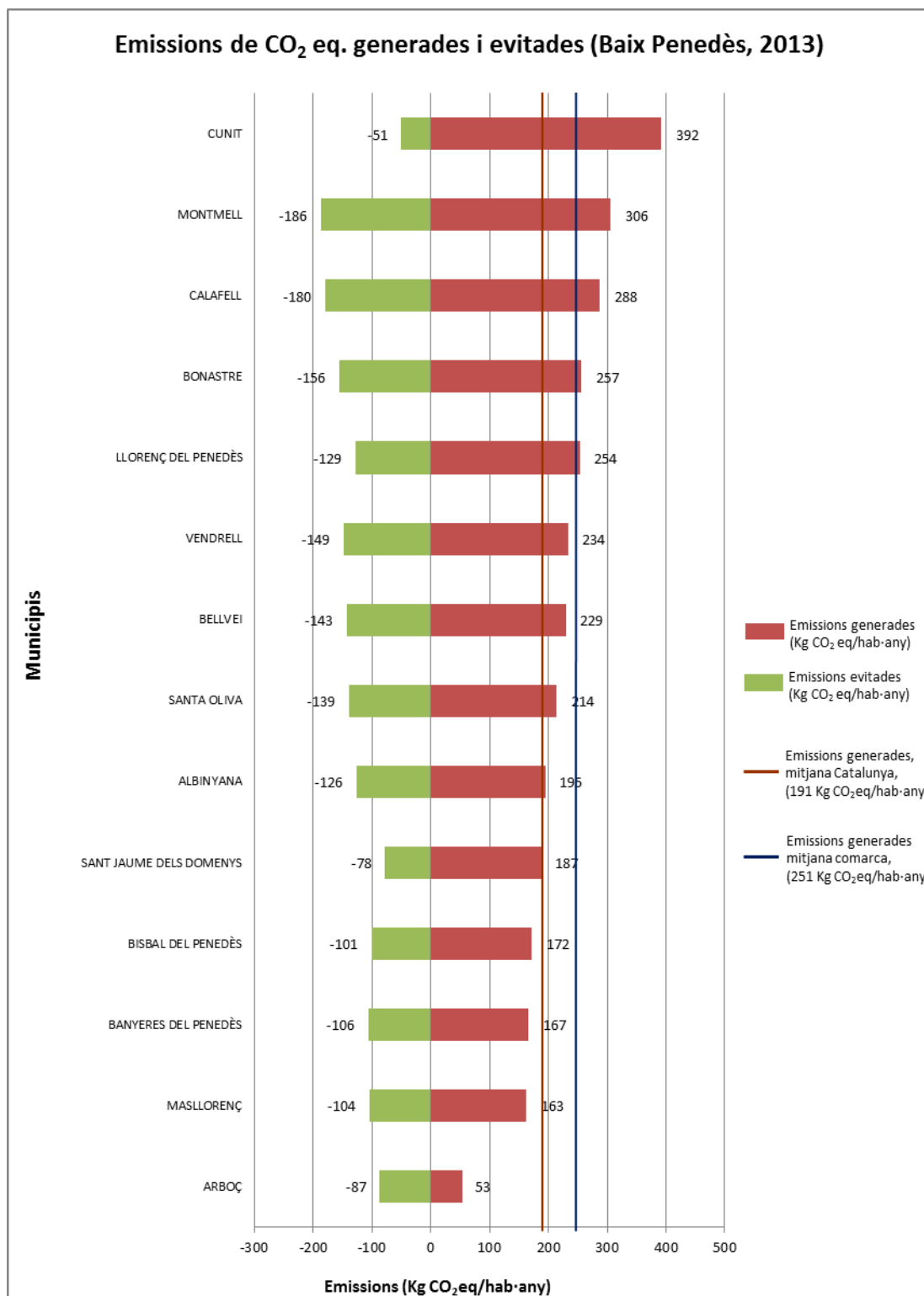


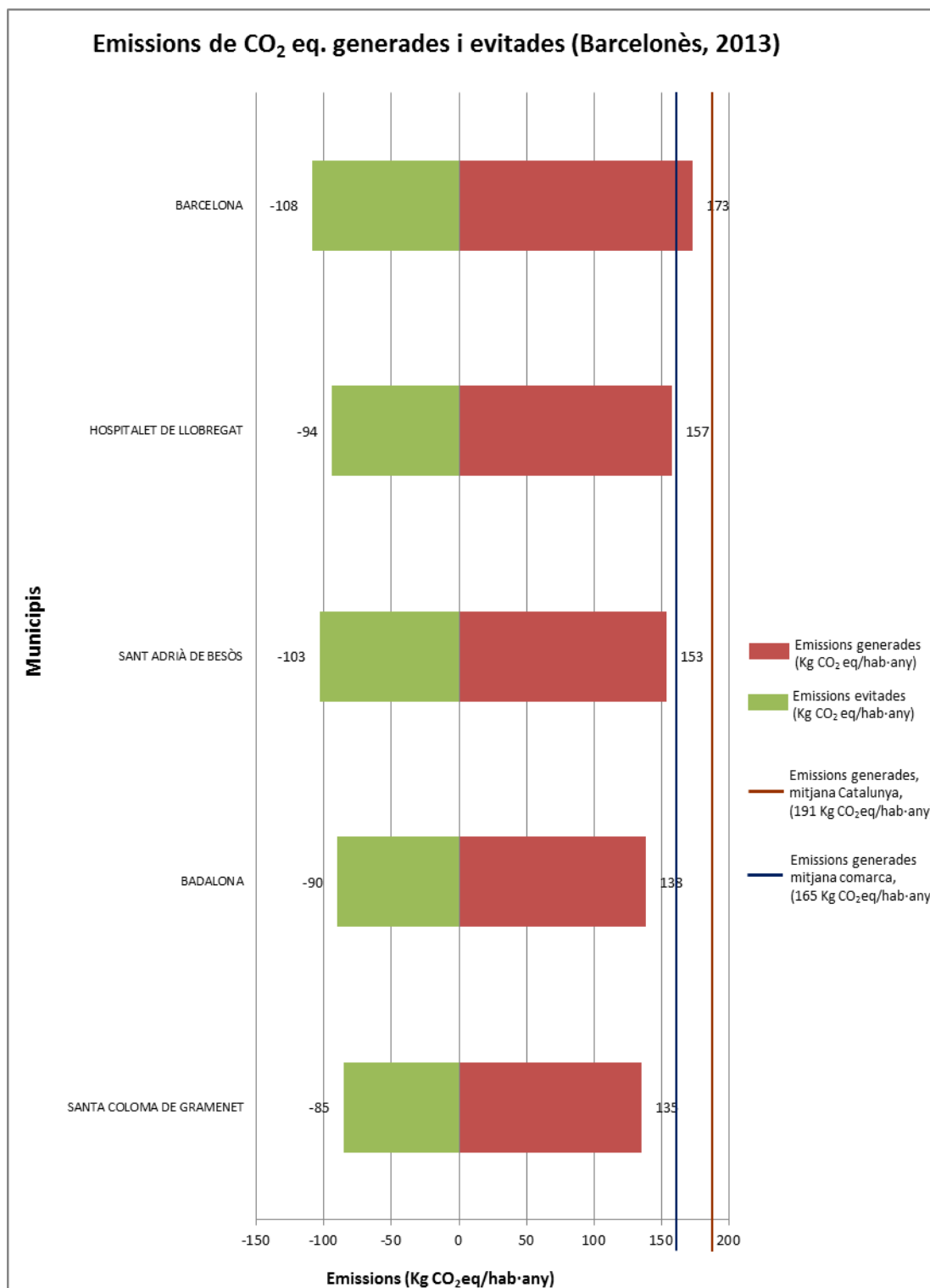
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Baix Empordà, 2013)



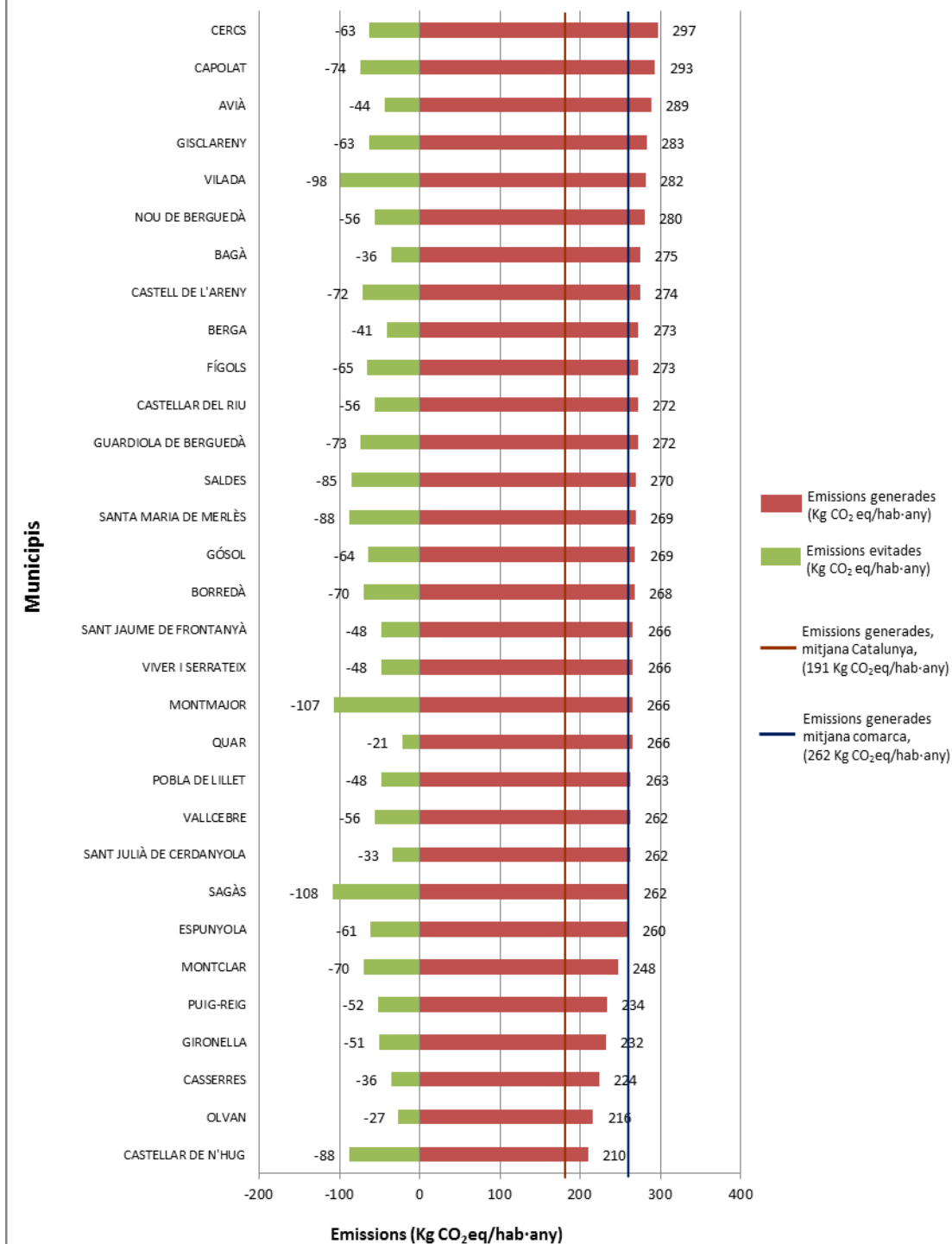
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Baix Llobregat, 2013)

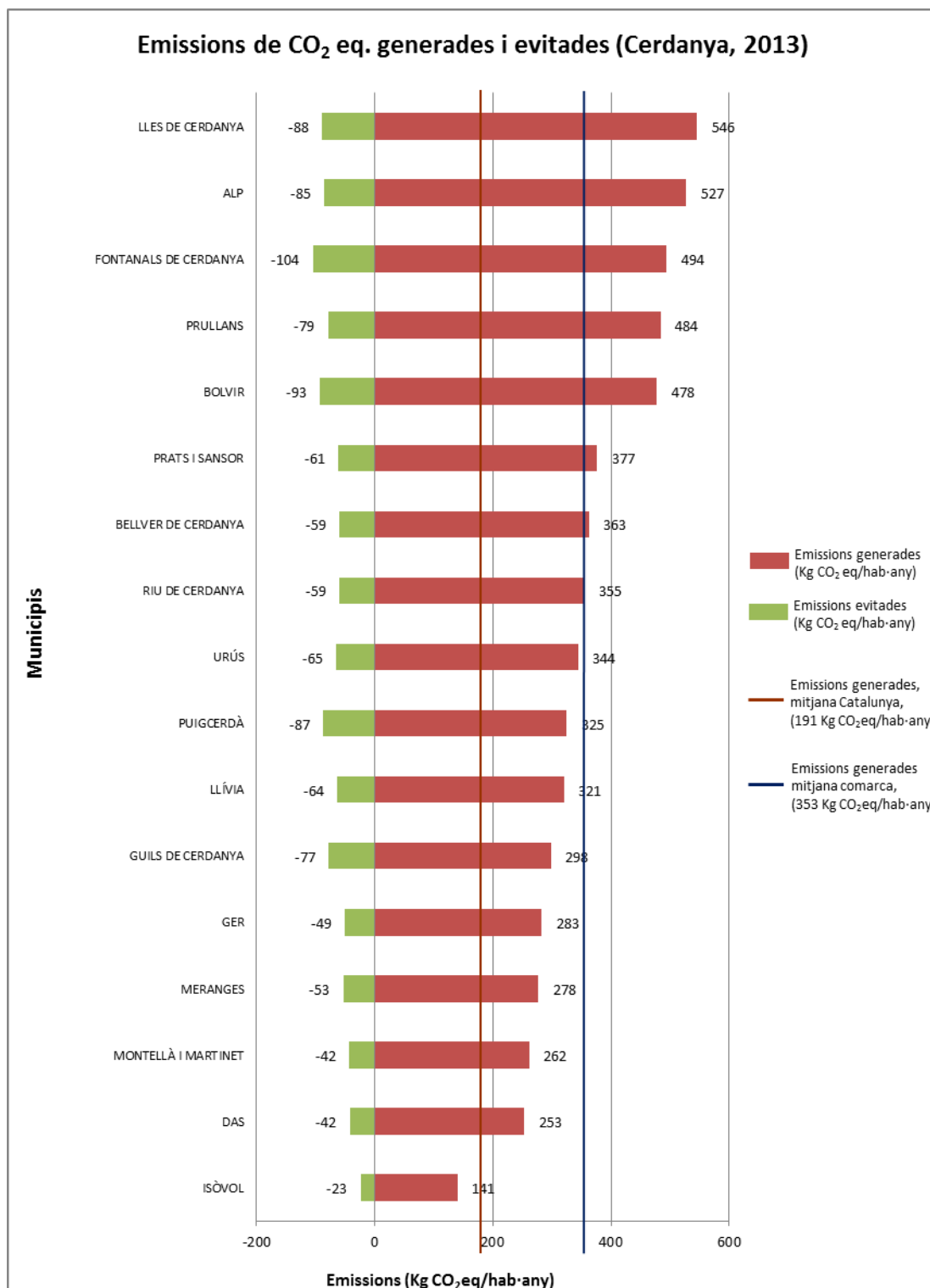




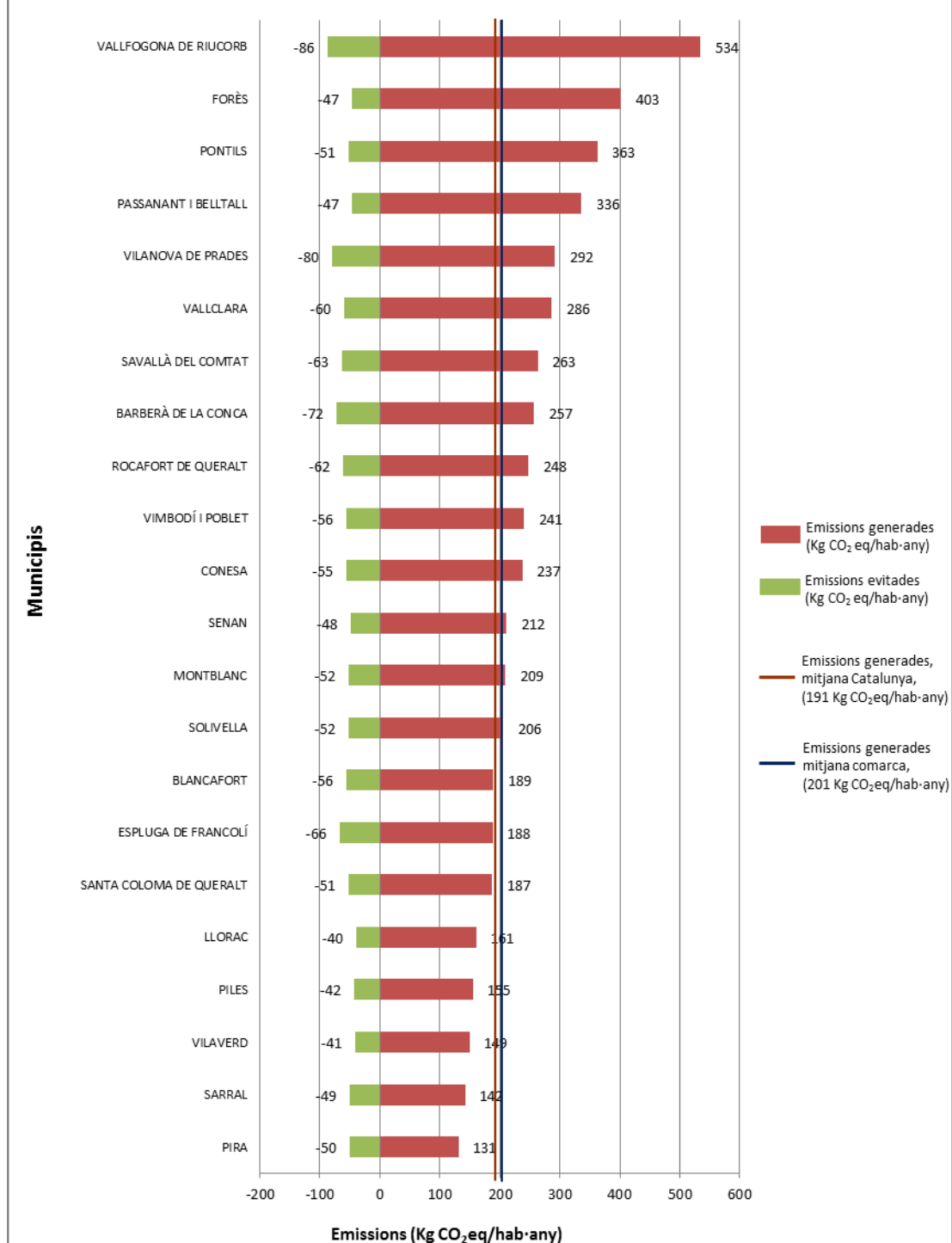


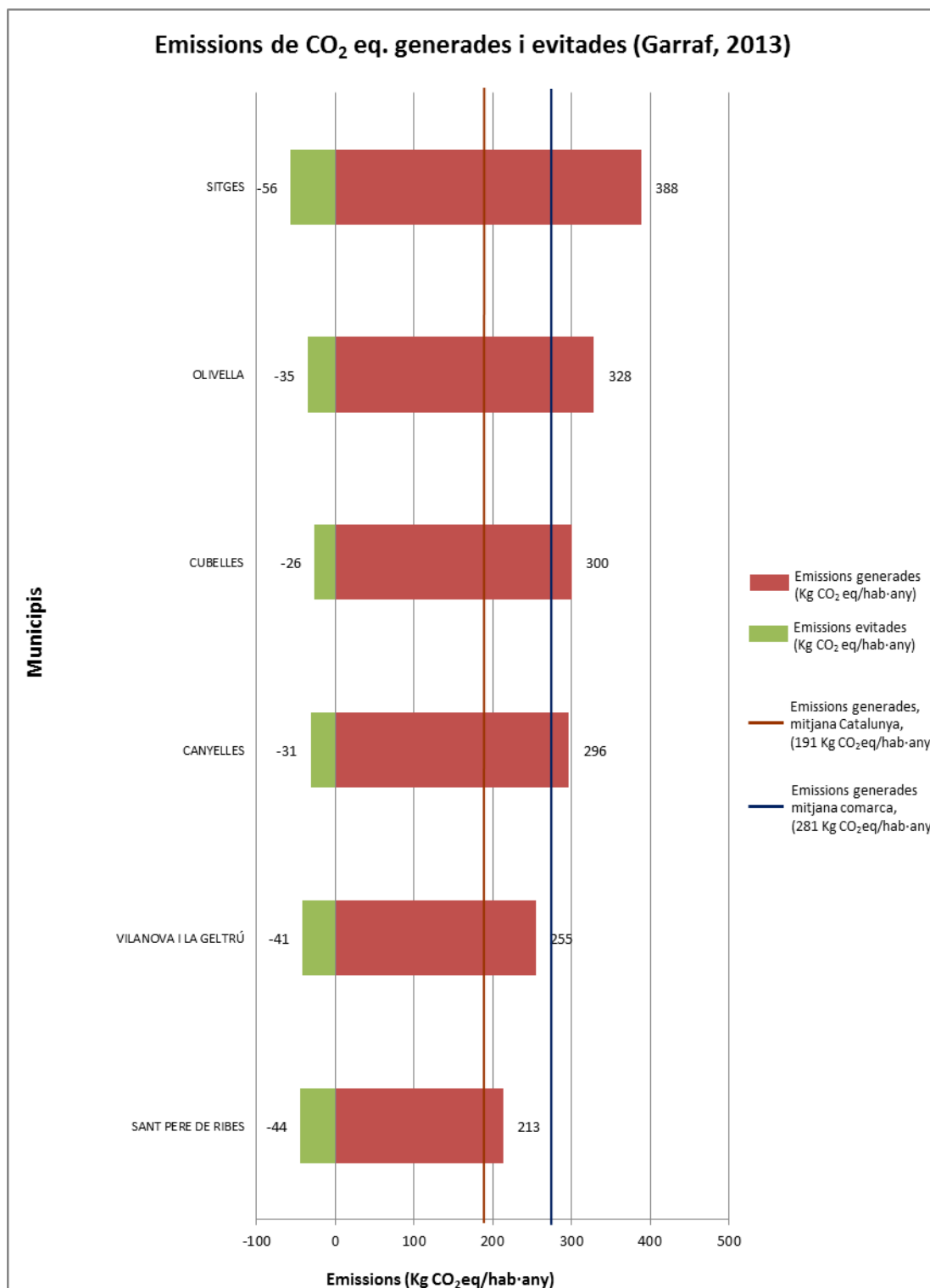
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Berguedà, 2013)

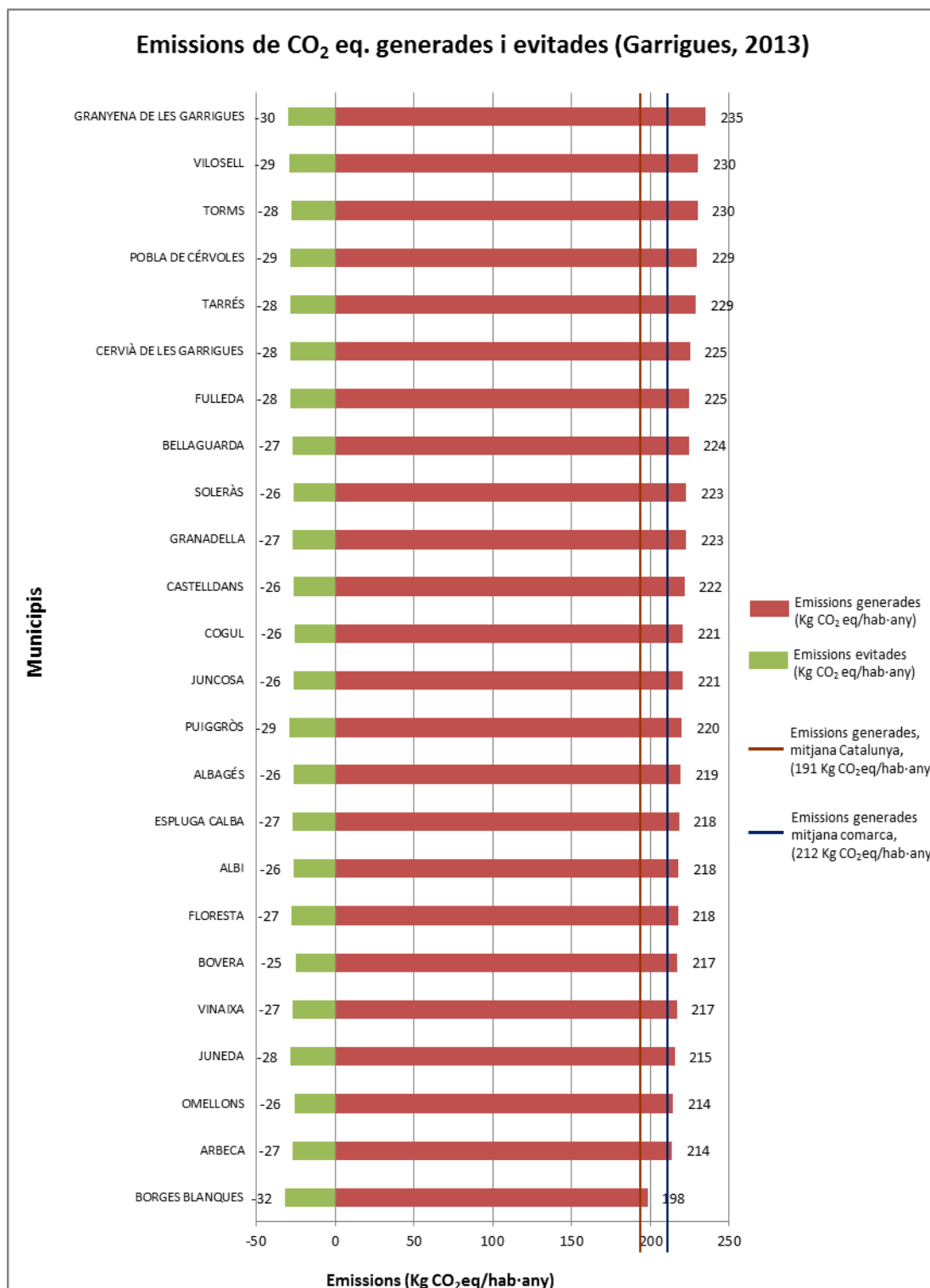


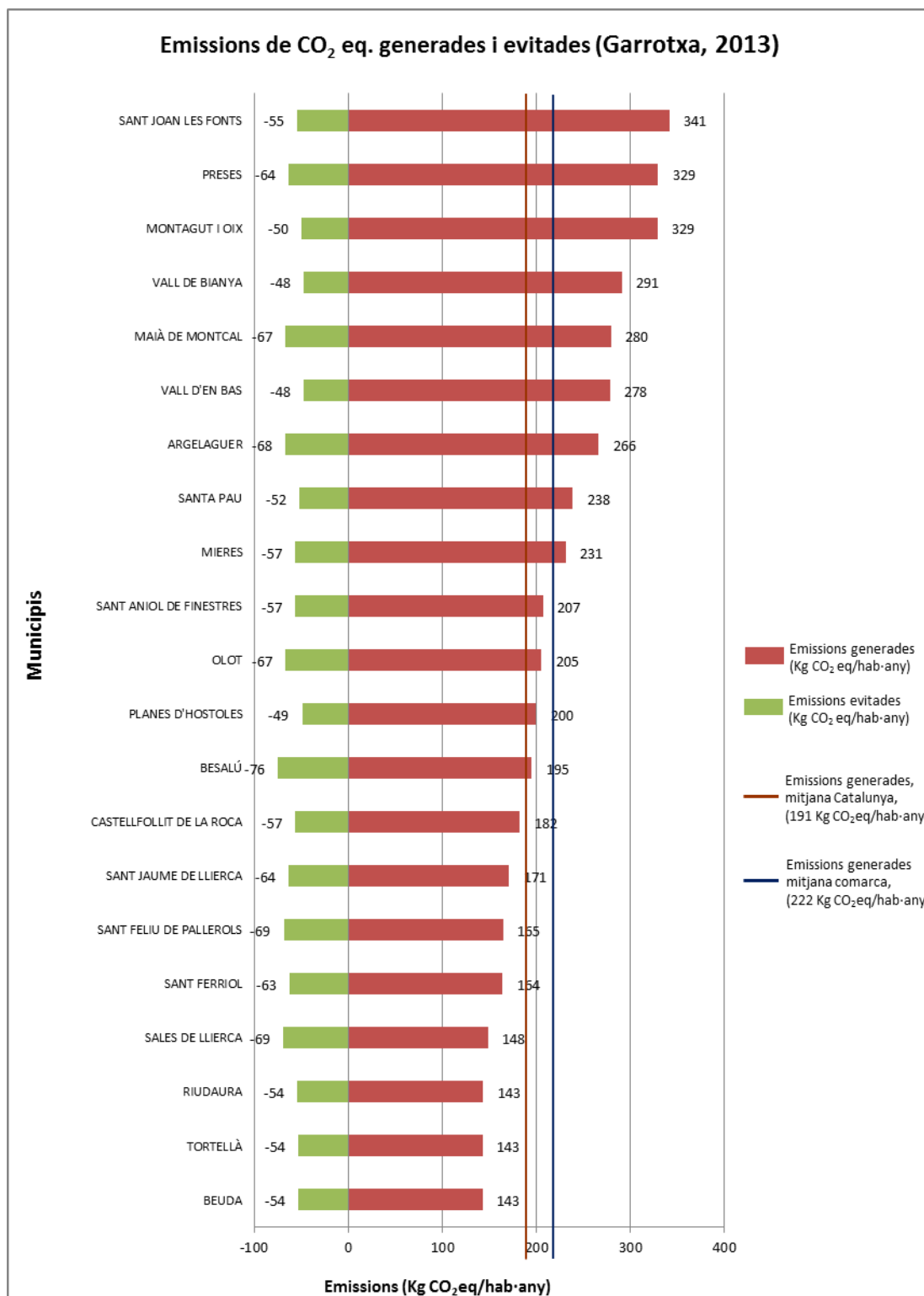


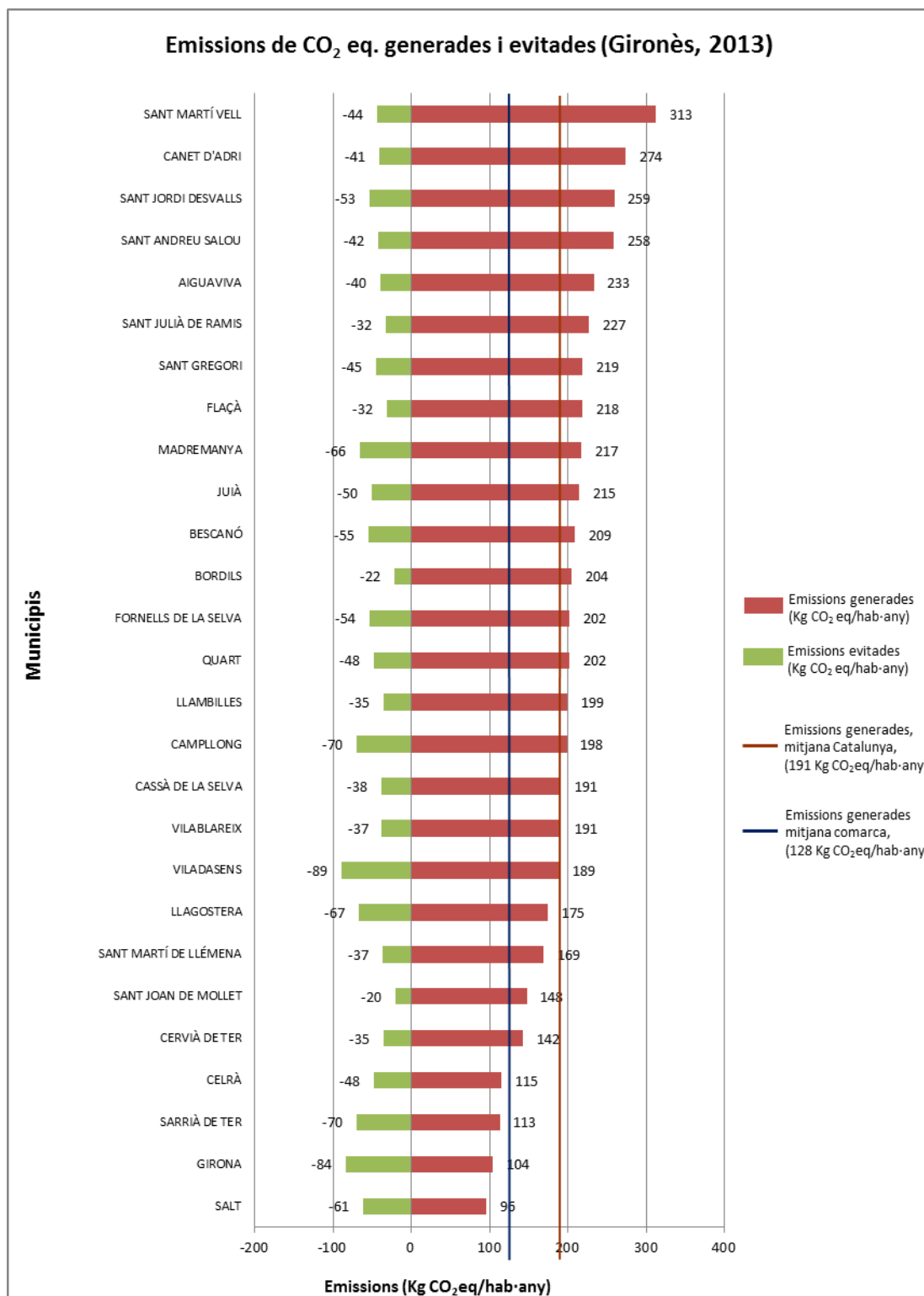
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Conca de Barberà, 2013)

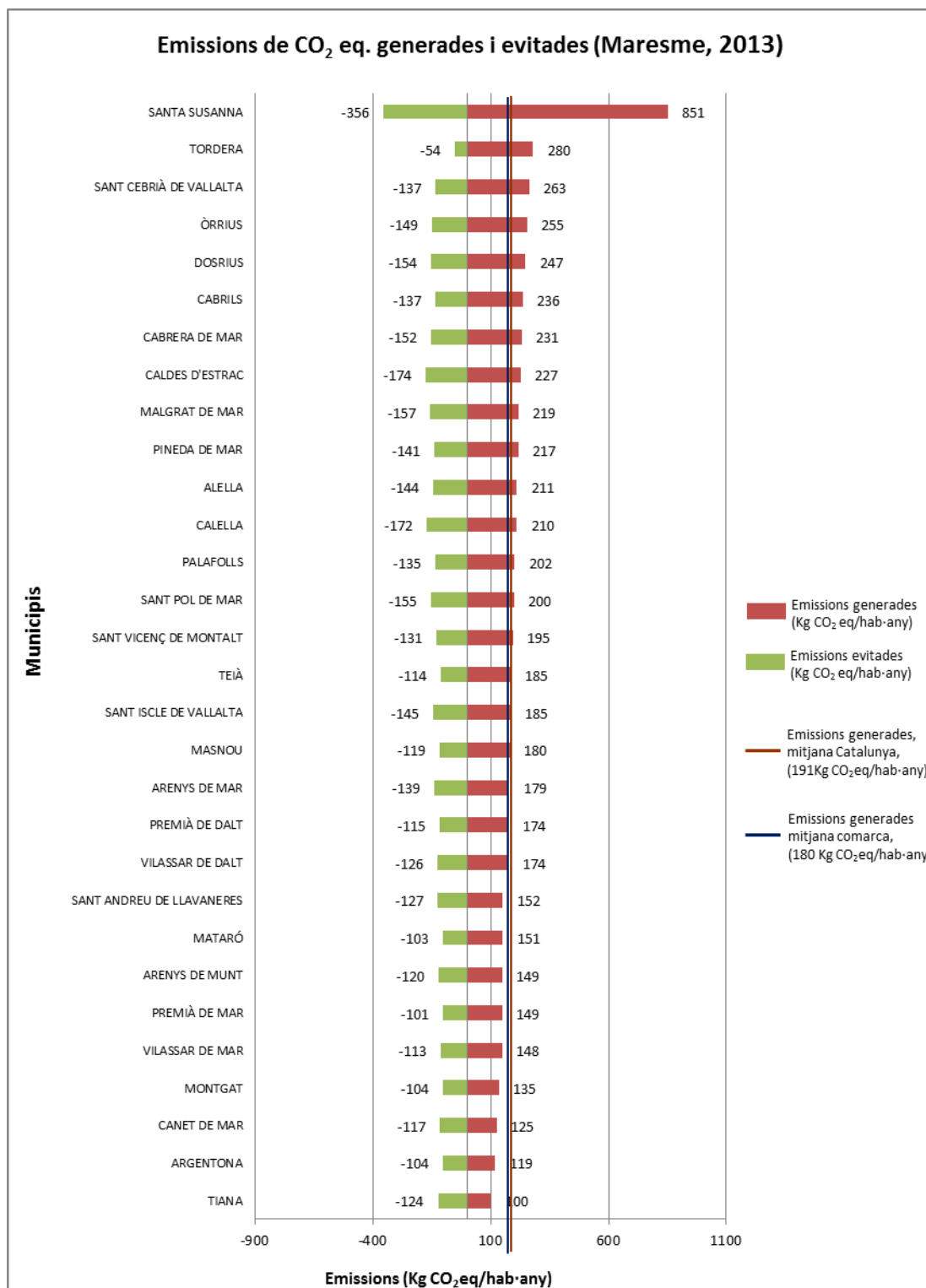


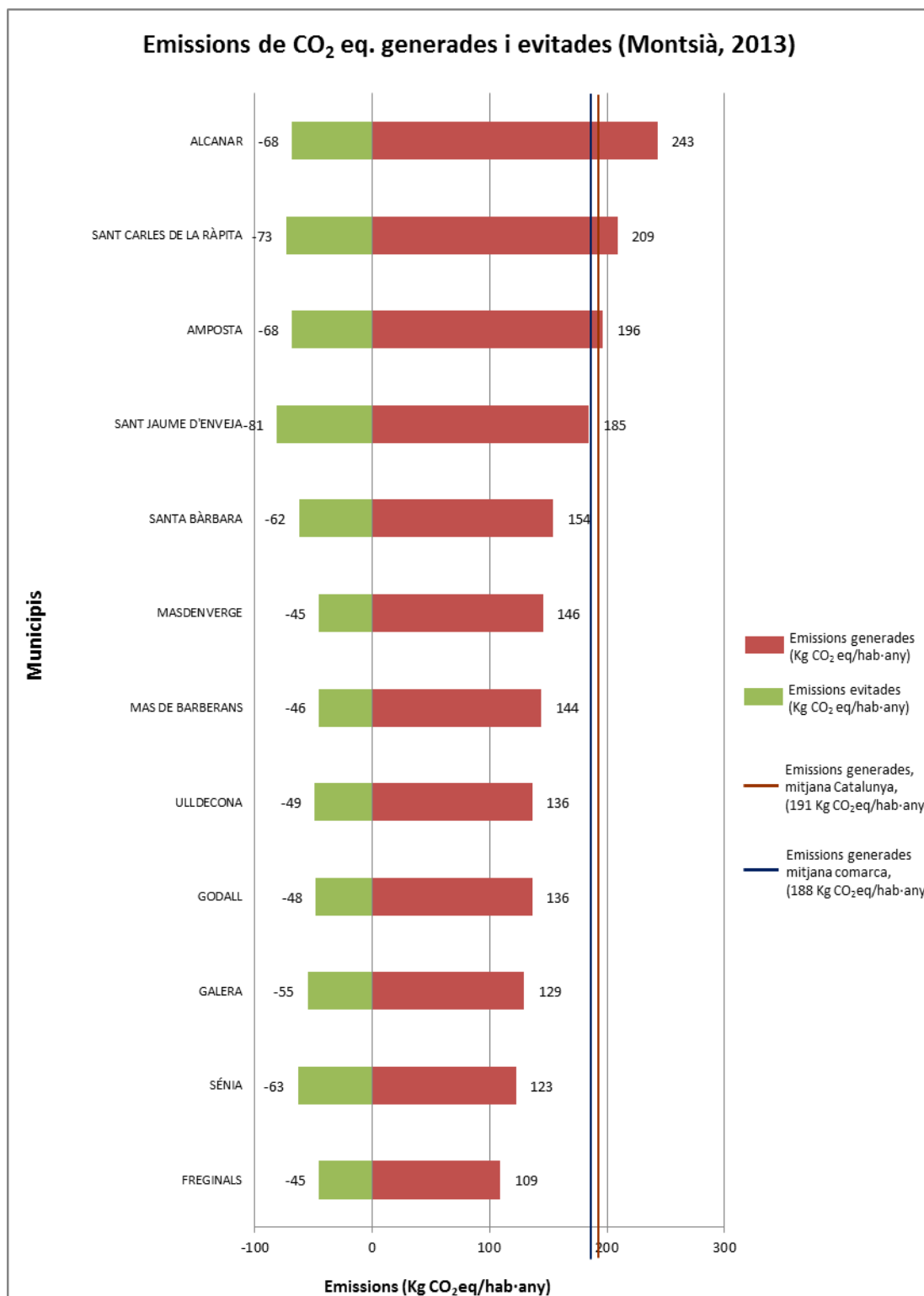


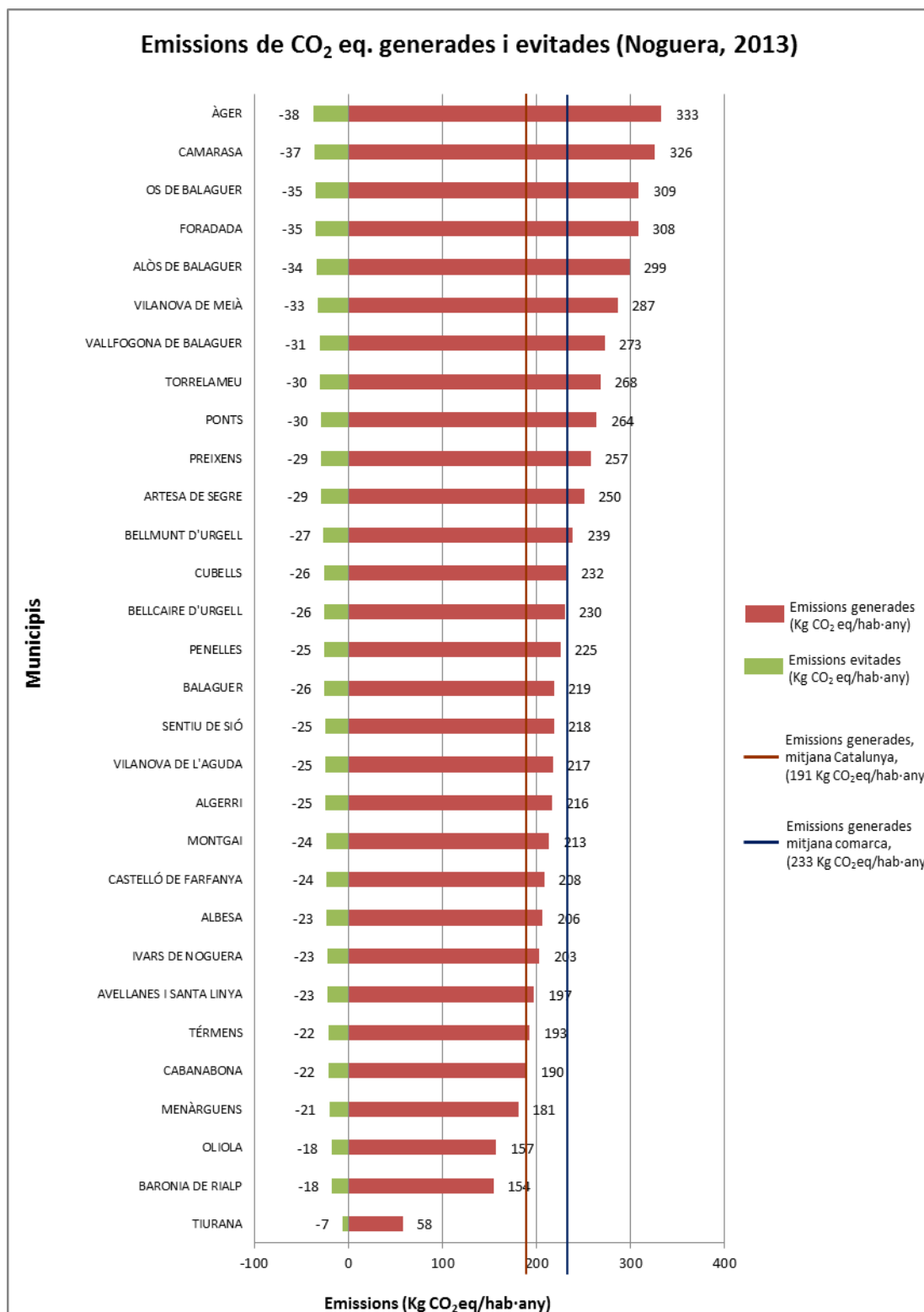




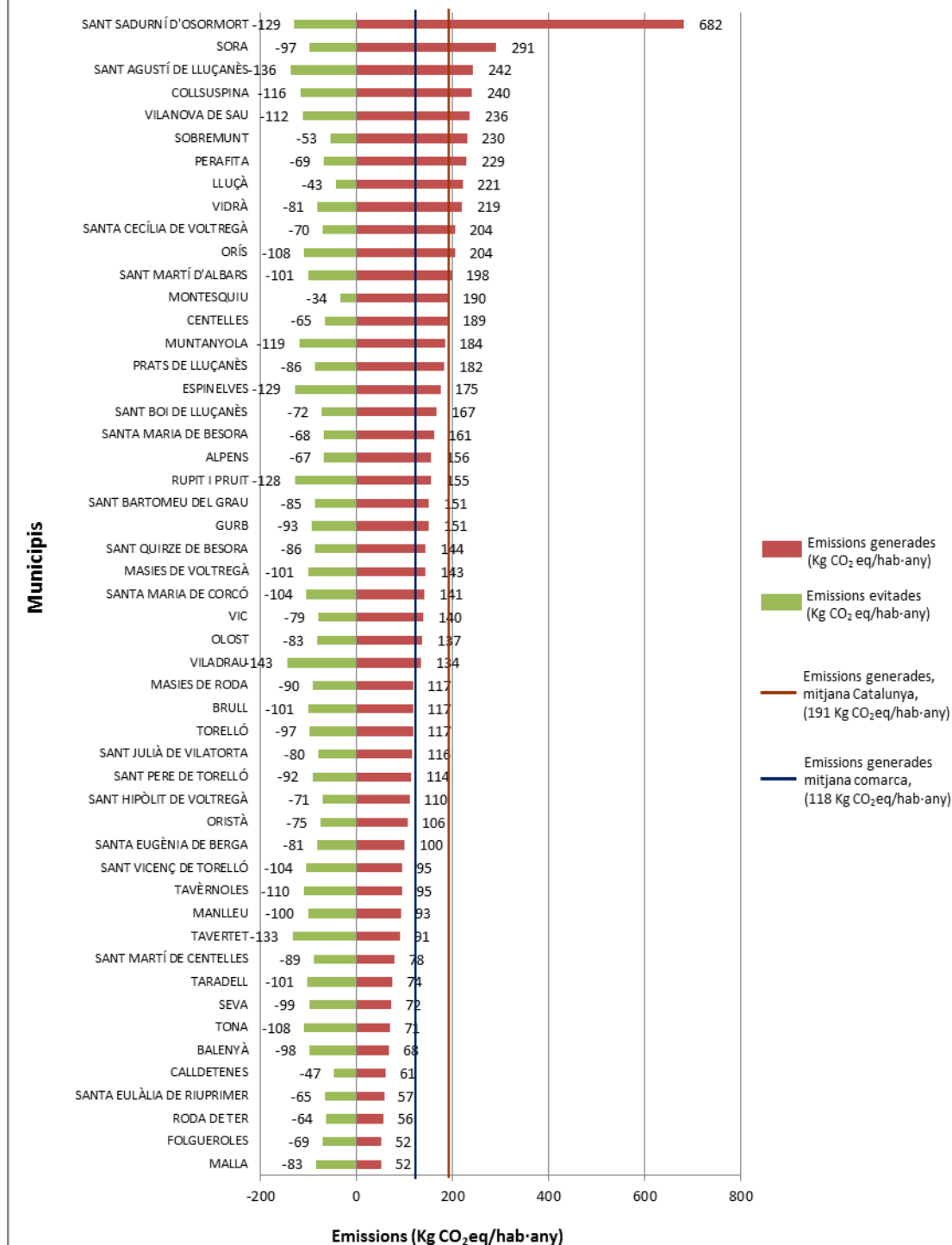




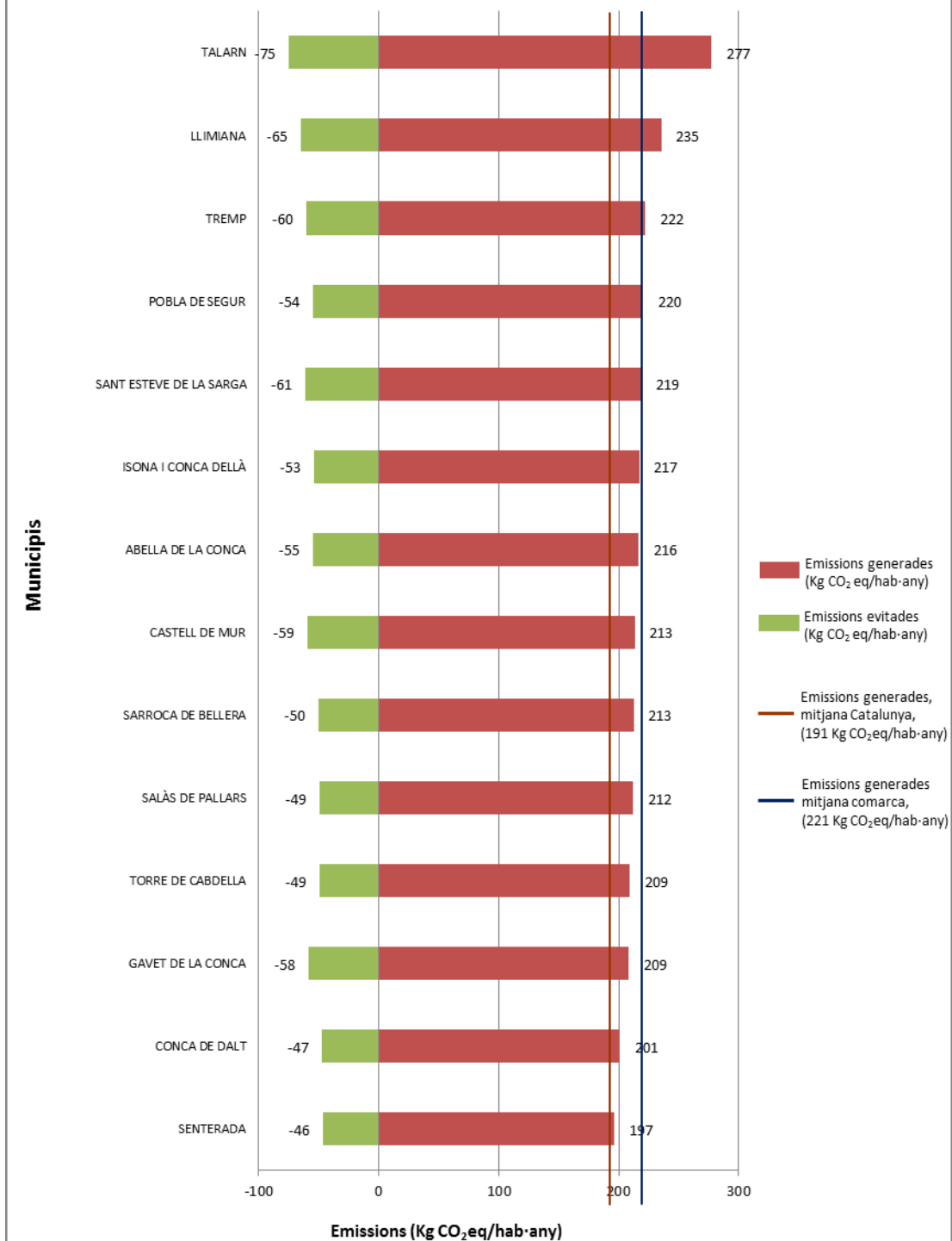




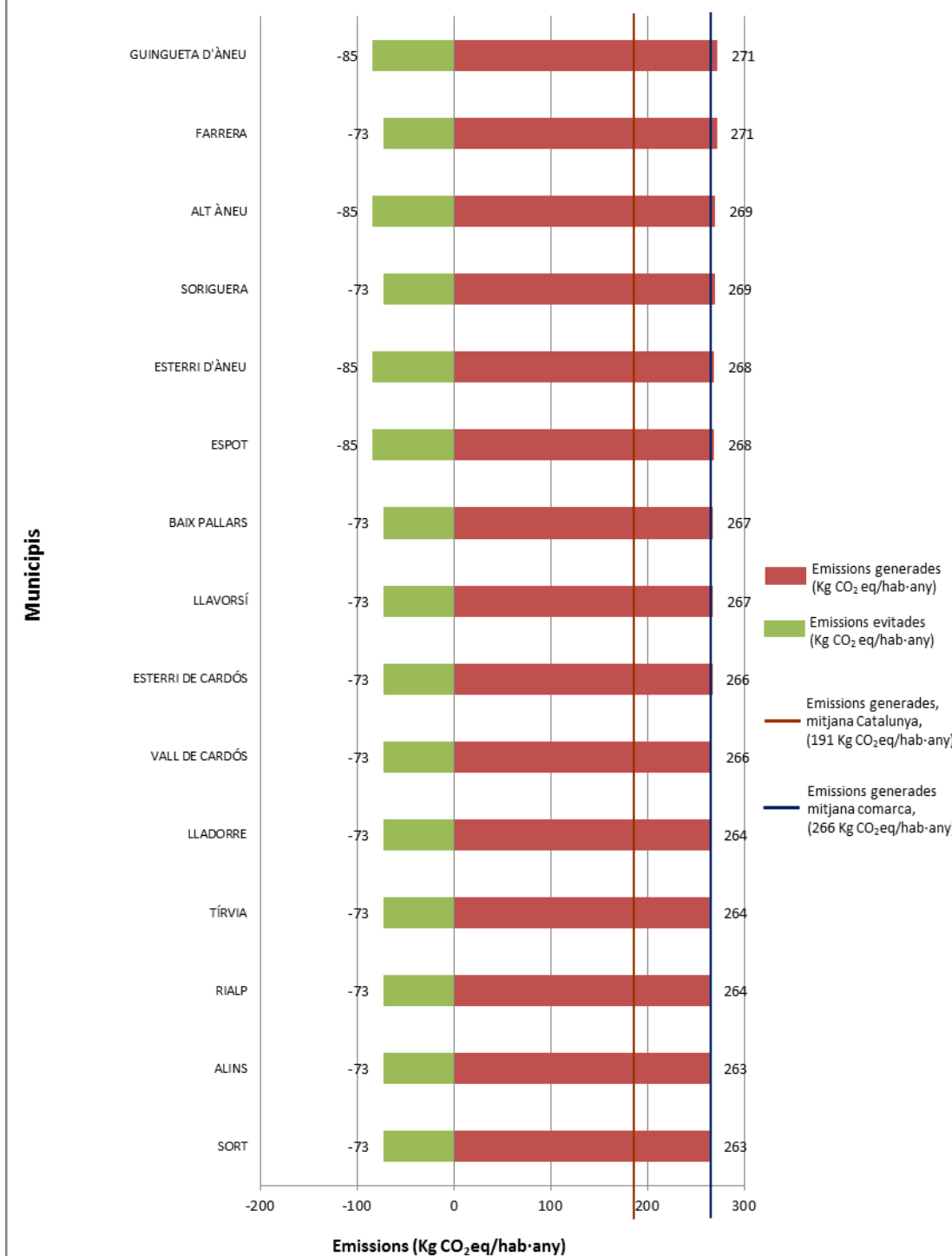
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Osona, 2013)



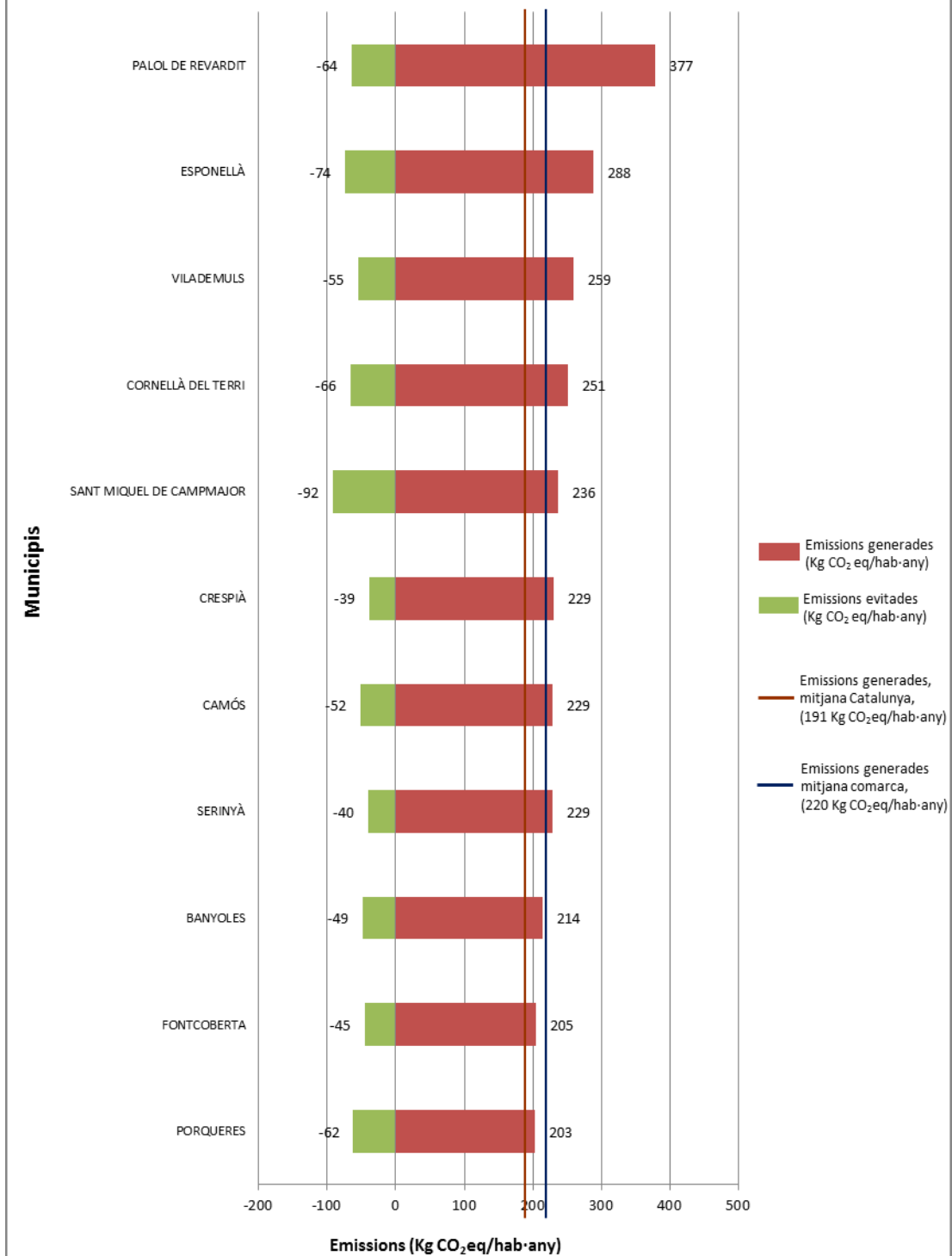
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Pallars Jussà, 2013)

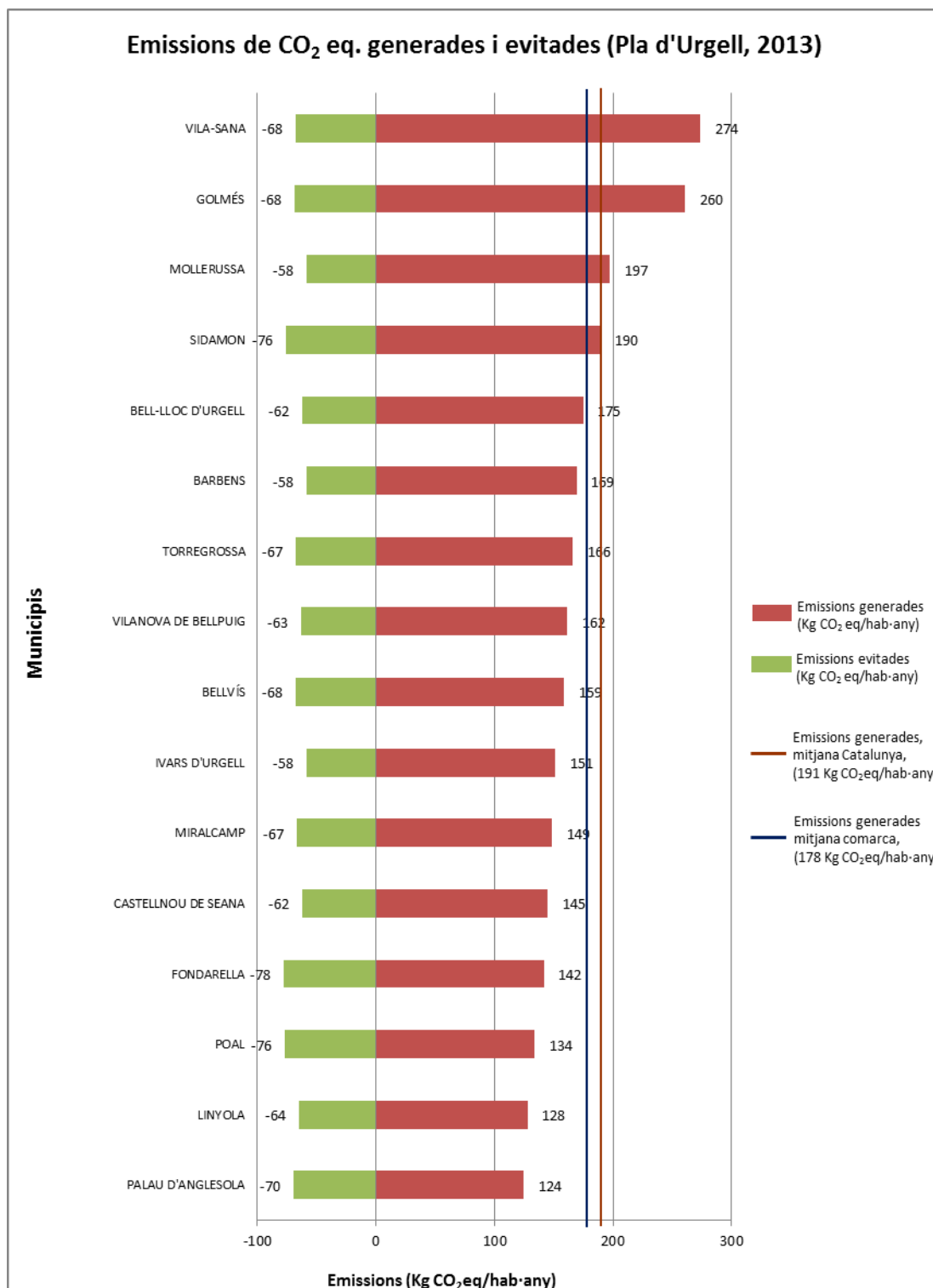


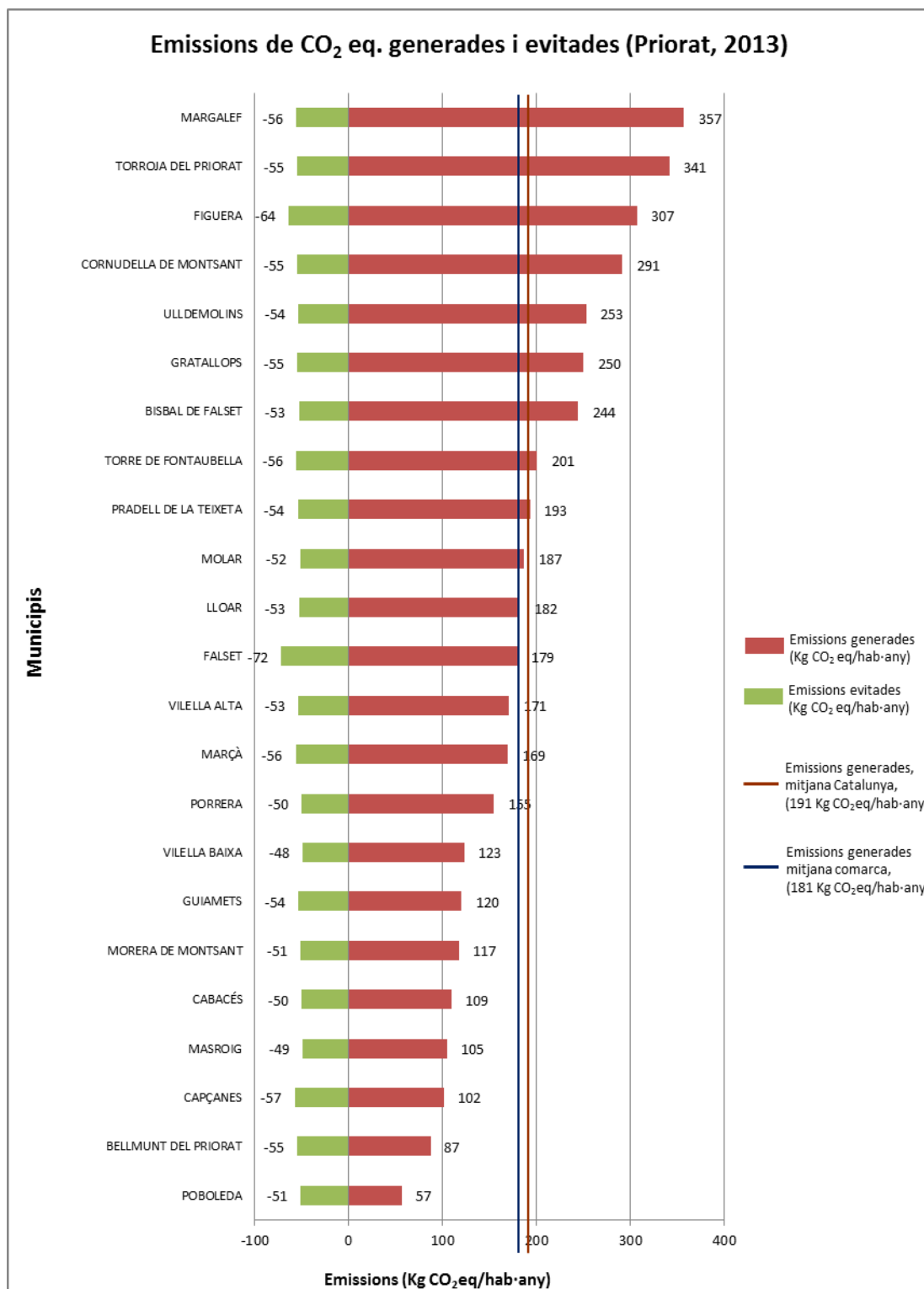
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Pallars Sobirà, 2013)

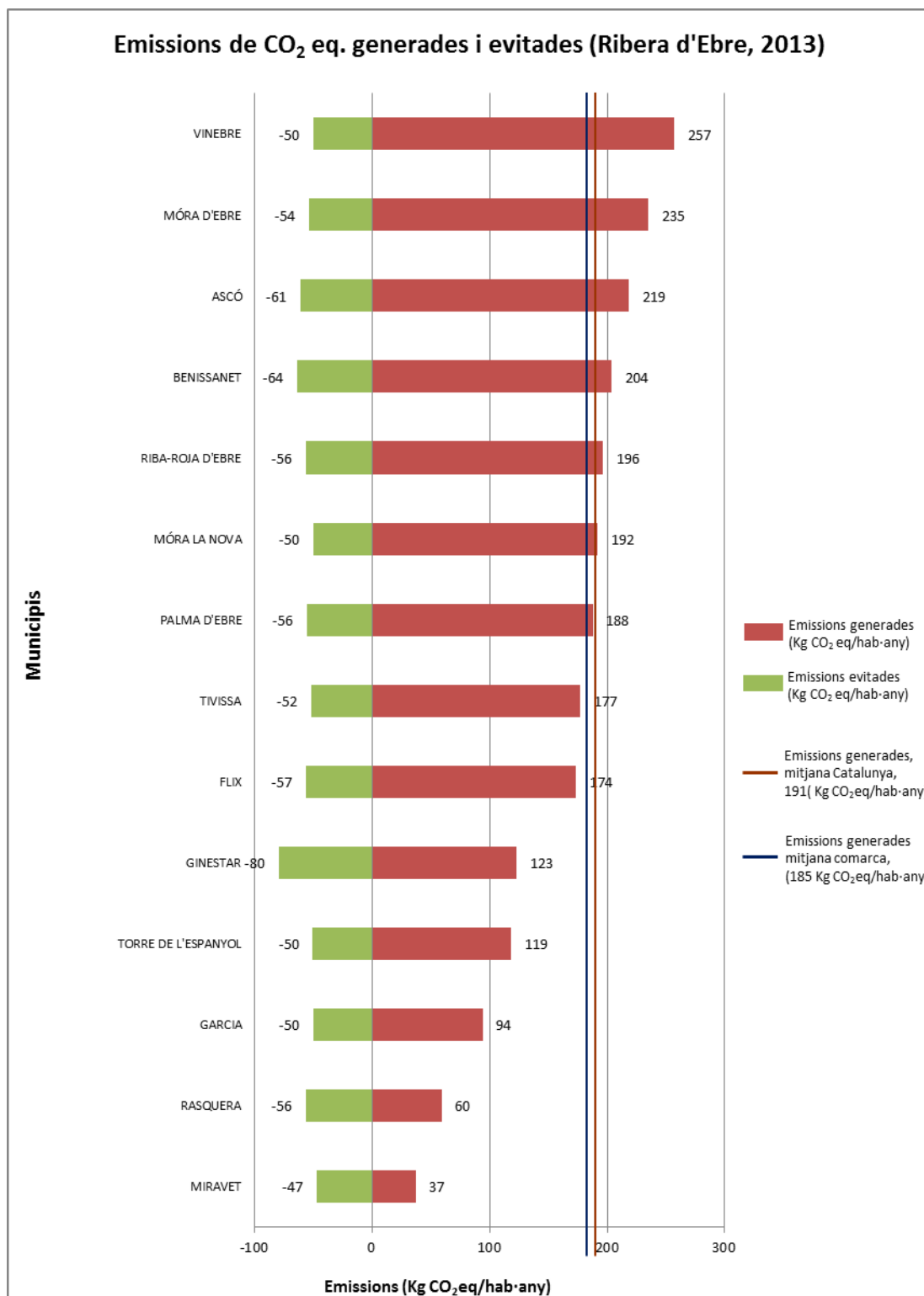


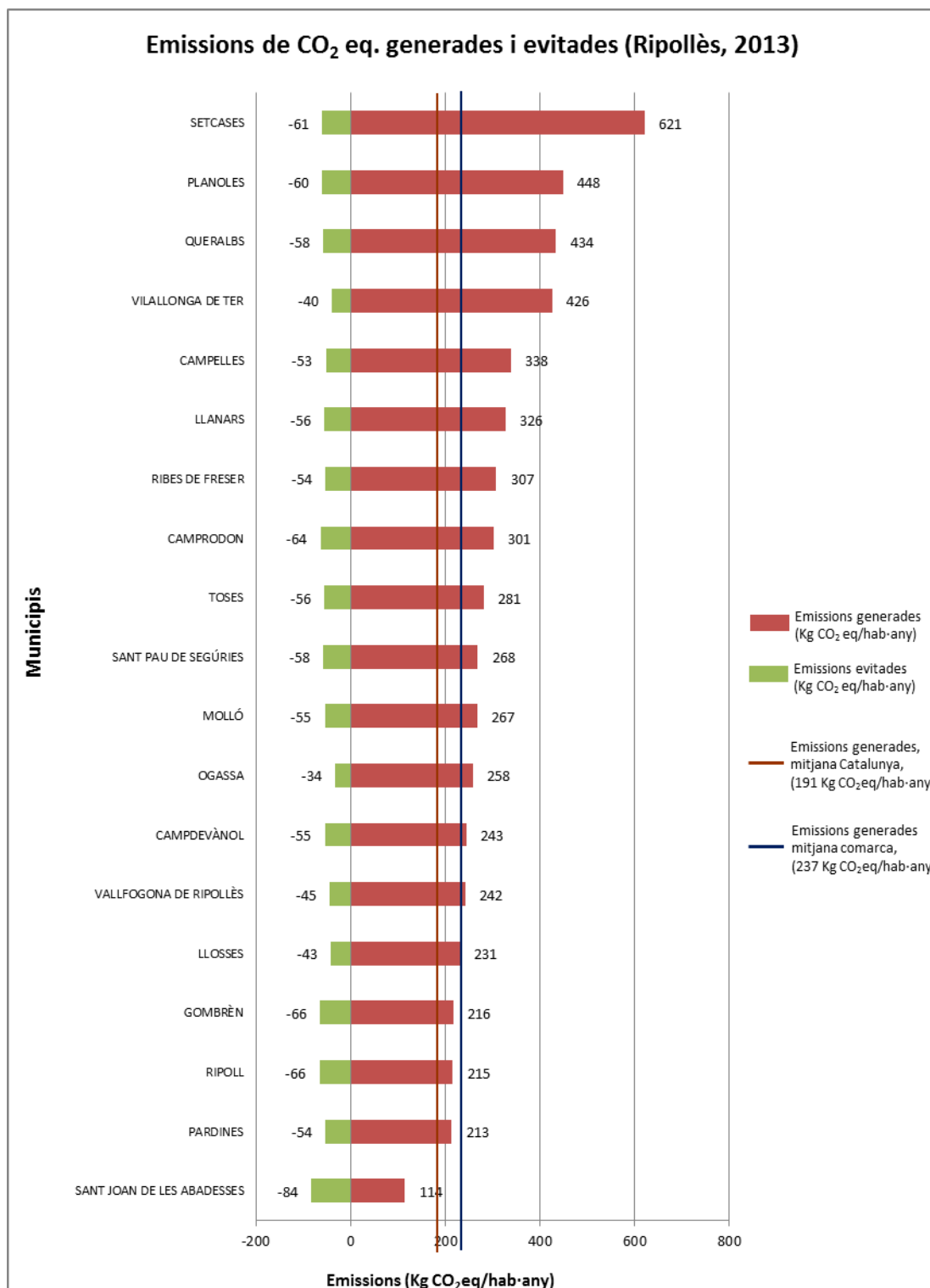
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Pla de l'Estany, 2013)



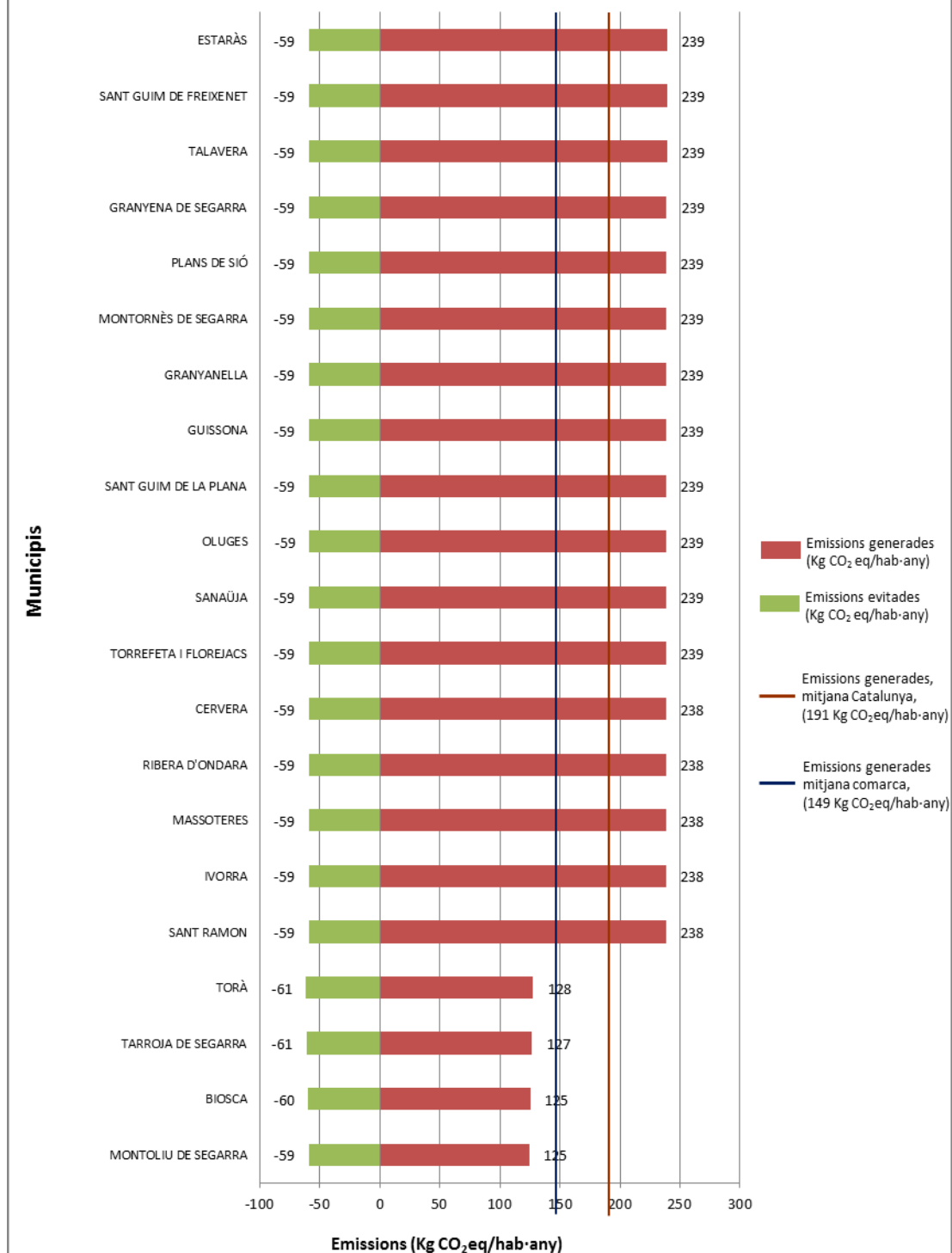


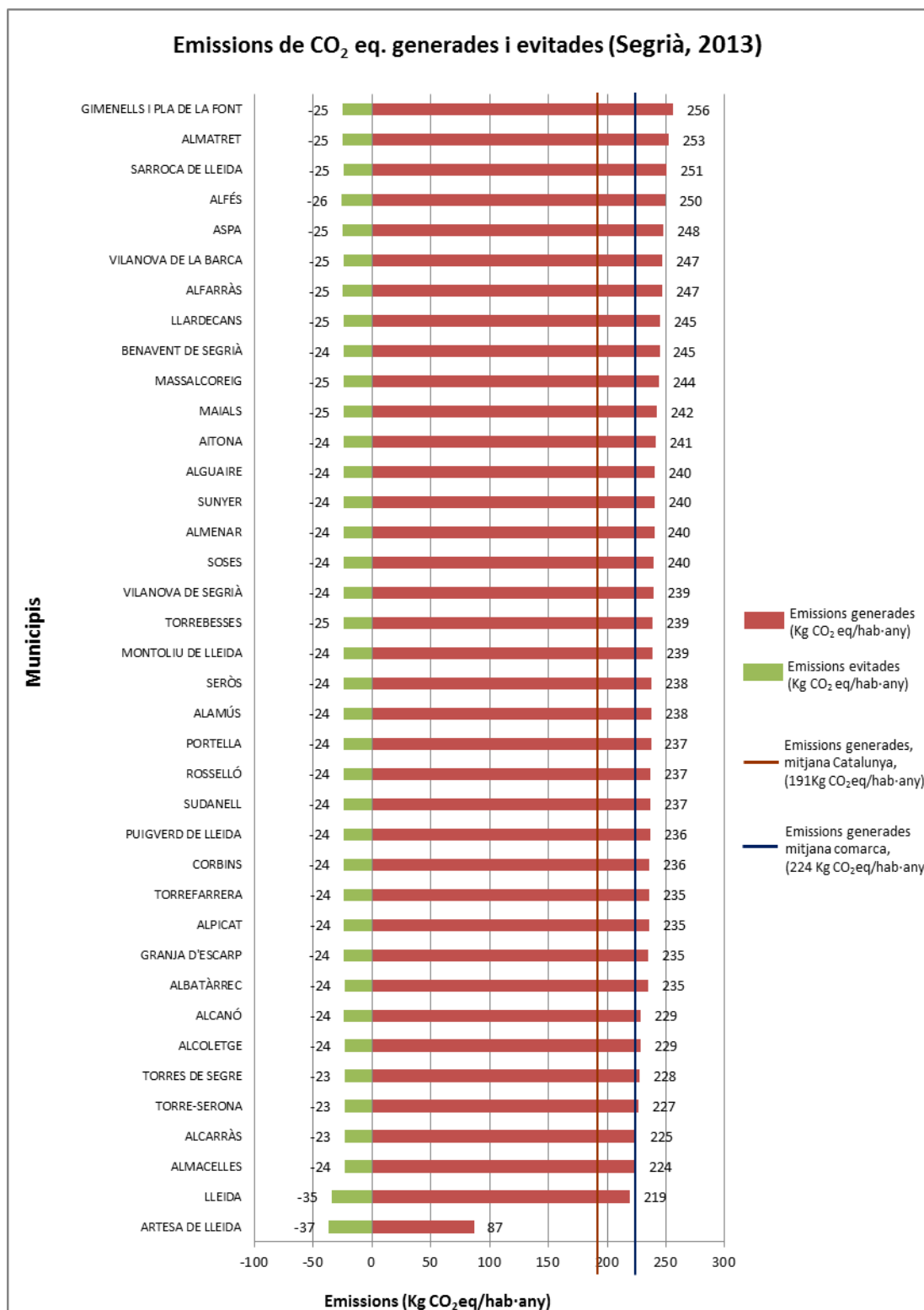


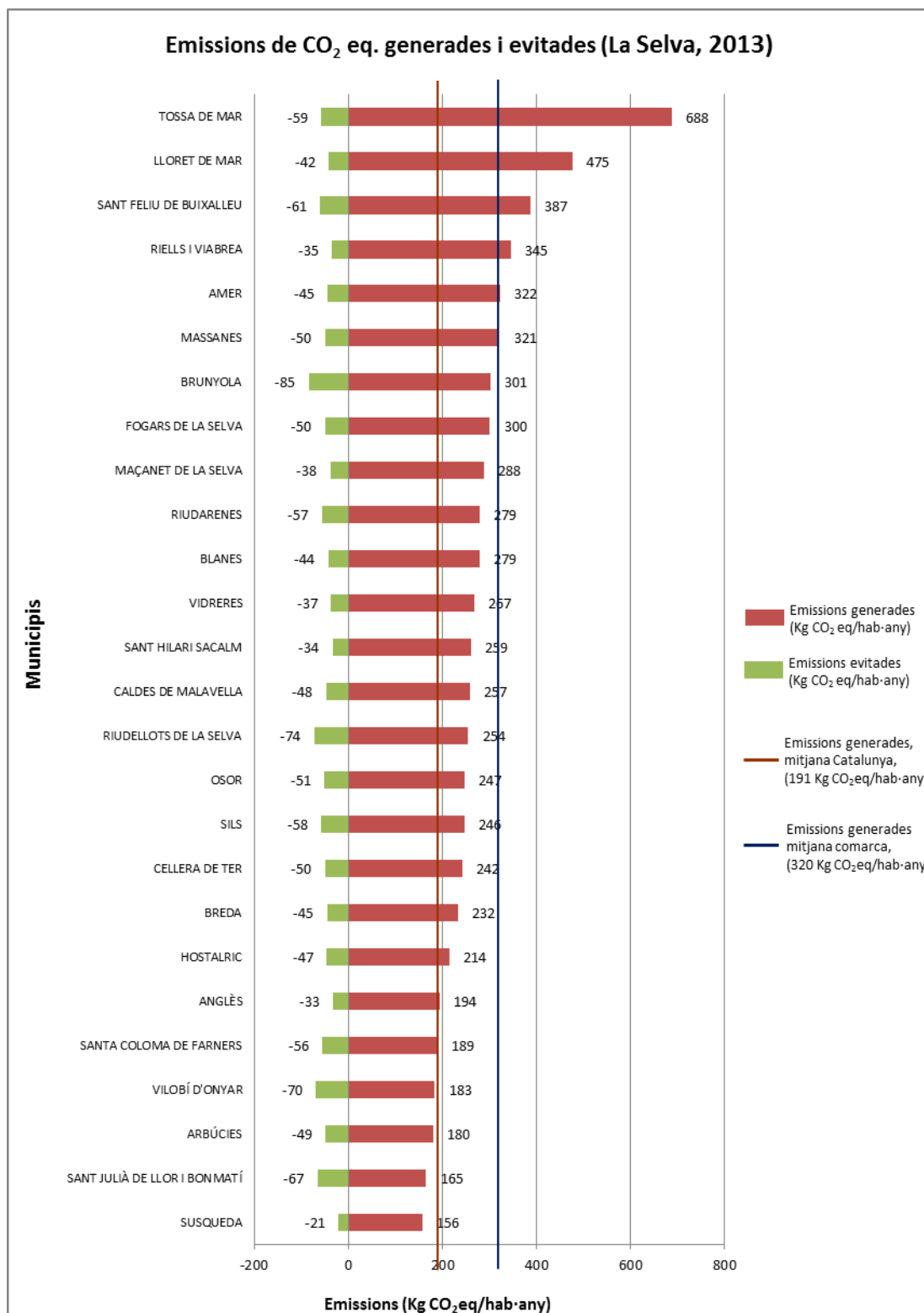


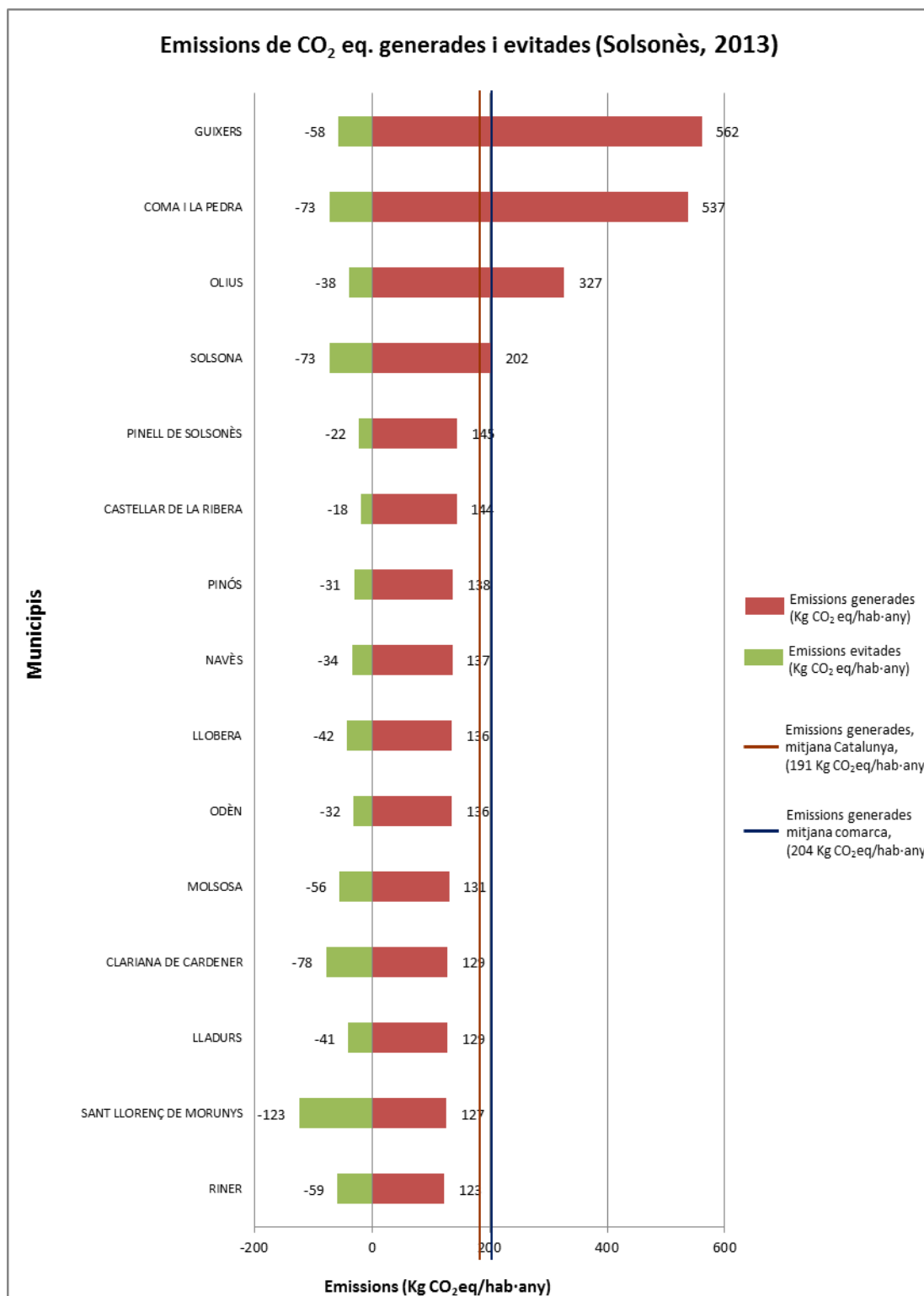


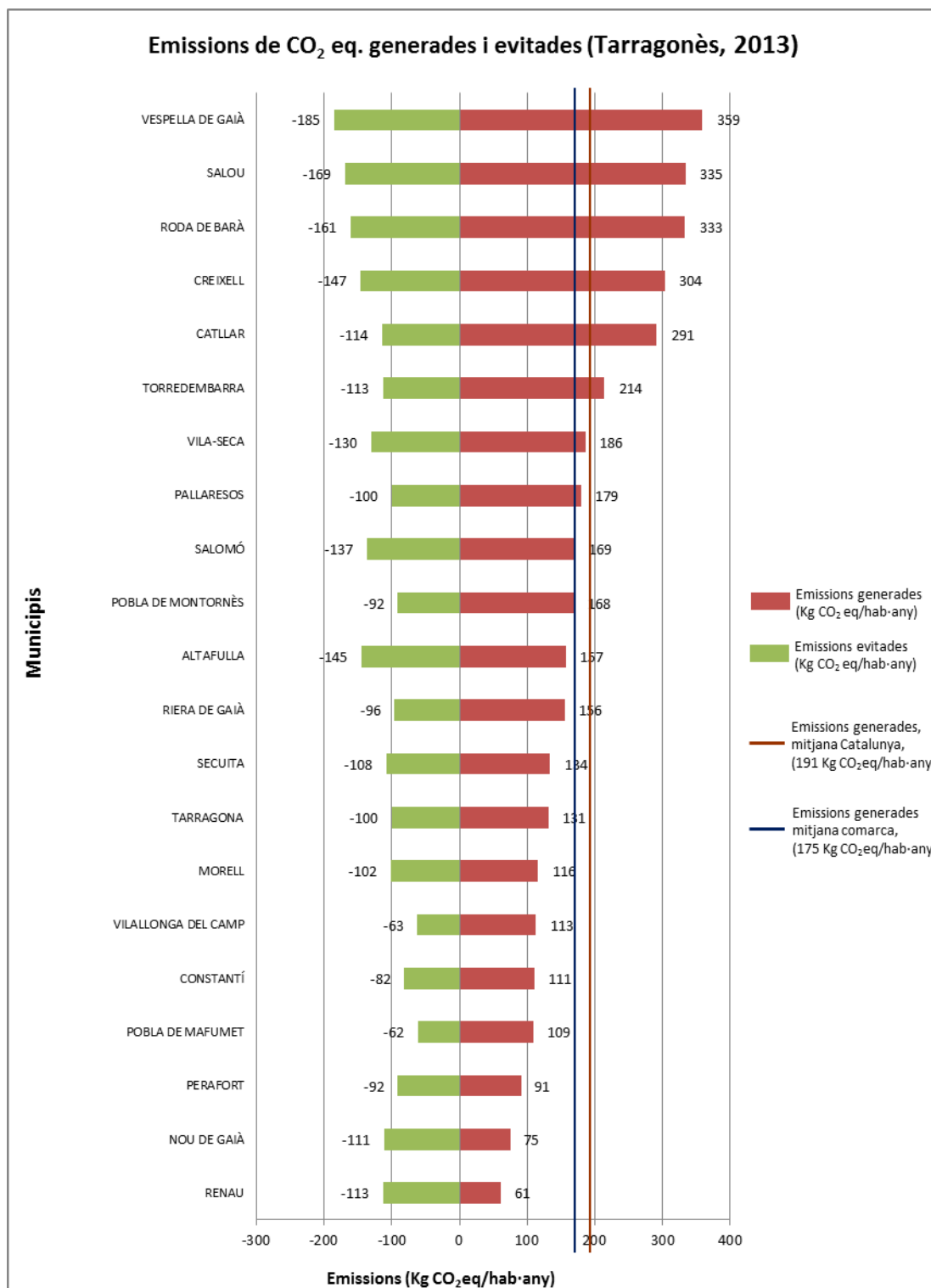
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Segarra, 2013)

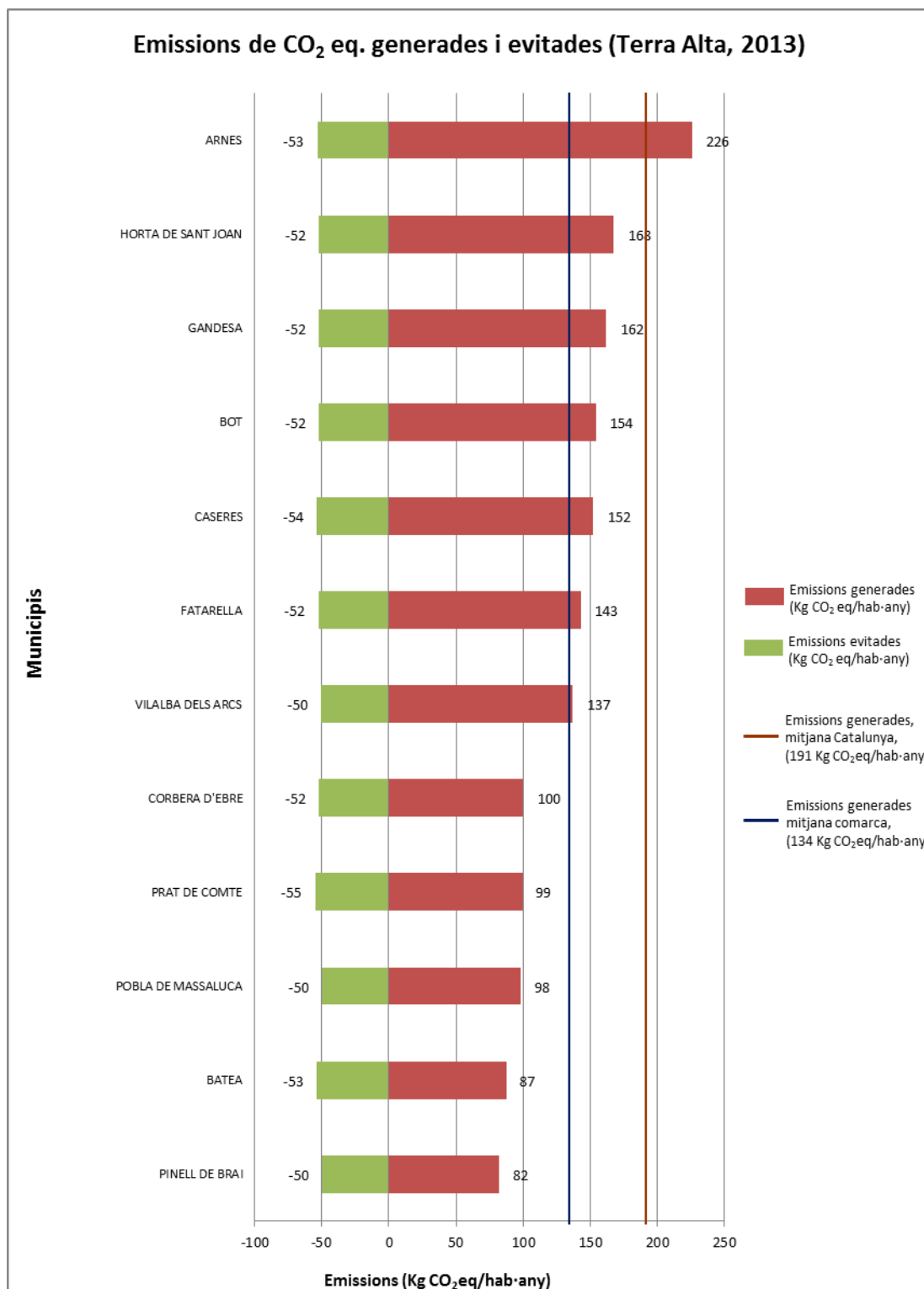


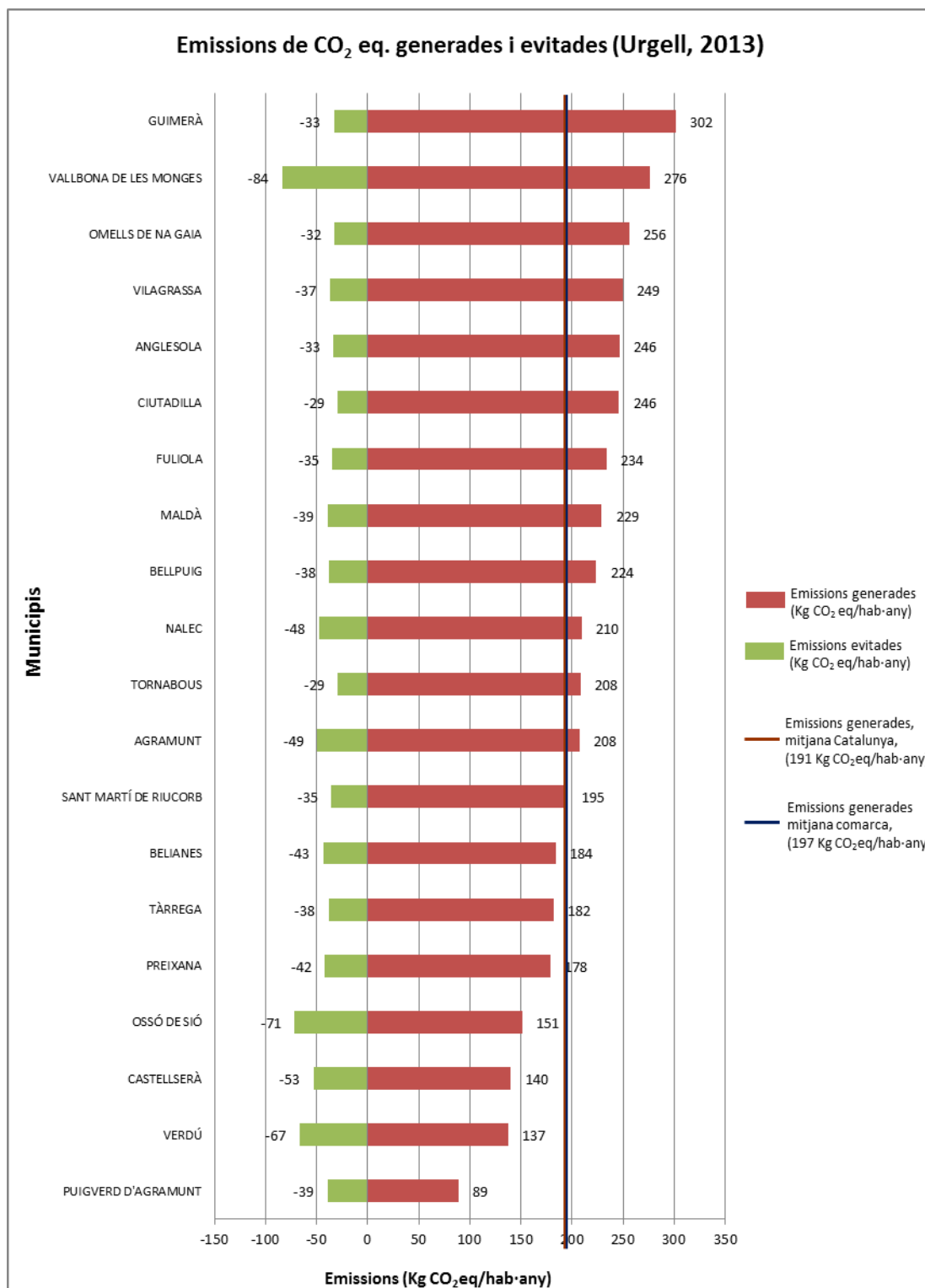


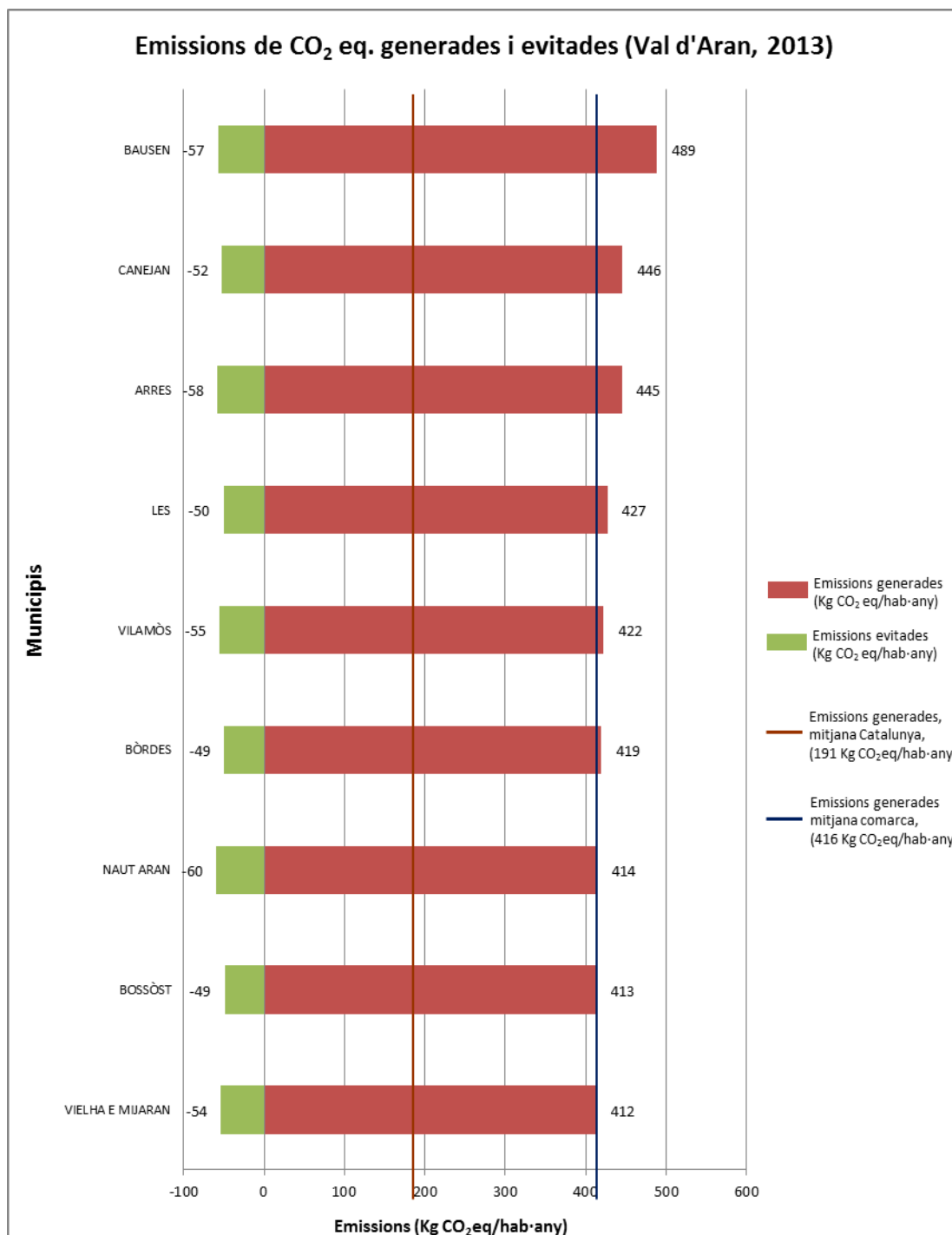




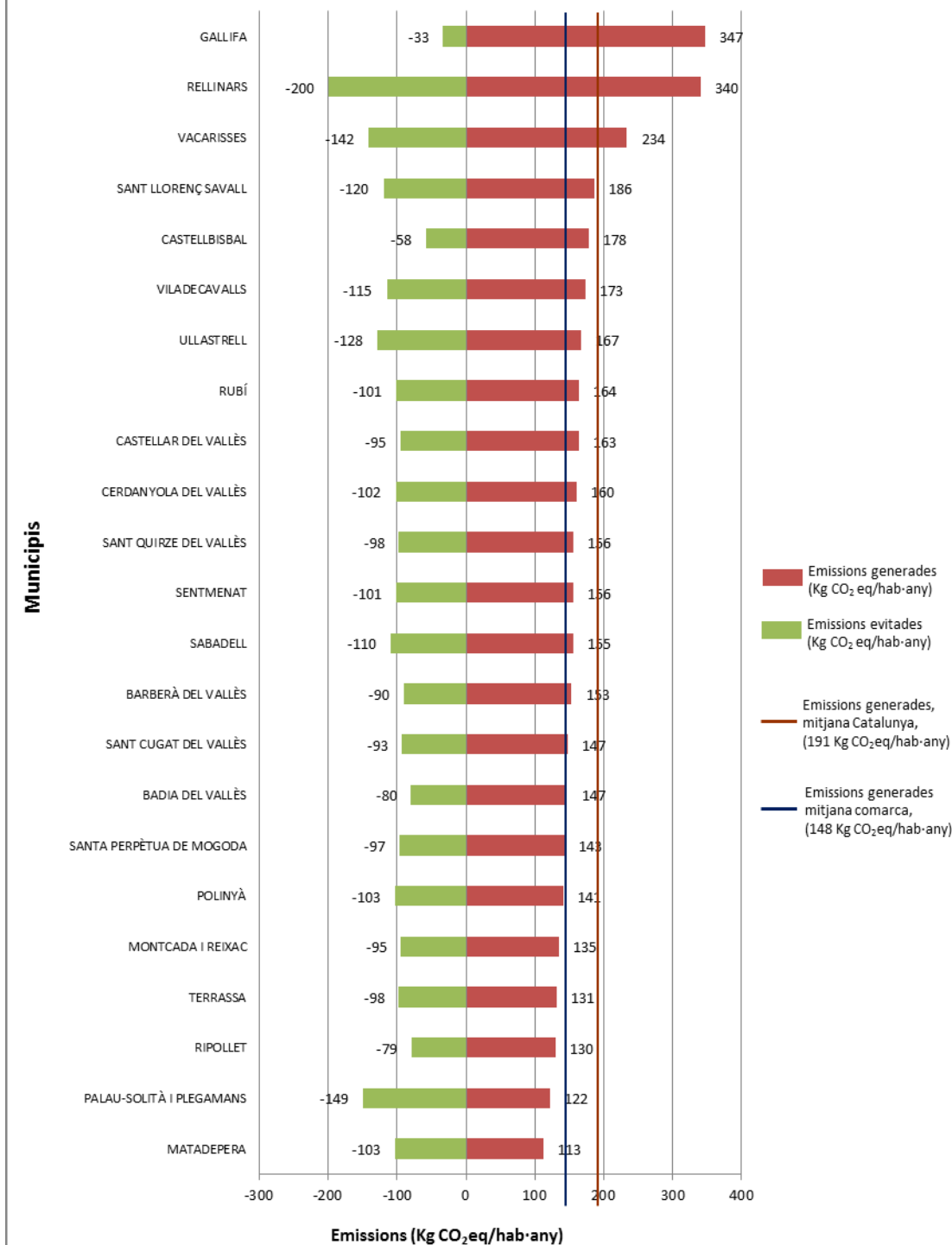




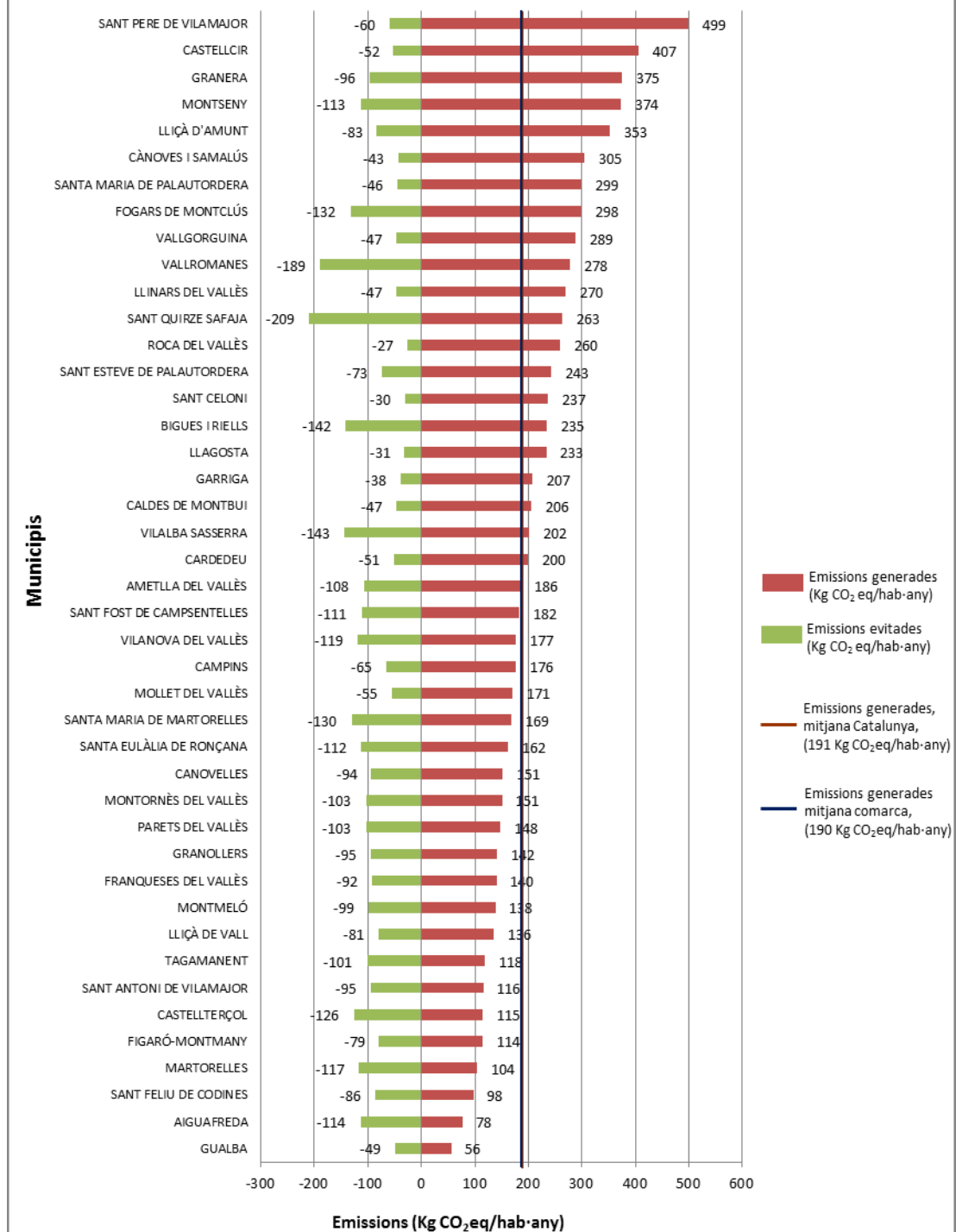




Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Vallès Occidental, 2013)



Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Vallès Oriental, 2013)



B. ANNEX. ACTUALITZACIÓ DELS FACTORS D'EMISSIÓ DE GEH DE L'OFICINA DE CANVI CLIMÀTIC (OCCC) SEGONS CADA FRACCIÓ DE RESIDUS APLICANT LA METODOLOGIA RECOLLIDA A LA CO2ZW®.

Aquest annex B s'ha incorporat, al treball anomenat Petjada de Carboni de la gestió i tractament dels residus municipals de Catalunya (2012-2013), a petició de l'Oficina de Canvi Climàtic Catalana (OCCC) a partir de les dades de la gestió dels residus municipals de Catalunya per l'any 2013 facilitades per l'Agència de Residus de Catalunya (ARC).

La **CO₂ZW®** es una eina pública resultat del projecte europeu '*Low Cost Zero Waste Municipality*' (1G/MED08-533 ZERO WASTE) per al càlcul de les emissions de GEH derivades de la gestió i tractament dels residus sòlids municipals (**Figura 1**). La CO₂ZW® ha estat desenvolupada pel grup de recerca Sostenipra de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) i està disponible a <http://co2zw.eu.sostenipra.cat>, previ registre com a usuari. Es tracta d'una eina de referència, validada amb altres models de càlcul de la gestió i tractament dels residus municipals en el context europeu, tal i com s'explica en l'article internacional publicat a la revista indexada *Energy Policy* (E. Seigné-Itoiz et al. 2013)).



Figura B1. Logo de l'eina CO₂ZW (marca comunitària registrada)

Per la realització del present treball, Inèdit Innovació S.L., spin-off del parc de recerca de la UAB i membre del grup de recerca Sostenipra, ha fet una adaptació de l'eina CO₂ZW® per tal que pogués ser aplicada al context de la gestió i tractament de residus de Catalunya.

L'objectiu principal d'aquest **annex B** és presentar els **factores d'emissió mitjans per a cada fracció de residus i via de tractament a Catalunya l'any 2013**, generats de l'aplicació CO₂ZW® adaptada a Catalunya per l'any 2013 i les dades de gestió i tractament del mateix any facilitades per l'ARC en el context de l'actual projecte.

L'obtenció de factors d'emissió mitjans aplicables independentment a l'eina CO₂ZW® no és un dels resultats esperats de l'aplicació de la metodologia compilada a la CO₂ZW® i desenvolupada pel grup de recerca Sostenipra. No obstant, es poden obtenir per l'administrador de l'eina de forma directa o indirecta.

S'aconsella l'actualització any a any d'aquests factors d'emissió mitjans degut a que varien depenent de la composició, eficiència de les plantes de tractament i dels fluxos de residus. La seva interpretació i aplicació es recomana que sigui realitzada per experts en la temàtica, així com també es recomana haver llegit el manual d'usuari de la CO₂ZW®, disponible a: <http://co2zw.eu.sostenipra.cat>

A continuació es presenten els factors d'emissió mitjans obtinguts per l'any 2013 a Catalunya del **tractament** dels residus sòlids municipals. Els resultats presentats consideren l'impacte directe a les instal·lacions i l'impacte de l'obtenció de l'electricitat. Per altra banda, no inclouen el transport ni les emissions evitades.

Les taules B1, B2 i B3 presenten l'impacte del tractament del flux primari de les diferents fraccions de residus a cada una de les instal·lacions on es gestionen. Per flux primari s'entén el tractament a la primera instal·lació on es tracta el residu i, per tant, no inclou l'impacte del rebuig, altrament considerat flux secundari.

La taula B4 presenta l'impacte del tractament del flux de rebuig que arriba a valorització energètica / dipòsit controlat, procedent principalment del tractament de la resta a TMB.

La taula B5 presenta els **factors d'emissió mitjans globals** considerant tant l'impacte del flux primari com dels rebuigs que en deriven, d'acord amb les dades de context de la gestió dels residus de Catalunya per a l'any 2013 (quantitat de residus gestionats per cada una de les vies de tractament, així com generació de rebuig a cada tipus d'instal·lació), per tal d'obtenir valors mitjans catalans. D'aquesta manera, si una organització coneix la quantitat de residus generats de les diferents fraccions de residus, pot utilitzar els factors d'emissió de la taula B5 per estimar l'impacte del tractament dels seus residus, incloent l'impacte de tots els fluxos de residus (primaris i secundaris) que en deriven.

Taula B1. Factors d'emissió mitjans del tractament de la fracció resta a Catalunya (2013). S'inclouen els impactes directes (abast 1) així com l'impacte de l'obtenció de l'electricitat (abast 2) del tractament del flux primari (sense considerar el tractament del rebuig)

Fraccions de residus	Planta TMB1	Digestió anaeròbica TMB2	Compostatge TMB2	Valorització energètica	Deposició controlada
	Kg CO ₂ eq. / tona de residu (any 2013)				
Resta	0	33	92	430	690

Citar com: CO₂ZW® adaptada a la gestió i tractament de RSM a Catalunya 2013. Sostenipra (ICTA-Inèdit), 2014

Taula B2. Factors d'emissió mitjans del tractament de FORM a Catalunya (2013). S'inclouen els impactes directes (abast 1) així com l'impacte de l'obtenció de l'electricitat (abast 2) del tractament del flux primari (sense considerar el tractament del rebuig)

Fraccions de residus	Digestió anaeròbica		Compostatge		
	Planta bio- metanització	TMB	TMB	Planta compostatge	
				Túnel	Piles
	Kg CO ₂ eq. / tona de residu (any 2013)				
FORM	28	44	176	161	168

Citar com: CO₂ZW® adaptada a la gestió i tractament de RSM a Catalunya 2013. Sostenipra (ICTA-Inèdit), 2014

Taula B3. Factors d'emissió mitjans del tractament de les fraccions vidre, envasos & paper i cartró a Catalunya (2013). S'inclouen els impactes directes (abast 1) així com l'impacte de l'obtenció de l'electricitat (abast 2) del tractament del flux primari (sense considerar el tractament del rebuig)

Fraccions de residus	Plantes de recuperació
	<i>Kg CO₂ eq. / tona de residu (any 2013)</i>
Vidre	1
Envasos	28
Paper i cartró	3

Citar com: CO₂ZW® adaptada a la gestió i tractament de RSM a Catalunya 2013. Sostenipra (ICTA-Inèdit), 2014

Taula B4. Factors d'emissió mitjans del tractament del rebuig a Catalunya (2013). S'inclouen els impactes directes (abast 1) així com l'impacte de l'obtenció de l'electricitat (abast 2) del tractament del flux primari (sense considerar el tractament del rebuig)

Fraccions de residus	Valorització energètica	Deposició controlada
	<i>Kg CO₂ eq. / tona de residu (any 2013)</i>	
Rebuig	373	824

Citar com: CO₂ZW® adaptada a la gestió i tractament de RSM a Catalunya 2013. Sostenipra (ICTA-Inèdit), 2014

Taula B5. Factors d'emissió globals considerant alhora el tractament primari i secundari (gestió dels rebuigs) per a Catalunya (2013). S'inclouen els impactes directes (abast 1) així com l'impacte de l'obtenció de l'electricitat (abast 2). En gris, es mostren els factors d'emissió mitjans catalans de les 5 fraccions del model de recollida 5 fraccions

Fraccions de residus	EMISSIÓ TOTAL DE CADA FLUX DE RESIDUS (inclou gestió dels rebuigs)
	<i>Kg CO₂ eq. / tona de residu (any 2013)</i>
RESTA a Ecoparc (TMB2)	463
RESTA a Incineració	430
RESTA a Dipòsit Controlat	690
RESTA (mitjana ponderada)	542
FORM a compostatge	325
FORM a digestió anaeròbia	286
FORM (mitjana ponderada)	307
Paper i Cartró	3
Envasos Lleugers	28
Vidre	1

Citar com: CO₂ZW® adaptada a la gestió i tractament de RSM a Catalunya 2013. Sostenipra (ICTA-Inèdit), 2014

C. ANNEX. PETJADA DE CARBONI A L'ÀMBIT DE L'ÀREA METROPOLITANA DE BARCELONA (AMB), 2013

Aquest annex C mostra els resultats d'emissions generades, evitades i petjada de carboni de la gestió dels residus municipals a l'àmbit de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) per a l'any 2013 (Taula C1 i gràfic).

Es preveu que en futures edicions del càlcul de petjada de carboni de la gestió dels residus municipals de l'Agència de Residus de Catalunya, els resultats per a l'Àrea Metropolitana de Barcelona es mostrin com una entitat, de la mateixa manera que s'ha fet per a les diferents comarques de Catalunya.

Taula C1. Emissions generades, evitades i petjada de carboni de la gestió dels residus municipals a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (any 2013)

Municipi	Emissions totals (t CO ₂ eq)			Emissions per habitant (Kg CO ₂ eq/habitant)		
	Generades	Evitades	Petjada carboni	Generades	Evitades	Petjada carboni
BADALONA	30366	-19780	10586	138	-90	48
BADIA DEL VALLÈS	1989	-1087	901	147	-80	67
BARBERÀ DEL VALLÈS	4993	-2942	2051	153	-90	63
BARCELONA	278652	-174683	103969	173	-108	65
BEGUES	1585	-708	877	241	-107	133
CASTELLBISBAL	2205	-721	1485	178	-58	120
CASTELLDEFELS	15619	-6588	9031	248	-104	143
CERDANYOLA DEL VALLÈS	9247	-5878	3369	160	-102	58
CERVELLÓ	1921	-911	1010	220	-104	116
CORBERA DE LLOBREGAT	4065	-893	3171	284	-62	222
CORNELLÀ DE LLOBREGAT	13936	-7170	6766	161	-83	78
ESPLUGUES DE LLOBREGAT	7361	-3882	3478	158	-83	75
GAVÀ	9316	-4247	5069	201	-92	109
HOSPITALET DE LLOBREGAT	40004	-23997	16006	157	-94	63
MOLINS DE REI	4830	-1333	3498	194	-54	141
MONTCADA I REIXAC	4711	-3311	1399	135	-95	40
MONTGAT	1498	-1151	347	135	-104	31
PALMA DE CERVELLÓ	386	-320	67	129	-107	22
PALLEJÀ	1965	-1223	743	175	-109	66
PAPIOL	843	-201	642	209	-50	159
PRAT DE LLOBREGAT	10722	-5736	4986	169	-90	79
RIPOLLET	4855	-2953	1902	130	-79	51
SANT ADRIÀ DE BESÒS	5339	-3575	1764	153	-103	51
SANT ANDREU DE LA BARCA	4046	-2519	1528	148	-92	56
SANT BOI DE LLOBREGAT	14630	-7013	7617	175	-84	91
SANT CLIMENT DE LLOBREGAT	647	-325	322	165	-83	82
SANT CUGAT DEL VALLÈS	12682	-7976	4705	147	-93	55
SANT FELIU DE LLOBREGAT	6045	-3935	2110	138	-90	48
SANT JOAN DESPÍ	5096	-2943	2153	155	-90	66
SANT JUST DESVERN	2468	-1816	652	146	-108	39
SANT VICENÇ DELS HORTS	5132	-2632	2499	182	-93	89
SANTA COLOMA DE CERVELLÓ	1505	-736	769	187	-91	95
SANTA COLOMA DE GRAMENET	16228	-10241	5986	135	-85	50
TIANA	824	-1016	-192	100	-124	-23
TORRELLES DE LLOBREGAT	973	-297	677	168	-51	117
VILADECANS	11437	-5717	5720	175	-87	87
TOTAL AMB	538120	-320457	217663	167	-99	67

Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (AMB, 2013)

