



Petjada de carboni de la gestió i tractament dels residus municipals de Catalunya (2011-2012)

octubre / 13

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 Prevenió Ambiental (Sostenipra, ICTA-IRTA-Inèdit)



Equip tècnic

Dr. Ramon Farreny Gaya

Dr. Carles Martínez Gasol

revisat per:

Dr. Xavier Gabarrell (Professor Titular Dept. Enginyeria Química de la Universitat Autònoma de Barcelona, investigador ICTA-Sostenipra)

Contacte:

Telèfon: 937 532 915

ramon@ineditinnova.com

www.ineditinnova.com

Treball realitzat per Inèdit Innovació SL, spin off del grup de recerca en Sostenibilitat i Previsió 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 2011 i 2012, 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

1. Introducció: residus i canvi climàtic	1
1.1. Eina de càlcul: CO ₂ ZW®	1
1.2. Objectius.....	2
2. Metodologia de càlcul – CO₂ZW®	3
3. Fases del projecte	7
3.1. Adaptació de la CO ₂ ZW® a Catalunya.....	7
3.2. Petjada de Carboni dels residus municipals del conjunt de Catalunya (2011 i 2012).....	17
3.3. Petjada de Carboni dels residus municipals de Catalunya, per municipis (2011 i 2012)	18
4. Petjada de carboni de la gestió dels residus municipals de Catalunya	23
4.1. Escenari base 2011.....	23
4.2. Escenari base 2012.....	28
4.3. Escenaris alternatius	34
5. Petjada de carboni de la gestió dels residus municipals dels municipis catalans	37
5.1. Resultats a nivell de municipi (2011)	37
5.2. Resultats per comarca (2011)	45
5.3. Resultats a nivell de municipi (2012)	49
5.4. Resultats per comarca (2012)	55
6. Síntesi.....	59
7. Referències	61
A. Annex. Emissions de GEH generades i evitades de la gestió dels residus municipals, a escala municipal (2011).....	63
B. Annex. Emissions de GEH generades i evitades de la gestió dels residus municipals, a escala municipal (2012).....	105
C. 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®.	147
D. Annex. Petjada de carboni a l'àmbit de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB), 2011 - 2012.....	153

ÍNDIX DE TAULES

Taula 1. Generació de residus per habitant a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO ₂ ZW® i mitjana europea	8
Taula 2. Composició de la bossa tipus a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO ₂ ZW® i mitjana europea	9
Taula 3. Recollida selectiva a Catalunya (t) (anys 2011 i 2012)	10
Taula 4. Recollida selectiva (% en base al total de cada fracció) a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO ₂ ZW® i mitjana europea	10
Taula 5. Impropis a la FORM a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO ₂ ZW® i mitjana europea	11
Taula 6. Vies de tractament de la fracció resta a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO ₂ ZW® i mitjana europea	12
Taula 7. Vies de tractament de la FORM a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb Espanya	12
Taula 8. Característiques de la planta de FIRM (TMB1) a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb les plantes TMB1 a Espanya (plantes de triatge i pre-estabilització de resta) 13	
Taula 9. Característiques dels ecoparcs –tractament de resta- (TMB2) a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb les plantes TMB2 a Espanya.....	14
Taula 10. Destí del rebuig de TMB1 i TMB2 a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb Espanya	14
Taula 11. Eficiència de les plantes de reciclatge a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO ₂ ZW® i mitjana europea	15
Taula 12. Factors clau: mix elèctric i captació de biogàs a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO ₂ ZW® i mitjana europea	16
Taula 13. 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	21
Taula 14. Petjada de carboni del tractament dels residus municipals de Catalunya (2011), en t de CO ₂ eq	24
Taula 15. 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	30
Taula 16. Estadística descriptiva de la petjada de carboni dels municipis catalans (2011).....	39

Taula 17. Coeficient de correlació de Pearson entre la petjada de carboni per habitant i altres variables relacionades amb la gestió dels residus municipals (2011).....	42
Taula 18. Petjada de carboni mitjana de la gestió dels residus municipals a les comarques de Catalunya (2011), en Kg de CO ₂ eq/hab.....	45
Taula 19. Estadística descriptiva de la petjada de carboni dels municipis catalans (comparativa entre els anys 2011 i 2012)	49
Taula 20. Coeficient de correlació de Pearson entre la petjada de carboni per habitant i altres variables (comparativa entre els anys 2011 i 2012).....	52
Taula 21. Petjada de carboni de la gestió dels residus municipals mitjana de les comarques de Catalunya (2012), en Kg de CO ₂ eq/hab.....	55



ÍNDIX DE FIGURES

Figura 1. Logo de l'eina CO ₂ ZW (marca comunitària registrada).....	2
Figura 2. Indicadors de les emissions generades, evitades i petjada de carboni de la gestió de residus municipals a Catalunya (2011)	23
Figura 3. Petjada de carboni del tractament de residus municipals a Catalunya (2011): impactes directes, indirectes i evitats	25
Figura 4. Petjada de carboni del tractament dels residus municipals a Catalunya (2011), per instal·lació	26
Figura 5. Petjada de carboni del tractament dels residus municipals a Catalunya (2011), per tipus d'impacte	26
Figura 6. Contribució del transport al total d'impactes generats per la gestió dels residus municipals a Catalunya (2011).....	27
Figura 7. Indicadors de les emissions generades, evitades i de petjada de carboni de la gestió de residus municipals a Catalunya (2012).....	29
Figura 8. Petjada de carboni de Catalunya (2012): impactes directes, indirectes i evitats	31
Figura 9. Petjada de carboni del tractament de residus municipals de Catalunya (2012) per flux de residus.....	32
Figura 10. Petjada de carboni del tractament dels residus municipals a Catalunya (2012), per tipus d'impacte	32
Figura 11. Contribució del transport al total d'impactes generats per la gestió dels residus municipals a Catalunya (2012).....	33
Figura 12. Emissions generades i evitades de la gestió dels residus municipals a Catalunya (2012): escenari base vs escenaris alternatius.....	35
Figura 13. Exemple de fitxa de resultats de la petjada de carboni de la gestió de residus municipals per a cada municipi.....	38
Figura 14. Diagrama de caixa de la petjada de carboni de la gestió de residus municipals dels municipis catalans (2011).	40
Figura 15. Histograma de la petjada de carboni de la gestió dels residus municipals dels municipis catalans (2011)	41
Figura 16. Models de regressió lineal de la petjada de carboni per habitant i la resta a DC, generació de residus i recollida selectiva, respectivament (2011).	43

Figura 17. Models de regressió lineal múltiple per a la petjada de carboni per habitant (2011)	44
Figura 18. Petjada de carboni de la gestió dels residus municipals a les comarques de Catalunya (2011)	46
Figura 19. Diagrama de dispersió de la petjada de carboni mitjana per habitant i la quantitat de resta destinada a DC, a nivell comarcal (2011).....	47
Figura 20. Diagrama de dispersió de la recollida selectiva i de la resta enviada a DC per habitant, per comarca (2011). El número que acompanya el nom de la comarca correspon a la petjada de carboni (Kg CO ₂ eq/hab·any)	48
Figura 21. Diagrama de caixa de la petjada de carboni de la gestió de residus municipals dels municipis catalans (2012).	50
Figura 22. Histograma de la petjada de carboni de la gestió dels residus municipals dels municipis catalans (2012)	51
Figura 23. Models de regressió lineal de la petjada de carboni per habitant i la resta a DC, generació de residus i recollida selectiva, respectivament (2012).	53
Figura 24. Models de regressió lineal múltiple per a la petjada de carboni per habitant (2012)	54
Figura 25. Petjada de carboni de la gestió de residus municipals de les comarques de Catalunya (2012)	56
Figura 26. 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 (2012)	57
Figura 27. 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)	58

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

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 2013a).

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 2011 i 2012) 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 2011 i 2012)
- Quantificar la Petjada de Carboni associada a la gestió dels residus municipals per als municipis catalans (per als anys 2011 i 2012).

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 residus¹, 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)
- **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
- **Emissions futures** dipòsit controlat

- **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 **factors 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)).

¹ 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 (OCCC 2012; 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. No obstant, la composició dels residus és un paràmetre difícil de conèixer amb precisió i que sovint presenta dificultats a l'hora de comparar entre diferents territoris, ja que no hi ha estàndards internacionals per a la caracterització dels residus (Gentil et al. 2010).

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 vidre².
- *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). L'eina presenta dues tipologies de TMB, les quals poden ser modificades per tal d'adaptar-se a diferents realitats³.
- *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 DC 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 DC d'acord amb dues possibilitats: (a) emissions segons la metodologia utilitzada per als inventaris nacionals (IPCC 2006), la qual considera les emissions dels DC 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).

² No es consideren la valorització d'altres fraccions de residus recollides selectivament, tals com el tèxtil, els voluminosos o els especials.

³ En el cas de Catalunya, TMB1 s'adapta per tal de representar la planta de FIRM de Molins de Rei i TMB2 s'utilitza per representar els ecoparcs.

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 paràmetres⁴:

- 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 a la calculadora, de manera que es pugui disposar de l'eina adaptada al context 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.

⁴ 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 (2011 i 2012)

A continuació es mostren les dades per defecte considerades per a Catalunya per a l'any 2011 i 2012, 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 2011 ascendeix a 7.539.618 habitants i la generació total de residus municipals és de 4.046.439 tones. En el cas de 2012, la població ascendeix a 7.570.908 habitants i la generació total de residus municipals és de 3.731.437 tones.

Taula 1. Generació de residus per habitant a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO₂ZW® i mitjana europea

País	Generació de residus (Kg/persona·dia)
Catalunya (2011)	1,47
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 2011 i 2012) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO₂ZW® i mitjana europea

Fracció	Catalunya (2011 i 2012) 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).

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 2011 i 2012 (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 del a bossa tipus), comparats amb la resta de països.

Taula 3. Recollida selectiva a Catalunya (t) (anys 2011 i 2012)

País	Total (t)	Vidre (t)	Plàstic (t)	Metall (t)	Paper i cartró (t)	Matèria orgànica (t)	Altres (t)
Catalunya 2011	1.643.697	180.955	102.681 ¹	37.997 ²	417.841 ³	516.383 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 del 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 i la fracció vegetal (residus verds). A més, l'any 2012 inclou l'autocompostatge.

Taula 4. Recollida selectiva (% en base al total de cada fracció) a Catalunya (anys 2011 i 2012) 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 2011	40,6	63,6	24,9	14,5	57,1	35,3	42,8
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 FORM recollida selectivament.

Taula 5. Impropis a la FORM a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO₂ZW® i mitjana europea

País	Impropis a la FORM (%)
Catalunya 2011	13
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 quatre opcions: planta de tractament de FIRM⁵, coparc (planta de tractament mecànic-biològic, o TMB), dipòsit controla i valorització energètica. El destí de la fracció resta es mostra a la Taula 6.

⁵ La FIRM és la Fracció Inorgànica dels Residus Municipals, i correspon al model de recollida selectiva de residu mínim (implantat a 5 municipis catalans: Castellbisbal, Corbera, Molins de Rei, El Papiol i Torrelles de Llobregat). Aquesta fracció inclou el que correspondria a resta així com el que habitualment aniria al contenidor d'envasos lleugers.

Taula 6. Vies de tractament de la fracció resta a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO₂ZW® i mitjana europea

País	Planta de FIRM (%)	Ecoparc (%)	Dipòsit Controlat (%)	Valorització energètica (%)
Catalunya 2011	0,6 ¹	34,9 ²	44,3	20,2
Catalunya 2012	0,6 ¹	49,7 ³	38,2	11,5
Espanya	39,4	6,4	45,2	9,1
Grècia	17,0	0,0	83,0	0,0
Itàlia	0,0	30,7	56,0	13,3
Eslovènia	0,0	0,0	98,3	1,7
Mitjana europea	6,2	2,0	55,5	36,3

¹Aquest percentatge inclou només la part de la fracció FIRM que correspondria a fracció resta (per tant, havent restat els envasos lleugers).

²Una part es gestiona per via de digestió anaeròbia (9,1%) i l'altra per compostatge (25,8%)

³Una part es gestiona per via de digestió anaeròbia (19,9%) i l'altra per compostatge (29,8%)

- **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 2011 i 2012) i comparació amb Espanya

País	Planta compostatge piles (%)	Planta compostatge túnel (%)	Compostatge ecoparc (%)	Biometanització ecoparc (%)	Planta biometanització (%)
Catalunya 2011	39,4	12,8	1,1	32,3	14,5
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 farien 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, la planta de TMB1 s'assimila a la planta de tractament de FIRM de Molins de Rei, les característiques de la qual es presenten a la Taula 8. Per altra banda, els ecoparcs 1, 2, 3 i 4, el de Vacarisses i el Botarell s'assimilen a TMB2 (Taula 9). En ambdós tipus d'instal·lacions es genera un rebuig, que es gestiona a partir de tres vies: dipòsit controlat, valorització energètica (incineració) i preparació de combustibles derivats de residus (CDR), d'acord amb la Taula 10.

Taula 8. Característiques de la planta de FIRM (TMB1) a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb les plantes TMB1 a Espanya (plantes de triatge i pre-estabilització de resta)

País	Material recuperat ¹ (%)	Desviació matèria orgànica ² (%)	Recuperació matèria orgànica ³ (%)	Rebuig ⁴ (%)
Catalunya 2011	17,6	74,9	2,5	74,4
Catalunya 2012	16,0	0	0	83,5
Espanya	3,7	80,0	7,4	63,4

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 24% i un 8% de matèria orgànica, respectivament.

³Quantitat de bioestabilitzat en relació a les entrades totals. En cas que la planta de FIRM gestioni el procés de bioestabilització en una planta externa, s'assumeix igualment que forma part de la infraestructura TMB1.

⁴El rebuig inclou les sortides de residu a Dipòsit Controlat, Planta de Valorització Energètica i a Combustible Derivat de Residus, en relació a les entrades totals.

Taula 9. Característiques dels ecoparcs –tractament de resta- (TMB2) a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb les plantes TMB2 a Espanya

País	Material recuperat ¹ (%)	Desviació matèria orgànica ² (%)	Recuperació matèria orgànica ³ (%)	Rebuig ⁴ (%)
Catalunya 2011	5,1	85,7	2,3	64,4
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, Planta de Valorització Energètica i a Combustible Derivat de Residus, en relació a les entrades totals.

Taula 10. Destí del rebuig de TMB1 i TMB2 a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb Espanya

País	Dipòsit Controlat (%)	Valorització energètica - incineració (%)	Combustible Derivat de Residus (%)
Catalunya 2011	67,0	31,1	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 11.

Taula 11. Eficiència de les plantes de reciclatge a Catalunya (anys 2011 i 2012) i comparació amb la resta de països inclosos a la CO₂ZW® i mitjana europea

País	Vidre (%)	Plàstic (%)	Metall (%)	Paper i cartró (%)
Catalunya (2011 i 2012)	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 12 mostra els valors considerats per ambdós factors clau.

Taula 12. Factors clau: mix elèctric i captació de biogàs a Catalunya (anys 2011 i 2012) 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 2011	0,267 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(OCCC 2012) (OCCC 2013b)

²Estimació 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. Petjada de Carboni dels residus municipals del conjunt de Catalunya (2011 i 2012)

En aquesta fase es calcula i s'interpreta la petjada de carboni dels residus municipals generats a tot Catalunya per als anys 2011 i 2012, 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 2012 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 2012 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 objectis establerts al PROGREMIC 2007-2012: 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%
- **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 2011 i 2012:

- *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. Petjada de Carboni dels residus municipals de Catalunya, per municipis (2011 i 2012)

En aquesta fase es calcula i s'interpreta la petjada de carboni de tots els municipis de Catalunya per als anys 2011 i 2012, 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
- Ràtio de 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, valorització energètica)

- **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 sobre el transport de residus a Catalunya per l'any 2009 (Font, Puig, and Gabarrell 2012). 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, Puig, and Gabarrell 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 2011 i 2012 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, Puig, and Gabarrell 2012) i la situació de 2011 i 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, Puig, and Gabarrell 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.

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 13). 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. 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 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 13. 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 2011 i 2012.

4.1. Escenari base 2011

La petjada de carboni total dels residus municipals de Catalunya per a l'any 2011 és de 895.026 t CO₂eq, el qual representa una emissió de 119 Kg CO₂eq/habitant i de 221 Kg CO₂eq/tona de residu generat (Figura 2).

Emissions generades totals 2011

1.648.195 t CO₂eq/any

Emissions evitades total 2011

-753.169 t CO₂ eq/ any

Petjada de carboni total 2011

895.026 t CO₂ eq/ any considerant emissions evitades

Emissions generades per habitant 2011

219 Kg CO₂eq/habitant·any

Emissions evitades per habitant total 2011

-100 kg CO₂ eq/habitant·any

Petjada de carboni per habitant 2011

119 kg CO₂ eq/habitant·any considerant emissions evitades

Emissions generades per tona 2011

407 Kg CO₂eq/tona·any

Emissions evitades per tona 2011

-186 kg CO₂ eq/tona·any

Petjada de carboni per tona 2011

221 kg CO₂ eq/tona·any considerant emissions evitades

Figura 2. Indicadors de les emissions generades, evitades i petjada de carboni de la gestió de residus municipals a Catalunya (2011)

La Taula 14 mostra el detall de la petjada de carboni del **tractament** dels residus, diferenciant la contribució dels diferents fluxos de residus així com els impactes directes, indirectes i evitats. Aquesta mateixa informació es presenta també en diverses figures a continuació.

Taula 14. Petjada de carboni del tractament dels residus municipals de Catalunya (2011), en t de CO₂eq

Flux de residus	Impacte directe	Impacte indirecte	Impacte evitat	Petjada de carboni total
Recollida Selectiva	51.982	9.154	-505.626	-444.490
Resta + FIRM a TMB	47.509	20.764	-102.998	-34.726
Residu a PVE	295.073	13.491	-119.689	188.875
Residu a DC	1.187.153	11.811	-24.855	1.174.109
TOTAL	1.581.718	55.220	-753.169	883.769

La Figura 3 mostra la contribució dels impactes directes, indirectes i evitats. Aquests darrers, en negatiu, representen els estalvis d'emissions de GEH en l'economia gràcies a la valorització material i energètica dels residus. 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 més d'1.64.000 tones de CO₂eq a les menys de 900.000 indicades.

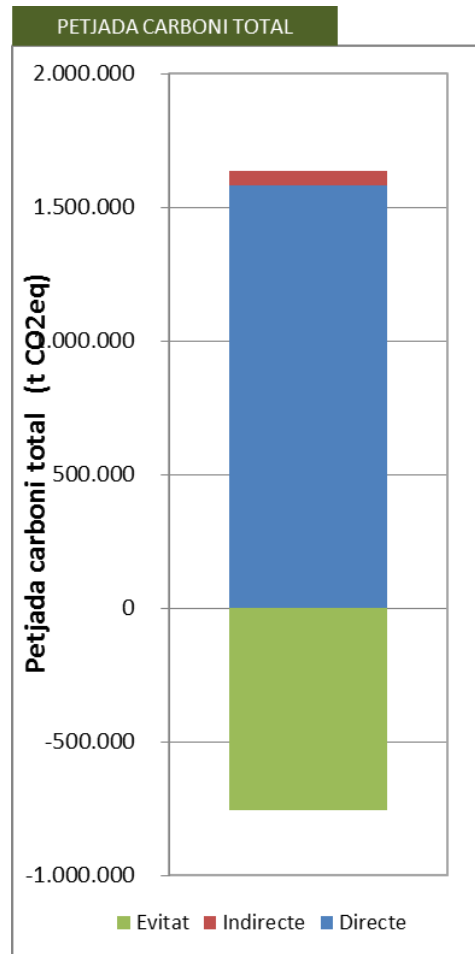


Figura 3. Petjada de carboni del tractament de residus municipals a Catalunya (2011): impactes directes, indirectes i evitats

La Figura 4 i la Figura 5 mostren la petjada de carboni del tractament de residus a les diferents instal·lacions i per cada tipus d'impacte. Es pot observar com el principal element contribuïdor a la petjada de carboni és el residu gestionat en els dipòsits controlats (resta i rebuig), que representa tres quartes parts dels impactes directes del tractament de residus sòlids municipals. En segon lloc, les emissions de la valorització energètica 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.

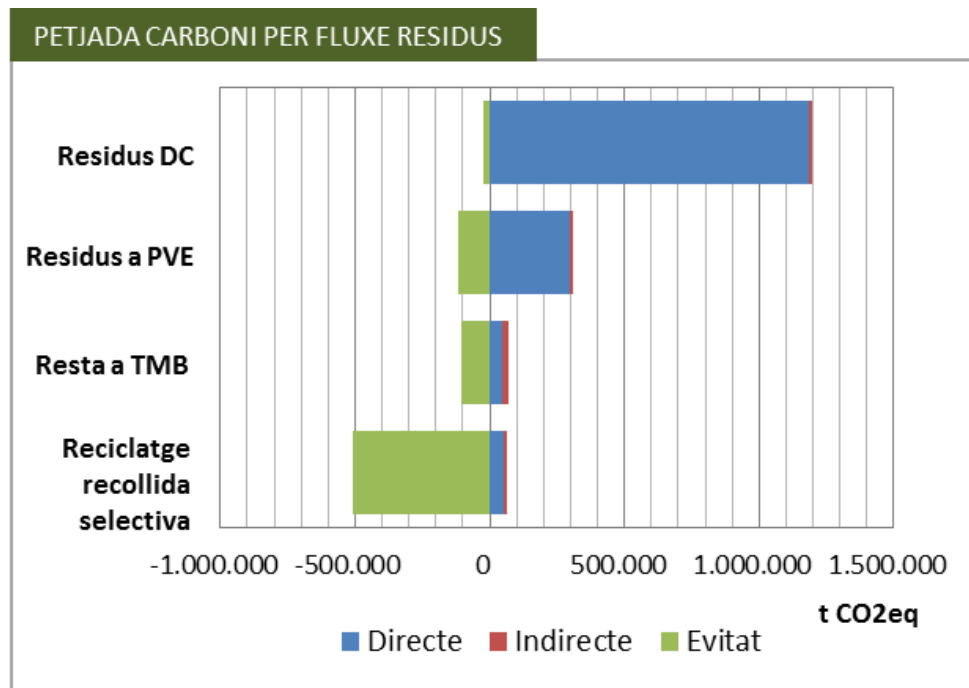


Figura 4. Petjada de carboni del tractament dels residus municipals a Catalunya (2011), per instal·lació

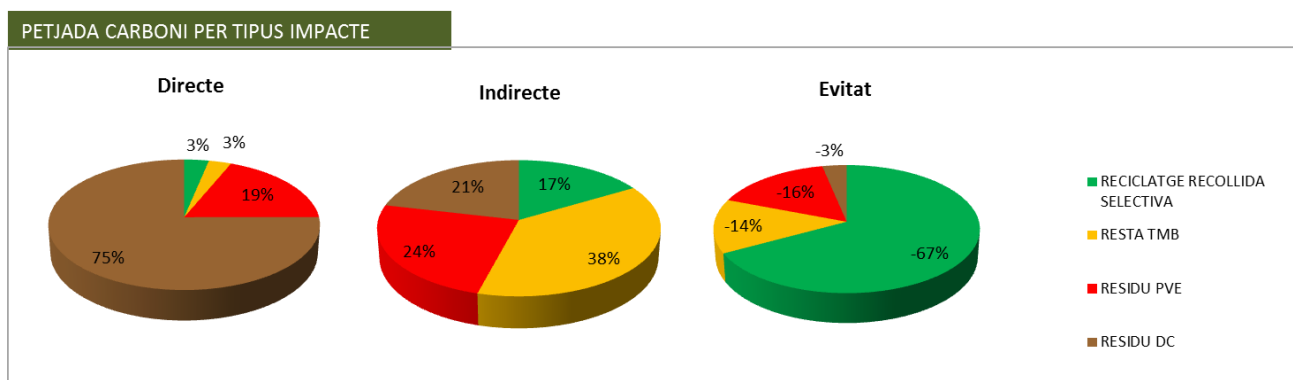


Figura 5. Petjada de carboni del tractament dels residus municipals a Catalunya (2011), per tipus d'impacte

Per altra banda, la petjada de carboni del transport interurbà de residus (del municipi a la planta de tractament) ascendeix a 11.257 tones de CO₂eq, el qual representa menys d'un 1% del total d'impactes generats pel tractament (Figura 6) Cal tenir en compte que no s'ha pogut estimar l'impacte de la recollida municipal de residus per manca de dades fiables.

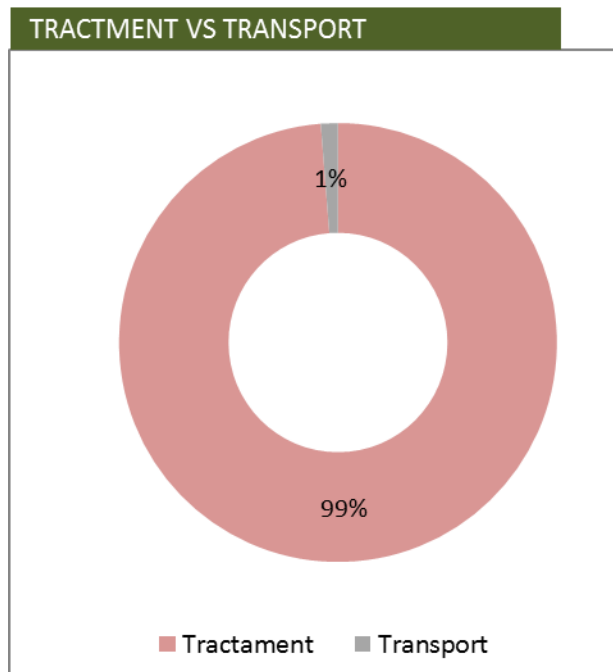


Figura 6. Contribució del transport al total d'impactes generats per la gestió dels residus municipals a Catalunya (2011)

4.2. Escenari base 2012

La petjada de carboni total de la gestió dels residus municipals de Catalunya per a l'any 2012 és de 831.957 t CO₂eq, el qual representa una emissió de 110 Kg CO₂eq/habitant i de 223 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 7,1% i un 7,6% 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 es manté relativament estable (+0,9% 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 10,3% 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 TMB2, en contraposició al tractament via deposició controlada (els TMB2 gestionen un 33,8% més de fracció resta, mentre que els dipòsits controlats reben un 7,2% 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 7. Indicadors de les emissions generades, evitades i de petjada de carboni de la gestió de residus municipals a Catalunya (2012)

La Taula 15 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 de la quantitat de residus recollits selectivament (-8,75%). És especialment notable la davallada en la recollida selectiva de paper i cartró, que

disminueix un 22,16%⁶. 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 9). En el cas de la petjada de carboni de la resta enviada a PVE, la petjada de carboni també disminueix. Això es pot explicar en part degut a que s'envia un 10,9% menys de resta en termes absoluts a PVE. Finalment, l'impacte dels dipòsits controlats es manté estabilitzat, el qual és el resultat de la combinació de dos factors amb efectes contraposats: per una banda, disminueix la quantitat de resta destinada a dipòsit controlat (-7,2% en termes absoluts).

Taula 15. 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)
Resta + 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 DC	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.

⁶ 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 8 mostra la contribució dels impactes directes, indirectes i evitats. De la mateixa manera que per a l'any 2011, 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 1.600.000 tones de CO₂eq a les menys de 850.000 indicades.

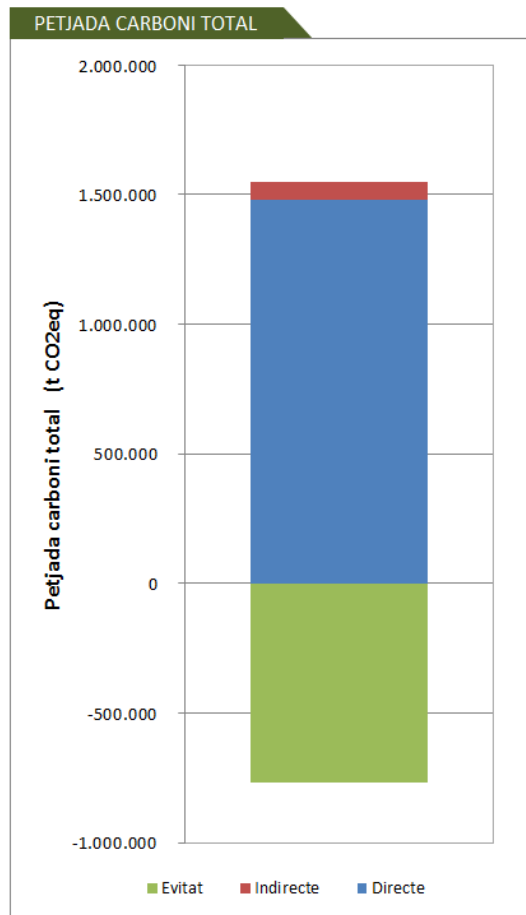


Figura 8. Petjada de carboni de Catalunya (2012): impactes directes, indirectes i evitats

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 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 valorització energètica 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.

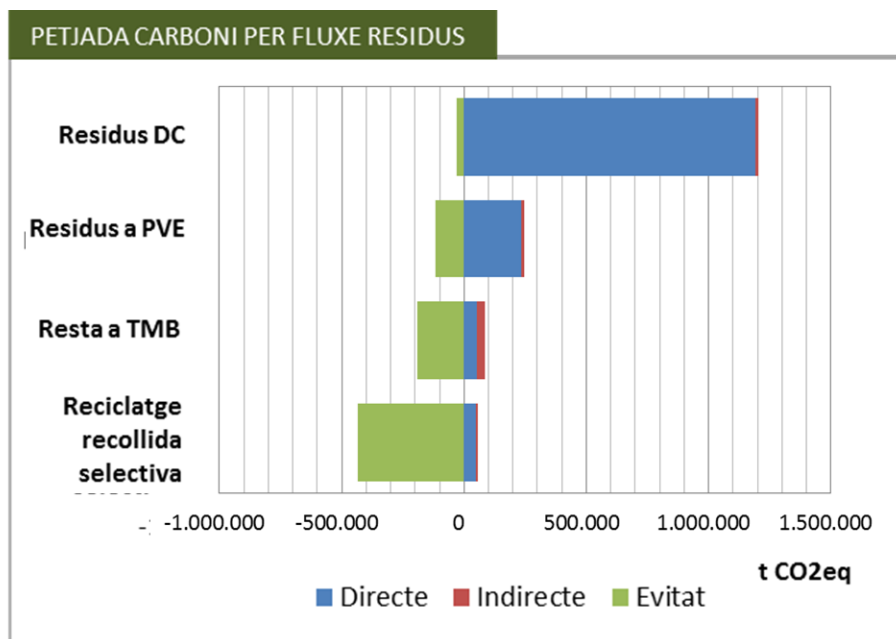


Figura 9. Petjada de carboni del tractament de residus municipals de Catalunya (2012) per flux de residus

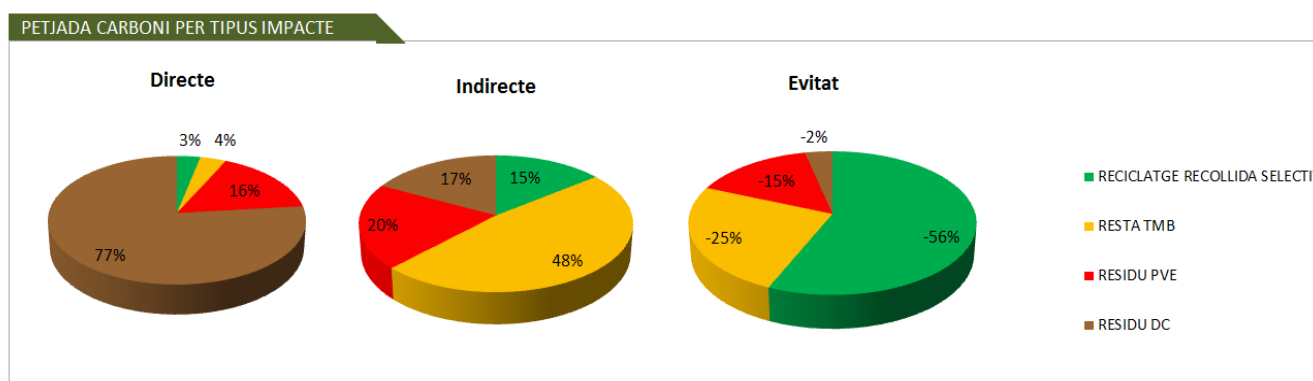


Figura 10. Petjada de carboni del tractament dels residus municipals a Catalunya (2012), per tipus d'impacte

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 11), 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.

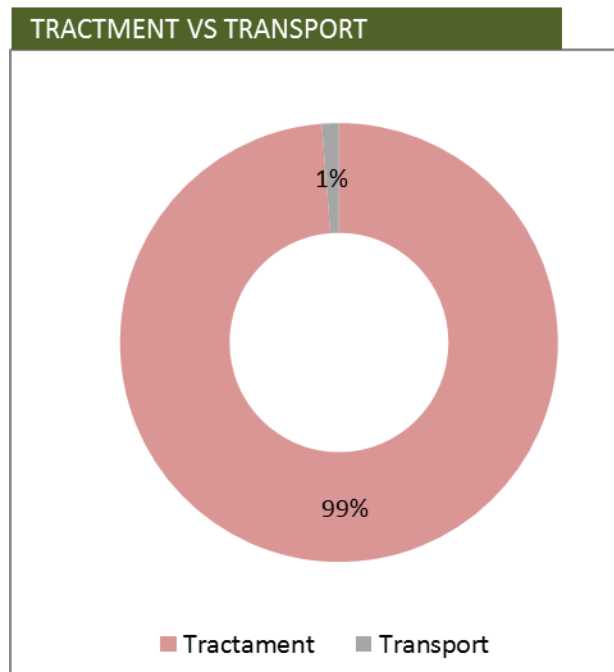


Figura 11. Contribució del transport al total d'impactes generats per la gestió dels residus municipals a Catalunya (2012)

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 2012, 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 objectis establerts al PROGEMIC 2007-2012: 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 controlats⁷
 - **/D3/** Plantes de valorització energètica no incloses al capítol de residus

⁷ 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 2011 (dada més recent disponible públicament) (http://www20.gencat.cat/docs/canviclimatic/Home/Politiques/Politiques%20catalanes/La%20mitigacio%20del%20canvi%20climatic/Inventaris%20d'emissions%20a%20Catalunya/Catalu%C3%B1a_90-11v13.xls)

- /D4/ Escenaris D1+D2+D3

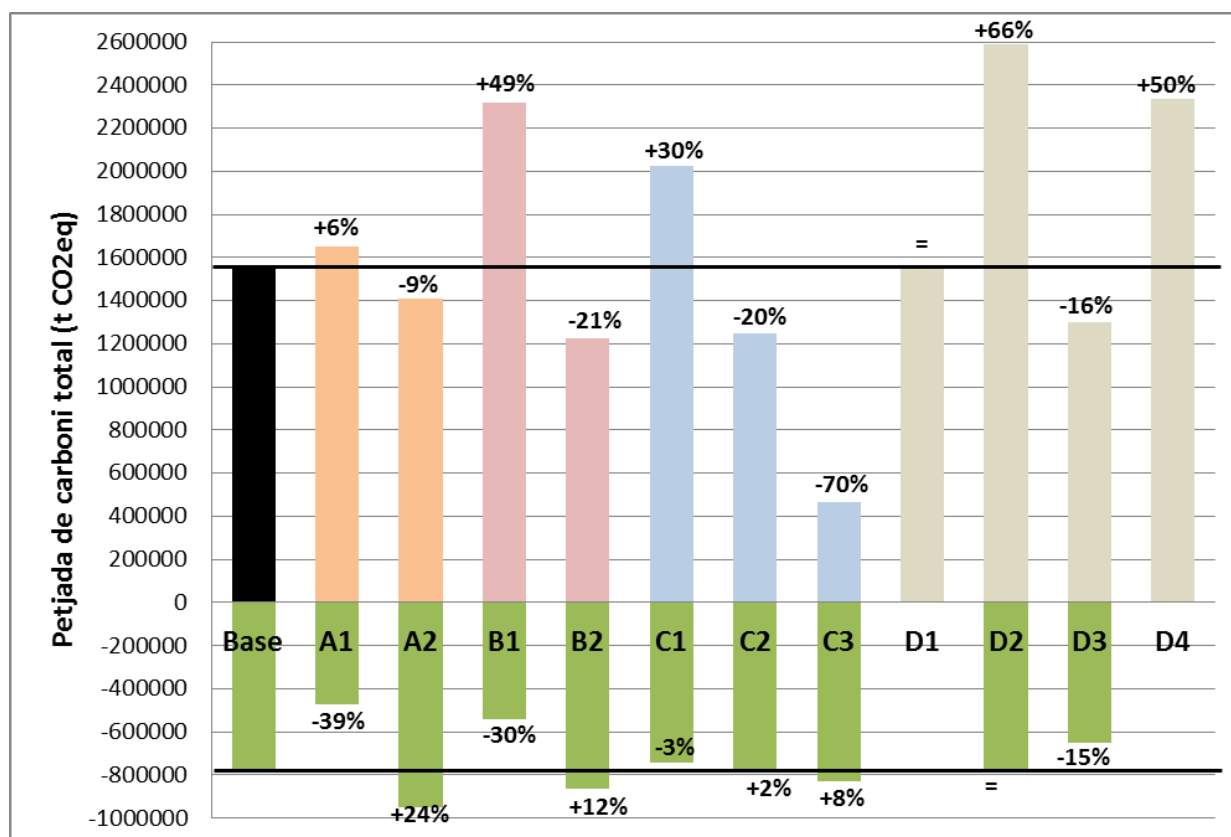


Figura 12. Emissions generades i evitades de la gestió dels residus municipals a Catalunya (2012): escenari base vs escenaris alternatius

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 6% i una reducció de les evitades del 39%, 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 9% i un increment de les evitades del 24%. En ambdós escenaris, les emissions generades canvien relativament poc (<10%) 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 (-39% en l'escenari A1 i +24% 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), el qual fa disminuir un 9% l'impacte generat i permet evitar un 24% més d'impactes, permet en conjunt una reducció d'aproximadament un 40% 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 49%. En canvi, la consecució dels objectius del PROGEMIC 2007-2012 (escenari B2) permetria reduir les emissions generades en un 21% i incrementar les estalviades en un 12% 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 10% 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 66% (considerant el valor d'emissions indicat als inventaris nacionals per l'any 2011). 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 15% 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 50% 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 (2011)

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.

PETJADA DE CARBONI DELS RESIDUS

RESULTATS segons el model CO2ZW[®]



RESULTATS PER VERDÚ D'ACORD AMB LES DADES DE L'AGÈNCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA PER L'ANY 2012

	TOTALS (t CO2eq/any)	per habitant (kg CO2eq/hab-any)	per tona (kg CO2eq/tona-any)
EMISSIONS GENERADES	130	129	371
EMISSIONS EVITADES	-63	-63	-181

Taula de resultats

FLUXOS DE RESIDUS	Quantitat de residus (t/any)	Resultats expressats en t CO2 eq				Emissions segregades (informatiu)	
		Impacte DIRECTE (A)	Impacte INDIRECTE (B)	Impacte EVITAT (C)	(A+B+C)		
RECICLATGE DE LA RECOLLIDA SELECTIVA			15	1	-61	-45	0
Paper i Cartó, Plàstics, Vidre i Metalls	81	0	1	-60	-59		
Materia orgànica destinada a produir compost	79	15	0	-1	15	0	
Materia orgànica destinada a biometanització	0	0	0	0	0	0	
FRACCIÓ RESTA A TRACTAMENT MECÀNIC BIOLÒGIC (TMB)			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	
Planta de Valorització Energètica	0	0	0	0	0		
FRACCIÓ RESTA A DIPÒSIT CONTROLAT (DC)			112	1	-3	110	-50
Dipòsit controlat	168	112	1	-3	110	-50	
TOTAL			127	2	-63	66	-51

Transport	1
-----------	---

RESULTATS PER VERDÚ D'ACORD AMB LES DADES DE L'AGÈNCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA PER L'ANY 2012

Representació dels resultats

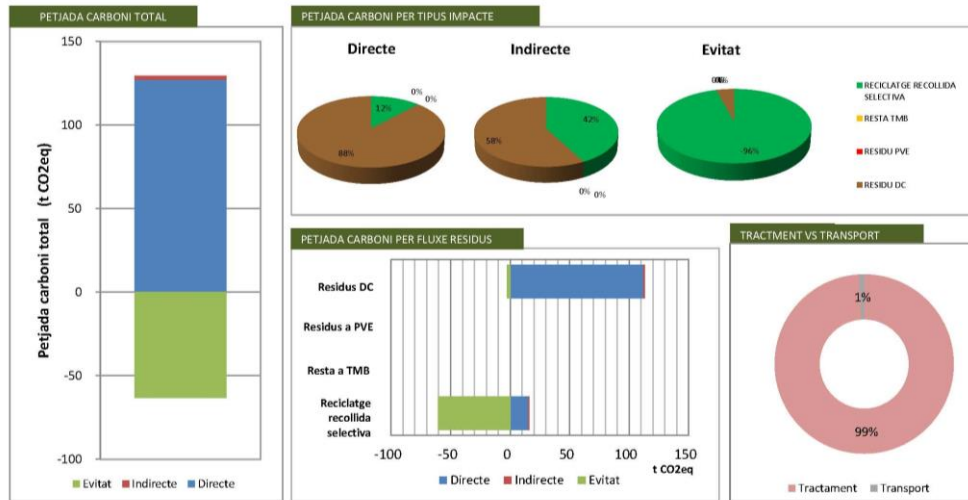


Figura 13. Exemple de fitxa de resultats de la petjada de carboni de la gestió de residus municipals per a cada municipi

Dades estadístiques descriptives

La Taula 16 mostra els descriptius estadístics de la petjada de carboni dels municipis catalans pe l'any 2011, els quals es representen gràficament al diagrama de caixa⁸ de la Figura 14. D'acord amb aquests resultats, s'observa que el 80% dels municipis tenen una petjada de carboni entre 46 i 334 Kg CO₂eq/habitant, i un 50% entre 108 i 239 Kg CO₂eq/habitant. Cal recordar que la mitjana catalana se situa en els 219 Kg CO₂eq/habitant⁹.

Taula 16. Estadística descriptiva de la petjada de carboni dels municipis catalans (2011)

Descriptiu	Observacions	Valor (Kg CO ₂ eq/hab)
Mitjana	Mitjana aritmètica	190
Mínim	Valor més petit	-161
Percentil 10 (P10)	Mesura de posició no central que ens indica com està posicionat un valor respecte el total de la mostra. El percentil 10 el valor de petjada de carboni del municipi per sota del qual quedarien un 10% dels municipis.	46
Percentil 25 (P25)	Equival al Primer Quartil (Q1)	108
Percentil 50 (P50)	Mediana (valor central) (Q2)	186
Percentil 75 (P75)	Tercer Quartil (Q3)	239
Percentil 90 (P90)	El percentil 90 indica el valor de petjada de carboni del municipi per sobre del qual quedarien un 10% dels municipis.	334
Màxim	Valor més gran	913

⁸ Els diagrames de caixa són una representació gràfica construïda a partir dels principals paràmetres robustos de posició i dispersió. La part inferior de la caixa és el primer quartil de les dades Q₁ i la part superior és el tercer quartil Q₃. La línia que divideix en dues parts la caixa és la mediana de les dades (segon quartil, Q₂). L'alçada de la caixa és, per tant, l'interval interquartílic. Aquest gràfic, a més de descriure la posició i dispersió de les dades, s'utilitza per a detectar observacions atípiques. Es consideren dades aïllades aquells valors que es troben allunyats del quartil més pròxim més 1,5 vegades l'amplària interquartílica. Els segments del diagrama s'allarguen fins al valor màxim (per dalt) i mínim (per baix) dins del rang de valors considerats normals.

⁹ 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 137 Kg CO₂eq/habitant.

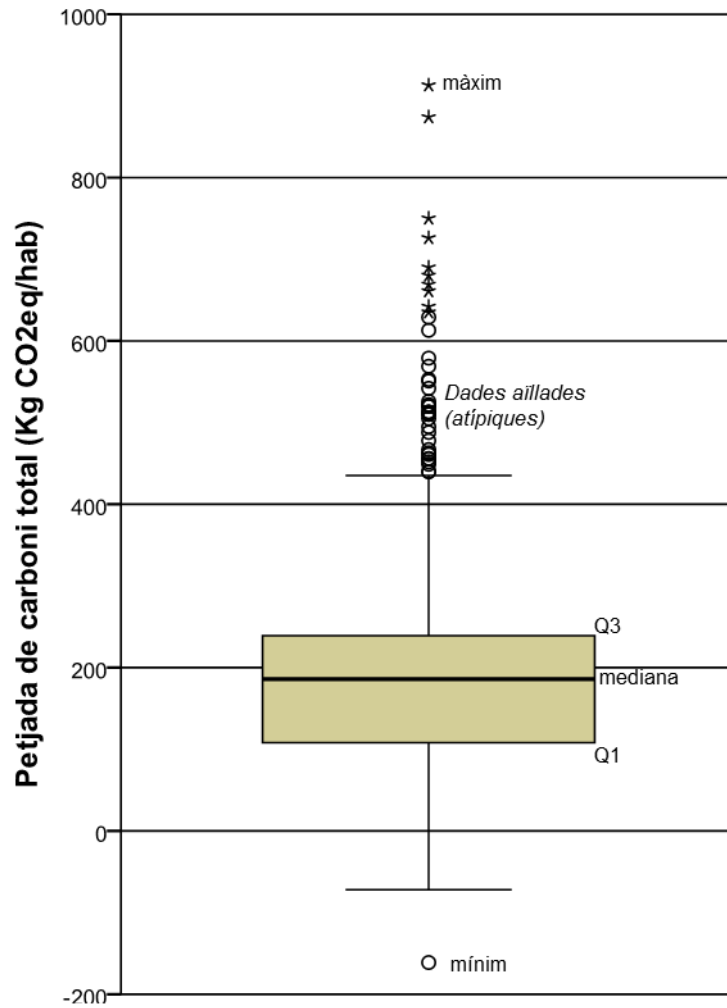


Figura 14. Diagrama de caixa de la petjada de carboni de la gestió de residus municipals dels municipis catalans (2011).

Finalment, la Figura 15 mostra l'histograma de les dades de petjada de carboni dels municipis, on s'aprecien el nombre d'ocurrències (freqüència) de cada grup en el diagrama de barres verticals, segons una distribució normal o gaussiana.

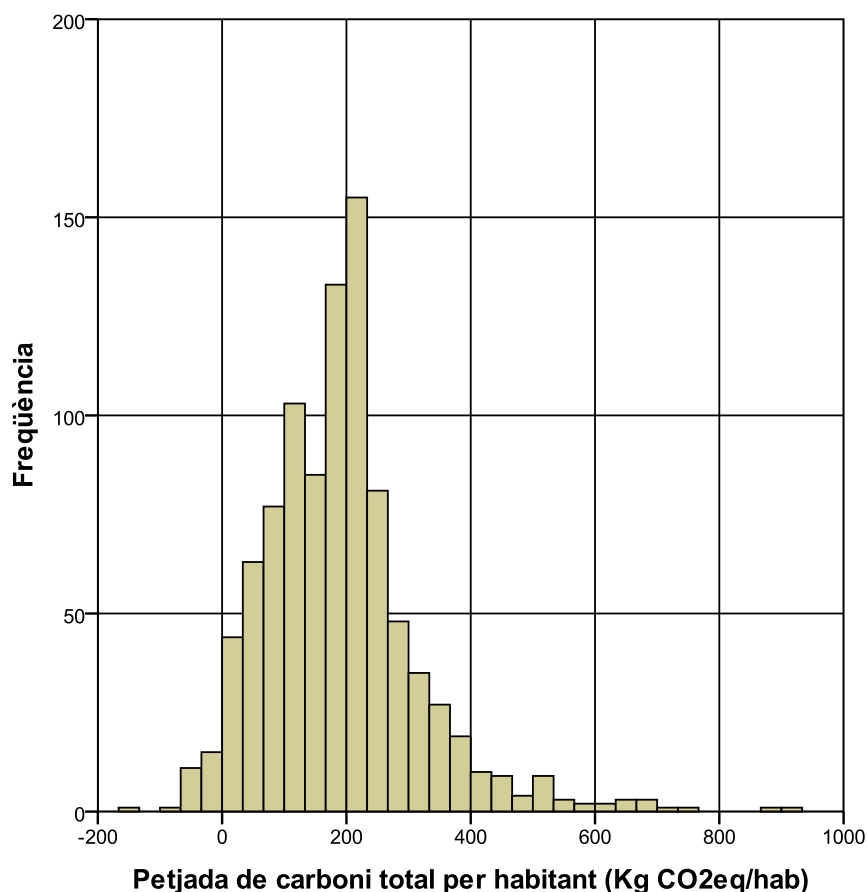


Figura 15. Histograma de la petjada de carboni de la gestió dels residus municipals dels municipis catalans (2011)

Interpretació dels resultats

Per tal d'entendre quines són aquelles variables que presenten una major correlació amb la petjada de carboni per habitant, s'ha realitzat un anàlisi de correlacions de Pearson per tal de determinar quines variables estan més relacionades. La Taula 17 mostra els resultats d'aquest anàlisi, per aquelles variables amb major correlació.

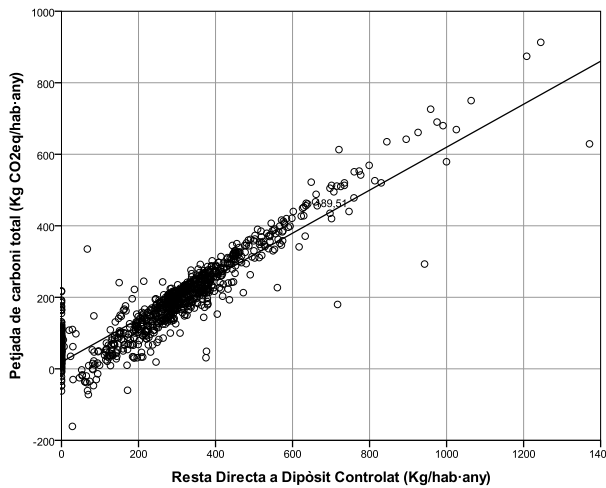
S'observa com la variable que presenta una major correlació amb la petjada de carboni per habitant és la quantitat de **resta destinada a DC per habitant** ($R=0,913$, $p=0,000$). Per tant, aquells municipis que enviïn més resta a DC per habitant, són els que tenen una major petjada de carboni per habitant. 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. En el cas de la generació de residus, aquesta correlació és positiva (a més generació, més petjada); en canvi, la recollida selectiva té una correlació negativa (a més recollida selectiva, menys petjada).

Taula 17. Coeficient de correlació de Pearson entre la petjada de carboni per habitant i altres variables relacionades amb la gestió dels residus municipals (2011)

Variable	Generació de residus (Kg/hab)	Rest a DC (%)	Rest a DC (Kg/hab)	Índex Recollida Selectiva (%)	Recollida selectiva (Kg/hab)
Petjada de carboni 2011 (Kg CO₂eq/hab)	0,641 **	0,405 **	0,913 **	-0,641 **	-0,165 **

**Correlació significativa (p=0,000)

La Figura 16 mostra els **models de regressió lineals** entre la petjada de carboni per habitant dels municipis i les variables amb major correlació. El coeficient de determinació (R^2), que és el quadrat del coeficient de correlació de Pearson, oscil·la entre 0 i 1 i és útil per determinar la qualitat del model (com més a prop d'1, millor). Alhora, aquest coeficient indica la proporció de la variació dels resultats que pot explicar-se pel model de regressió. Així doncs, s'observa com la resta destinada a DC és la variable que presenta una millor relació amb la petjada de carboni per habitant, amb un $R^2=0,834$. Això indica que un 83,4% dels canvis en la petjada de carboni per habitant s'explica per les diferències en la quantitat de resta destinada a DC. En el cas de la generació de residus i l'índex de recollida selectiva, ambdues variables poden explicar, per si soles, fins a un 40% de la variació en la petjada de carboni per habitant dels municipis catalans.



$$y = 0,601 \text{ RestaDC} + 18,711$$

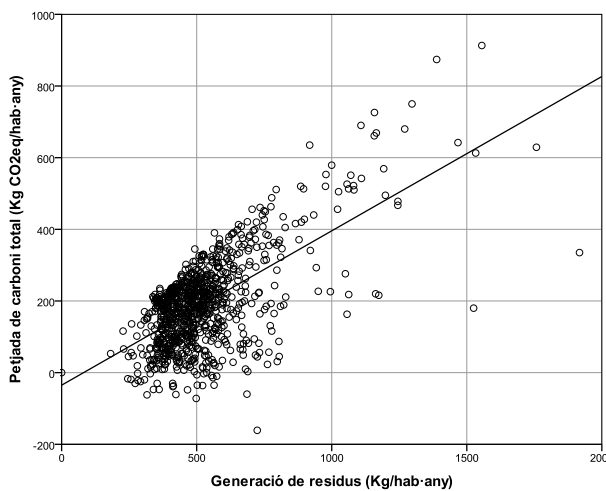
$$R^2 = 0,834$$

Error estàndard de l'estimació = 50,871

on:

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

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



$$y = 0,431 \text{ Generació} - 35,002$$

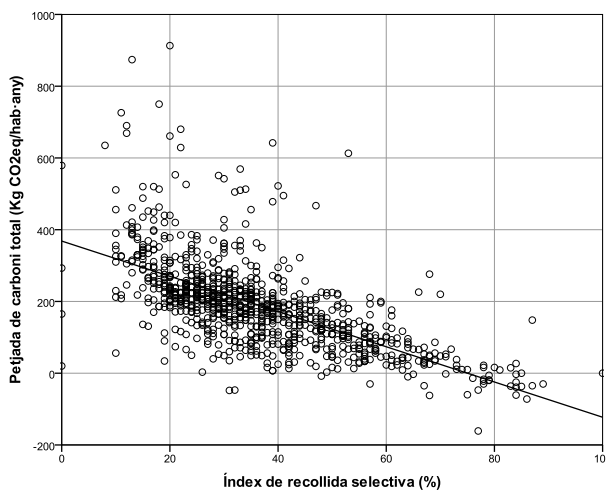
$$R^2 = 0,410$$

Error estàndard de l'estimació = 95,961

on:

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

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



$$y = 368,338 - 4,928RS$$

$$R^2 = 0,411$$

Error estàndard de l'estimació = 95,924

on:

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

RS = Índex de recollida selectiva (%)

Figura 16. Models de regressió lineal de la petjada de carboni per habitant i la resta a DC, generació de residus i recollida selectiva, respectivament (2011).

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 17). La virtut d'aquest model és que permet ajustar-se millor a les dades dels municipis, gràcies a la incorporació de més variables que expliquin la petjada de carboni per habitant. D'aquesta manera, s'aconsegueix un model amb un coeficient de determinació de 0,901, el qual significa que amb aquestes tres variables alhora es pot explicar més d'un 90% de les variacions en la petjada de carboni per habitant.

$$y = 64,506 + 0,163 \text{ Generació} + 0,419 \text{ RestaDC} - 2,105 \text{ RS}$$

$$R^2 = 0,906 ; \text{ Error estàndard de l'estimació} = 38,305$$

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 17. Models de regressió lineal múltiple per a la petjada de carboni per habitant (2011)

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 (2011)

La Taula 18 mostra la petjada de carboni per habitant mitjana de cada comarca, on es pot observar un rang variable entre 38 i 376 Kg CO₂eq/habitant·any.

Taula 18. Petjada de carboni mitjana de la gestió dels residus municipals a les comarques de Catalunya (2011), 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	38	Montsià	115
Alt Empordà	375	Noguera	220
Alt Penedès	218	Osona	60
Alt Urgell	110	Pallars Jussà	168
Alta Ribagorça	188	Pallars Sobirà	194
Anoia	296	Pla de l'Estany	183
Bages	161	Pla d'Urgell	130
Baix Camp	74	Priorat	112
Baix Ebre	195	Ribera d'Ebre	112
Baix Empordà	366	Ripollès	204
Baix Llobregat	156	Segarra	108
Baix Penedès	363	Segrià	208
Barcelonès	95	Selva	313
Berguedà	226	Solsonès	176
Cerdanya	310	Tarragonès	67
Conca de Barberà	154	Terra Alta	52
Garraf	256	Urgell	188
Garrigues	203	Val d'Aran	285
Garrotxa	206	Vallès Occidental	89
Gironès	58	Vallès Oriental	156
Maresme	52	Catalunya	119

La Figura 18 presenta el mapa de comarques de Catalunya, en el qual s'agrupen les comarques en 5 grups en funció de la petjada de carboni de la gestió dels residus municipals per a l'any 2011.

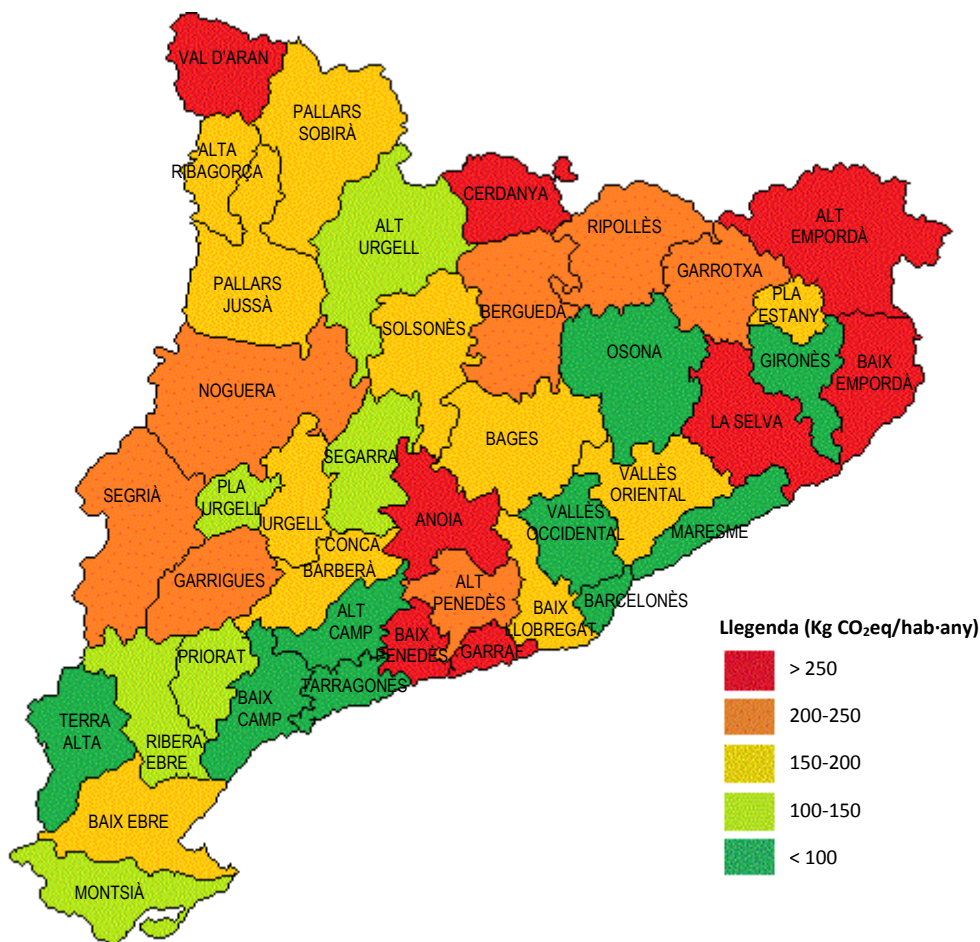


Figura 18. Petjada de carboni de la gestió dels residus municipals a les comarques de Catalunya (2011)

Tal i com s'ha explicat anteriorment, la petjada de carboni per habitant està directament relacionada amb la quantitat de resta destinada a DC. La Figura 19 mostra aquesta relació a nivell comarcal per a l'any 2011.

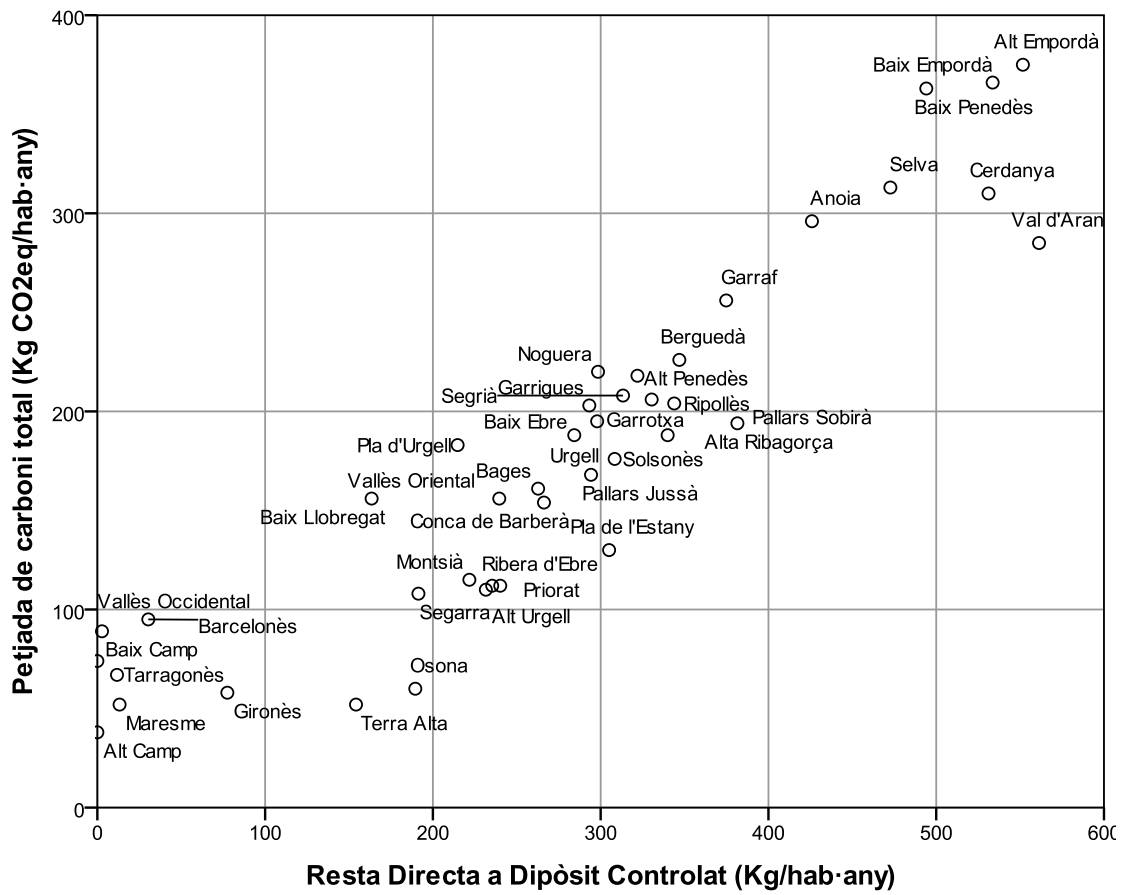


Figura 19. Diagrama de dispersió de la petjada de carboni mitjana per habitant i la quantitat de resta destinada a DC, a nivell comarcal (2011)

La Figura 20 representa gràficament les comarques en un diagrama de dispersió per a les variables 'resta a DC' 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) –aquelles que envien menys resta a DC i tenen major recollida selectiva- i a la meitat superior esquerra aquelles comarques amb una petjada de carboni major (per sobre de 250 Kg CO₂eq/hab·any).

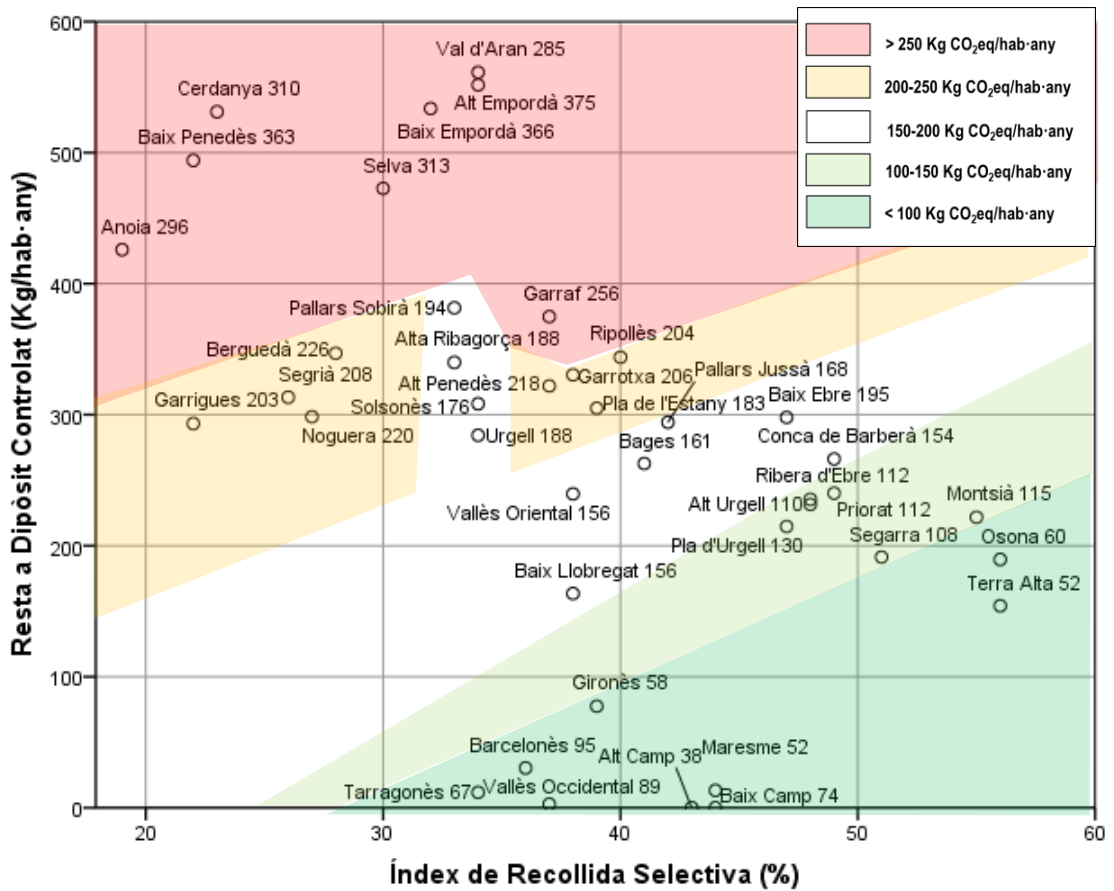


Figura 20. Diagrama de dispersió de la recollida selectiva i de la resta enviada a DC per habitant, per comarca (2011). El número que acompanya el nom de la comarca correspon a la petjada de carboni (Kg CO₂eq/hab·any)

5.3. Resultats a nivell de municipi (2012)

Els resultats de cadascun dels municipis es mostren en detall a l'Annex B, 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.

Dades estadístiques descriptives

La Taula 19 mostra els descriptius estadístics de la petjada de carboni dels municipis catalans pe l'any 2012, els quals es representen gràficament al diagrama de caixa de la Figura 21. Amb finalitats comparatives, la taula també presenta les dades obtingudes per a l'any 2011.

D'acord amb aquests resultats, s'observa que el 80% dels municipis tenen una petjada de carboni entre 35 i 298 Kg CO₂eq/habitant, i un 50% entre 91 i 223 Kg CO₂eq/habitant. Cal recordar que la mitjana catalana se situa en els 104 Kg CO₂eq/habitant¹⁰.

Taula 19. Estadística descriptiva de la petjada de carboni dels municipis catalans (comparativa entre els anys 2011 i 2012)

Descriptiu	Any 2011 (Kg CO ₂ eq/hab)	Any 2012 (Kg CO ₂ eq/hab)
Mitjana	190	170
Mínim	-161	-65
Percentil 10 (P10)	46	35
Percentil 25 (P25)	108	91
Percentil 50 (P50)	186	166
Percentil 75 (P75)	239	223
Percentil 90 (P90)	334	298
Màxim	913	870

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.

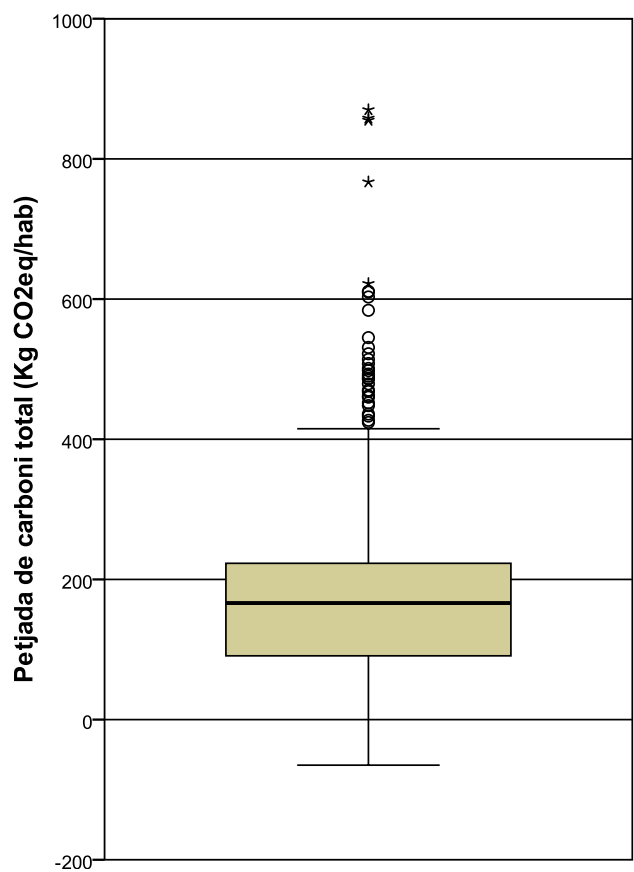


Figura 21. Diagrama de caixa de la petjada de carboni de la gestió de residus municipals dels municipis catalans (2012).

Finalment, la Figura 22 mostra l'histograma de les dades de petjada de carboni dels municipis, on s'aprecien el nombre d'ocurrències de cada grup en el diagrama de barres verticals, segons una distribució normal o gaussiana.

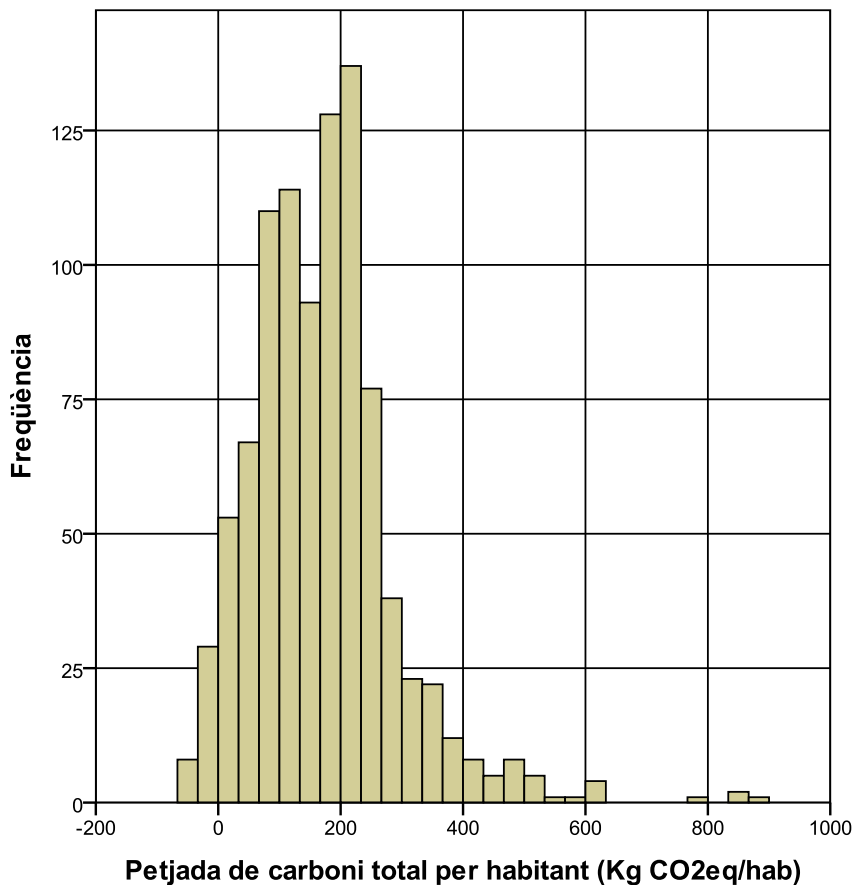


Figura 22. Histograma de la petjada de carboni de la gestió dels residus municipals dels municipis catalans (2012)

Interpretació dels resultats

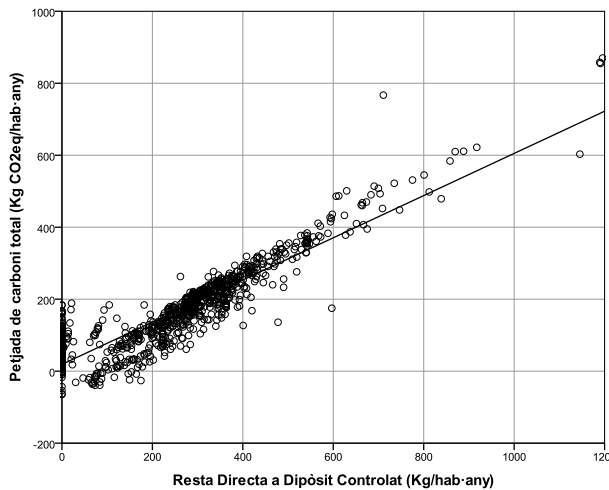
De manera paral·lela a l'anàlisi de resultats per a l'any 2011, s'ha realitzat un anàlisi de correlacions de Pearson per tal de determinar quines variables estan més relacionades (Taula 20). Els resultats obtinguts són similars als de l'any 2011 (a la taula es mostren els resultats per als dos anys). S'observa com la variable que presenta una major correlació amb la petjada de carboni per habitant és la quantitat de **resta destinada a DC per habitant** ($R=0,906$, $p=0,000$). Per tant, aquells municipis que enviïn més resta a DC 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 20. Coeficient de correlació de Pearson entre la petjada de carboni per habitant i altres variables (comparativa entre els anys 2011 i 2012)

Variable	Generació de residus (Kg/hab)	Rest a DC (%)	Rest a DC (Kg/hab)	Índex Recollida Selectiva (%)	Recollida selectiva (Kg/hab)
Petjada de carboni 2011 (Kg CO ₂ eq/hab)	0,641**	0,405**	0,913**	-0,641**	-0,165**
Petjada de carboni 2012 (Kg CO ₂ eq/hab)	0,661**	0,409**	0,906**	-0,599**	-0,049

**Correlació significativa (p=0,000)

La Figura 23 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 DC és la variable que presenta una millor relació amb la petjada de carboni per habitant, amb un $R^2=0,838$. Això indica que un 82% dels canvis en la petjada de carboni per habitant s'explica per les diferències en la quantitat de resta destinada a DC. En el cas de la generació de residus i l'índex de recollida selectiva, ambdues variables poden explicar, per si soles, aproximadament un 43.7% i un 36%, respectivament, de la variació en la petjada de carboni per habitant dels municipis catalans.



$$y = 0,586 \text{ RestaDC} + 18,944$$

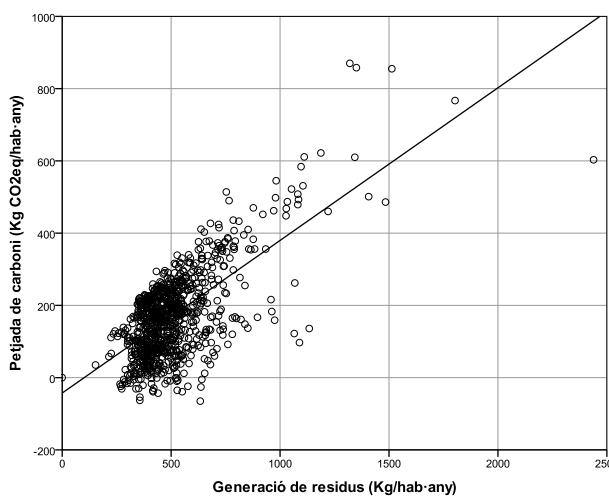
$$R^2 = 0,820$$

Error estàndard de l'estimació = 49,67

on:

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

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



$$y = 0,422 \text{ Generació} - 42,659$$

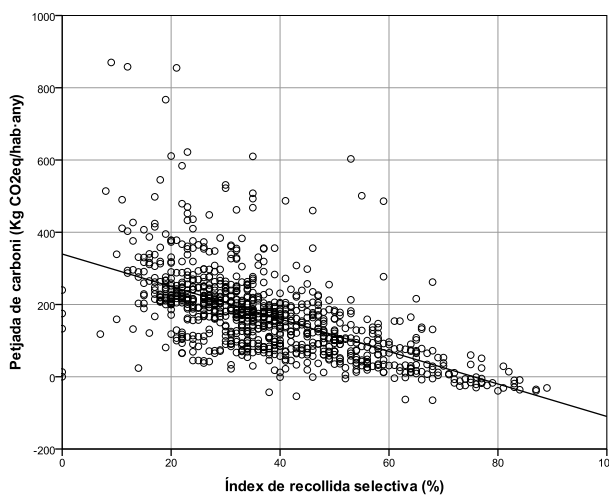
$$R^2 = 0,437$$

Error estàndard de l'estimació = 87,91

on:

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

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



$$y = 339,68 - 4,50 \text{ RS}$$

$$R^2 = 0,36$$

Error estàndard de l'estimació = 93,86

on:

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

RS = Índex de recollida selectiva (%)

Figura 23. Models de regressió lineal de la petjada de carboni per habitant i la resta a DC, generació de residus i recollida selectiva, respectivament (2012).

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 24). El coeficient de determinació d'aquest model ascendeix a 0,917, 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.

$$y = 57,621 + 0,183 \text{ Generació} + 0,397 \text{ RestaDC} - 2,167 \text{ RS}$$

$$R^2 = 0,917 ; \text{ Error estàndard de l'estimació} = 33,7$$

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 24. Models de regressió lineal múltiple per a la petjada de carboni per habitant (2012)

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.

5.4. Resultats per comarca (2012)

La Taula 21 mostra la petjada de carboni de la gestió dels residus municipals mitjana per habitant de cada comarca, on es pot observar un rang variable entre 33 i 363 Kg CO₂eq/habitant·any. Entre parèntesi, s'indica la variació en relació als resultats de l'any 2011.

Taula 21. Petjada de carboni de la gestió dels residus municipals mitjana de les comarques de Catalunya (2012), 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	36 (-2)	Montsià	110 (+5)
Alt Empordà	351 (-24)	Noguera	206 (-14)
Alt Penedès	199 (-19)	Osona	31 (-29)
Alt Urgell	121 (+11)	Pallars Jussà	167 (-1)
Alta Ribagorça	164 (-24)	Pallars Sobirà	180 (-14)
Anoia	278 (-18)	Pla de l'Estany	173 (-10)
Bages	156 (-5)	Pla d'Urgell	128 (-2)
Baix Camp	54 (-20)	Priorat	79 (-33)
Baix Ebre	180 (-15)	Ribera d'Ebre	103 (-9)
Baix Empordà	344 (-22)	Ripollès	176 (-28)
Baix Llobregat	116 (-40)	Segarra	88 (-20)
Baix Penedès	200 (-163)	Segrià	197 (-11)
Barcelonès	80 (-15)	Selva	277 (-36)
Berguedà	220 (-6)	Solsonès	160 (-16)
Cerdanya	287 (-23)	Tarragonès	44 (-23)
Conca de Barberà	148 (-6)	Terra Alta	26 (-26)
Garraf	240 (-16)	Urgell	179 (-9)
Garrigues	198 (-5)	Val d'Aran	356 (+71)
Garrotxa	185 (-21)	Vallès Occidental	70 (-19)
Gironès	60 (+2)	Vallès Oriental	122 (-34)
Maresme	84 (+32)	Catalunya	104 (-15)

La Figura 25 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 2012.

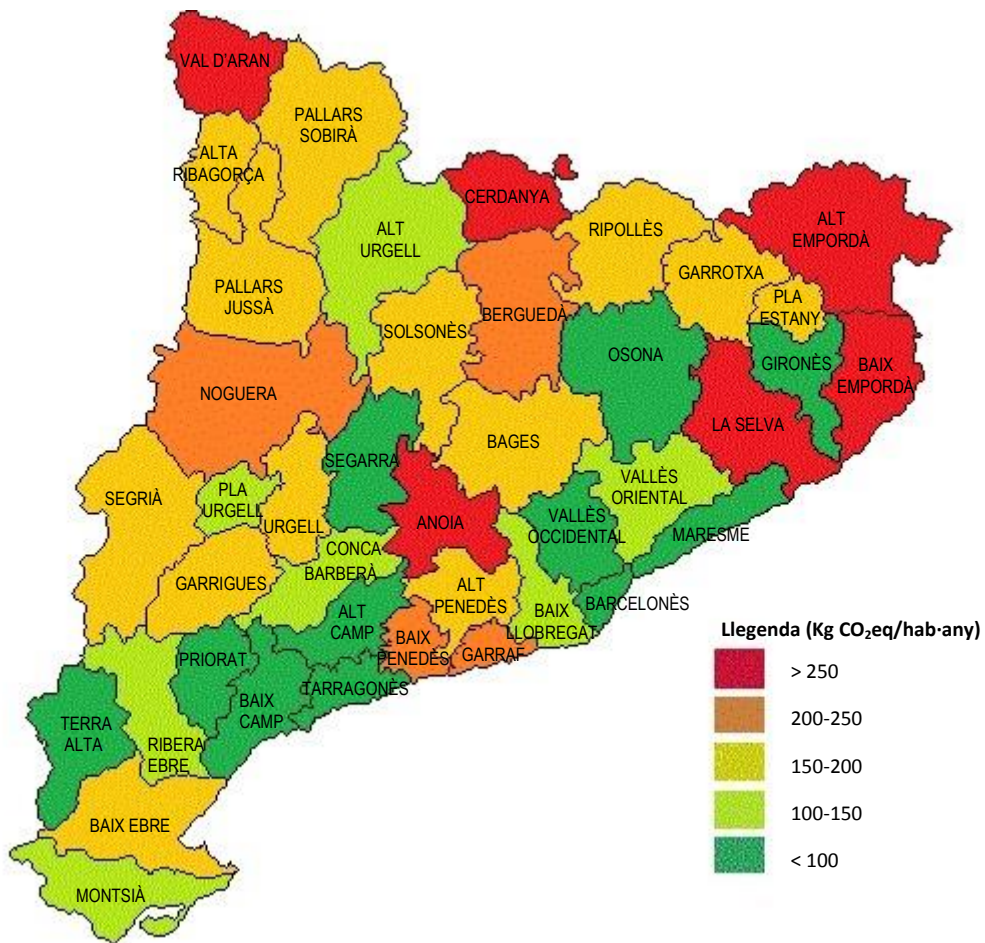


Figura 25. Petjada de carboni de la gestió de residus municipals de les comarques de Catalunya (2012)

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 DC. La Figura 26 mostra aquesta relació a nivell comarcal per a l'any 2012.

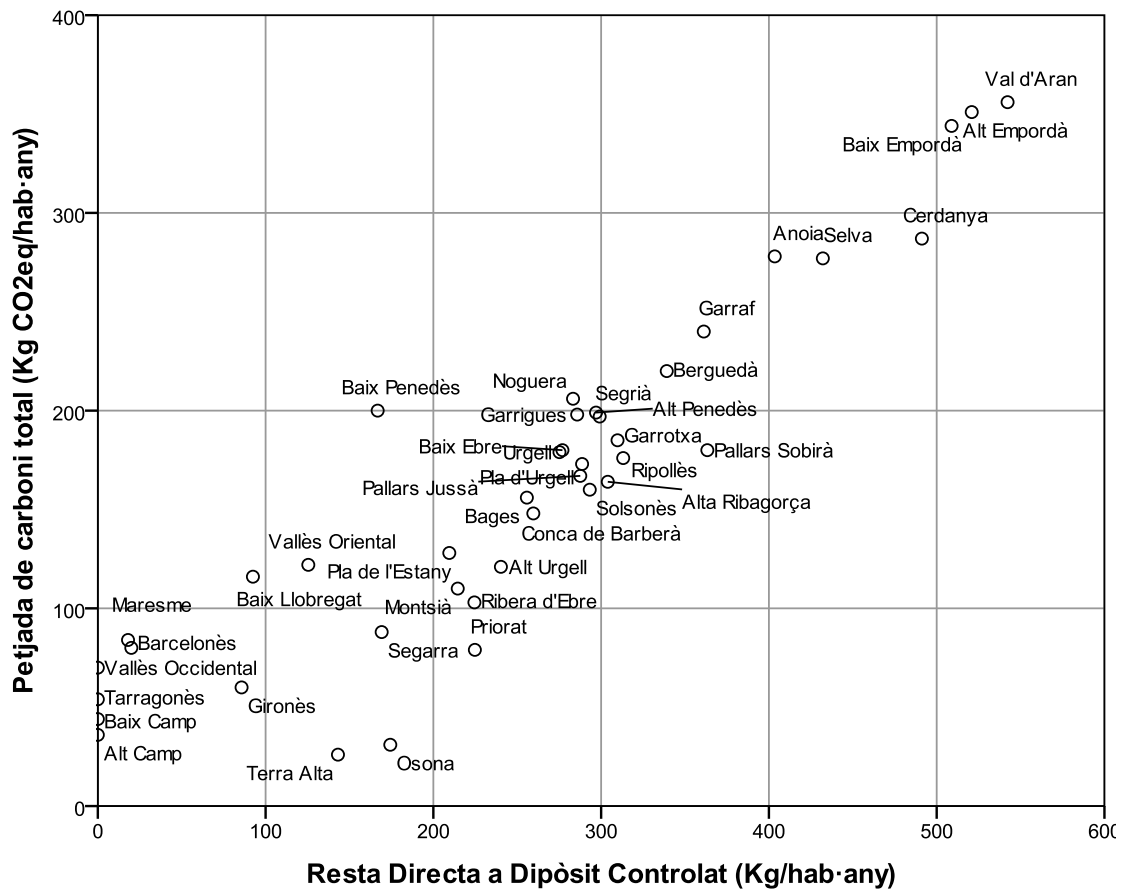


Figura 26. Diagrama de dispersió de la petjada de carboni de la gestió dels residus municipals mitjana per habitant i la quantitat de resta destinada a DC, a nivell comarcal (2012)

La Figura 27 representa gràficament les comarques en un diagrama de dispersió per a les variables 'resta a DC' 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 2011.

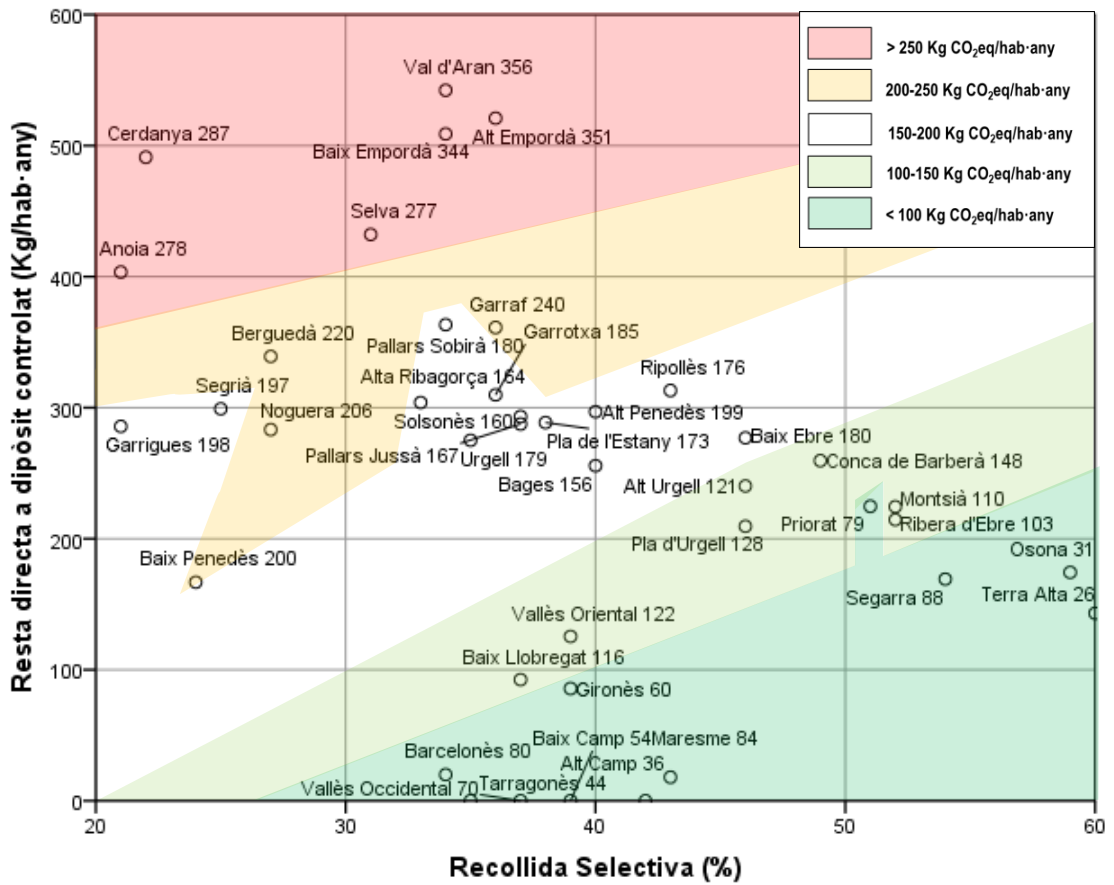


Figura 27. Diagrama de dispersió de la recollida selectiva i de la resta enviada a DC per habitant, per comarca (2012). El número que acompanya el nom de la comarca correspon a la petjada de carboni de la gestió de residus municipals (Kg CO₂eq/hab·any)

6. 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 pot anomenar 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 2011 i 2012**, 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 als anys 2011 i 2012 són de 1.648.195 t de CO₂ eq./any i de 1.558.560 t de CO₂ eq./any respectivament.

Les emissions evitades, procedents de la valorització material i energètica, dels residus municipals a Catalunya per als anys 2011 i 2012 són de -753.169 t de CO₂ eq./any i de -769.167 t de CO₂ eq./any.

La petjada de carboni de la gestió (transport i tractament) dels residus municipals a Catalunya (incloent emissions directes, indirectes i evitades) per als anys 2011 i 2012 és de 895.026 i 789.393 t CO₂eq, respectivament. La disminució en les emissions de l'any 2012 s'explica en gran mesura per la reducció de la generació de residus per habitant, que passa d' 1,47 a 1,35 Kg/habitant·dia. Per altra banda, la petjada de carboni per habitant es situa en 119 i 104 Kg CO₂eq/habitant els anys 2011 i 2012, respectivament.

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). 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 46 i 334, i entre 35 i 298 Kg CO₂eq/habitant els anys 2011 i 2012,

respectivament. 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 82% 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.

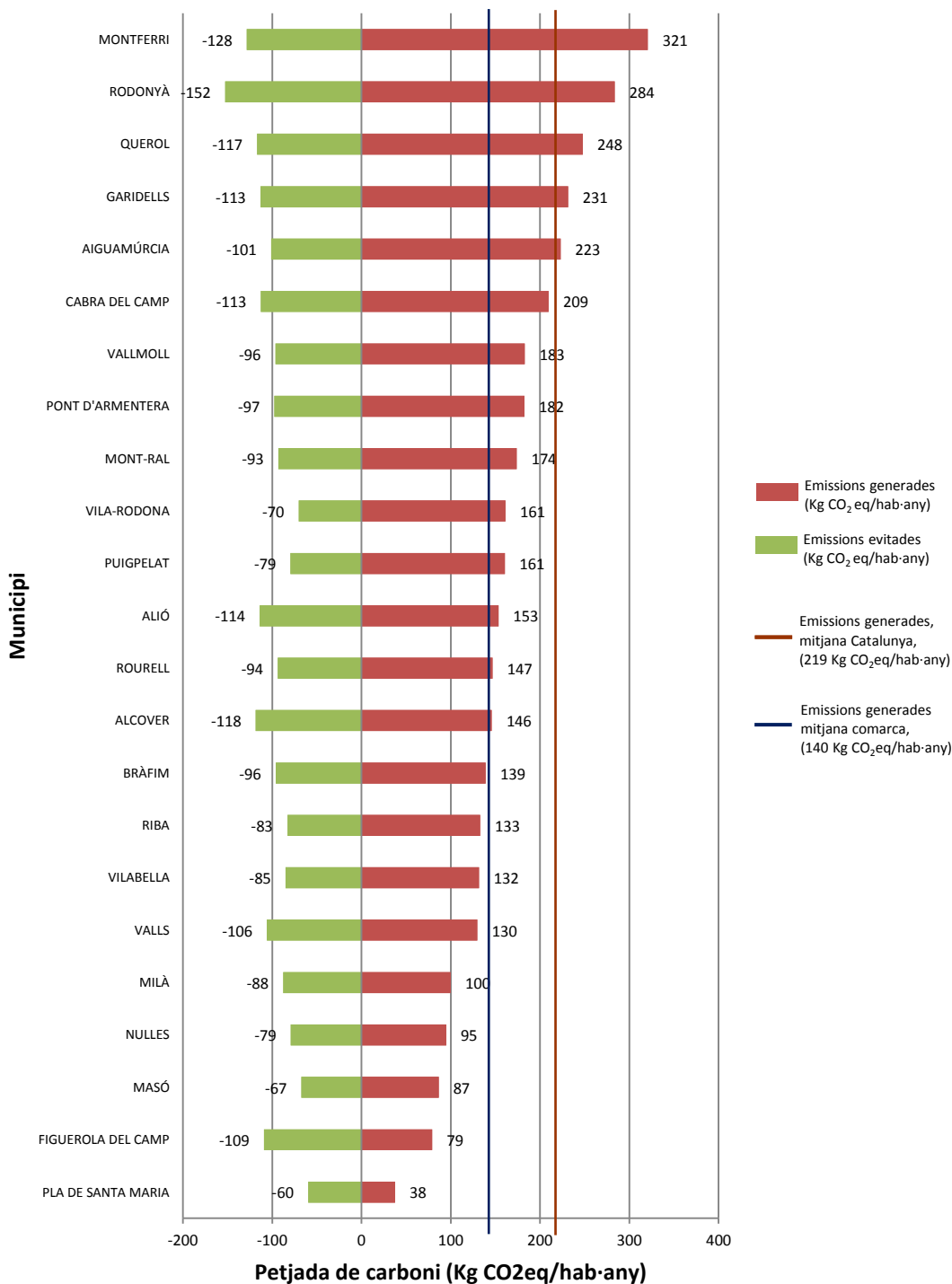
7. REFERÈNCIES

- 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. <http://lct.jrc.ec.europa.eu/pdf-directory/ReqNo-JRC65850-LB-NA-24916-EN-N.pdf>.
- Farreny, R, S Colman, CM Gasol, J Rieradevall, Sevigné-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, PROGEMIC 2007-2012." www.progemic.cat.
- Gentil, EC, A Damgaard, M Hauschild, G Finnveden, O Eriksson, S Thorneloe, PO Kaplan, et al. 2010. "Models for Waste Life Cycle Assessment: Review of Technical Assumptions." *Waste Management* 30 (12): 2636–2648.
- 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#UU M9xNawPzi.
- 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/index.html>.
- 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. 2012. "Guia Pràctica Per Al Càlcul D'emissions de Gasos Amb Efecte D'hivernacle (GEH)." http://www20.gencat.cat/docs/canviclimatic/Home/Politiques/Politiques%20catalanes/La%20mitigacio%20del%20canvi%20climatic/Guia%20de%20calcul%20d'emissions%20de%20CO2/120301_Guia%20practica%20calcul%20emissions_rev_CA.pdf.

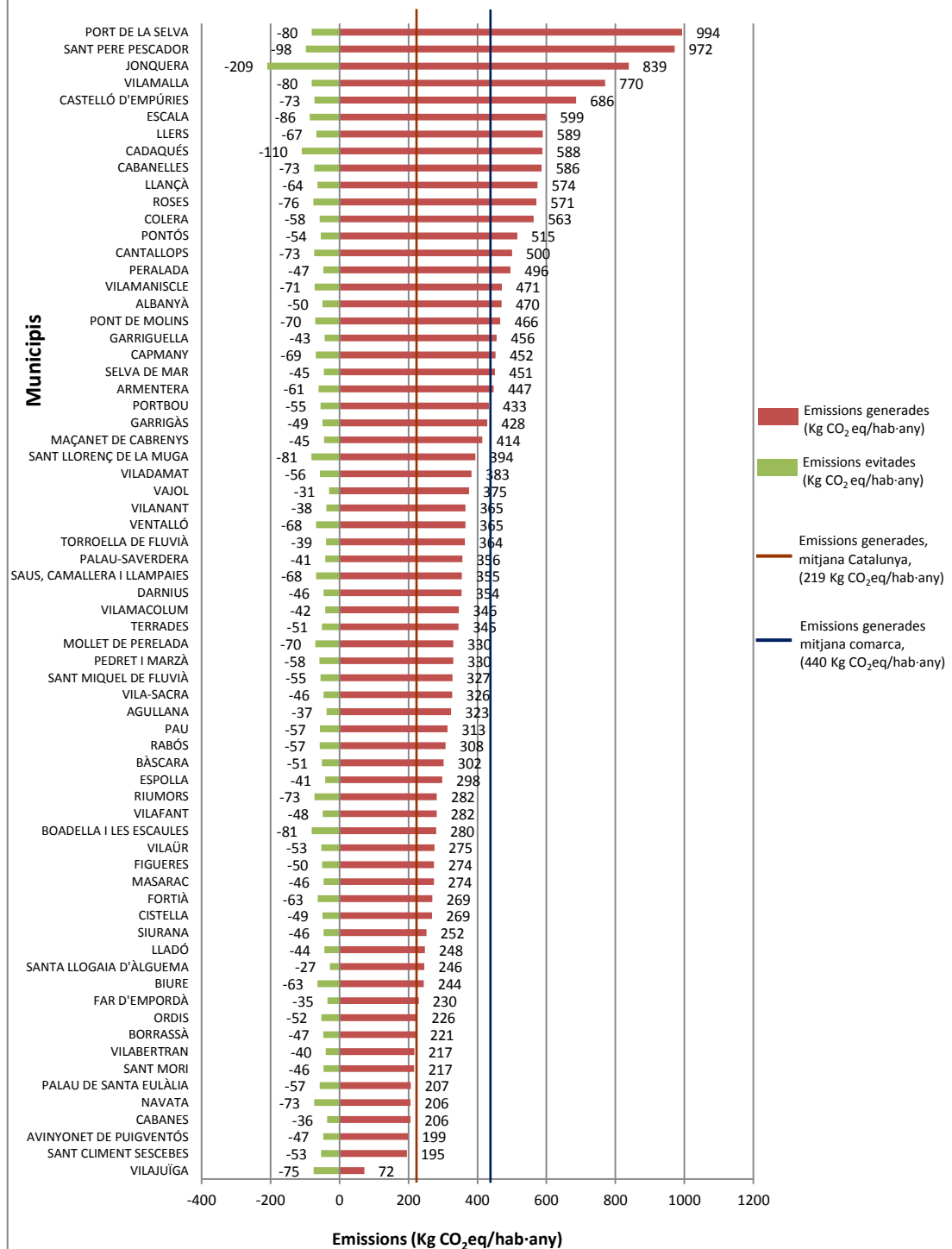
- . 2013a. “Tercer Informe de Progrés a Catalunya Sobre Els Objectius de Kyoto.” http://www20.gencat.cat/docs/canviclimatic/Home/Actualitat/docs/Tercer%20Informe%20de%20Progres_FINAL%20amb%20TAPA.pdf.
- . 2013b. “Guia Pràctica Per Al Càlcul D’emissions de Gasos Amb Efecte Hivernacle (versió 2013).” http://www20.gencat.cat/docs/canviclimatic/Home/Redueix%20emissions/Guia%20de%20calcul%20d'emissions%20de%20CO2/130430_Guia%20practica%20calcul%20emissions_sense%20canvis_CA.pdf.
- 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 Tuchs Schmid. 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>.
- . 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 (2011)

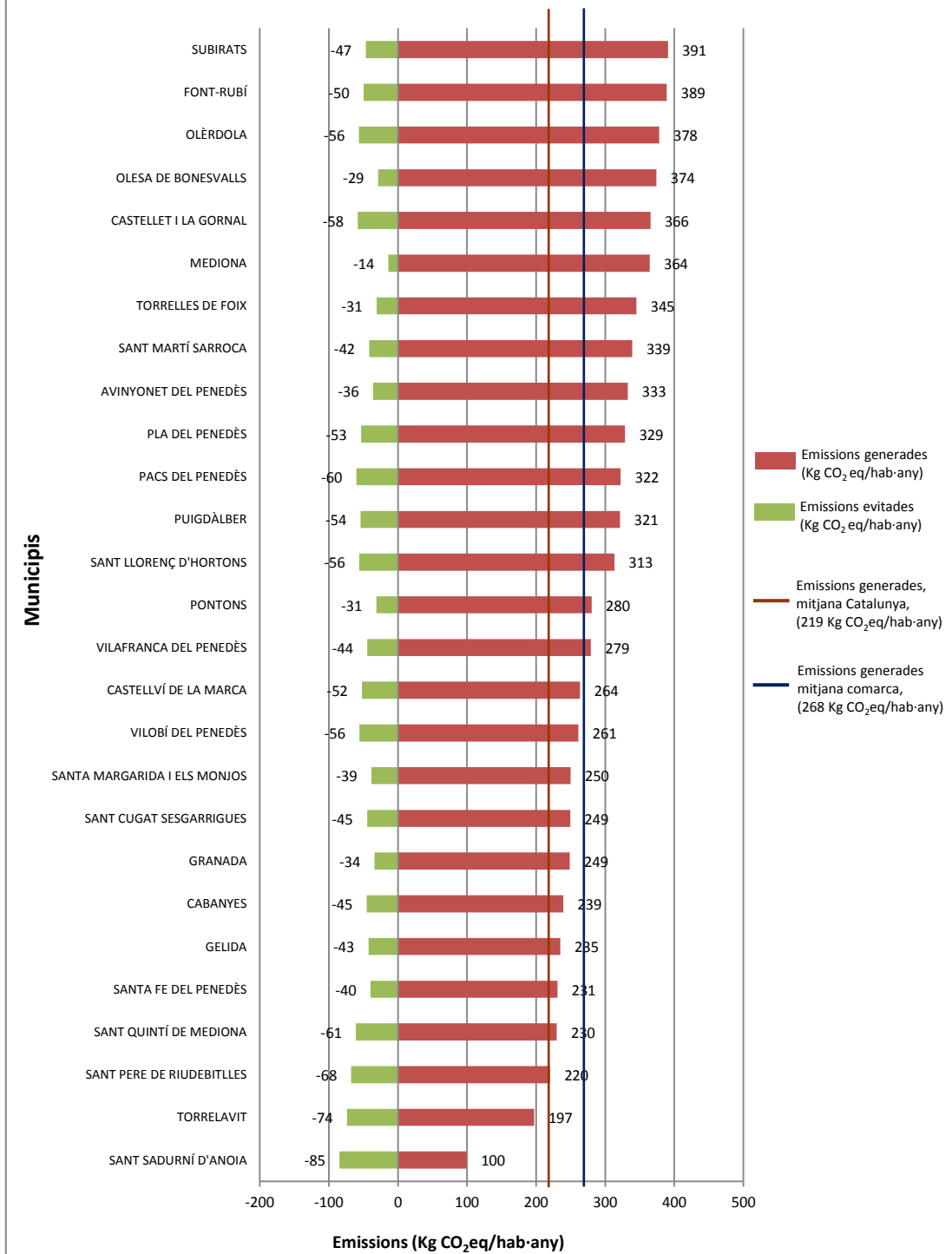
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Alt Camp, 2011)



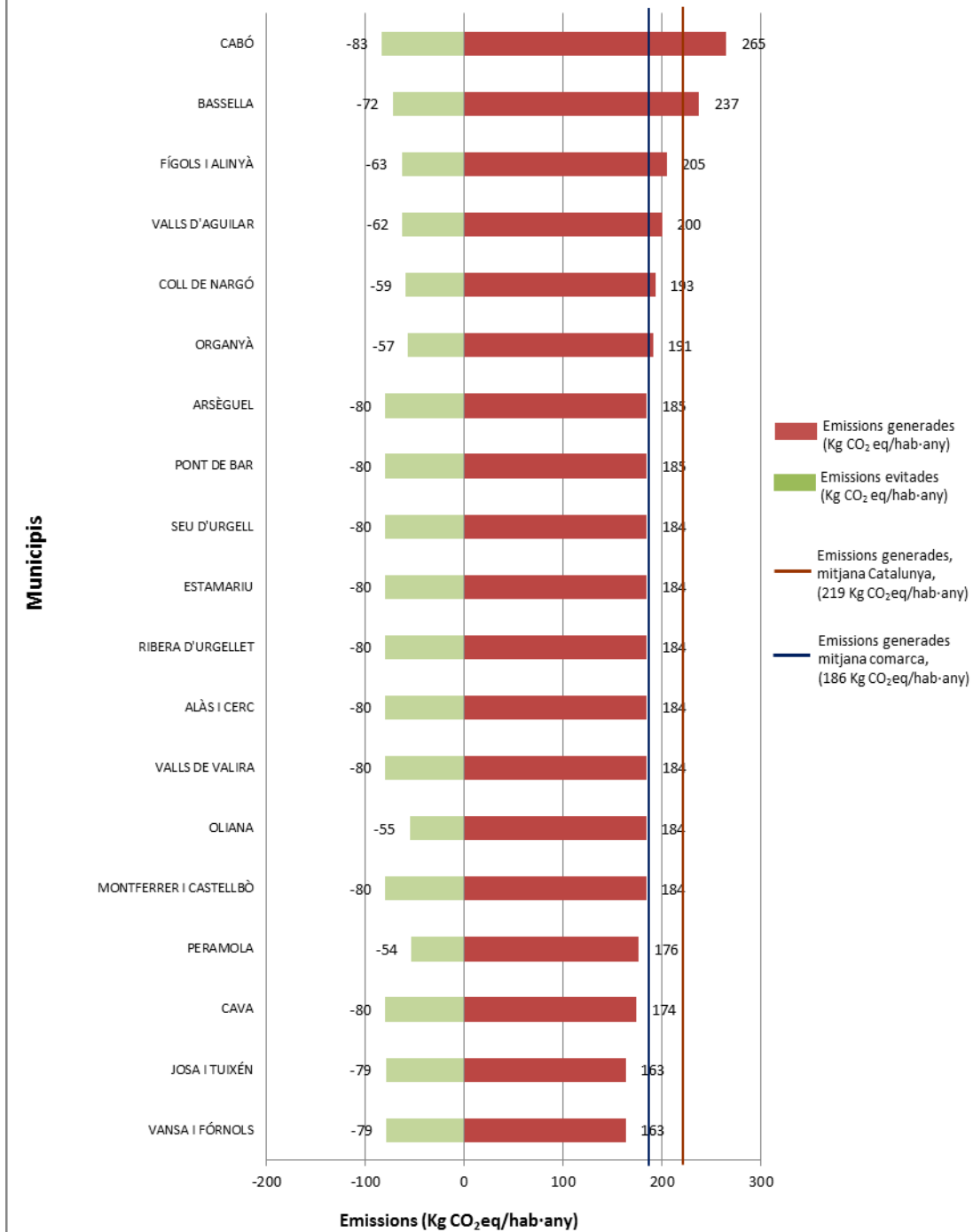
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Alt Empordà, 2011)



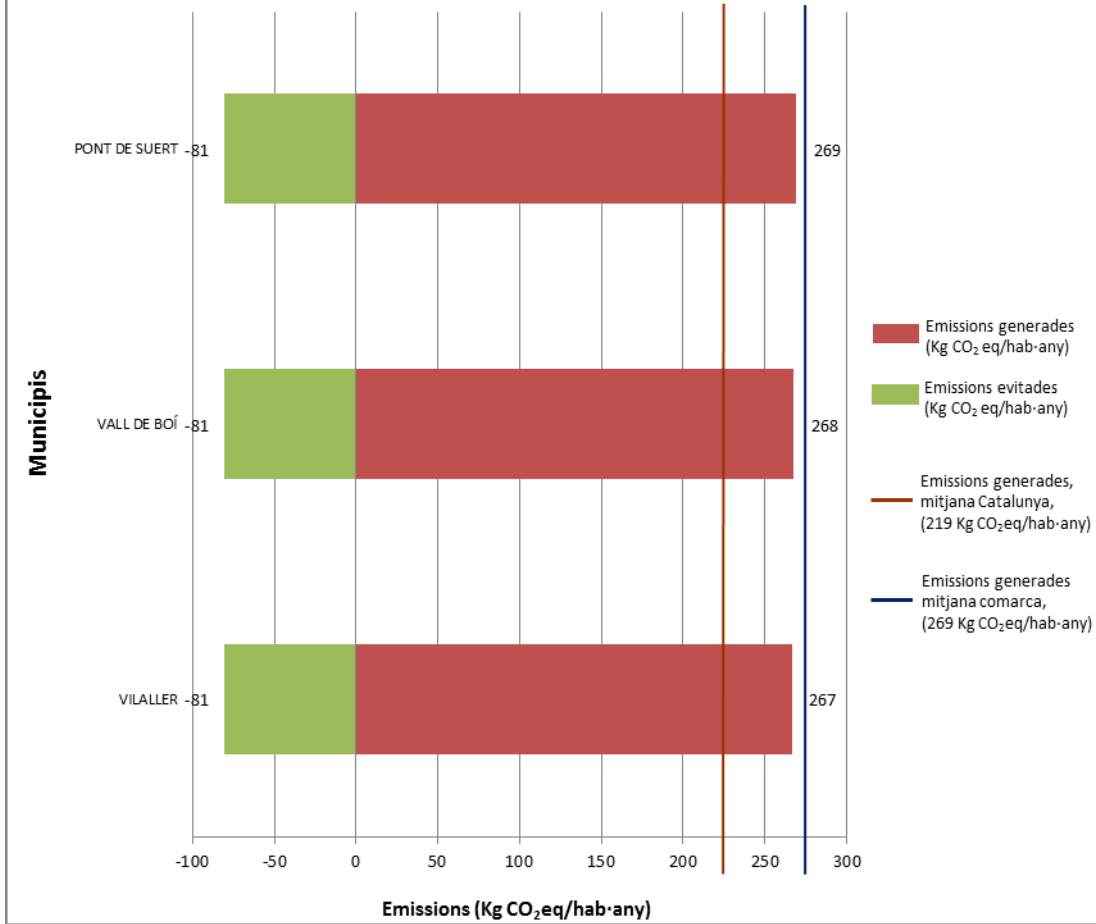
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Alt Penedès, 2011)



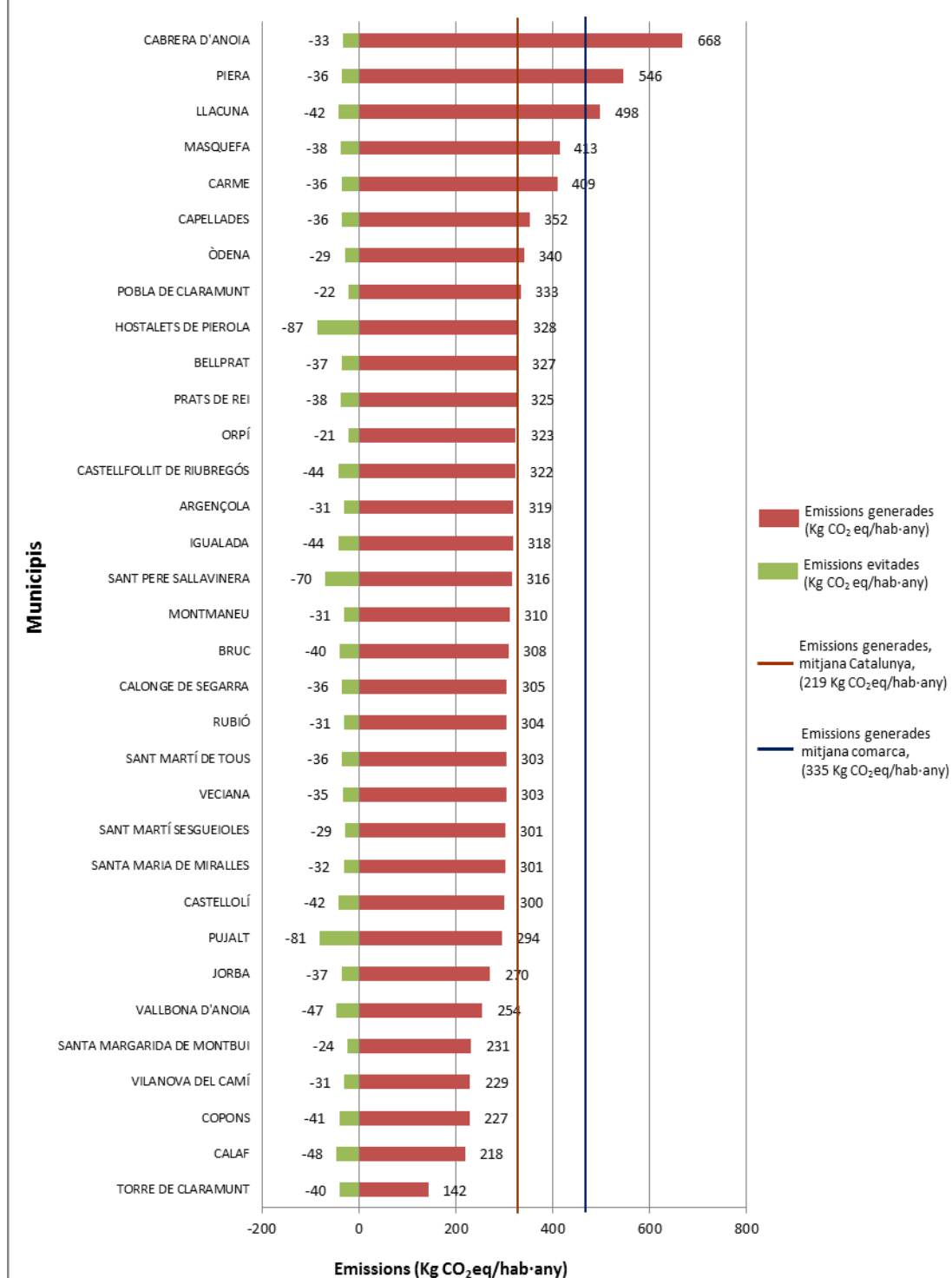
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Alt Urgell, 2011)



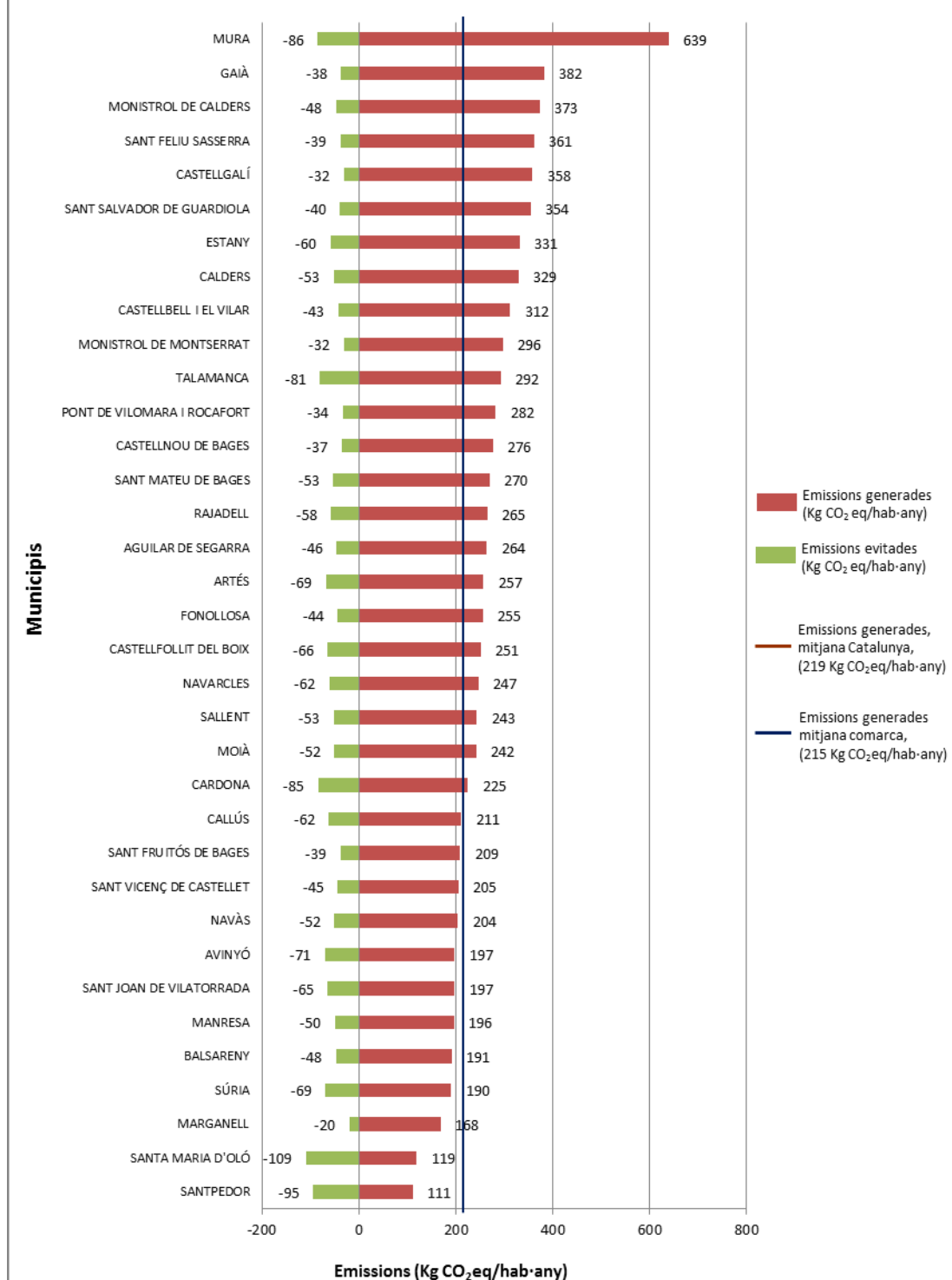
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Alta Ribagorça, 2011)



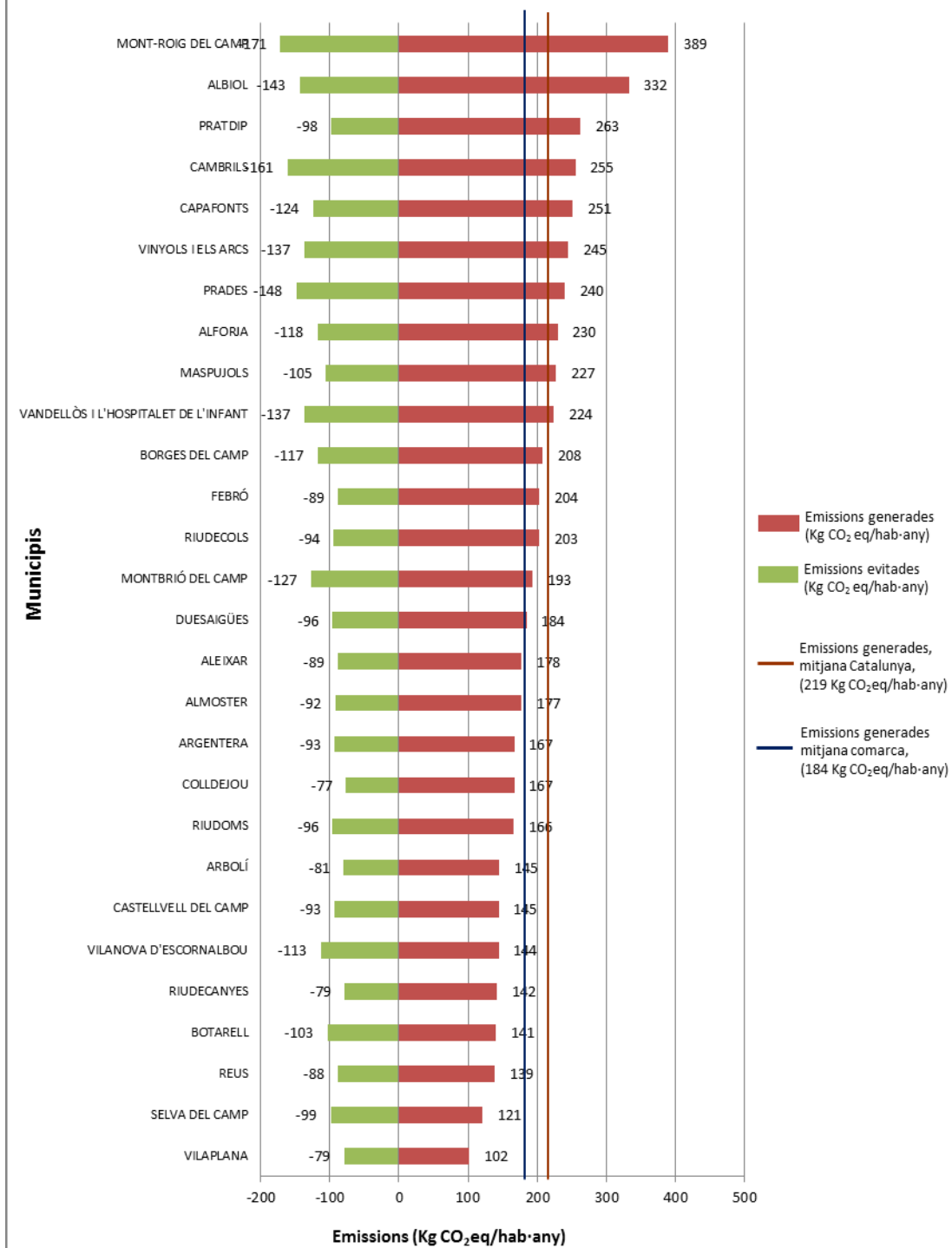
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Anoia, 2011)



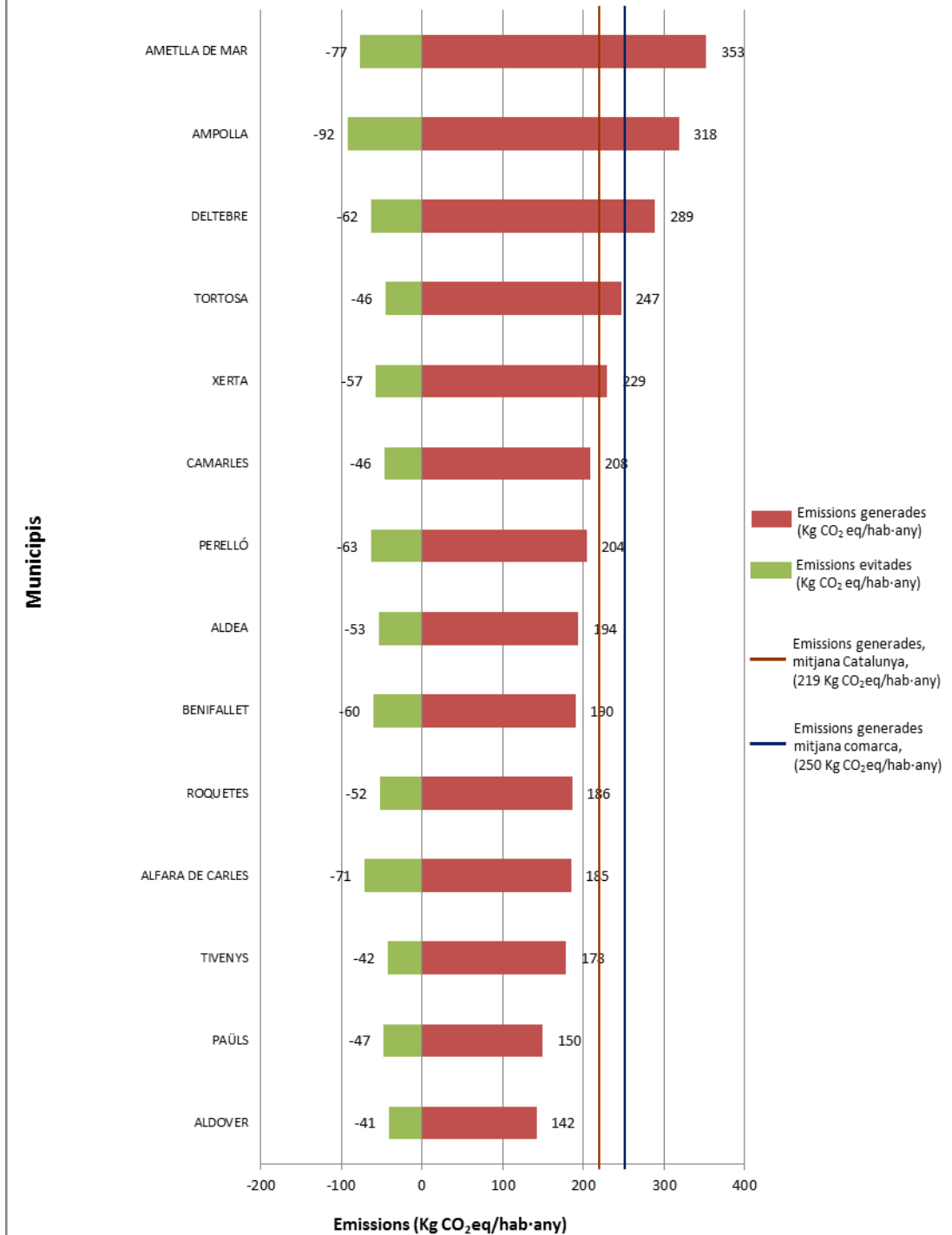
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Bages, 2011)



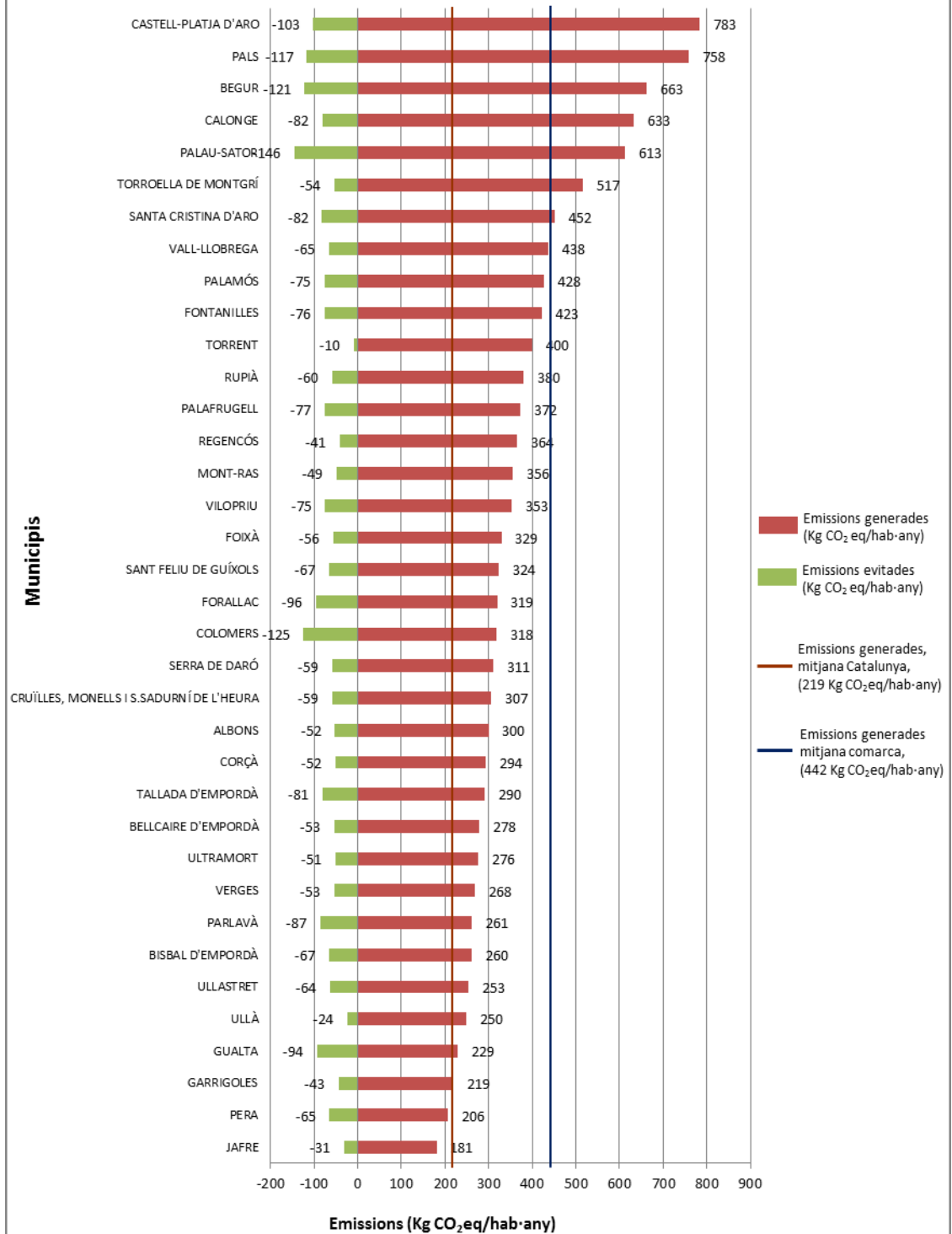
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Baix Camp, 2011)



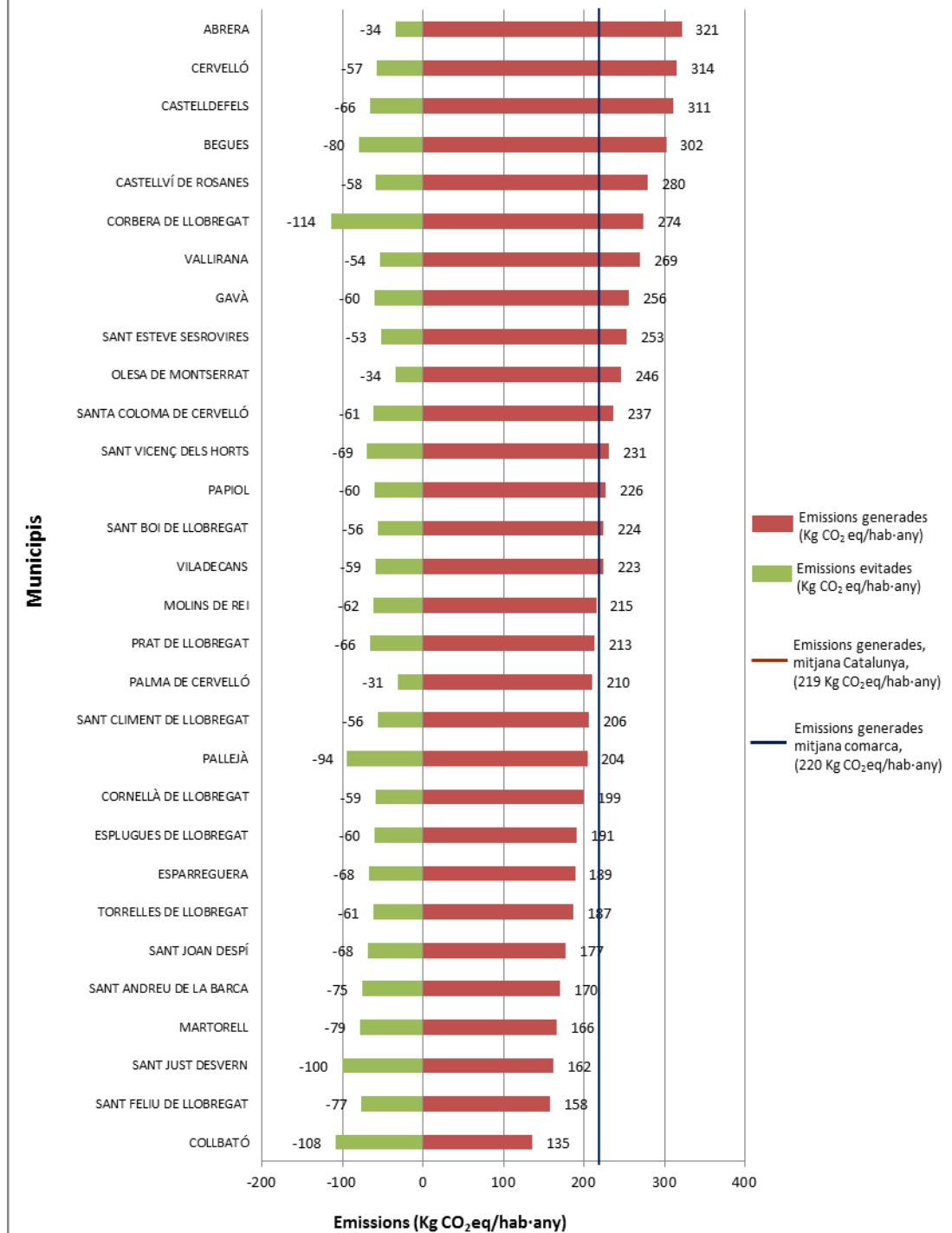
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Baix Ebre, 2011)



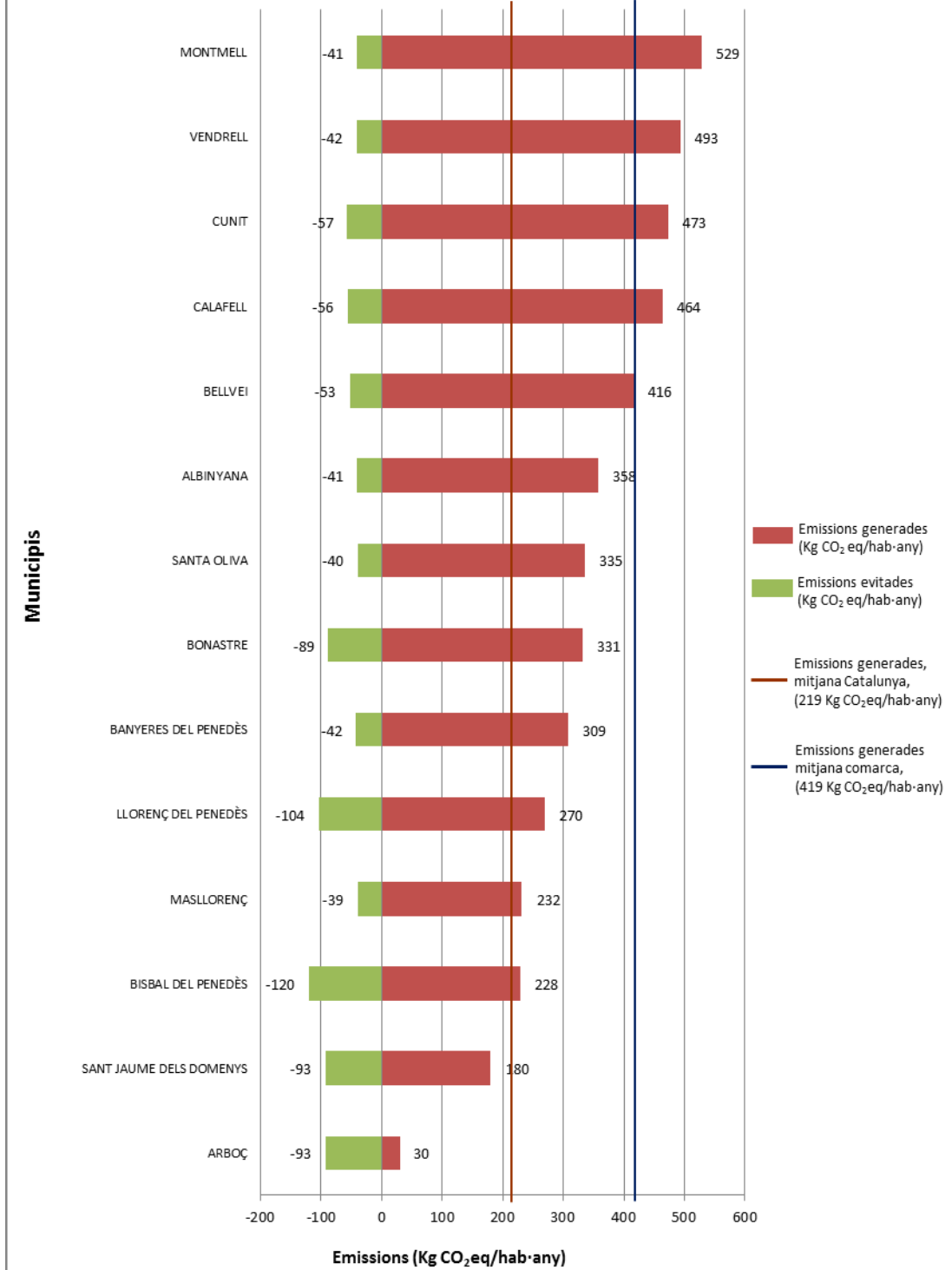
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Baix Empordà, 2011)



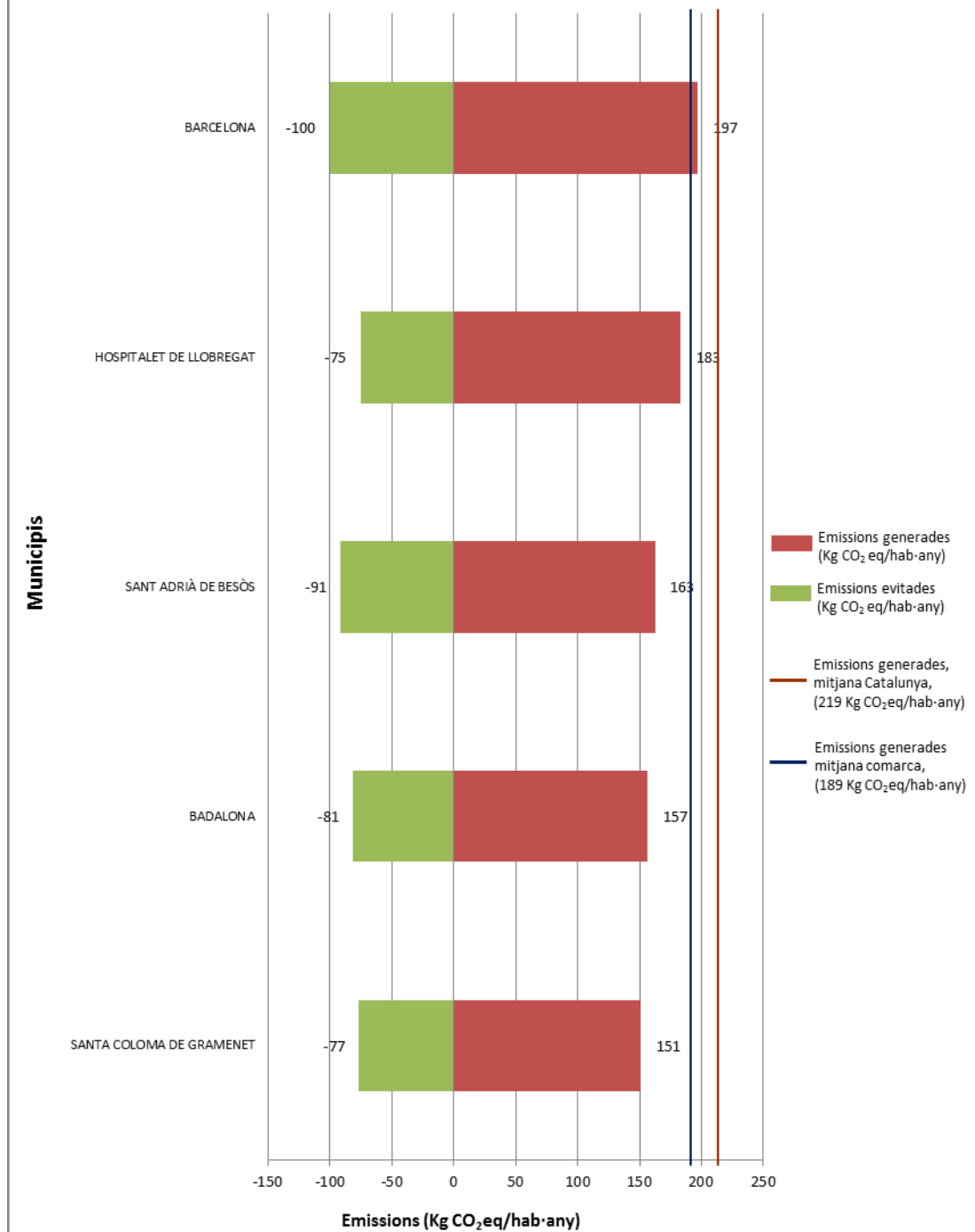
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Baix Llobregat, 2011)



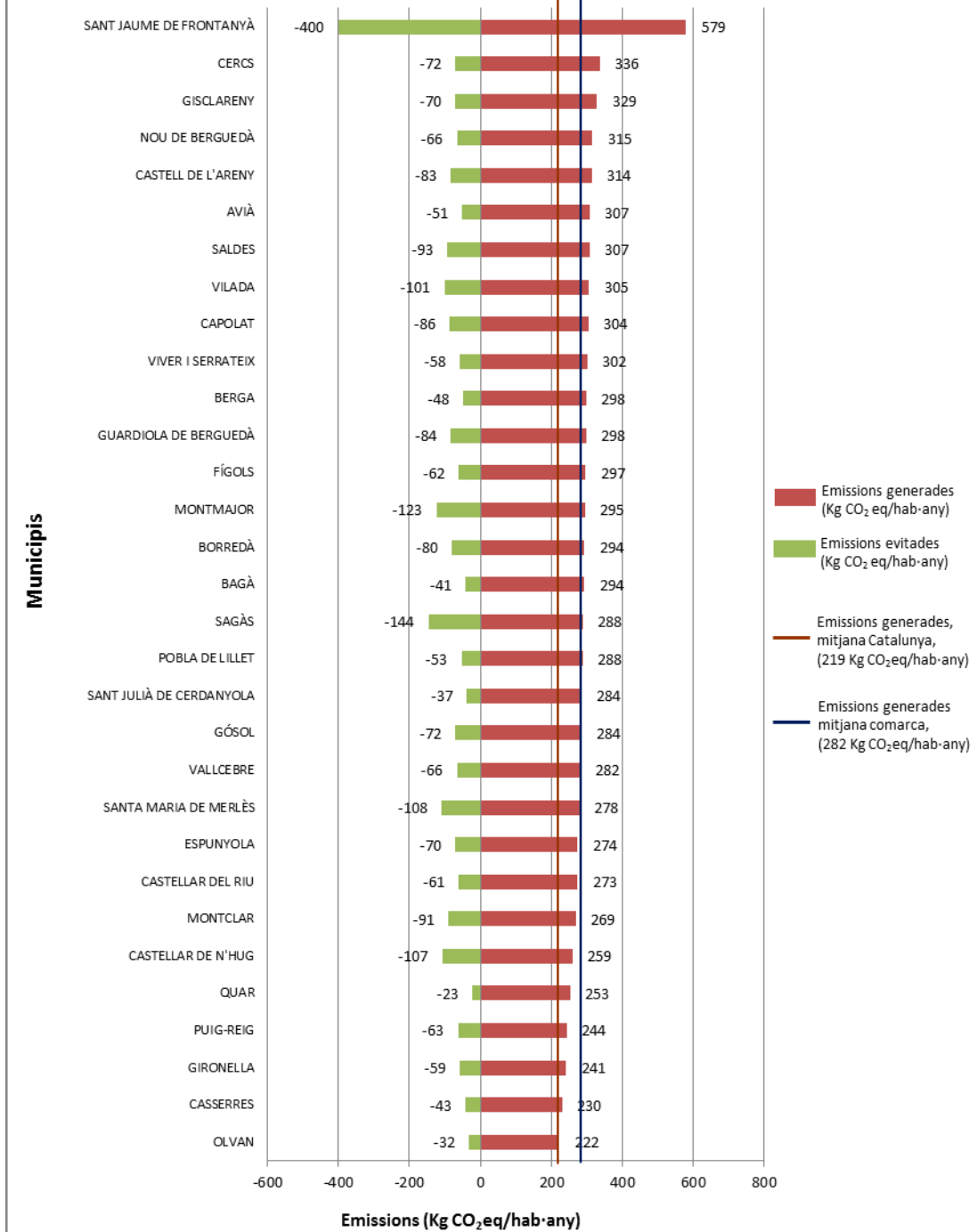
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Baix Penedès, 2011)



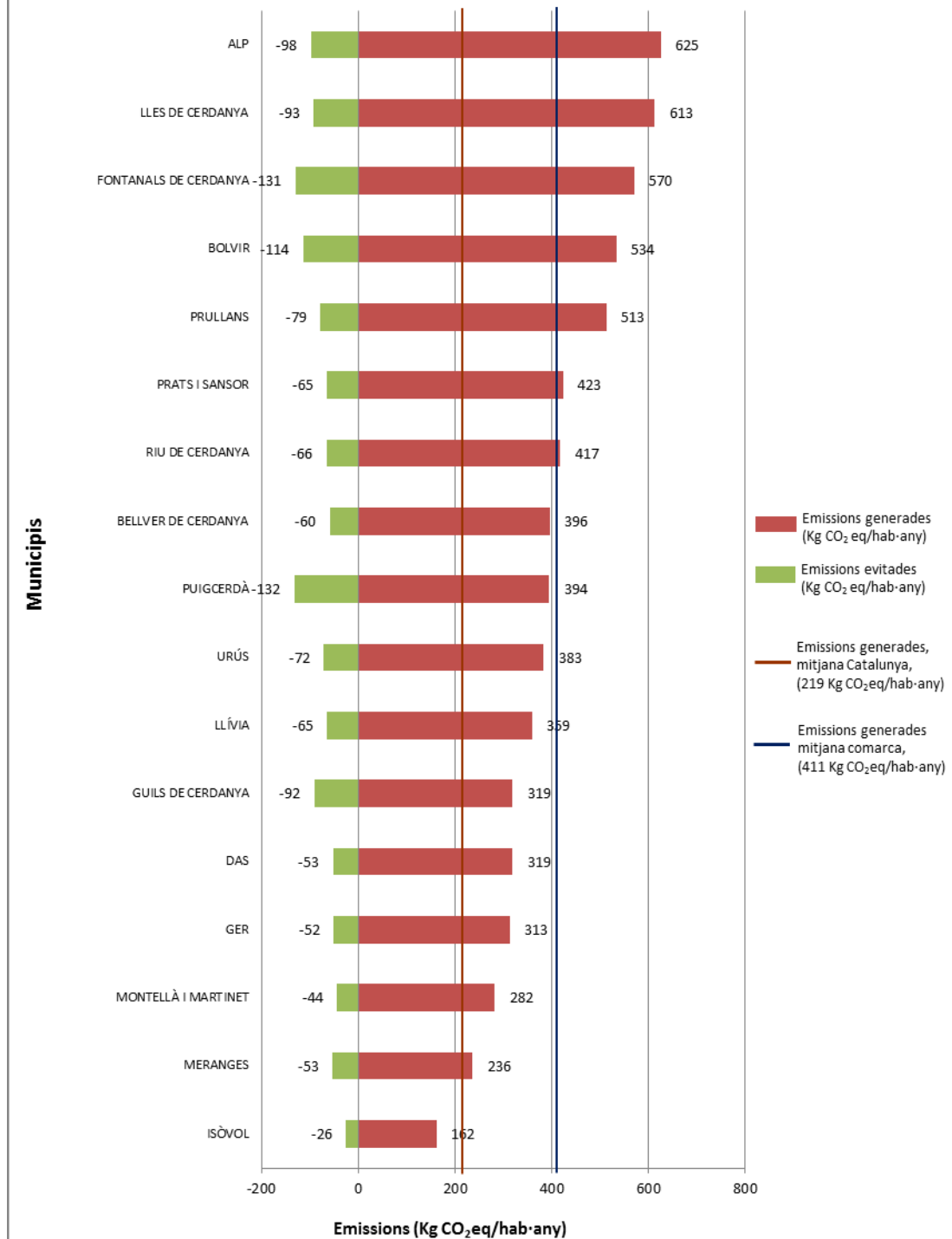
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Barcelonès, 2011)



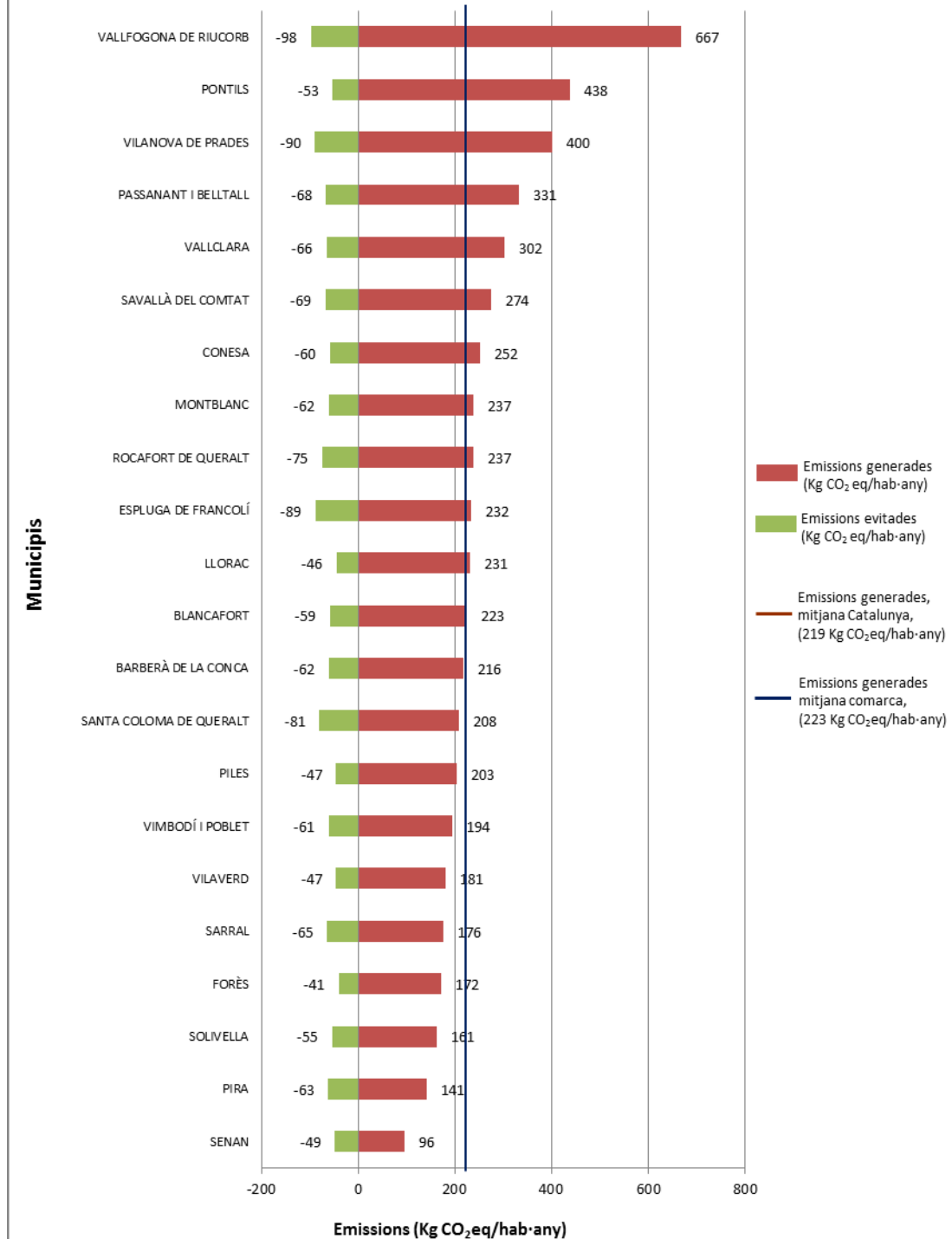
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Berguedà, 2011)



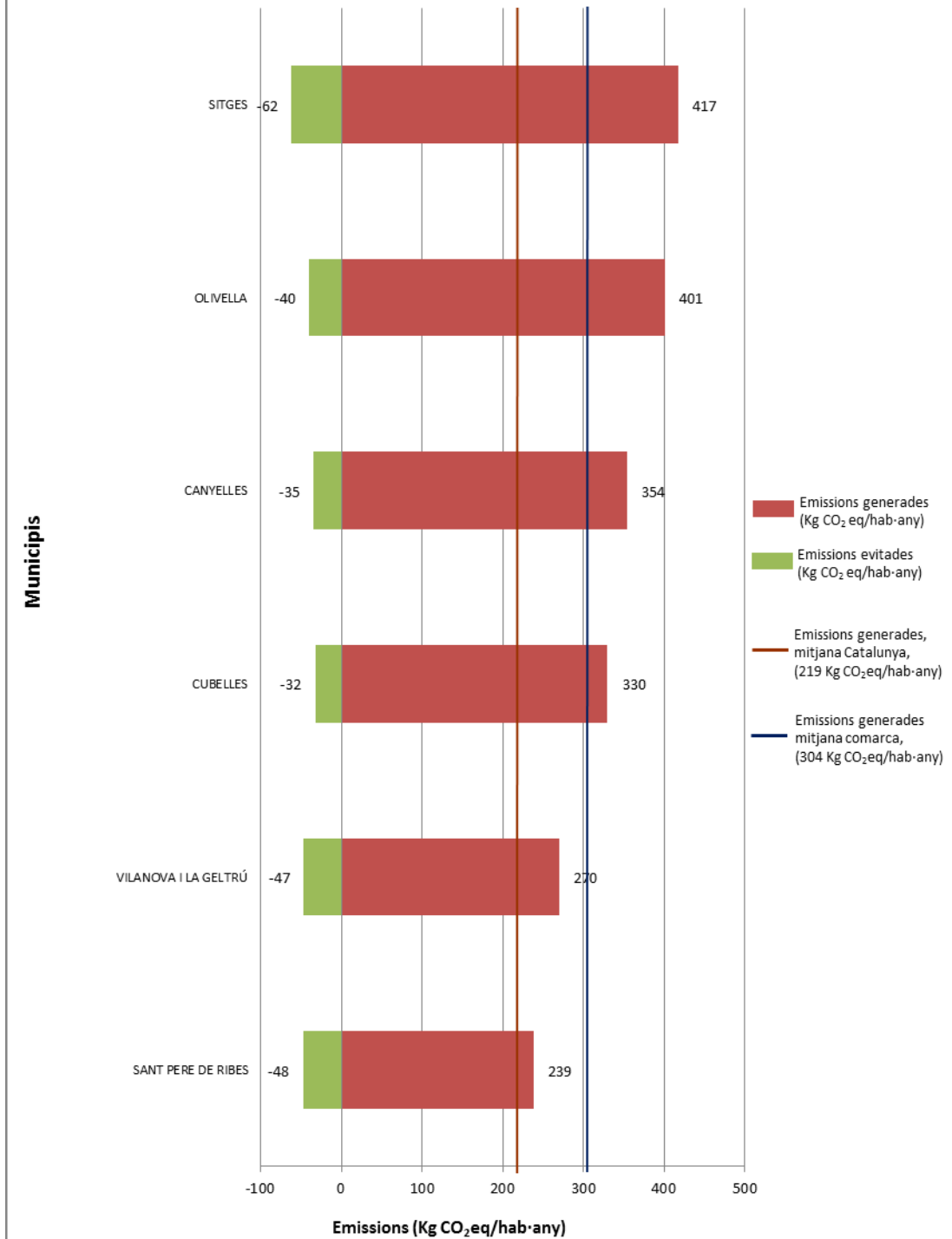
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Cerdanya, 2011)



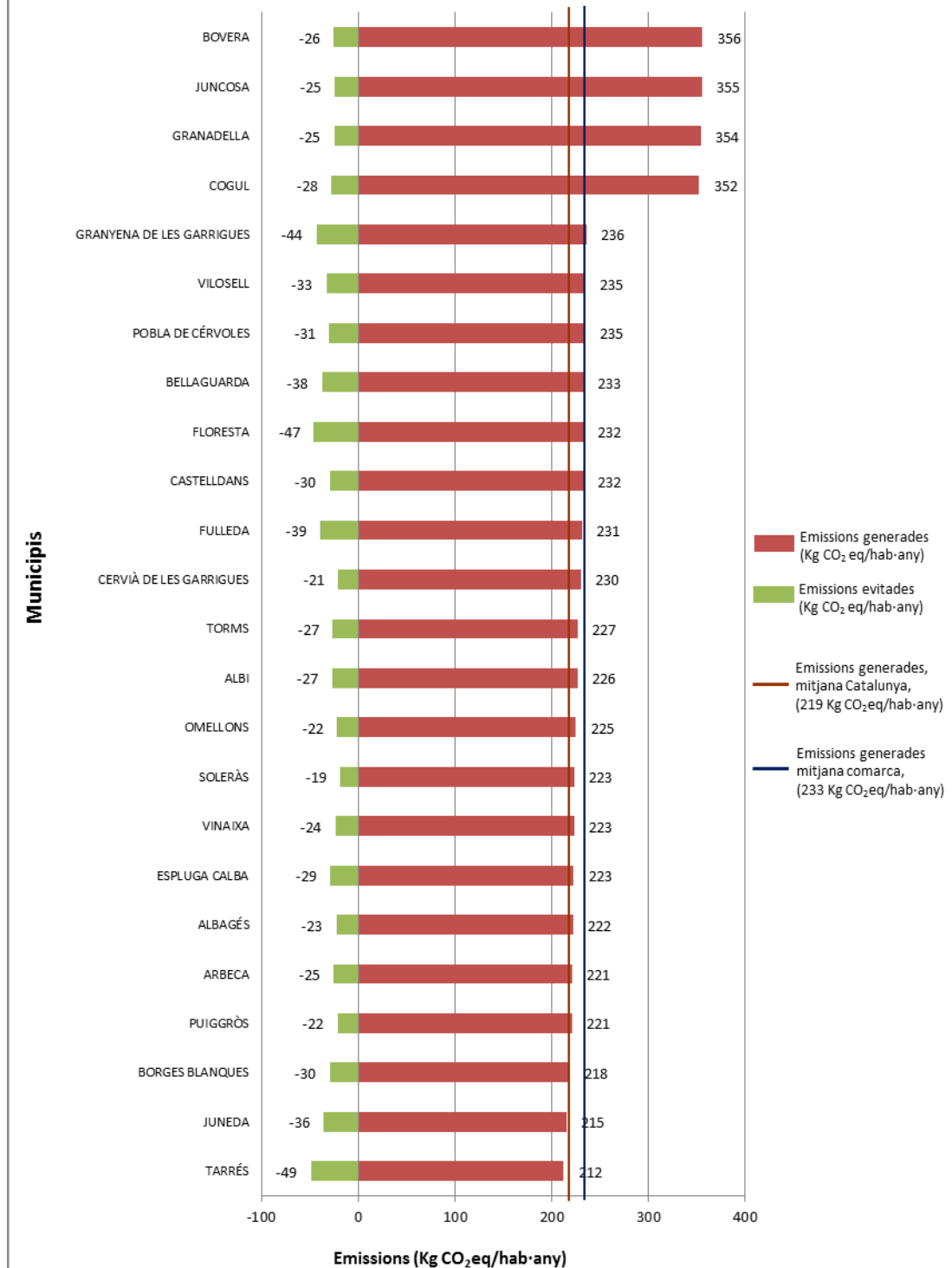
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Conca de Barberà, 2011)



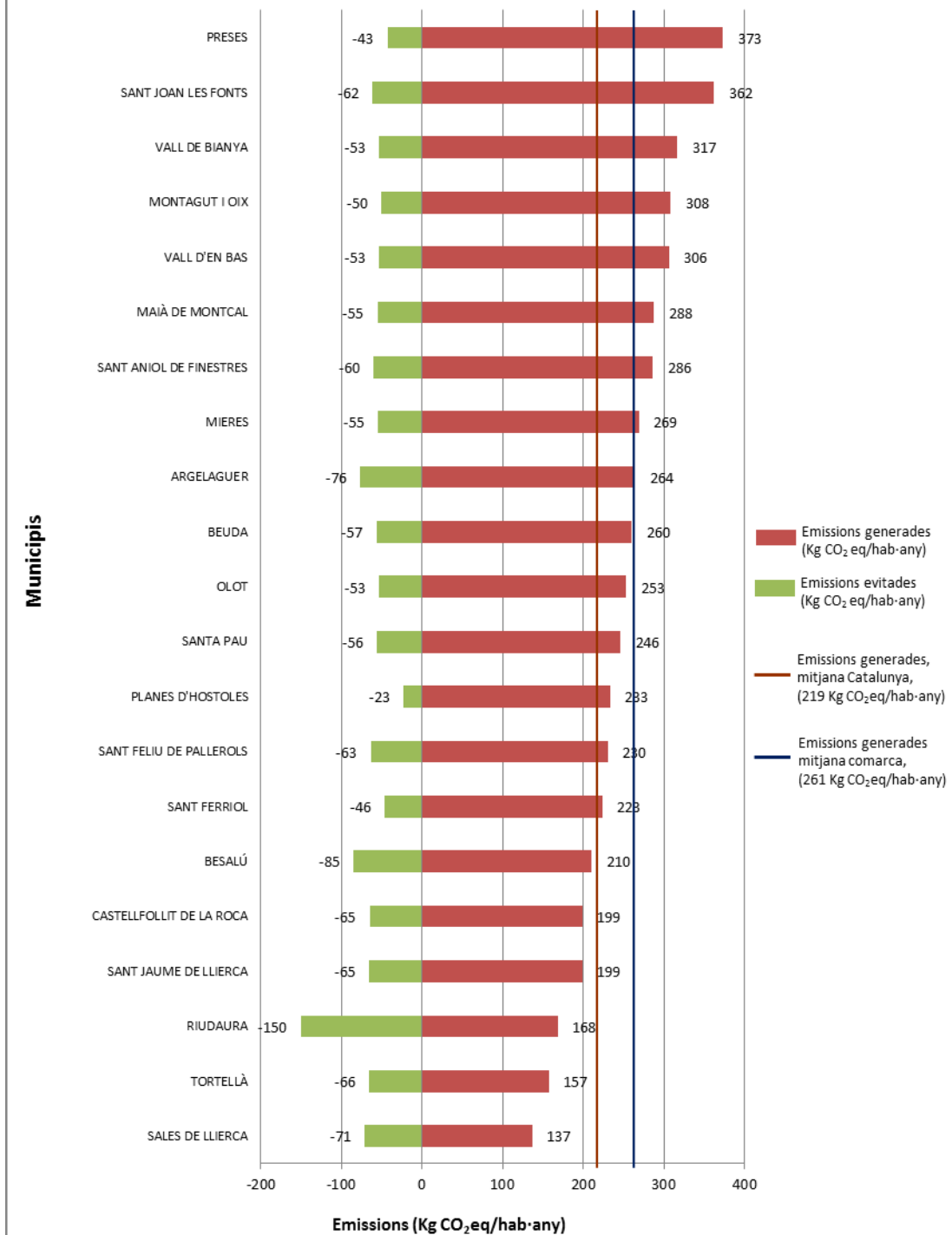
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Garraf, 2011)



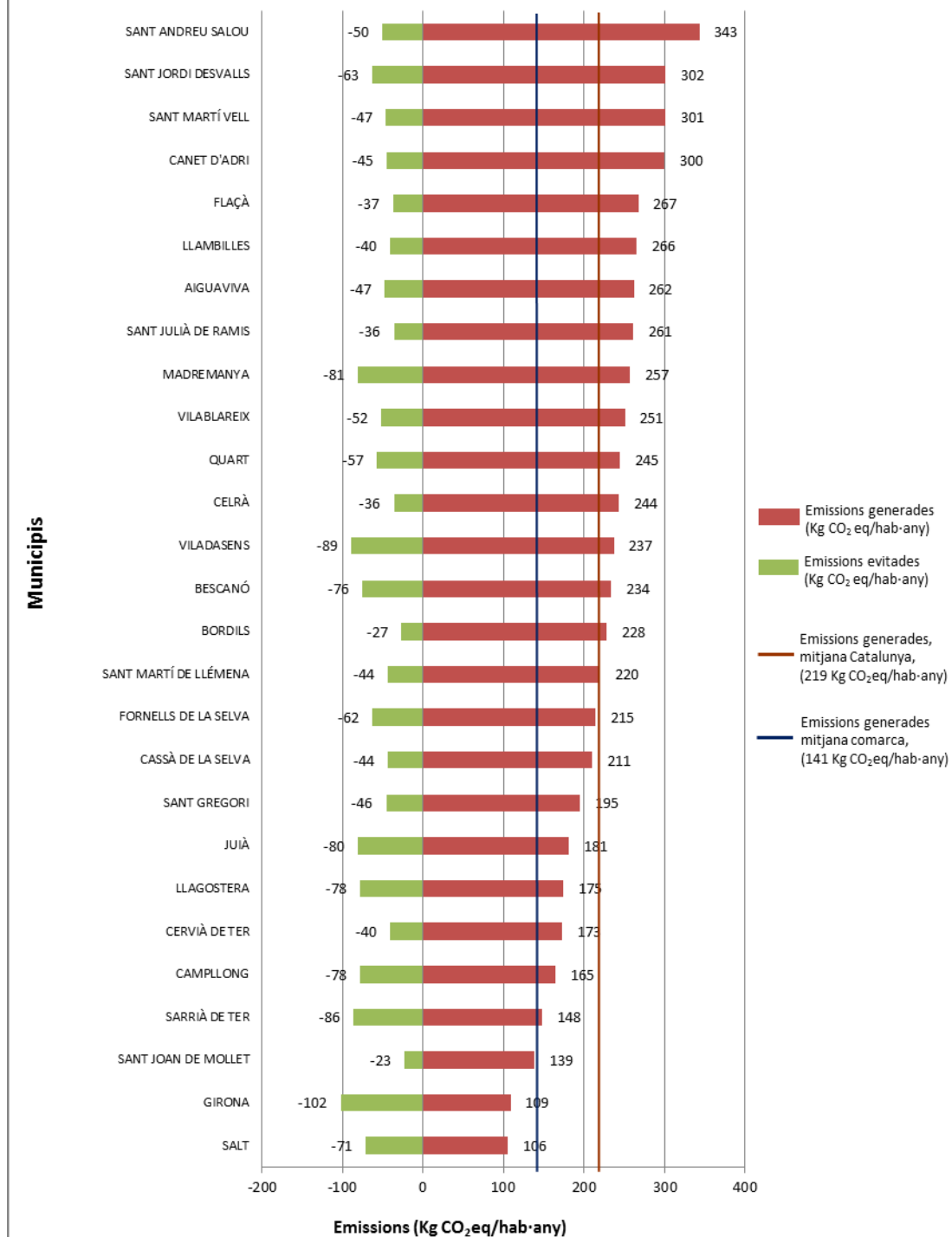
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Garrigues, 2011)



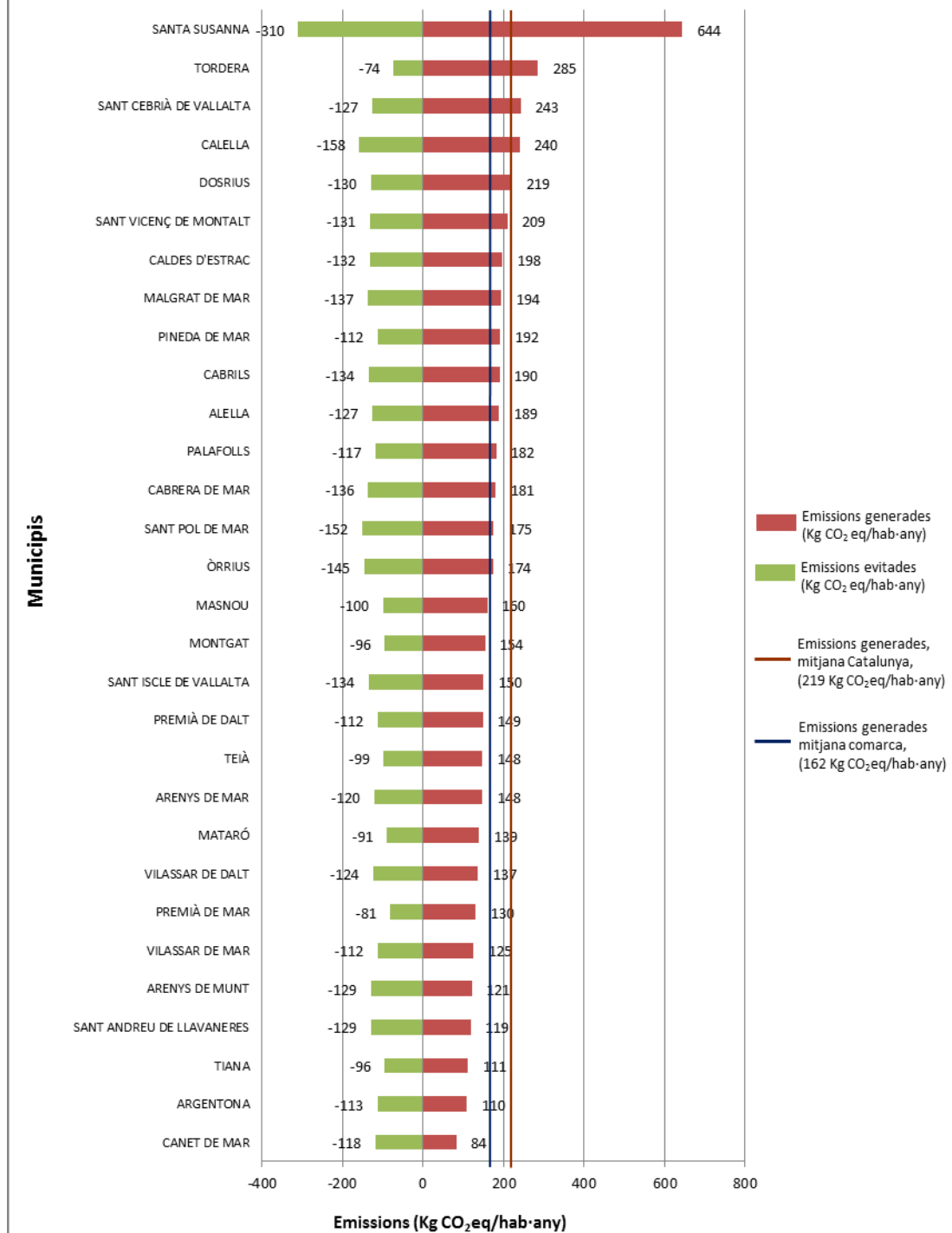
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Garrotxa, 2011)



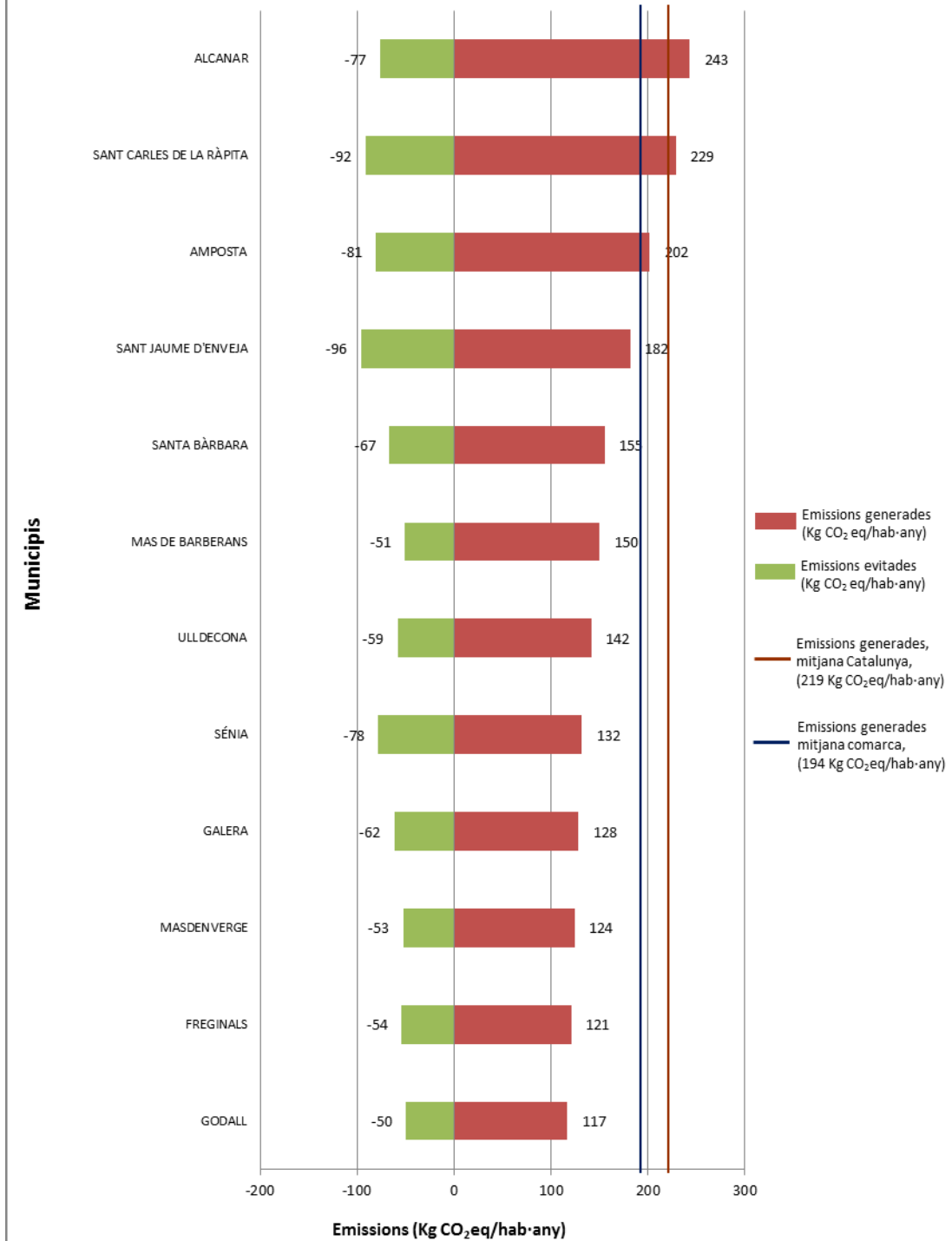
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Gironès, 2011)



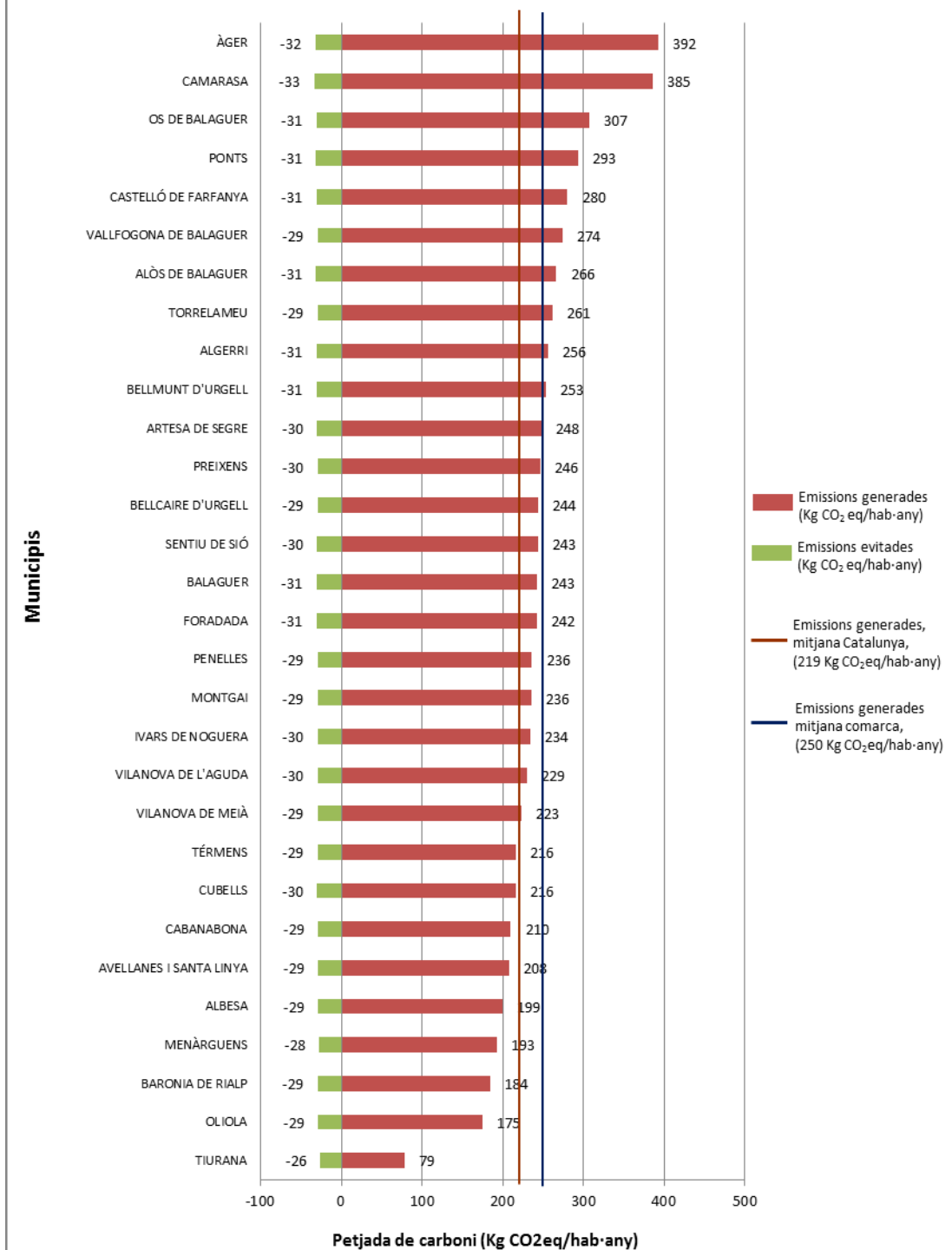
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Maresme, 2011)



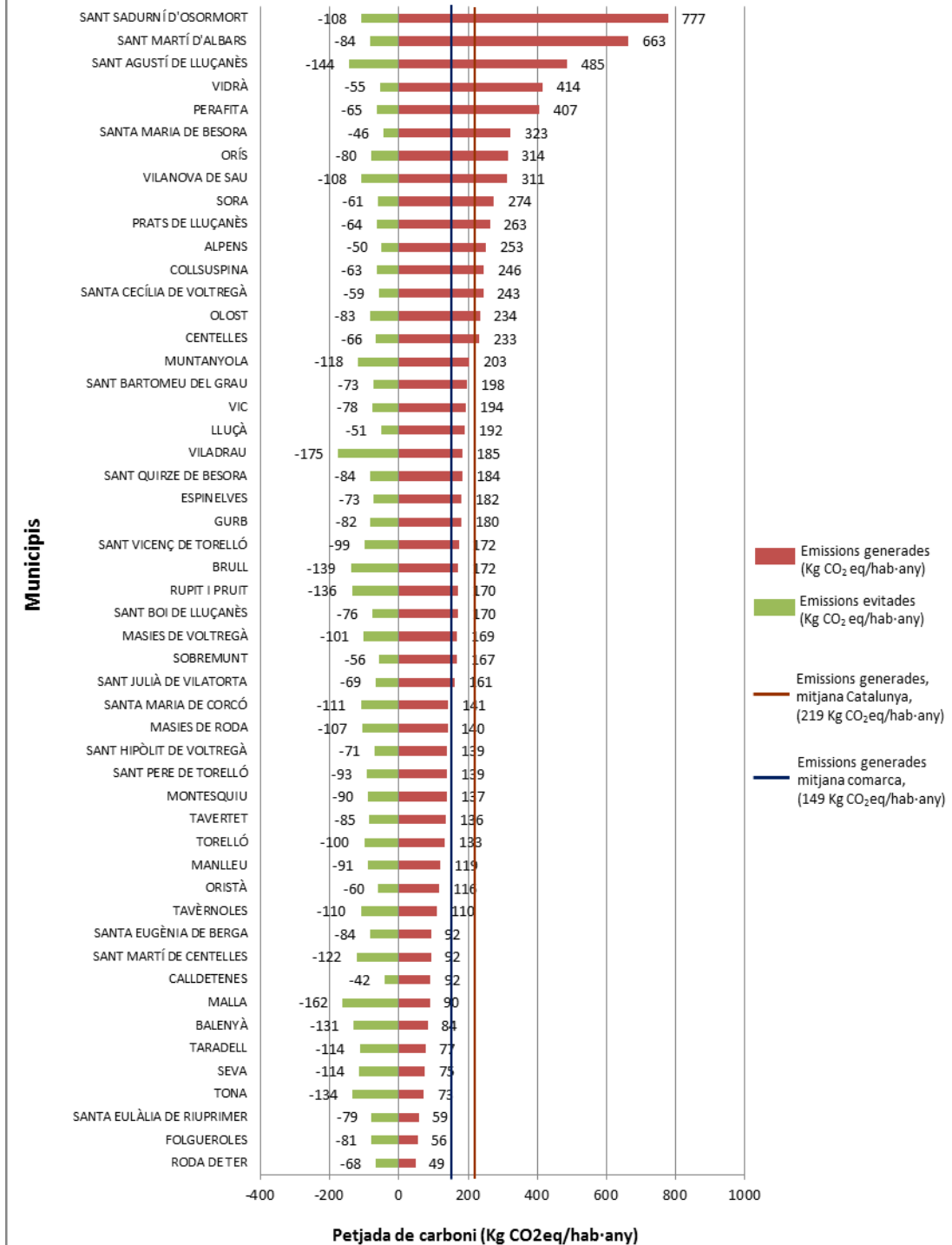
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Montsià, 2011)



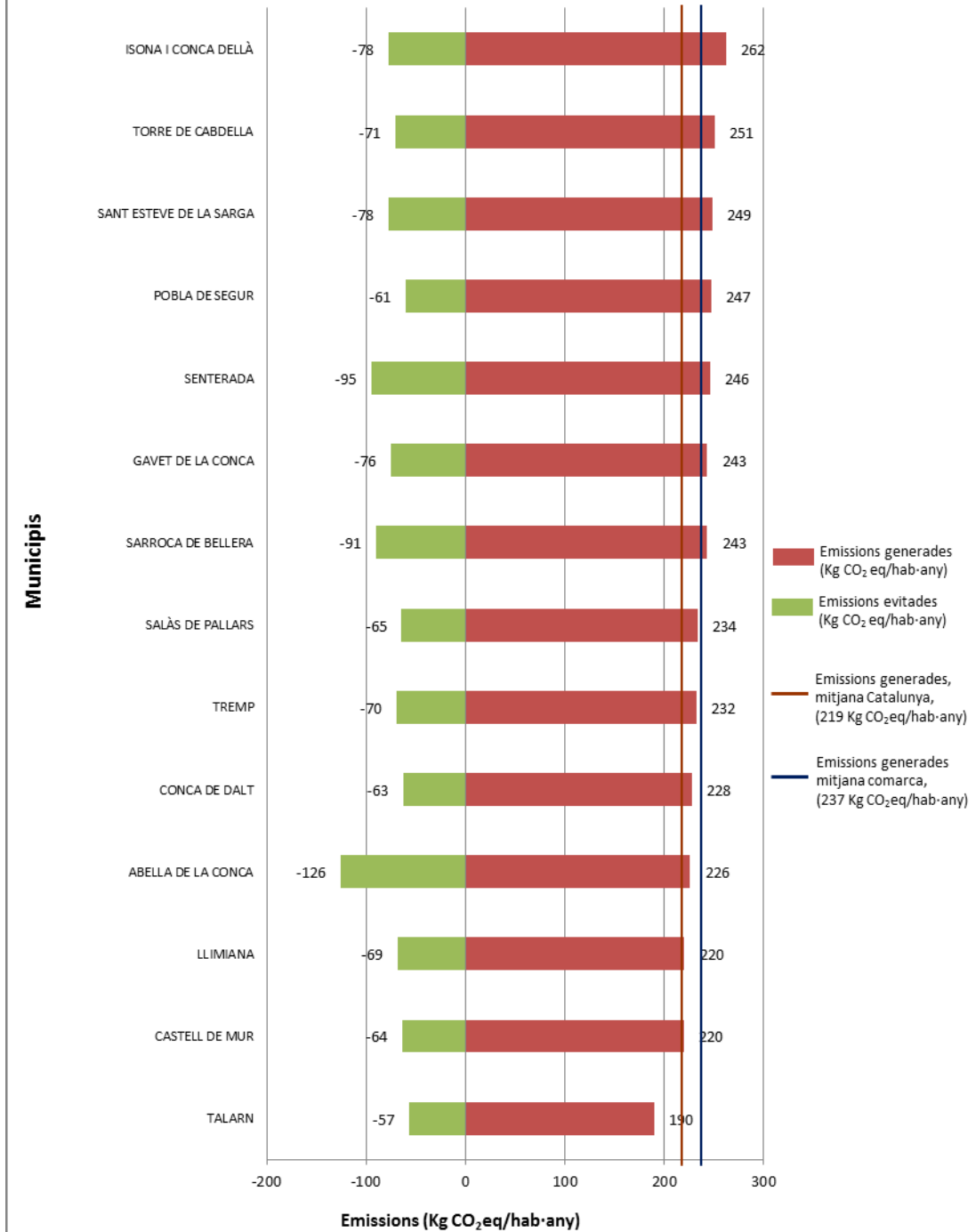
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Noguera, 2011)



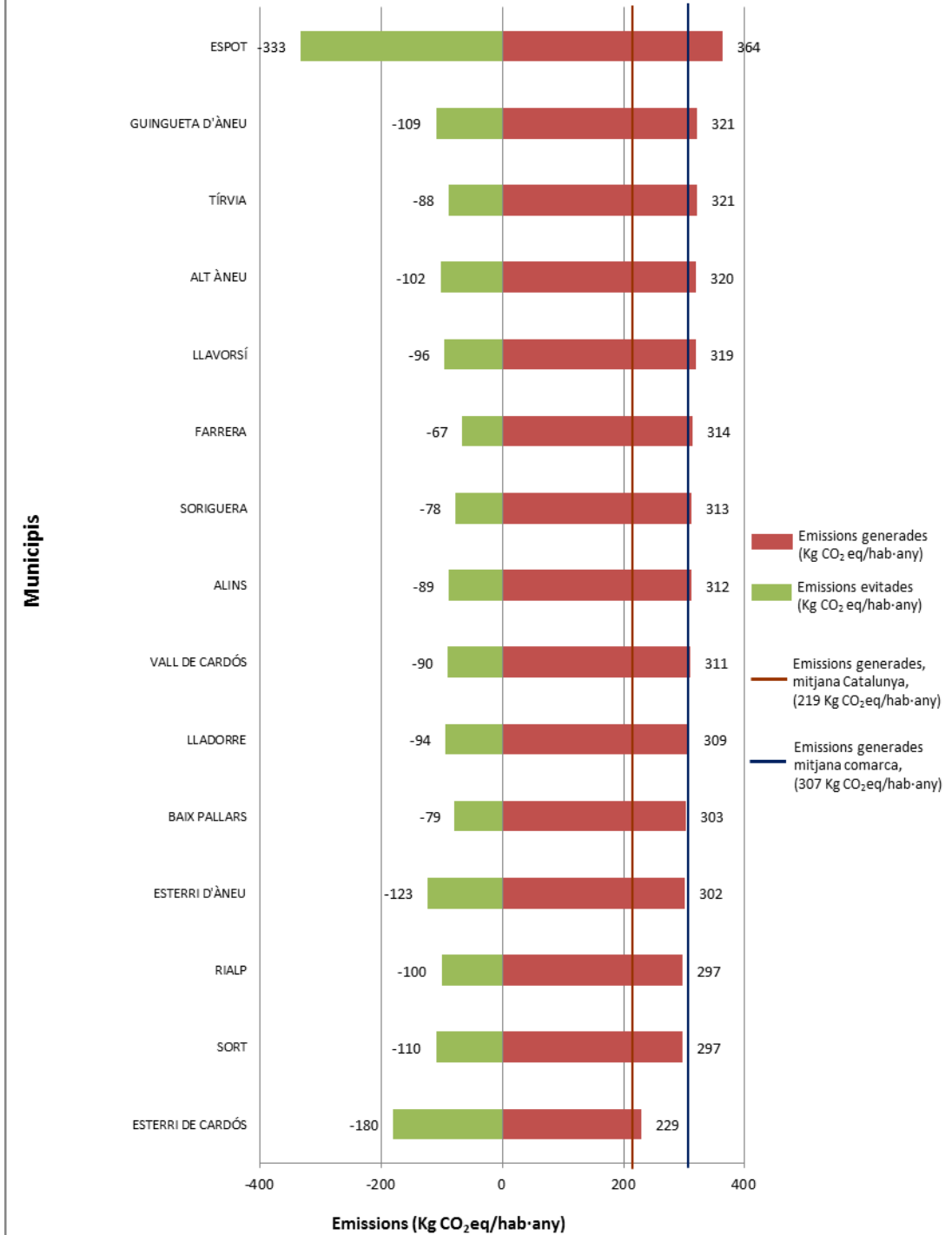
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Osona, 2011)



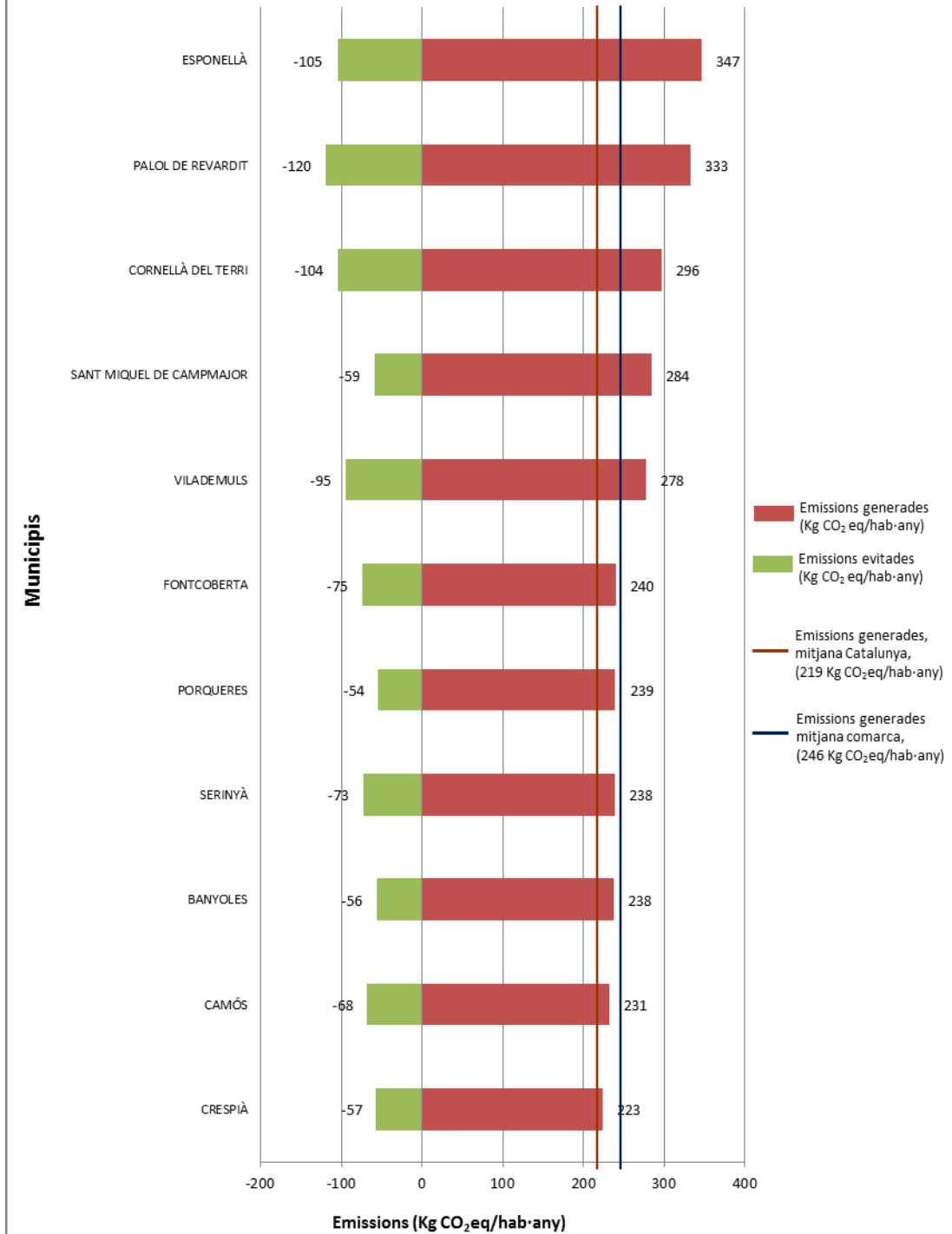
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Pallars Jussà, 2011)



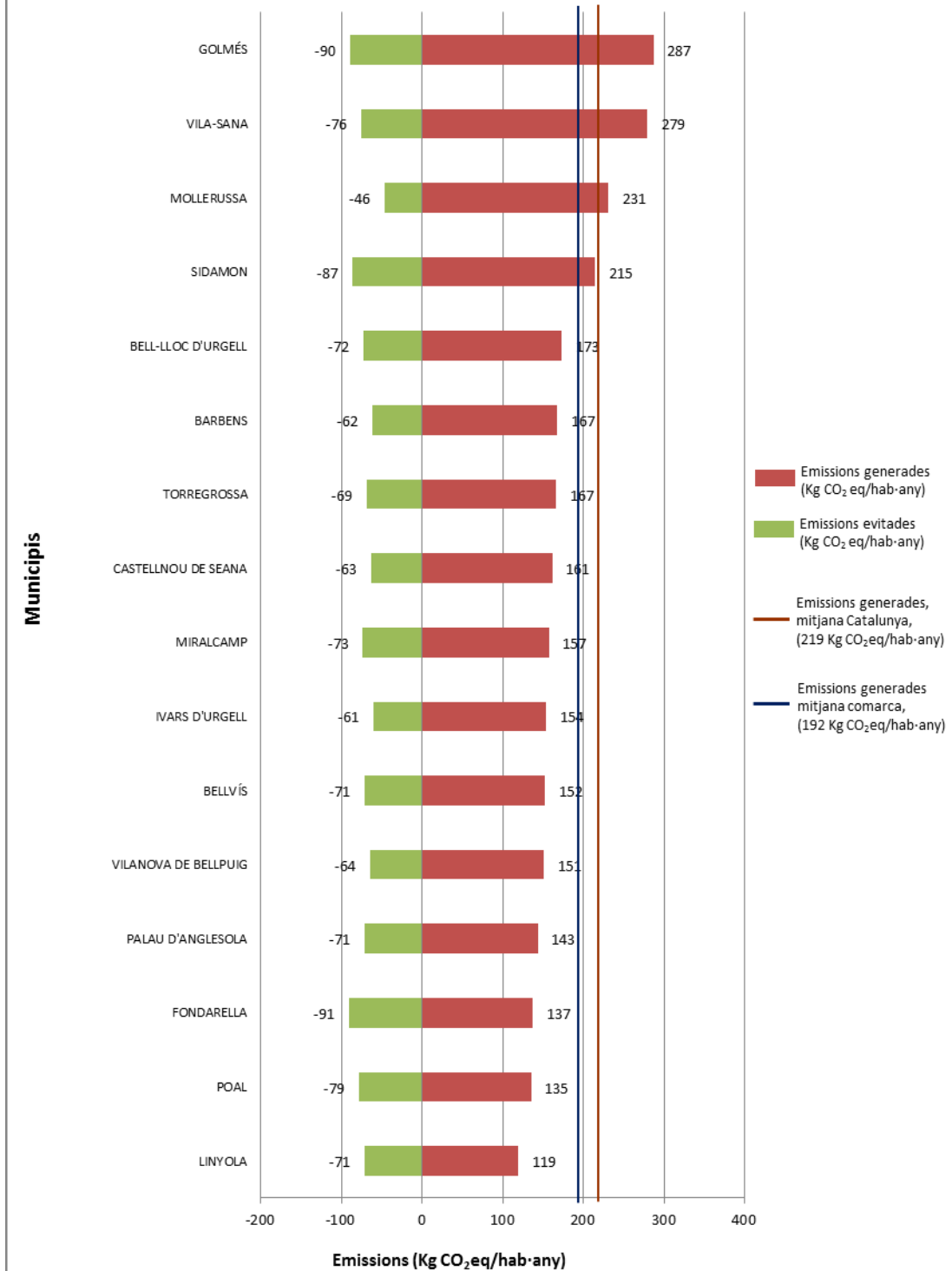
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Pallars Sobirà, 2011)



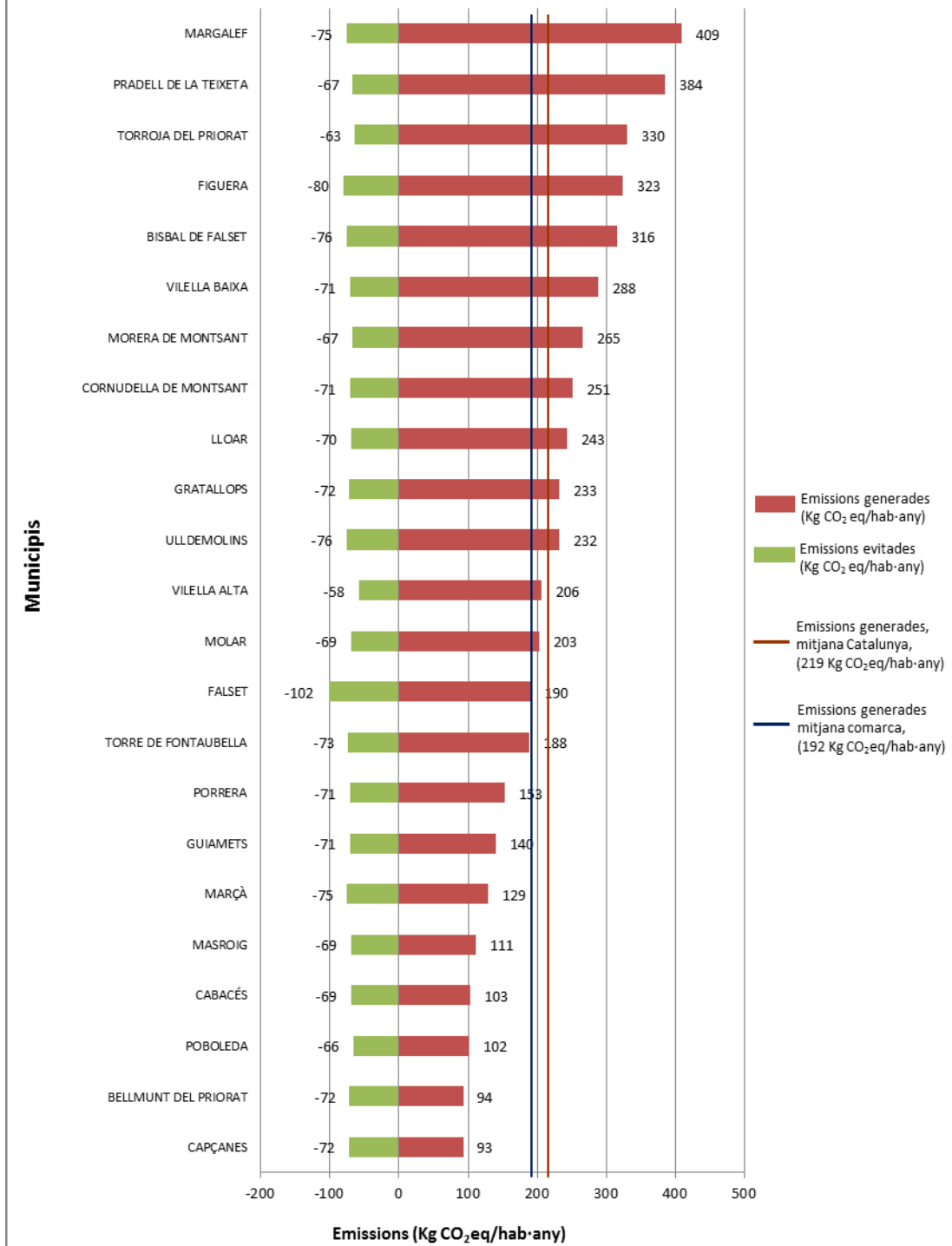
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Pla de l'Estany, 2011)



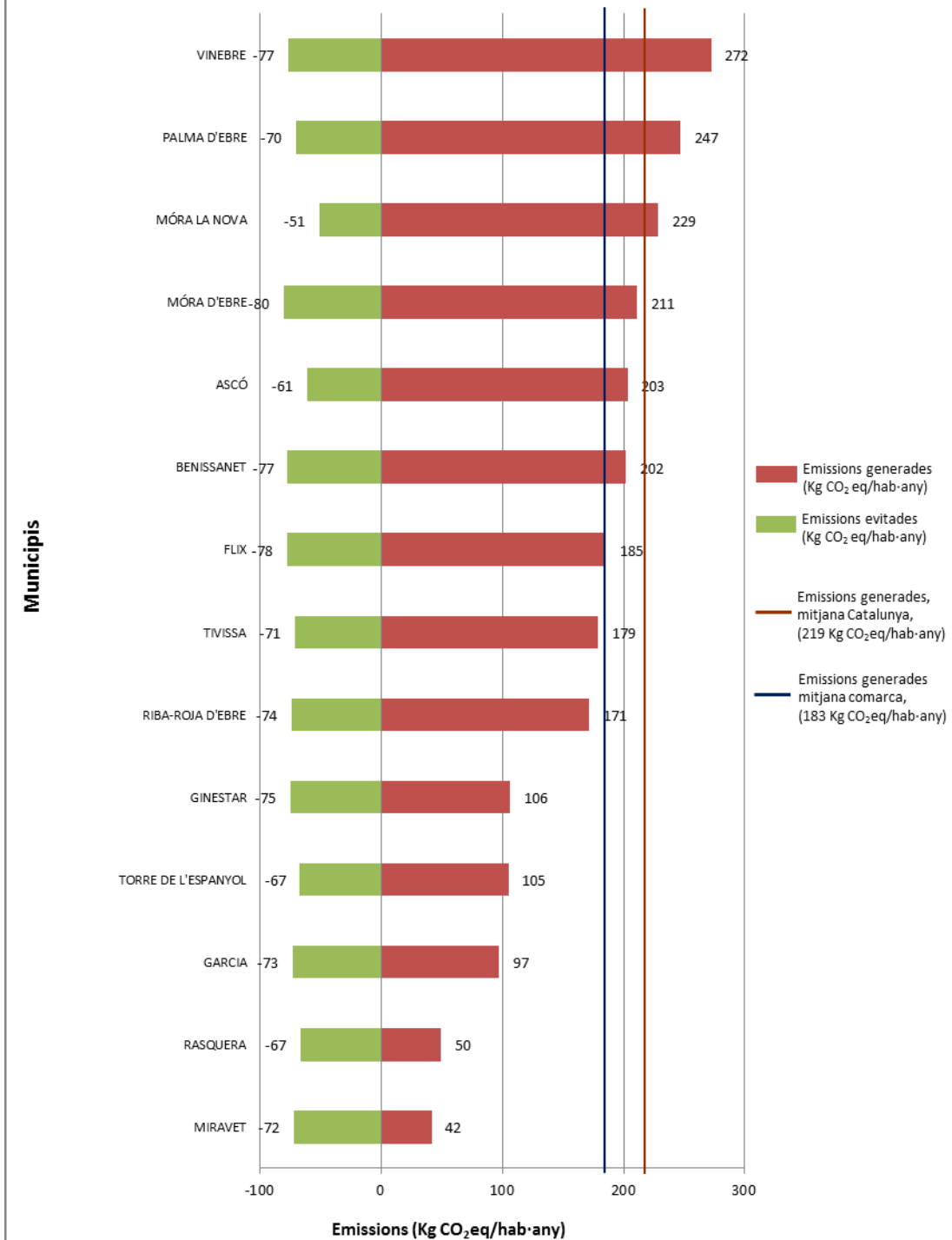
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Pla d'Urgell, 2011)



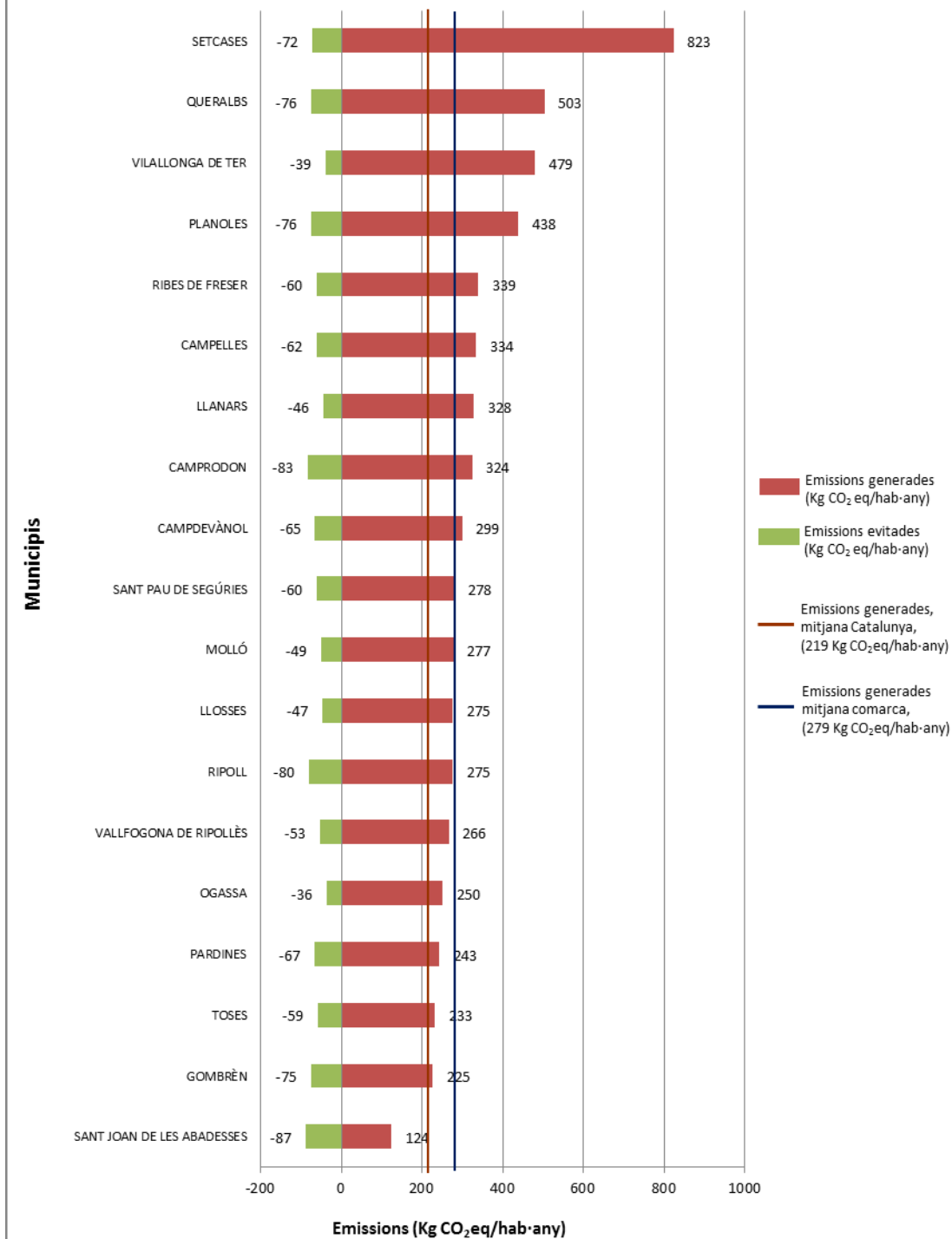
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Priorat, 2011)



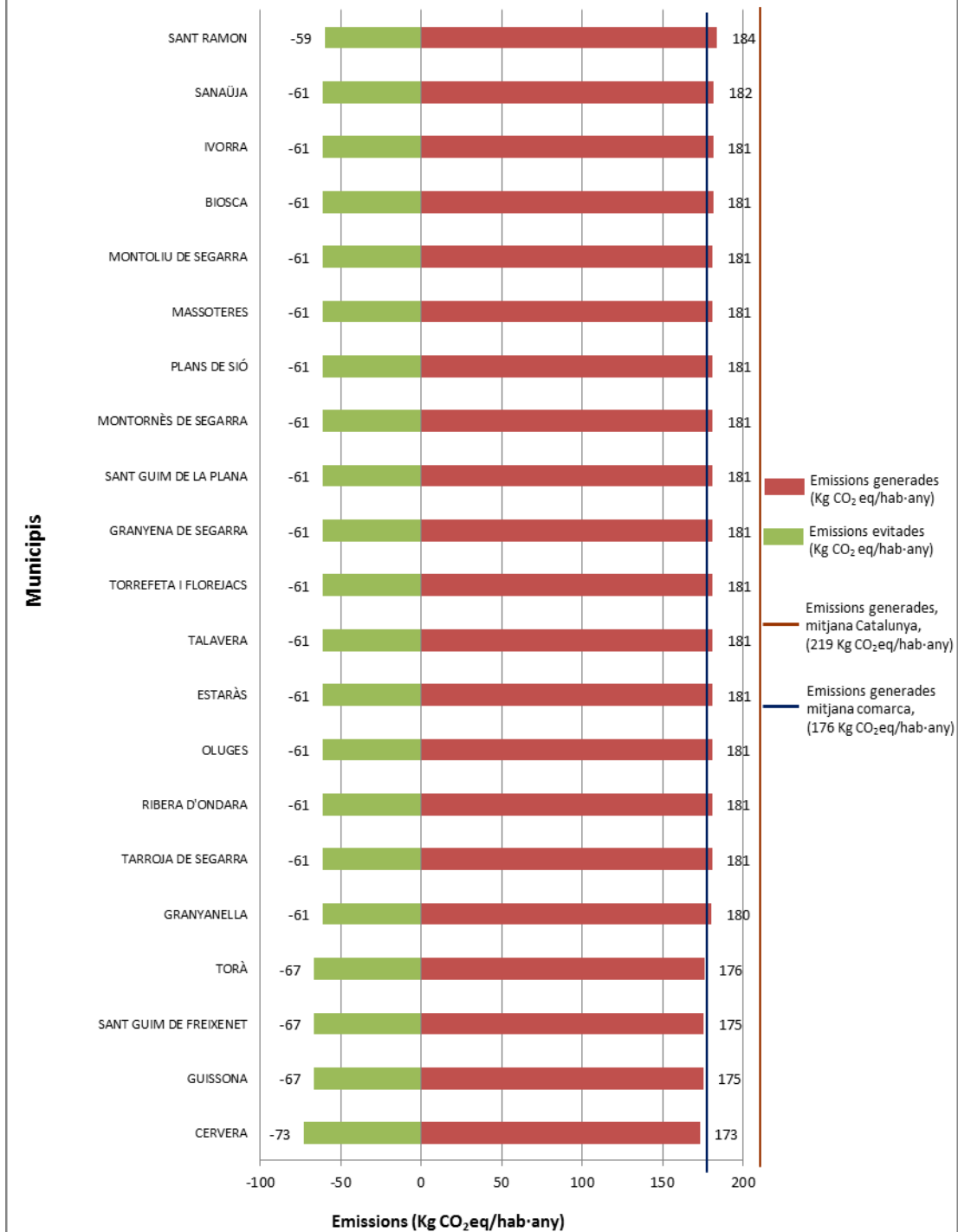
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Ribera d'Ebre, 2011)



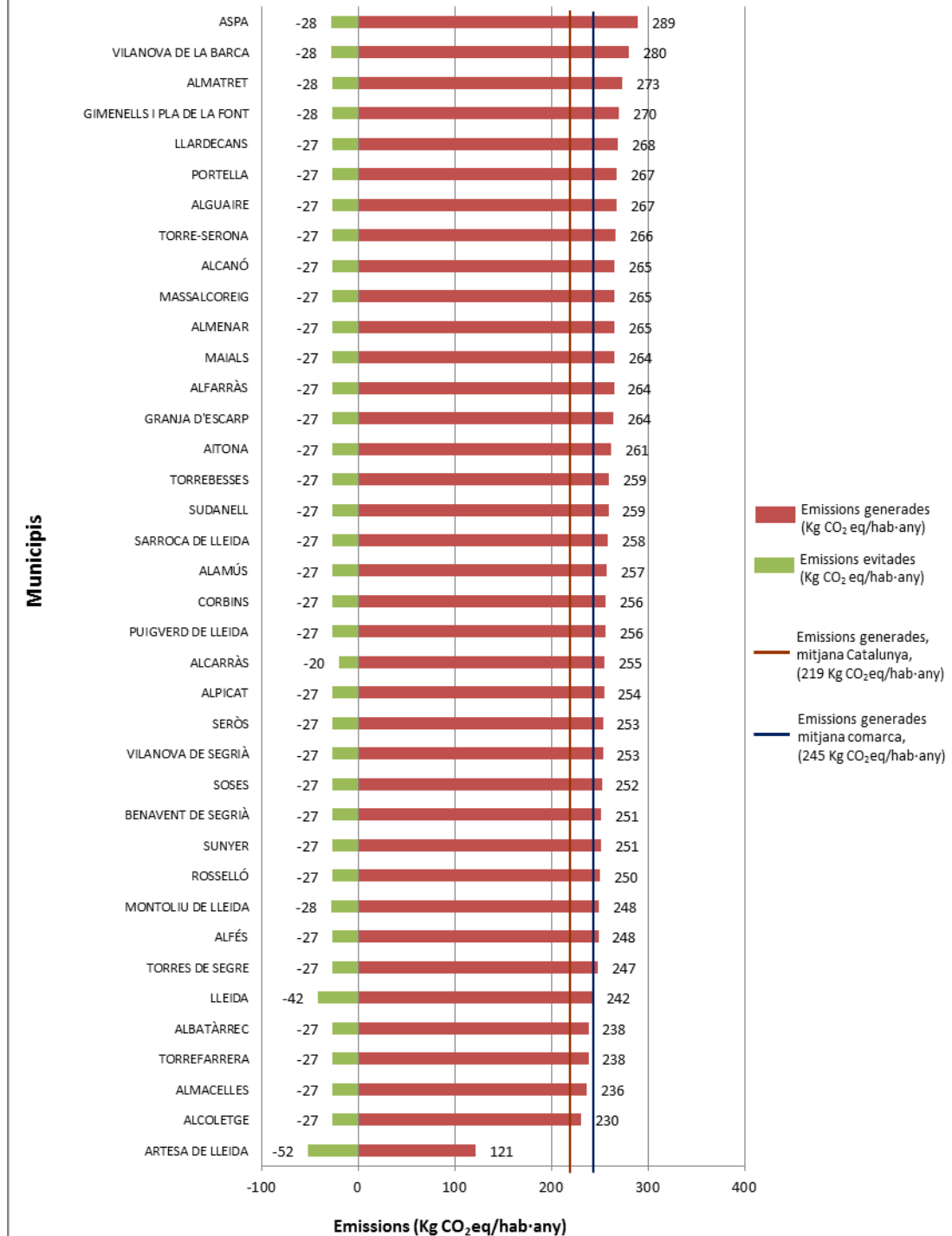
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Ripollès, 2011)



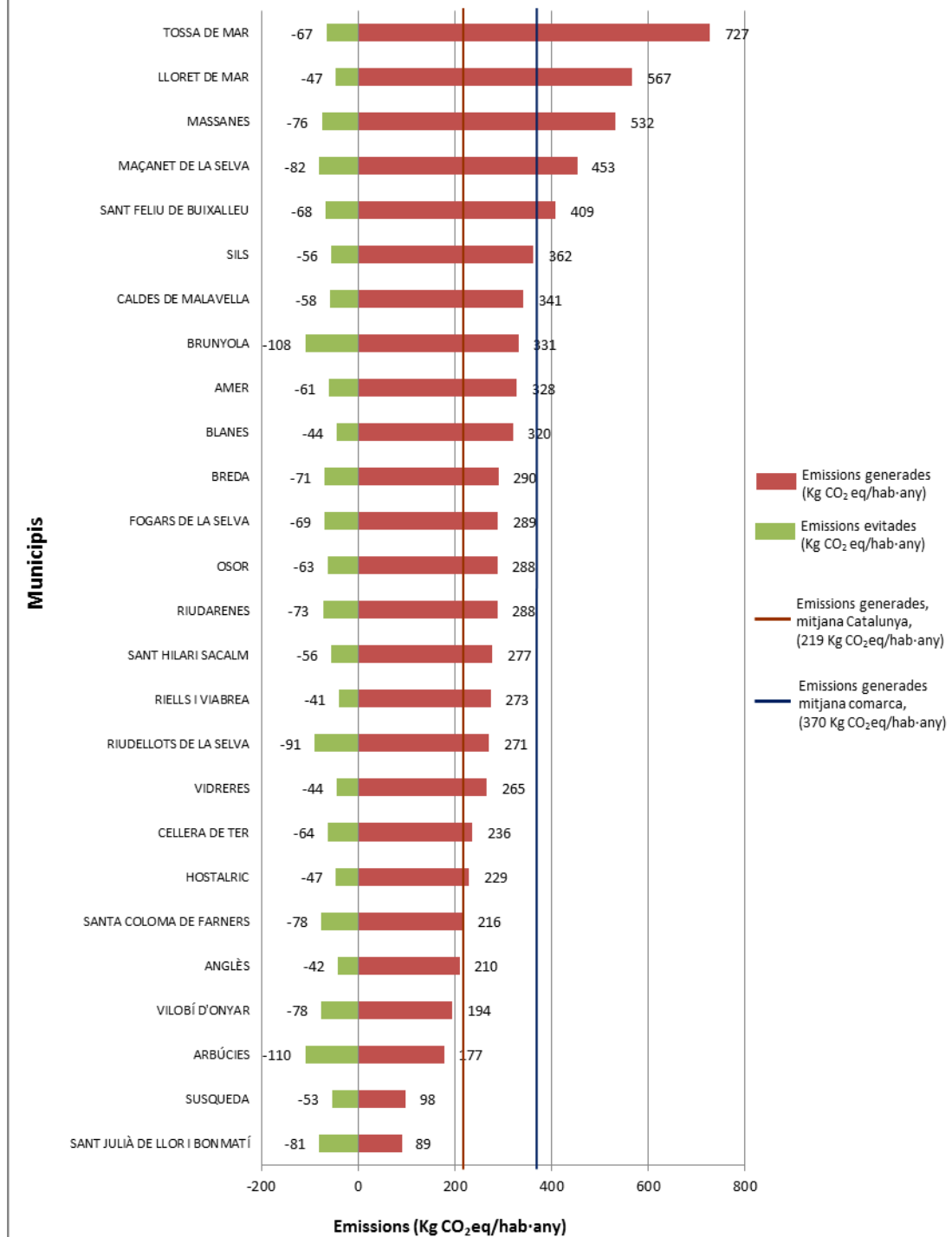
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Segarra, 2011)



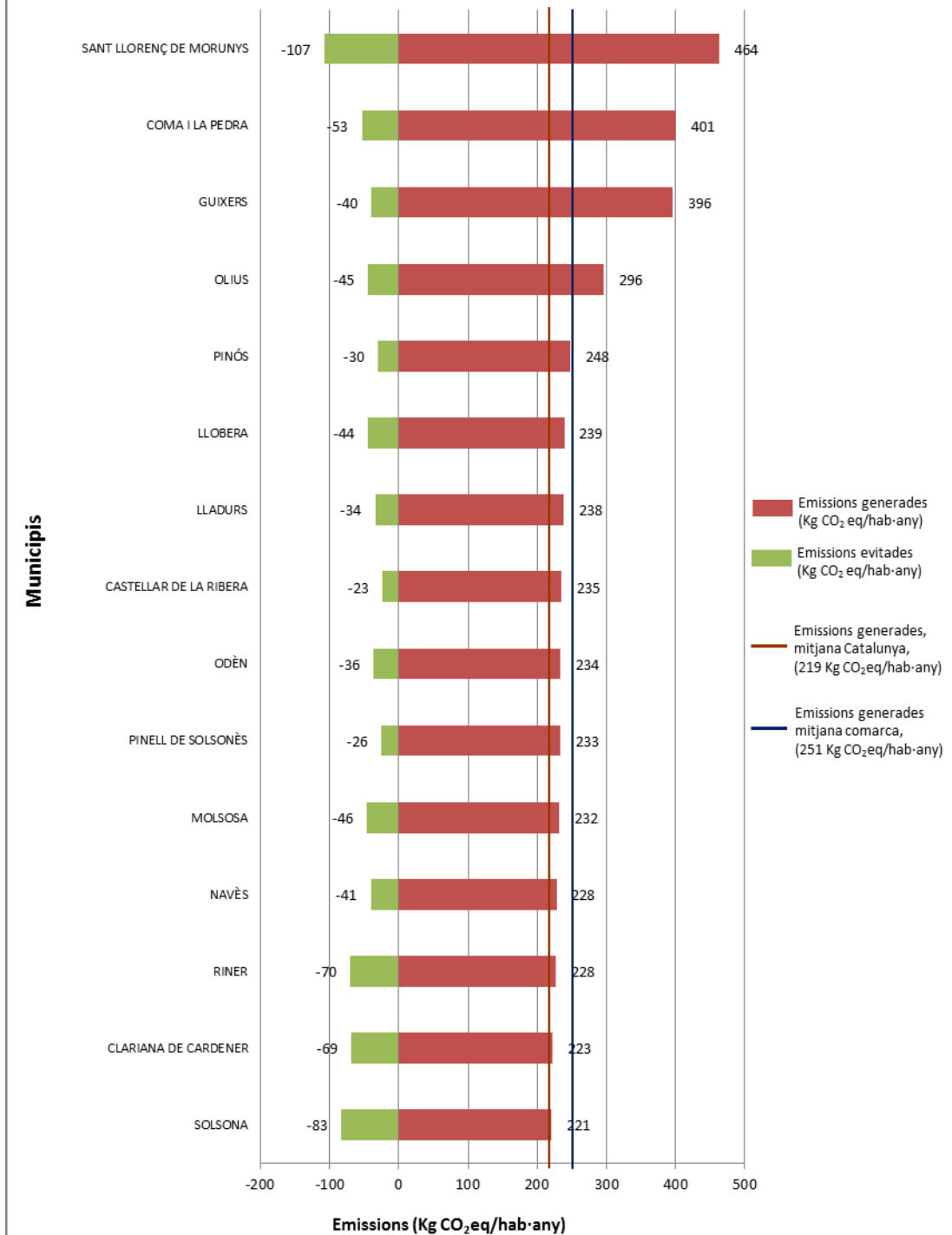
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Segrià, 2011)



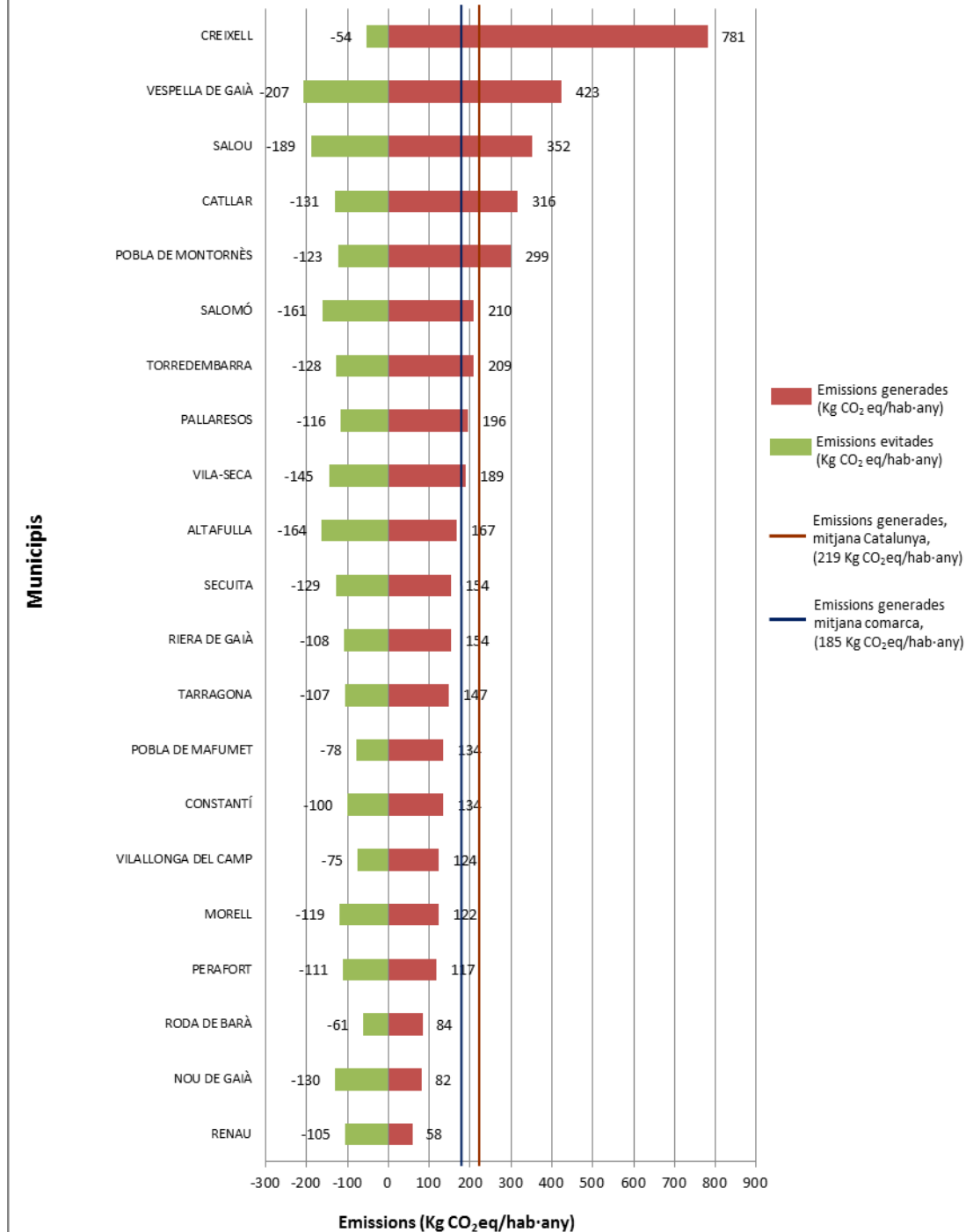
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Selva, 2011)



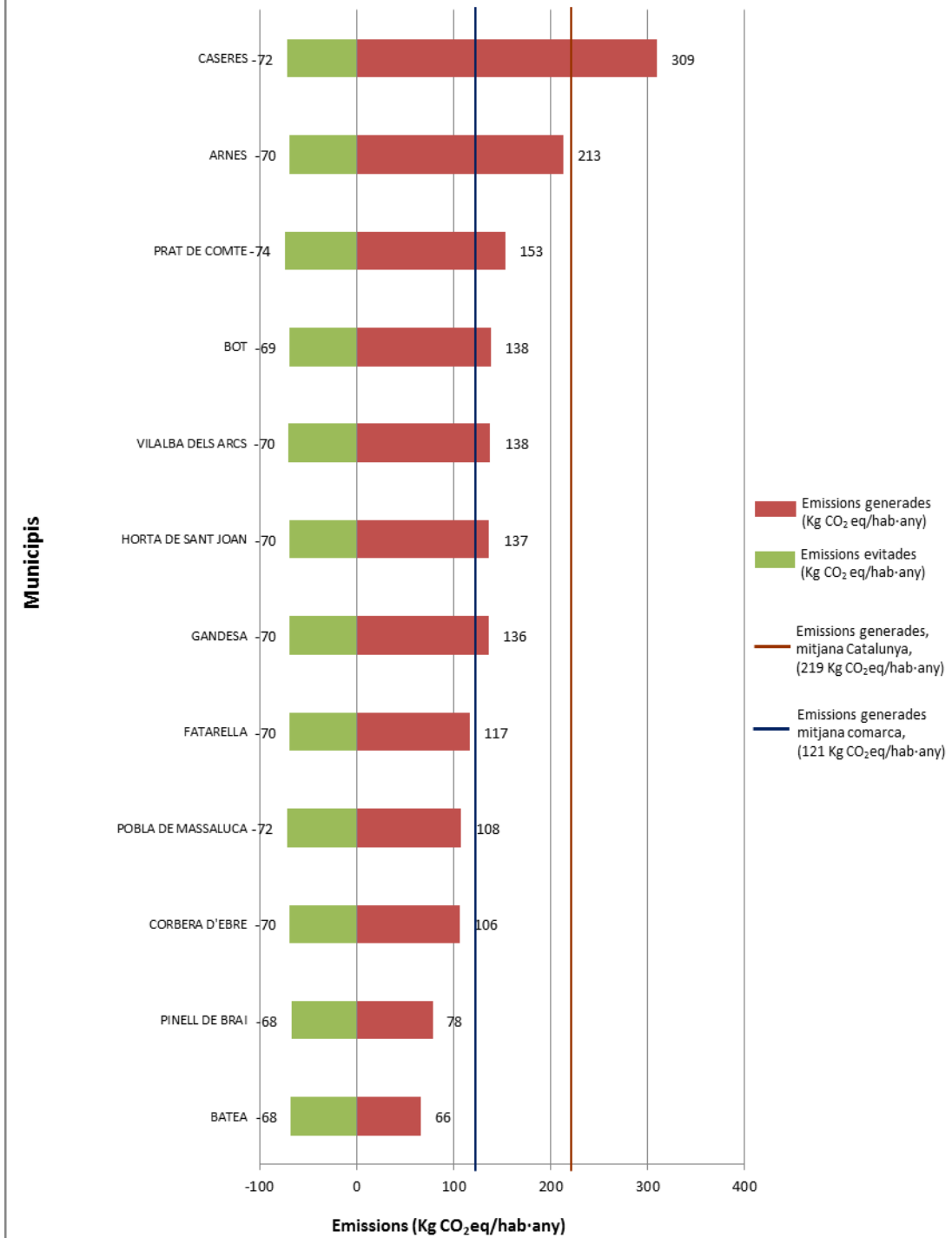
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades Solsonès, 2011



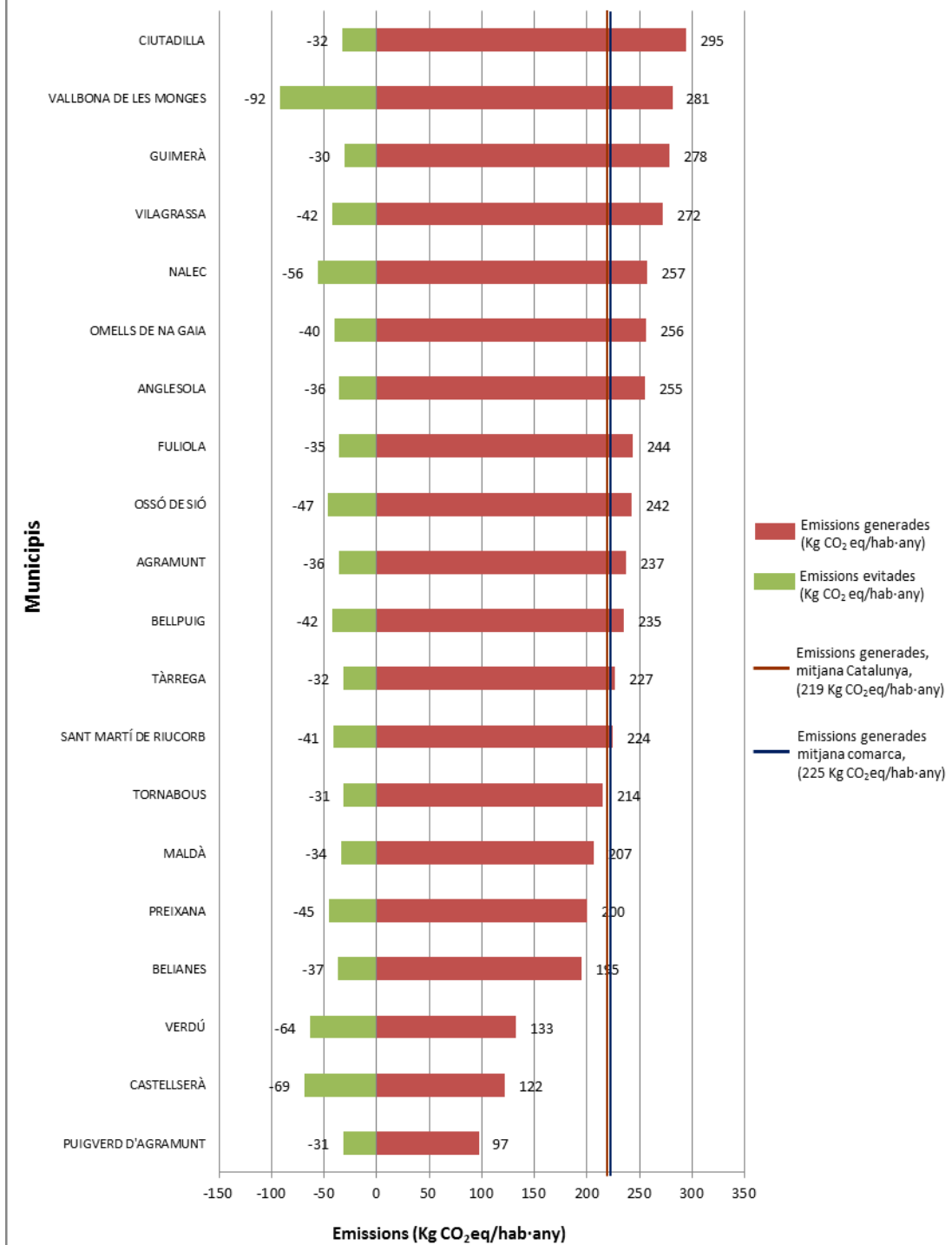
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Tarragonès, 2011)



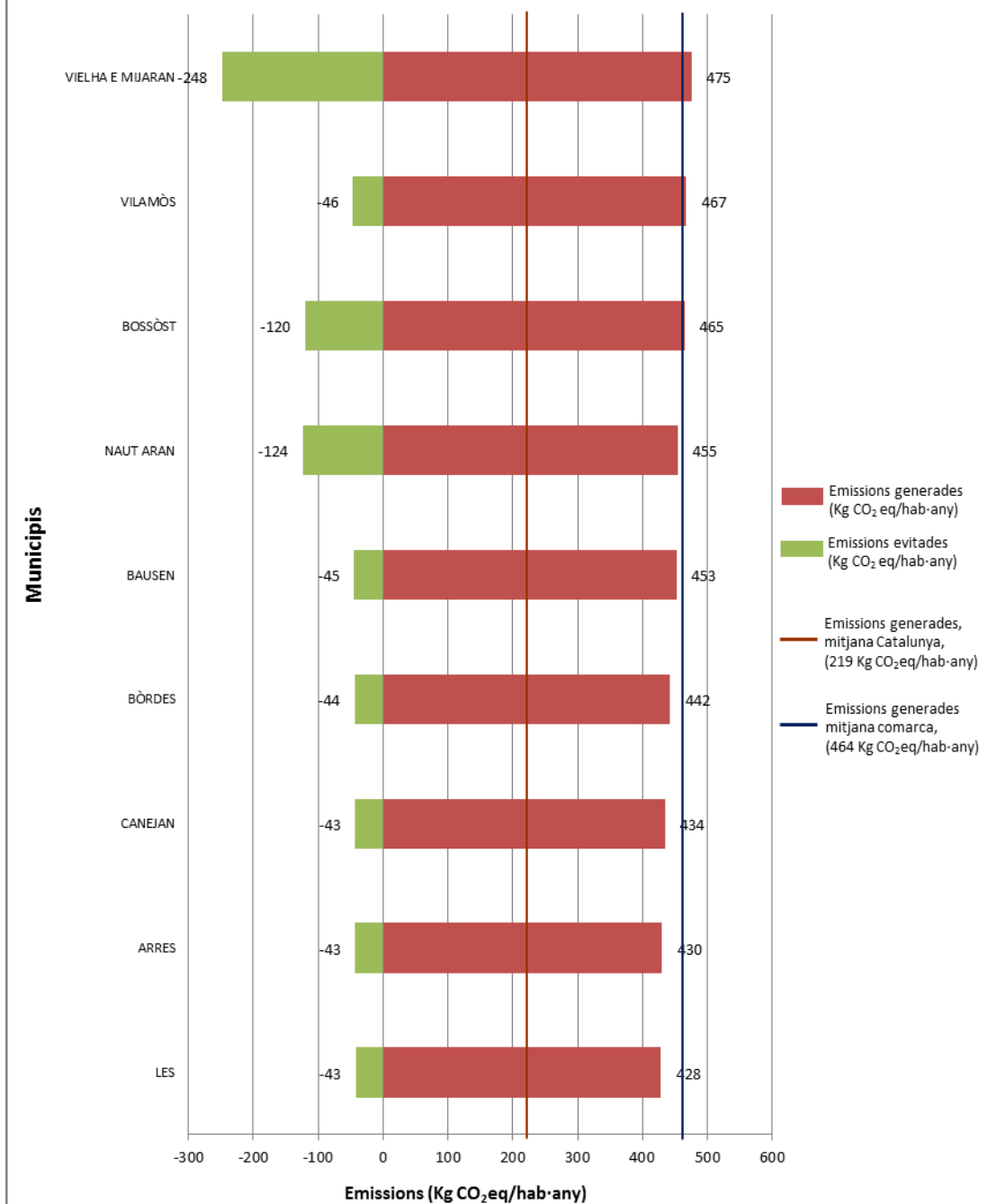
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Terra Alta, 2011)



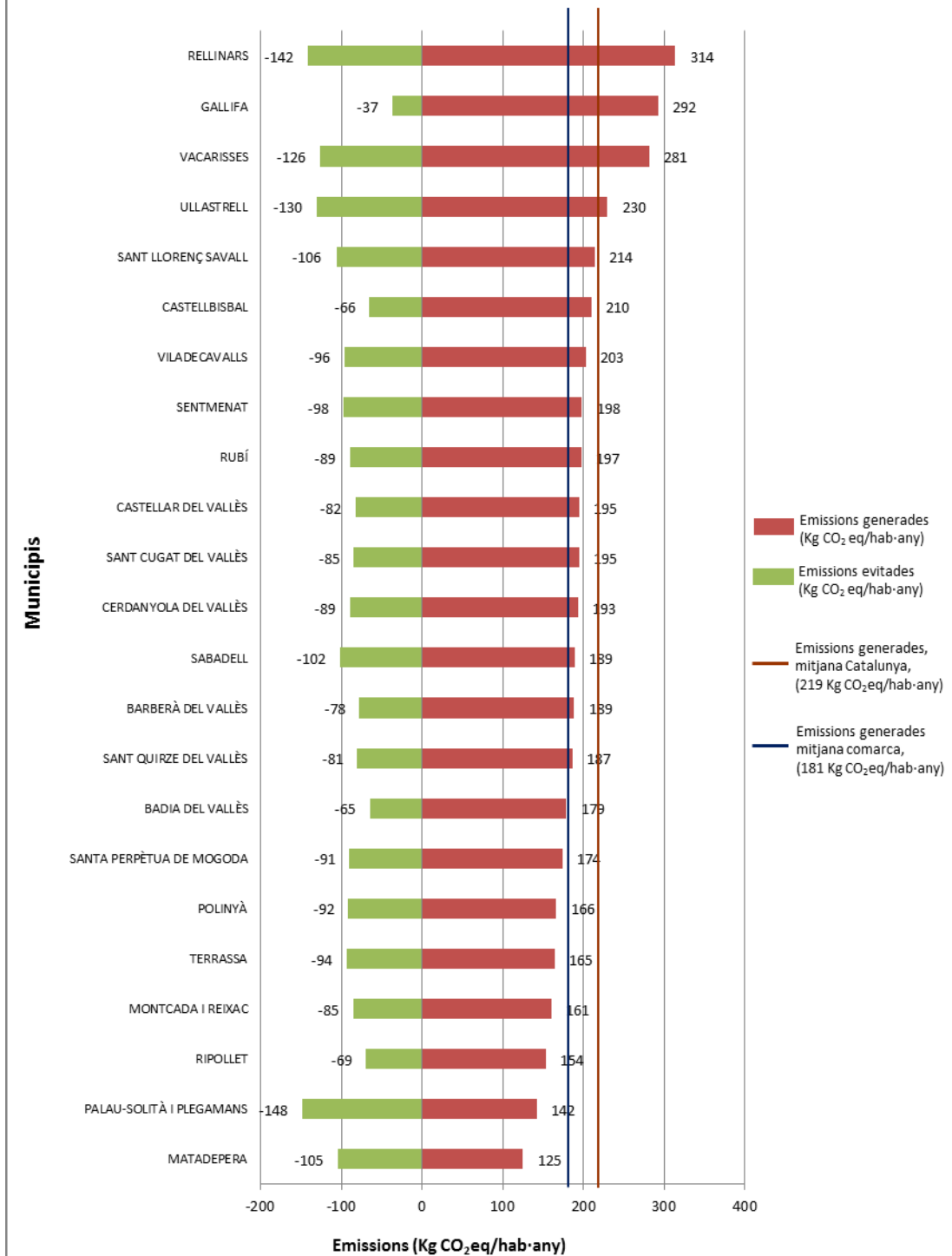
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Urgell, 2011)



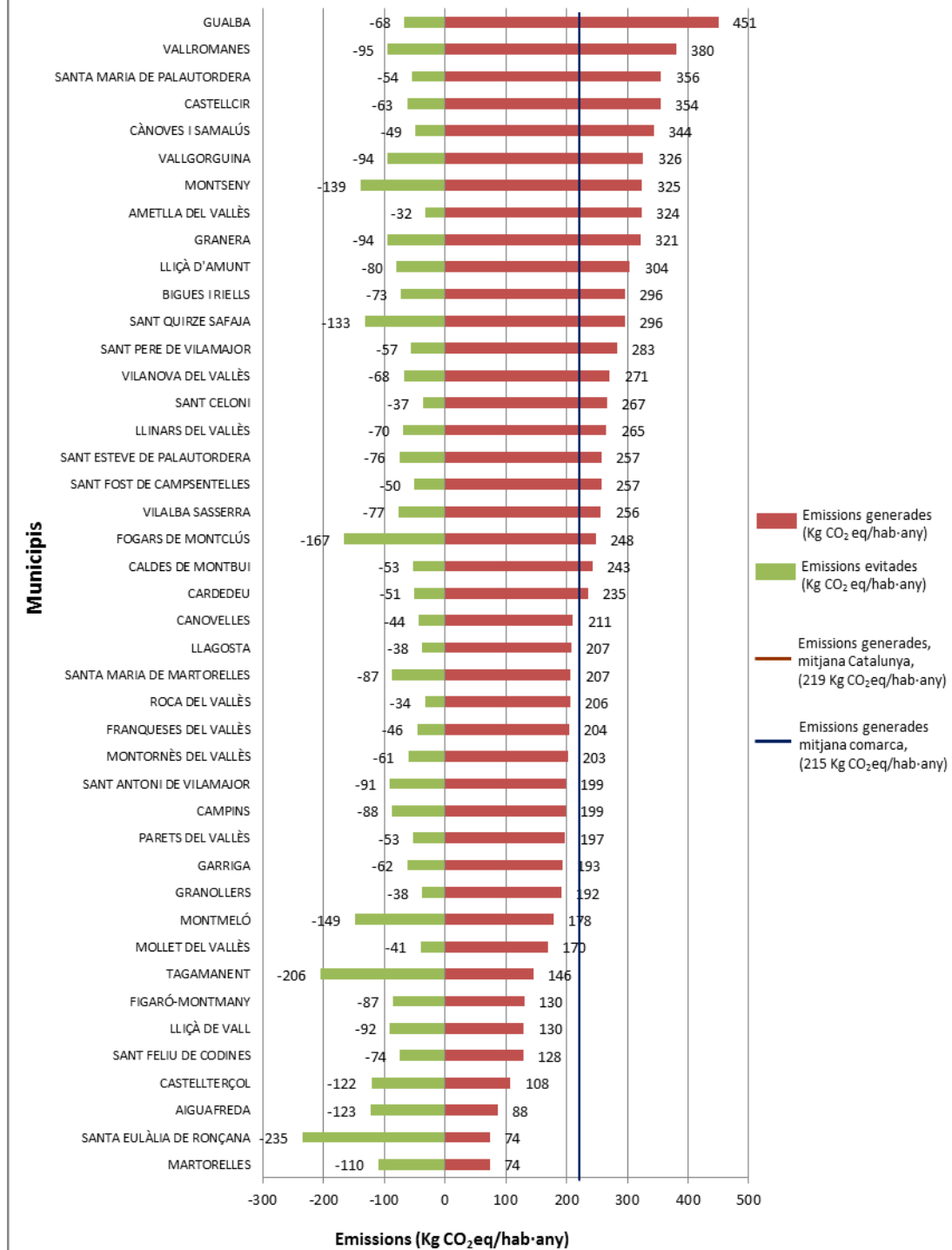
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Val d'Aran, 2011)



Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Vallès Occidental, 2011)

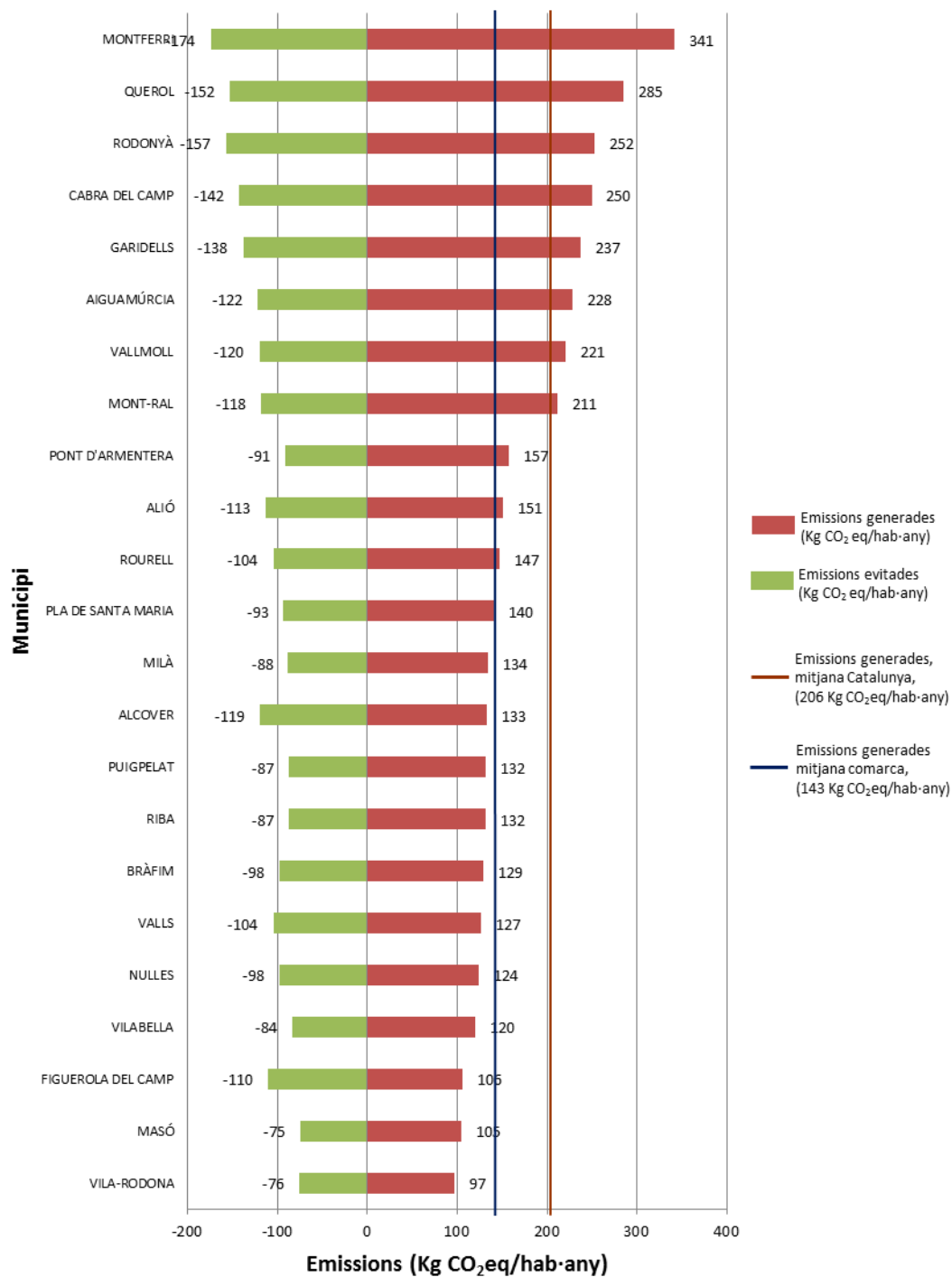


Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Vallès Oriental, 2011)

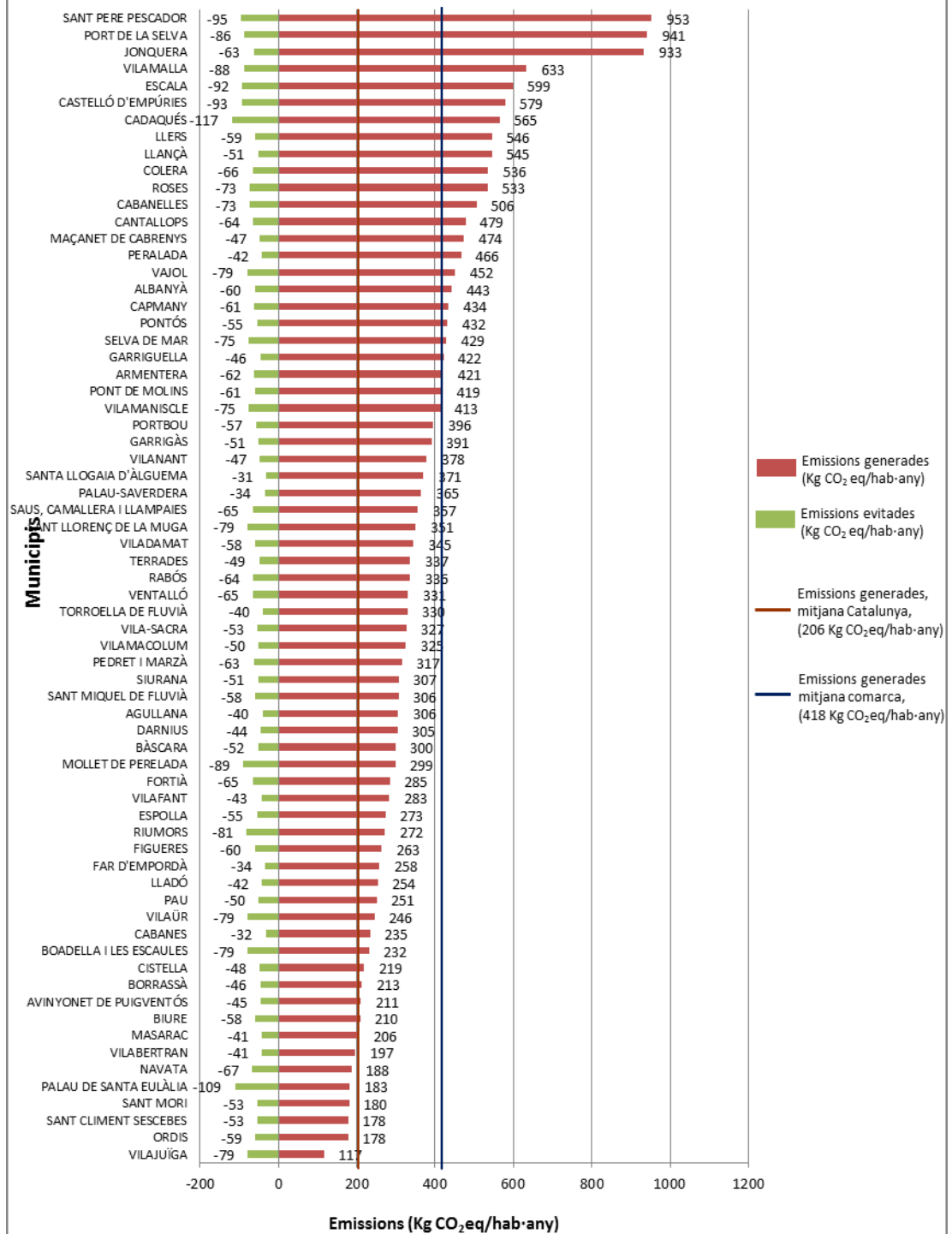


B. ANNEX. Emissions de GEH generades i evitades de la gestió dels residus municipals, a escala municipal (2012)

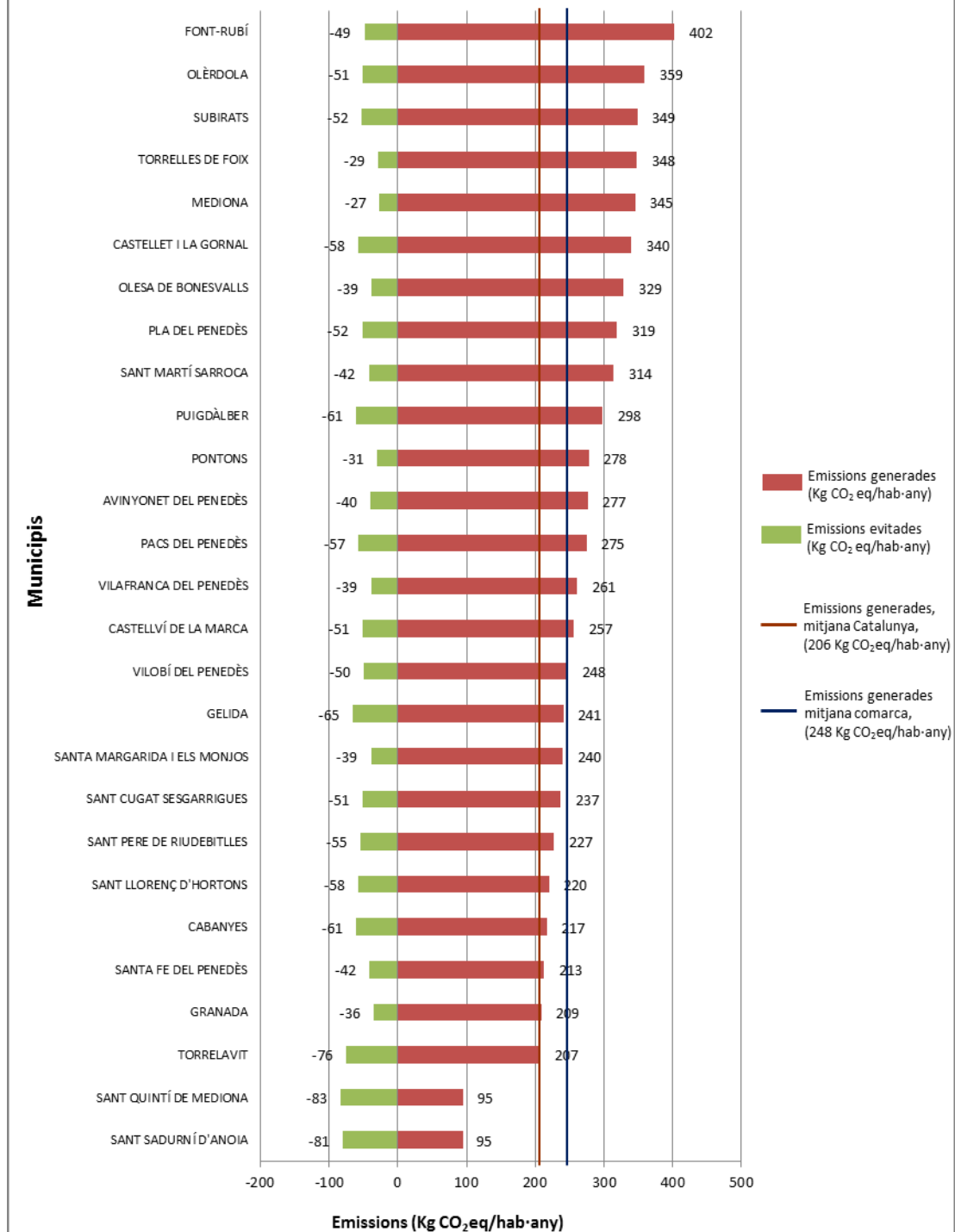
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Alt Camp, 2012)



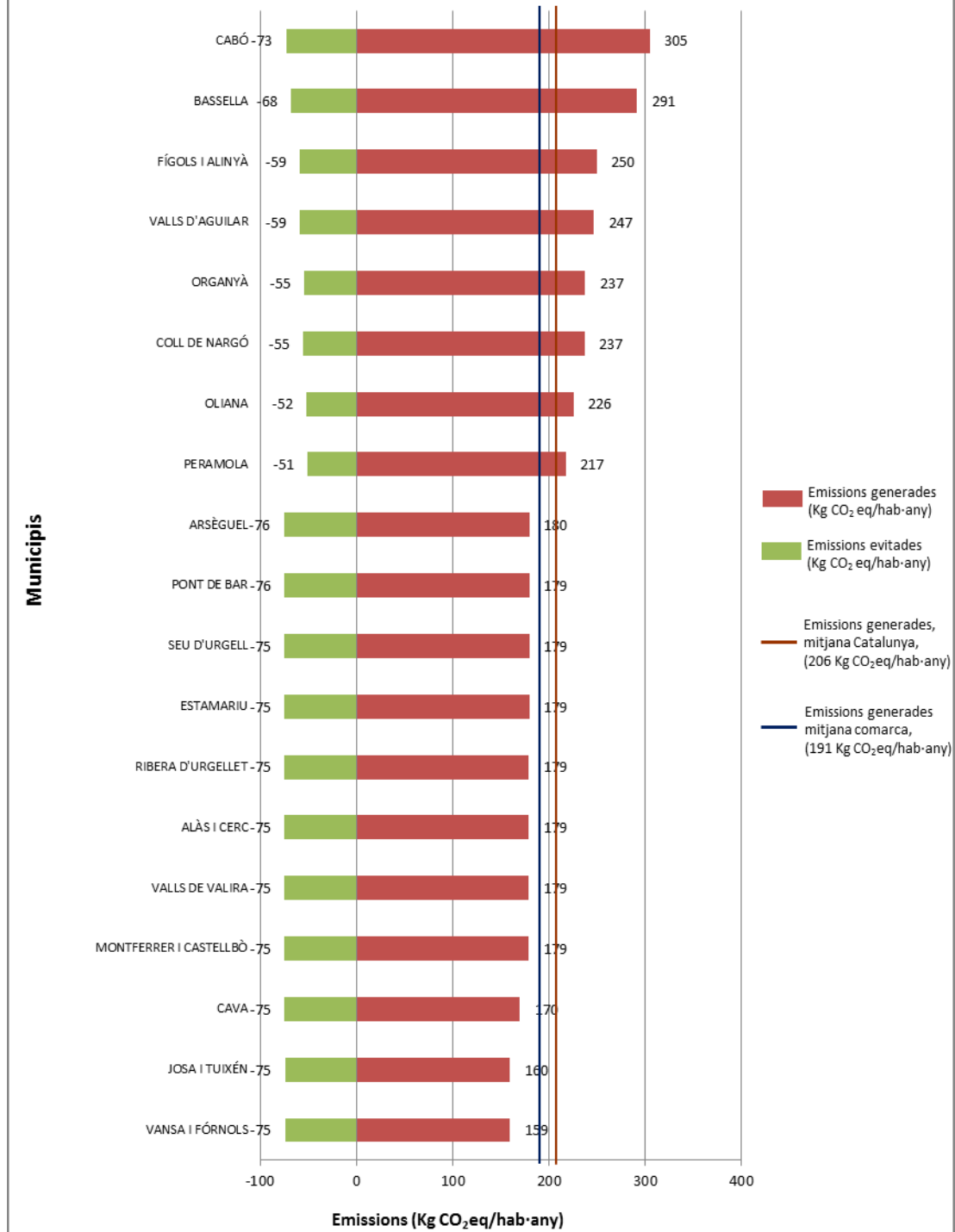
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Alt Empordà, 2012)



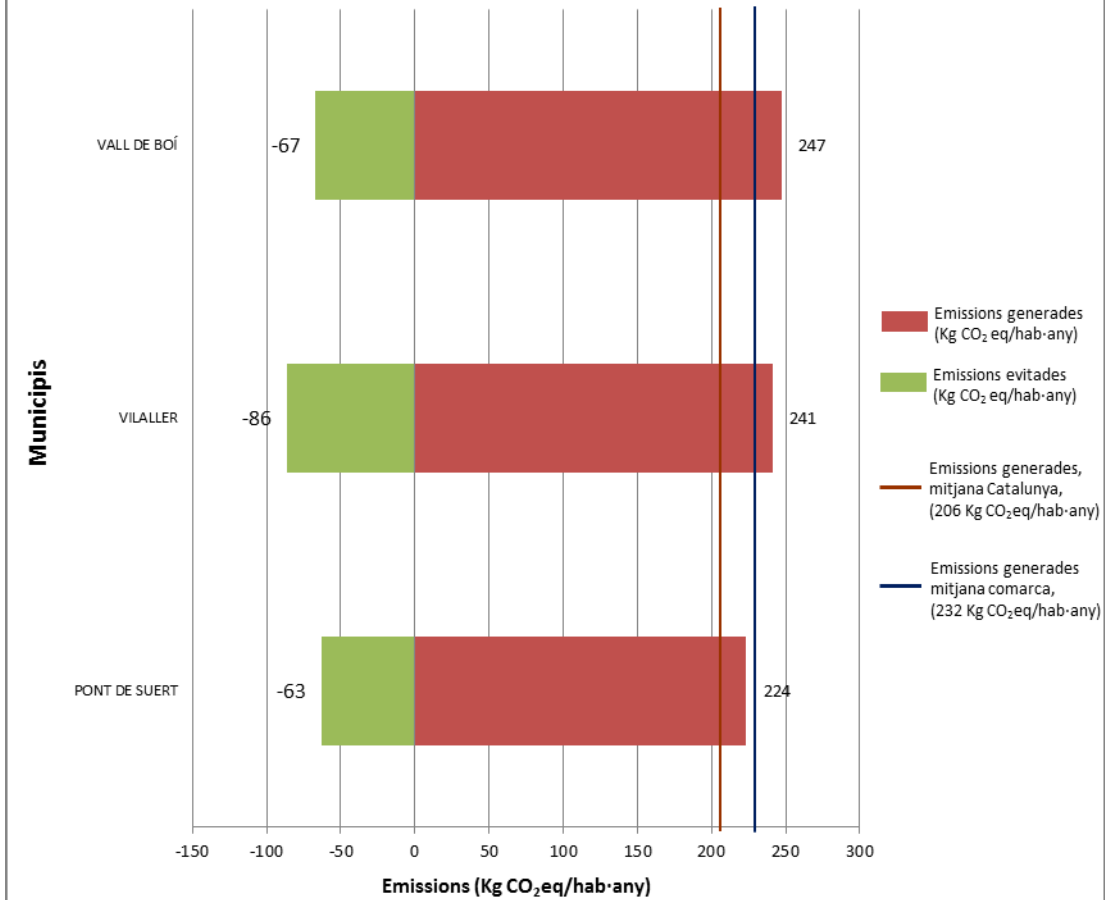
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Alt Penedès, 2012)



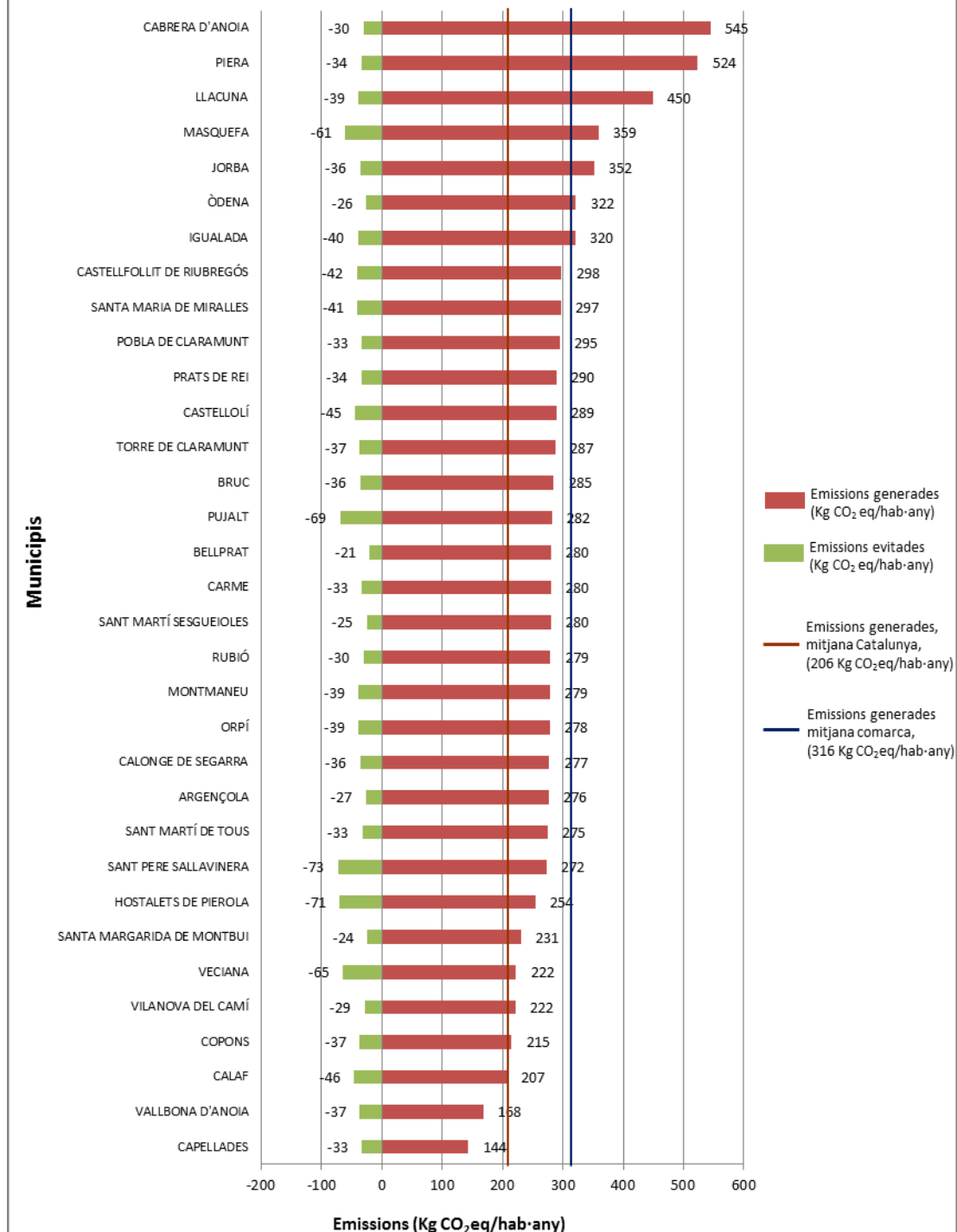
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Alt Urgell, 2012)



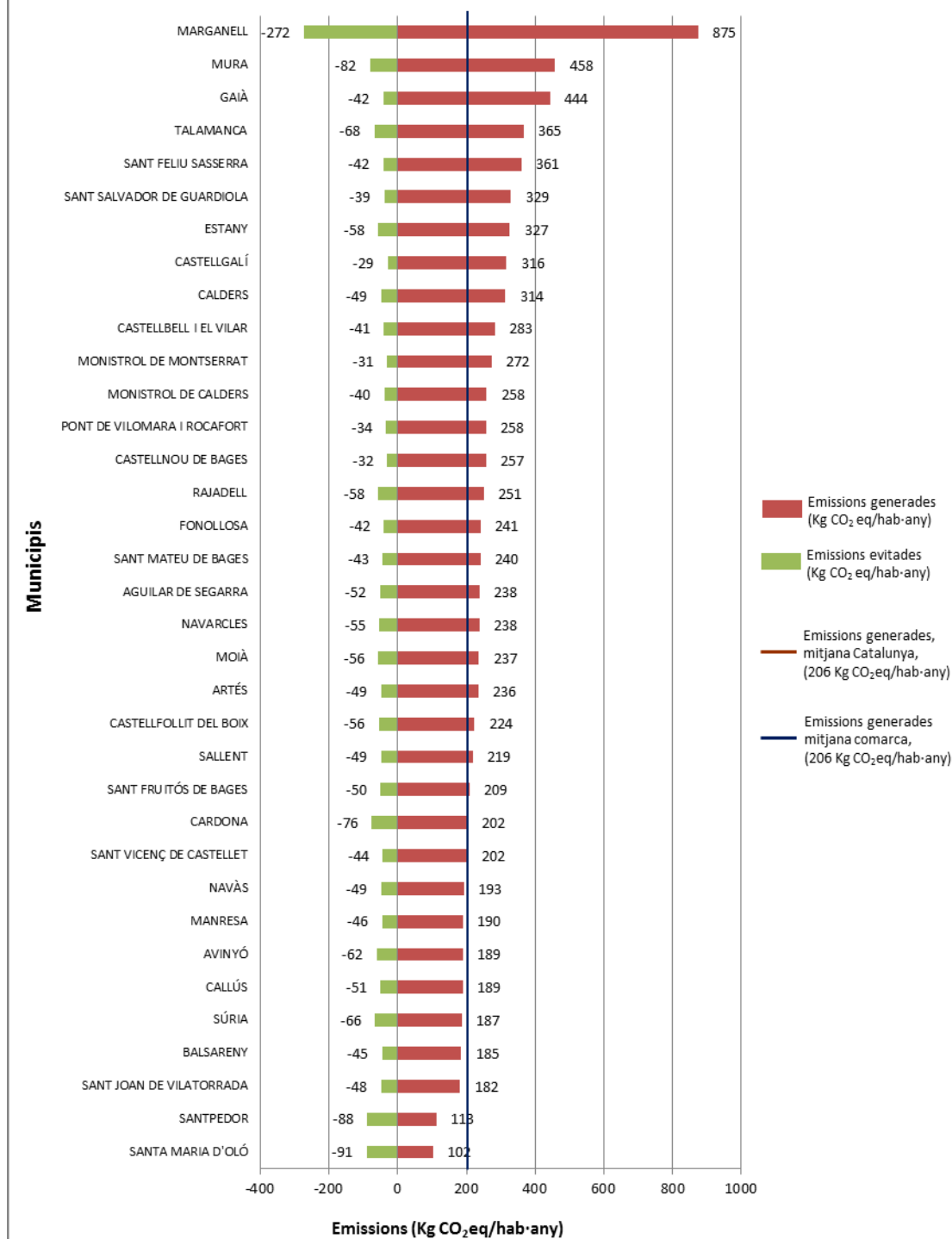
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Alta Ribagorça, 2012)



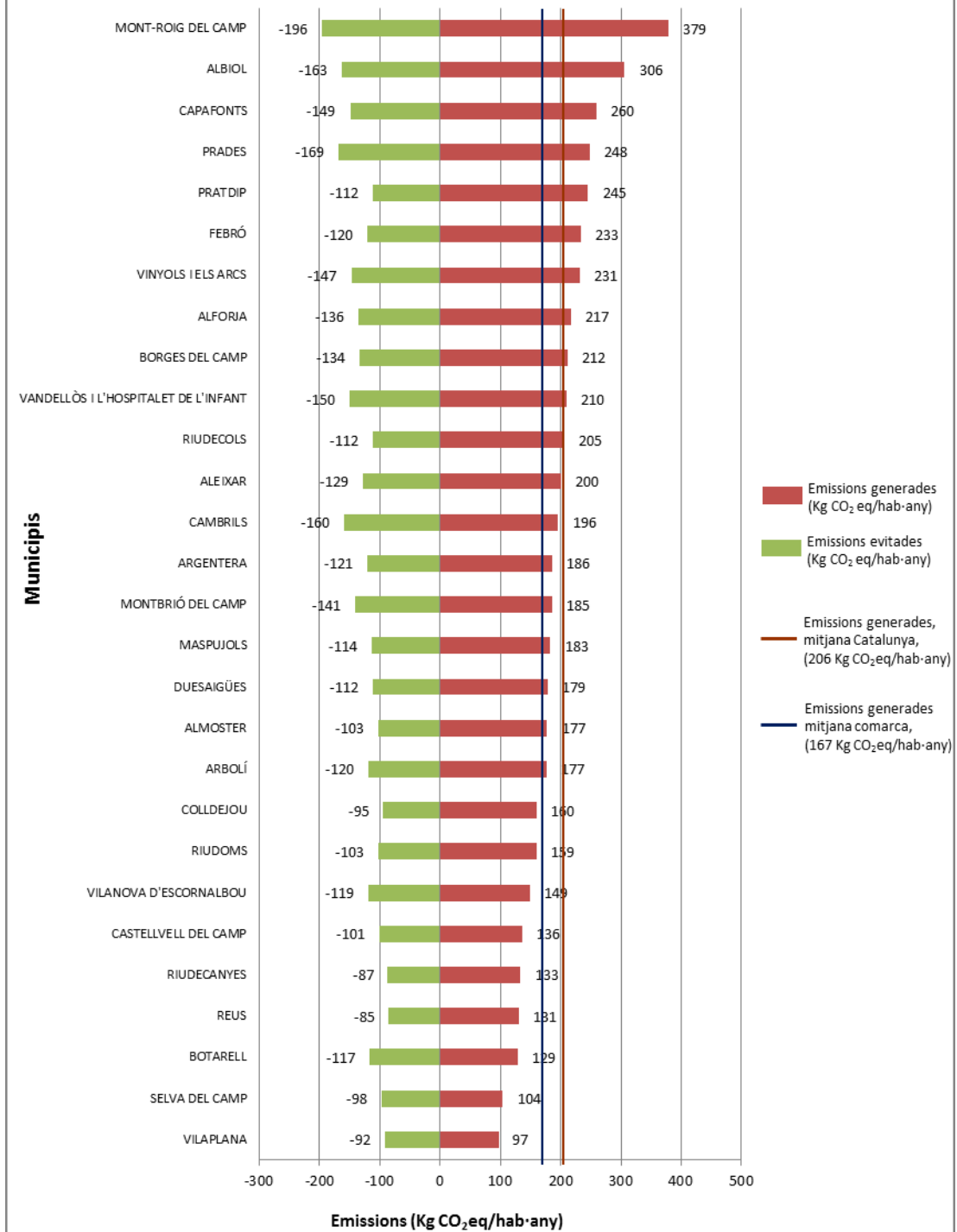
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Anoia, 2012)



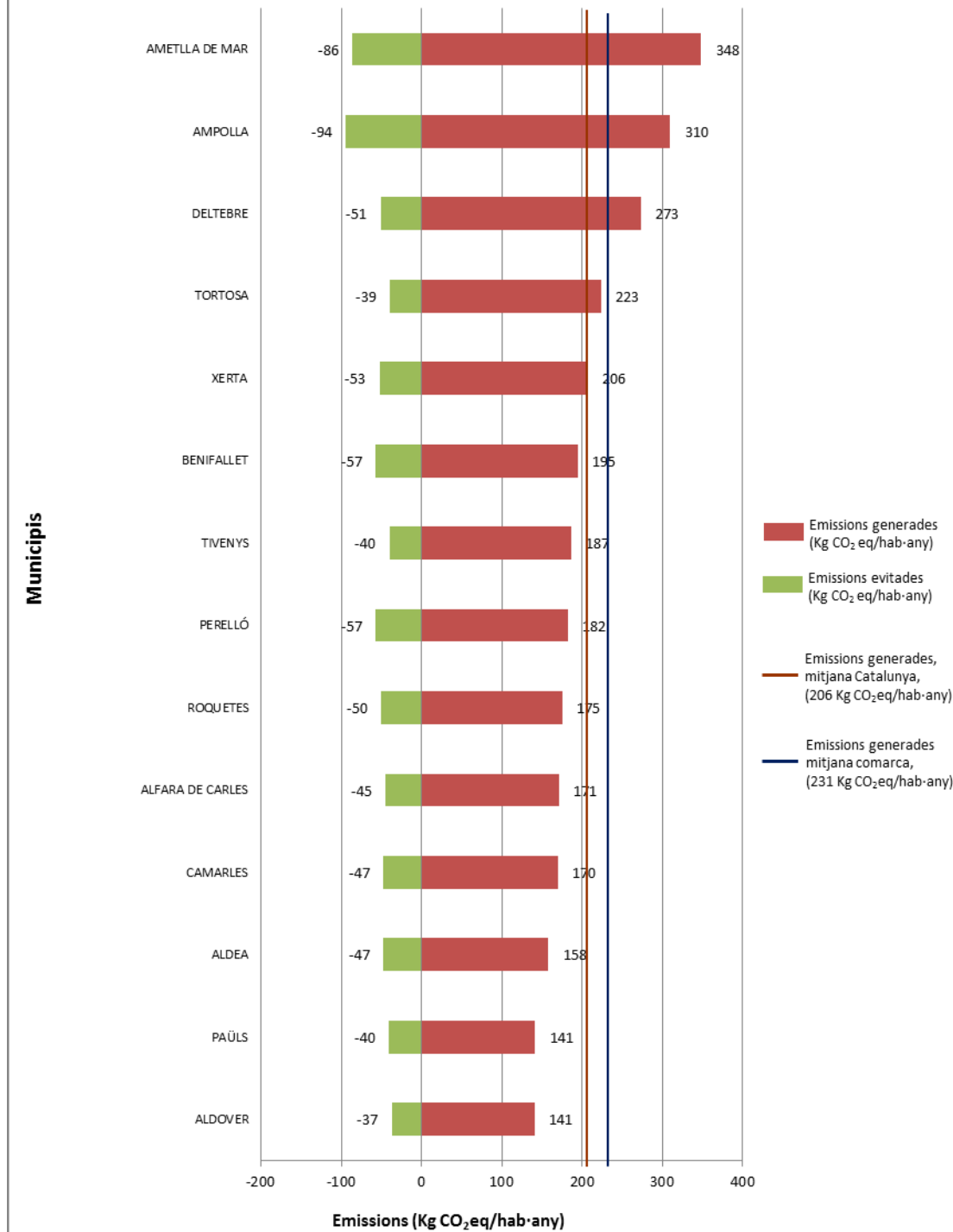
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Bages, 2012)



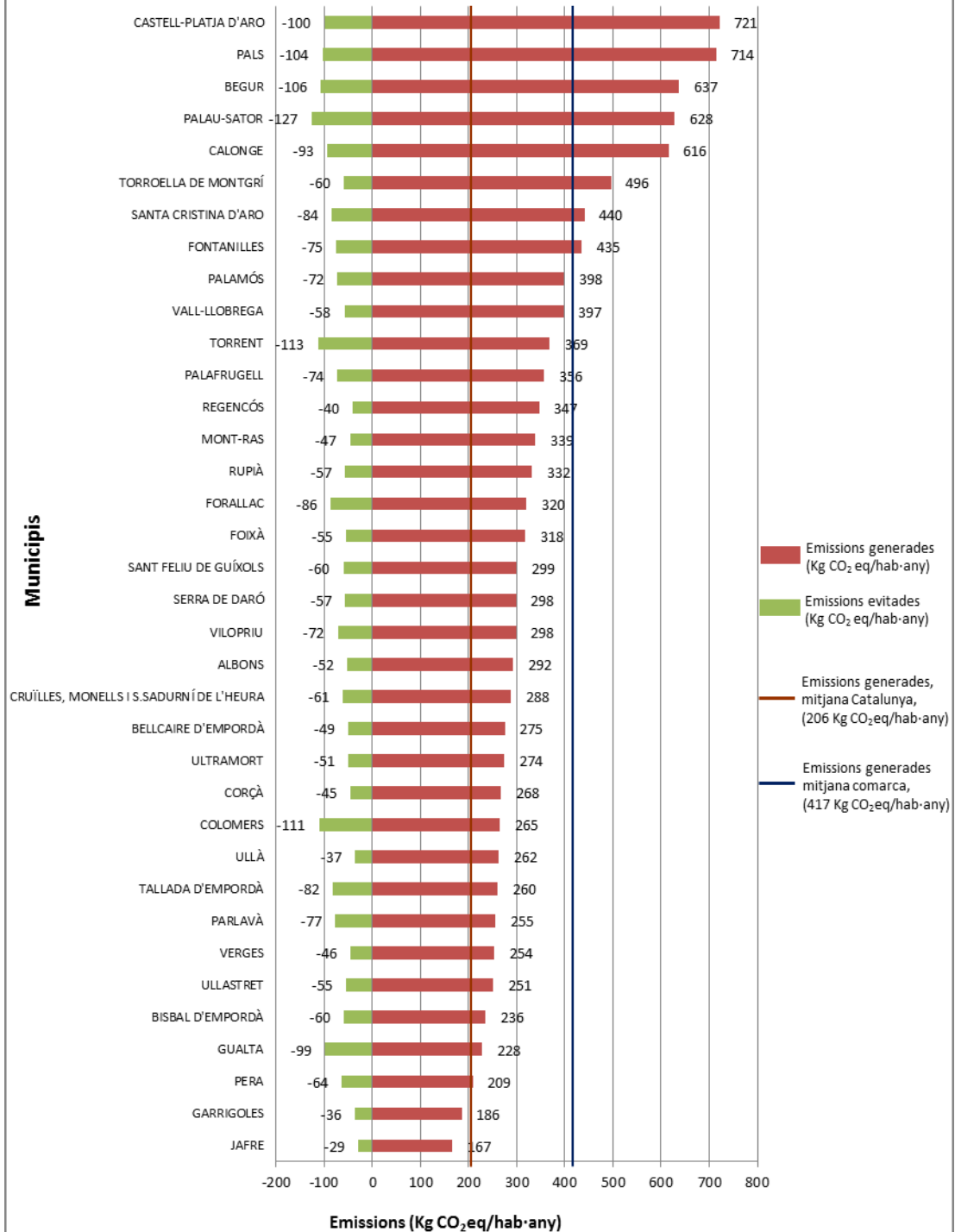
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Baix Camp, 2012)



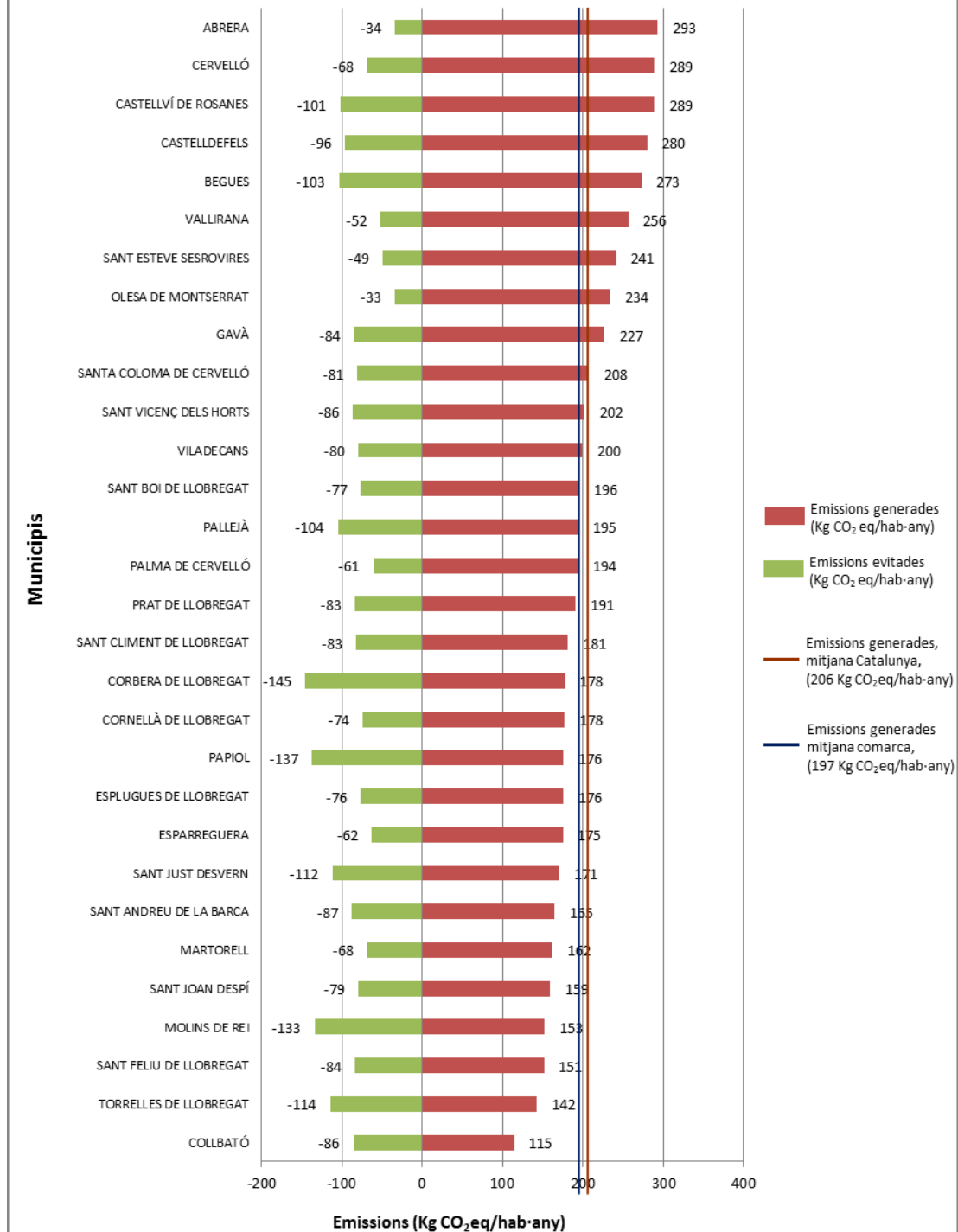
Emissions de CO2 eq. generades i evitades (Baix Ebre, 2012)



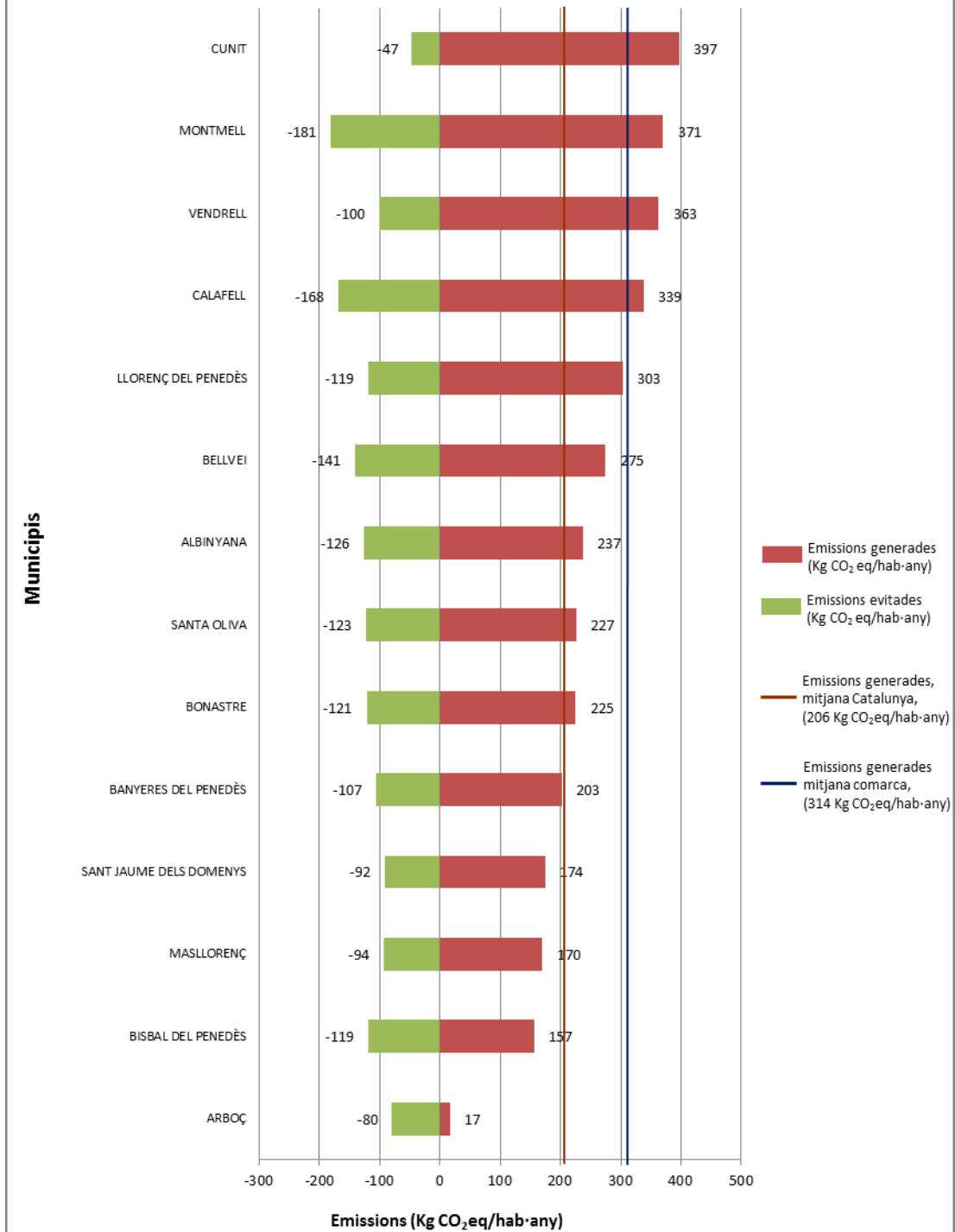
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Baix Empordà, 2012)



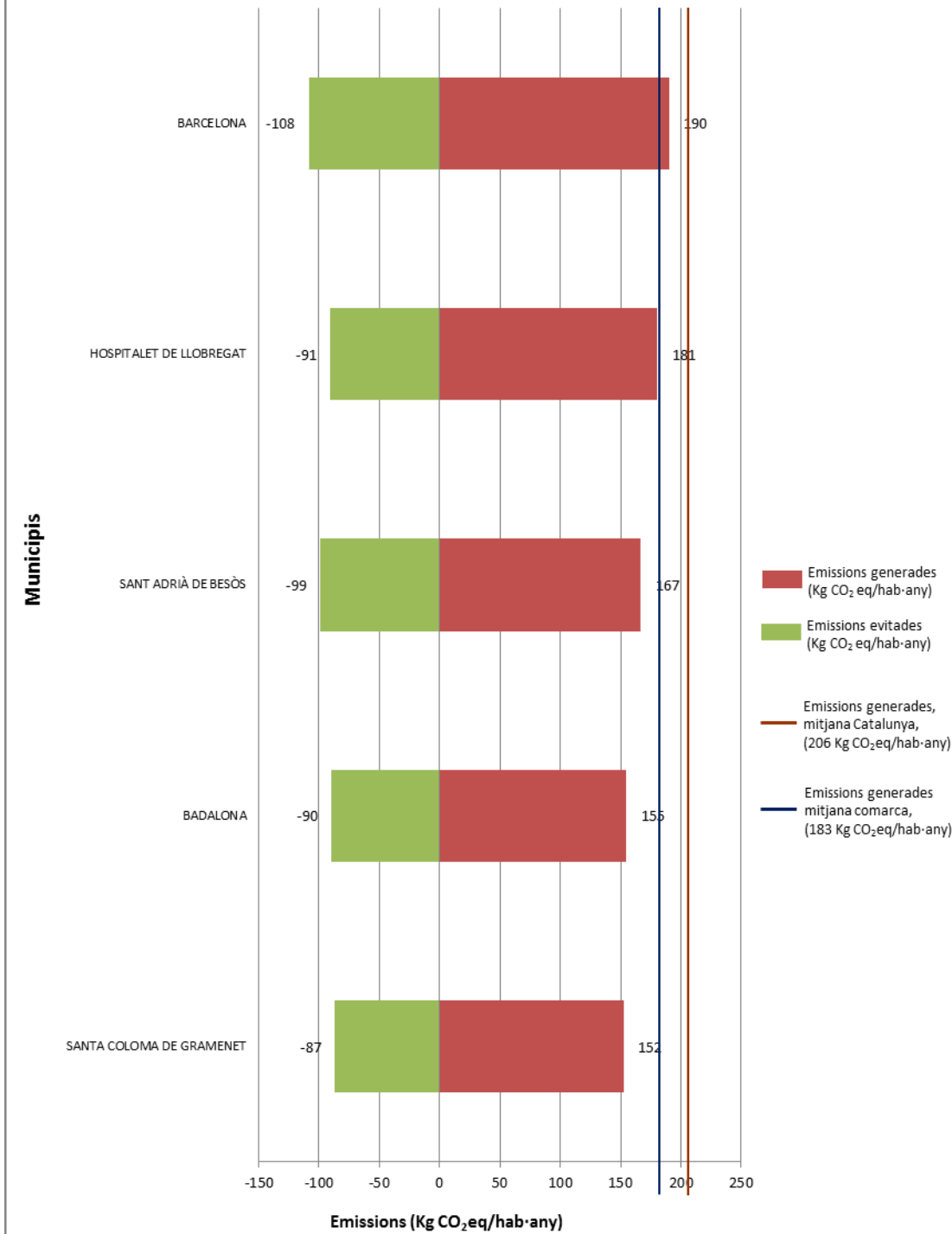
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Baix Llobregat, 2012)



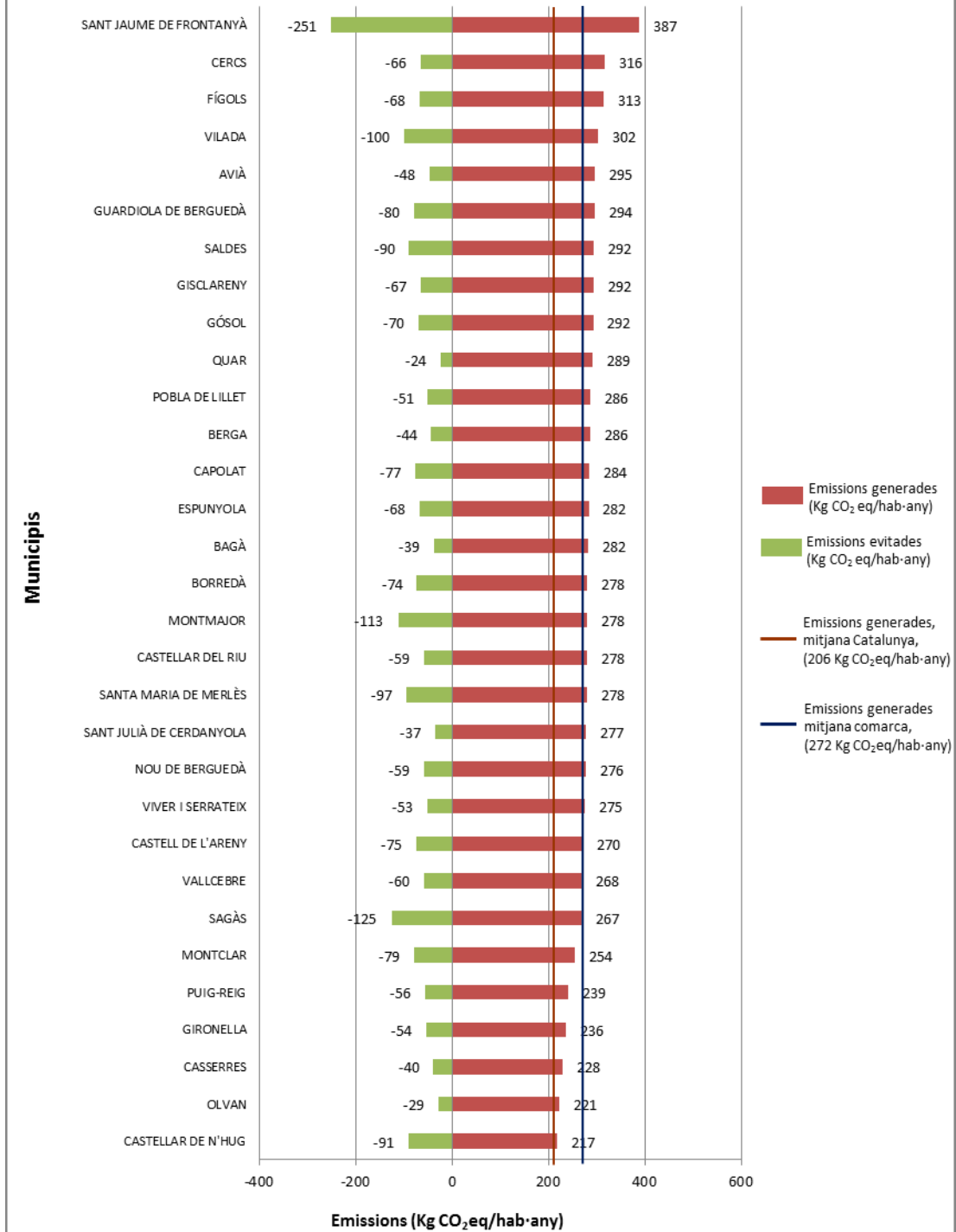
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Baix Penedès, 2012)



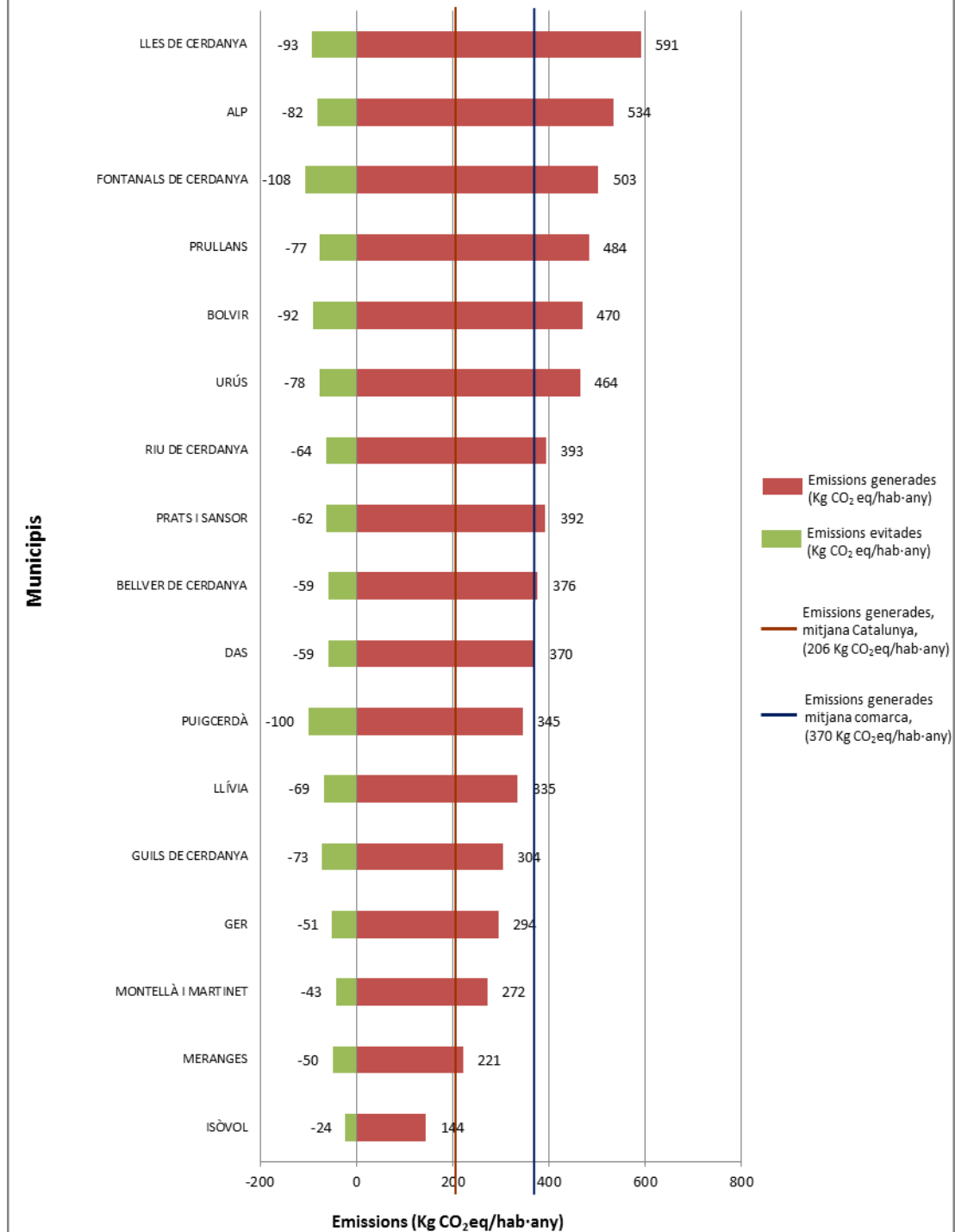
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Barcelonès, 2012)



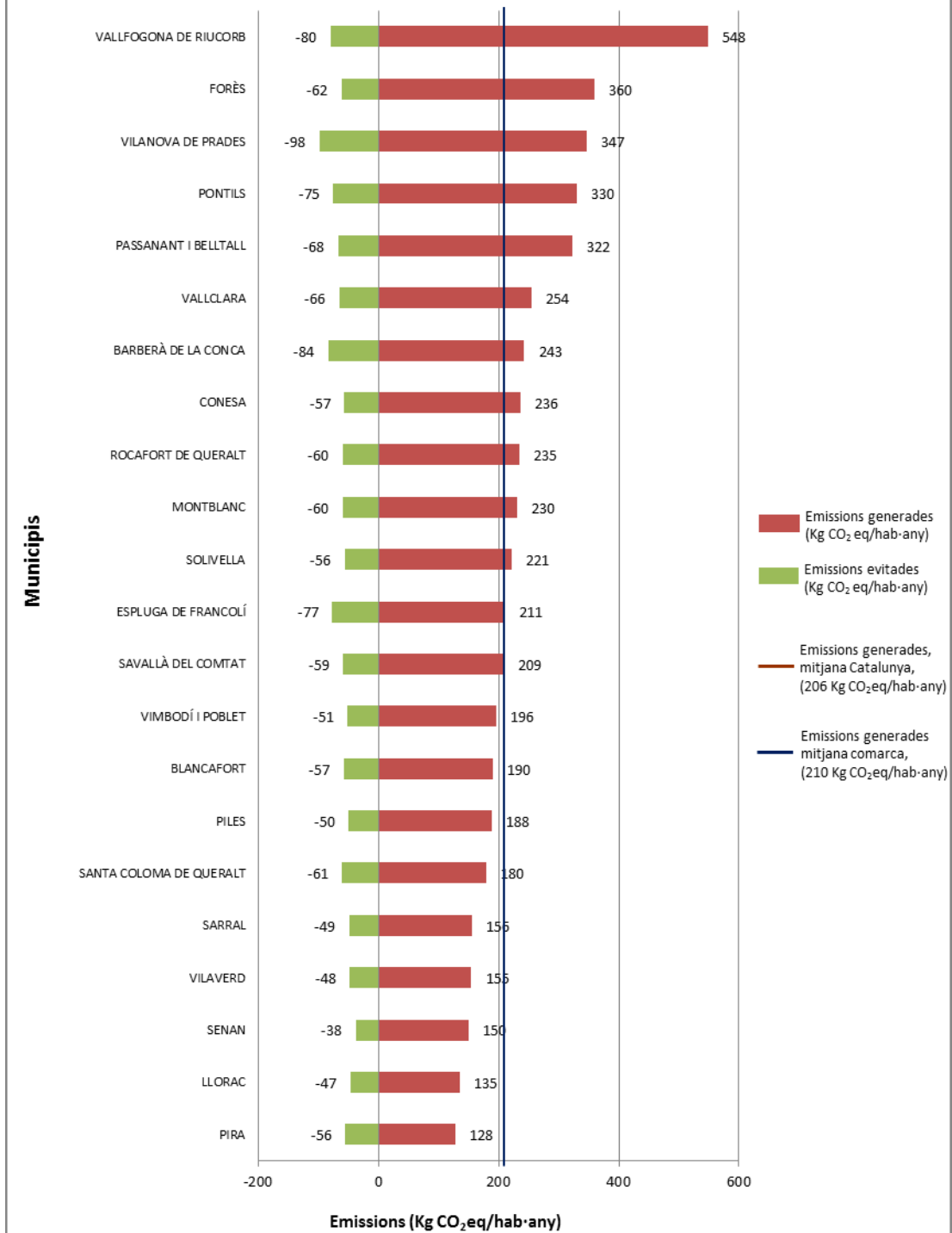
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Berguedà, 2012)



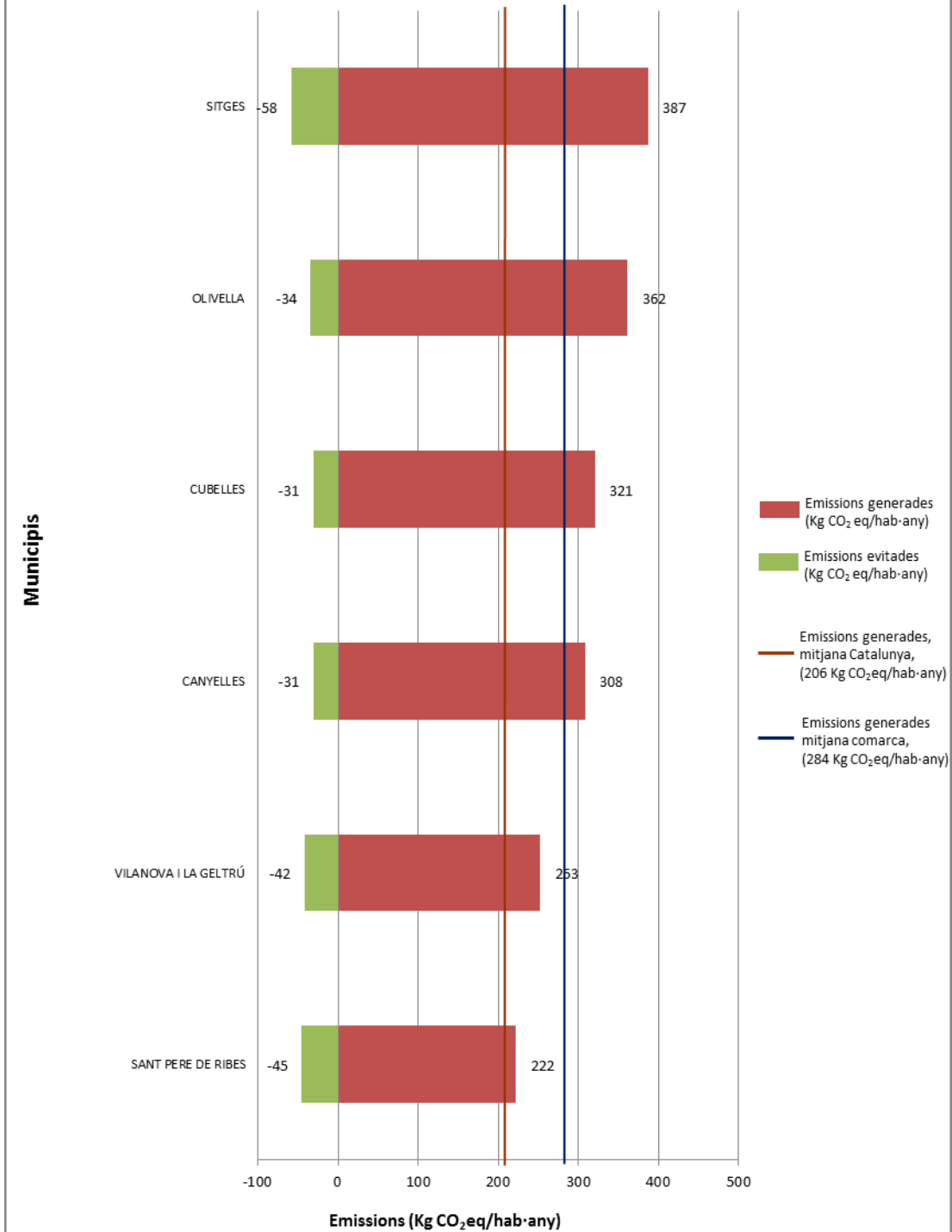
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Cerdanya, 2012)



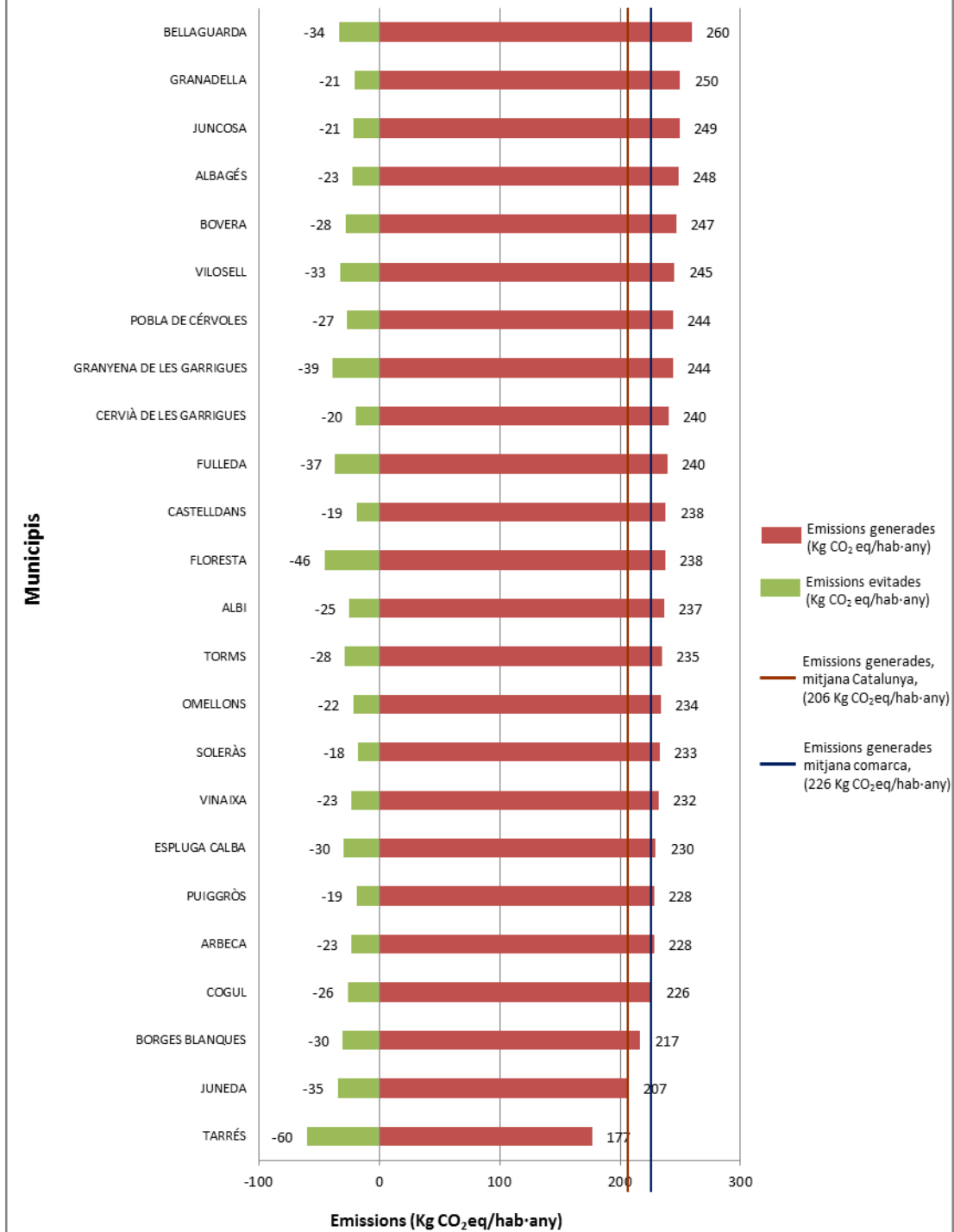
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Conca de Barberà, 2012)



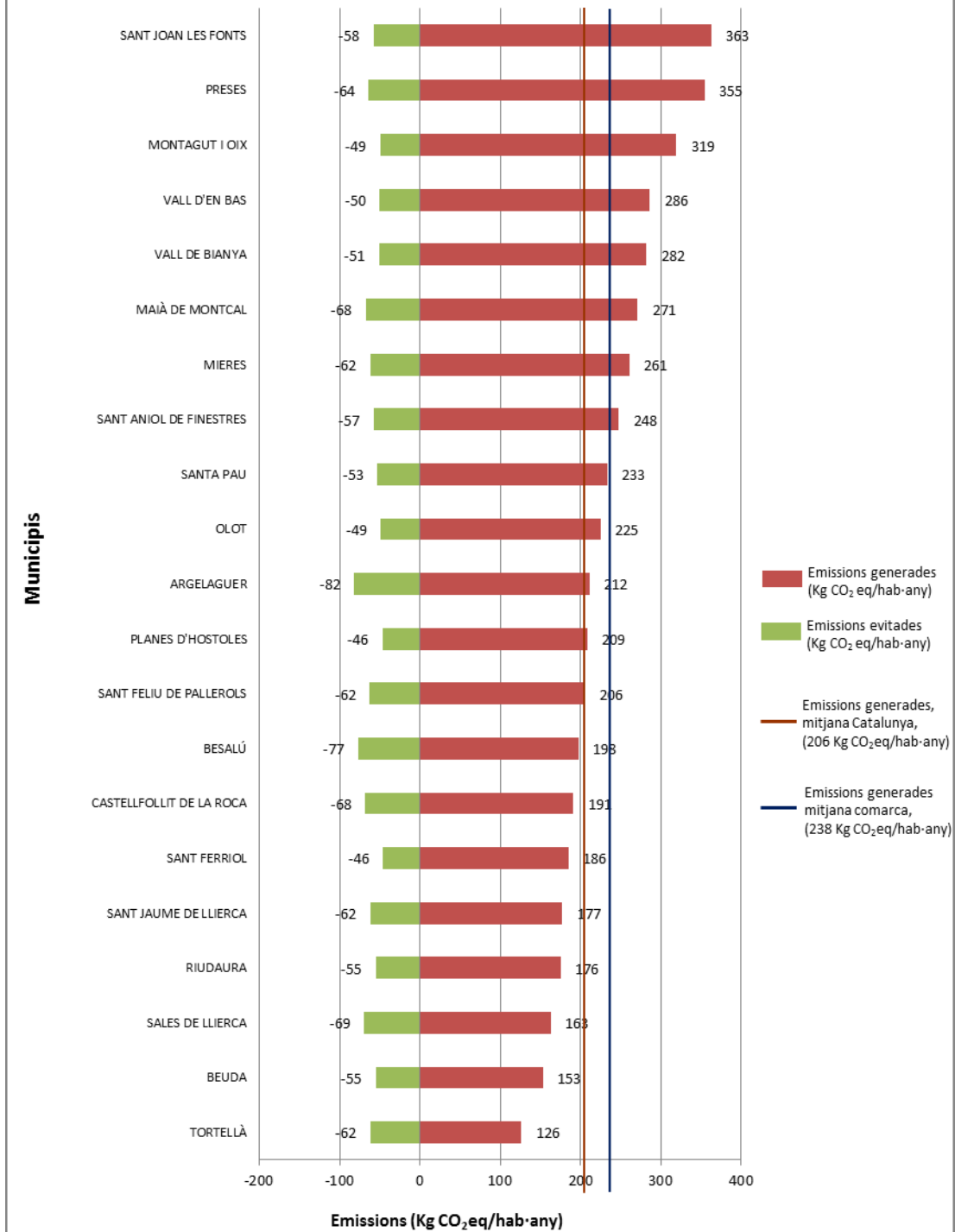
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Garraf, 2012)



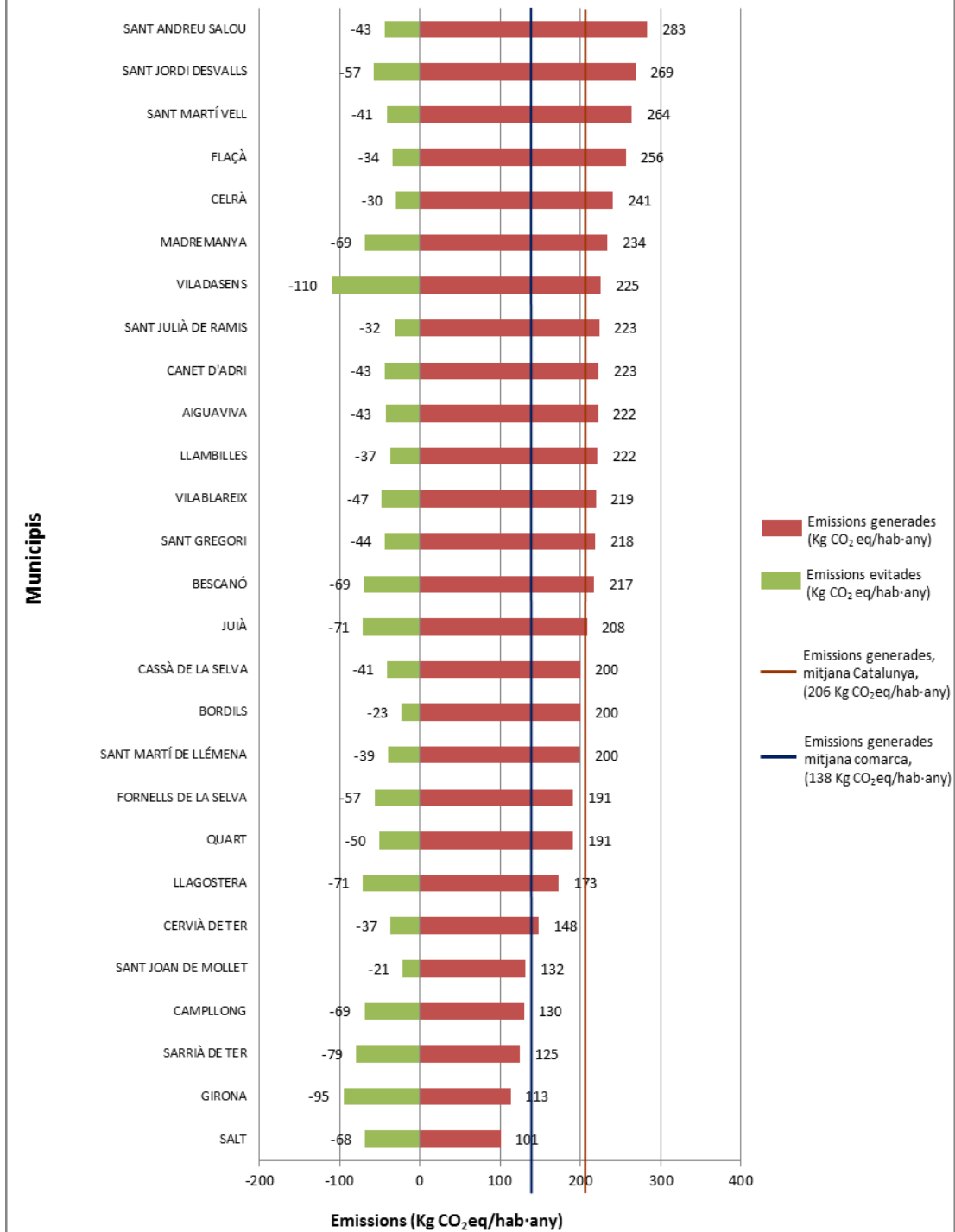
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Garrigues, 2012)



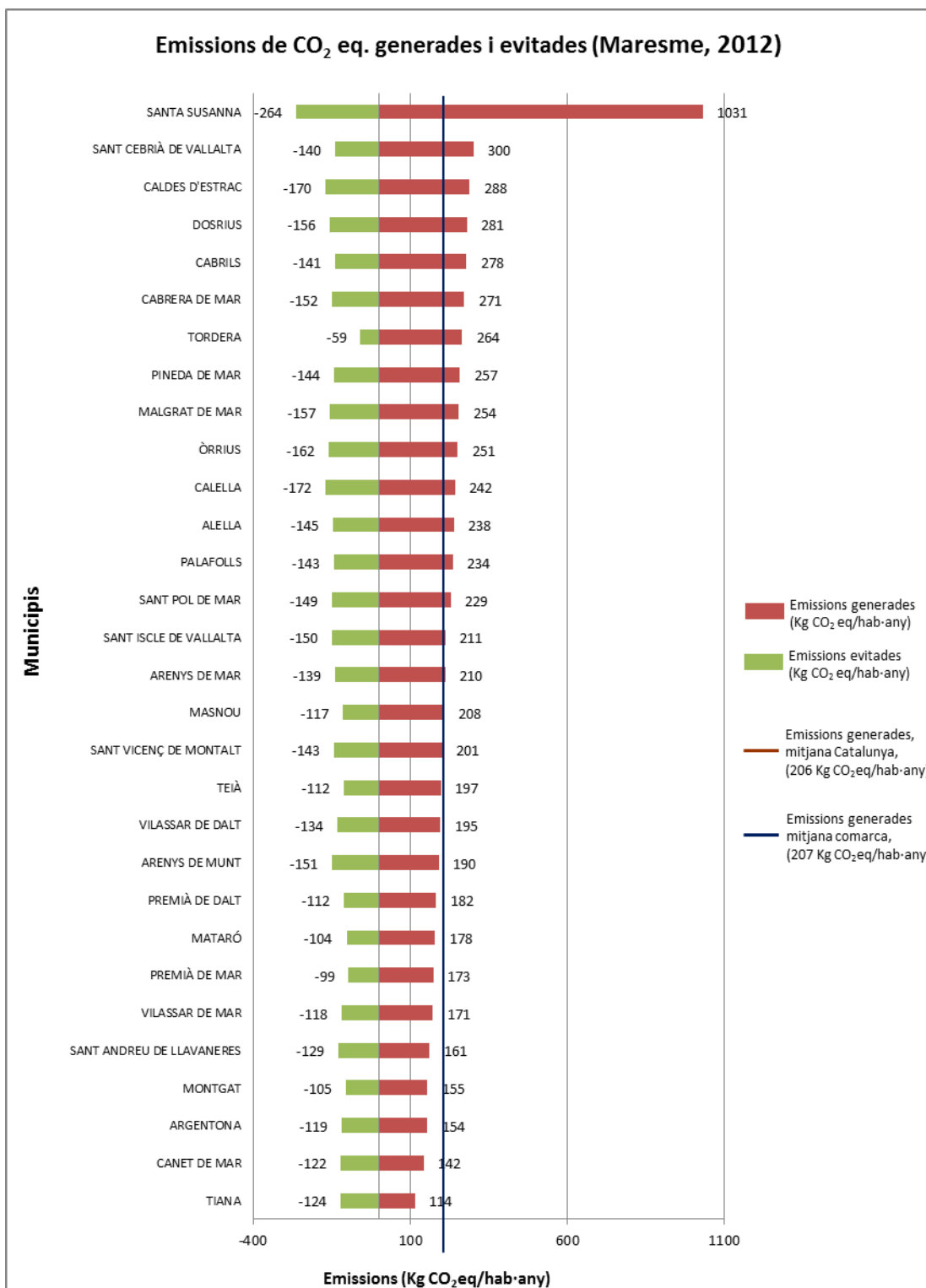
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Garrotxa, 2012)



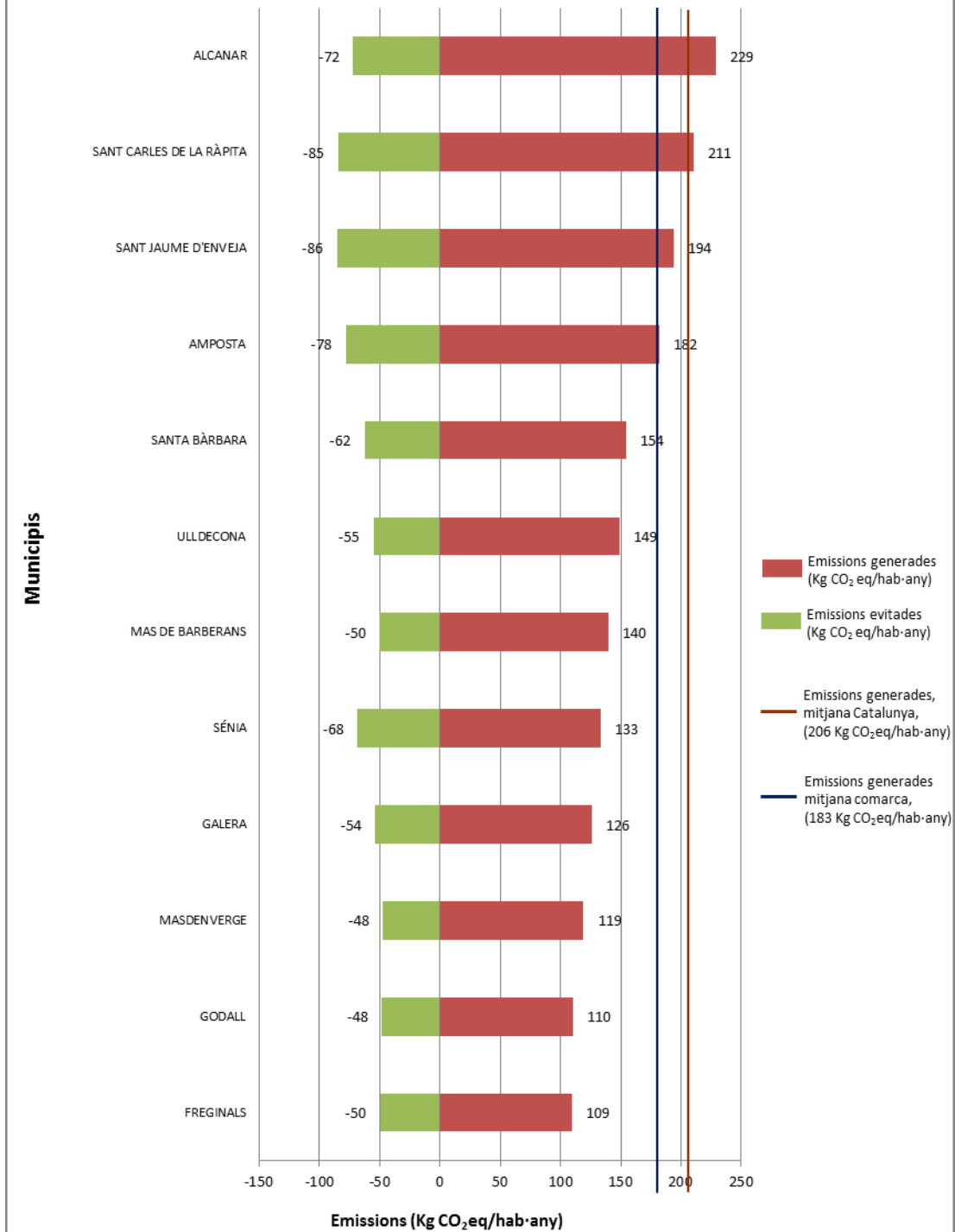
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Gironès, 2012)



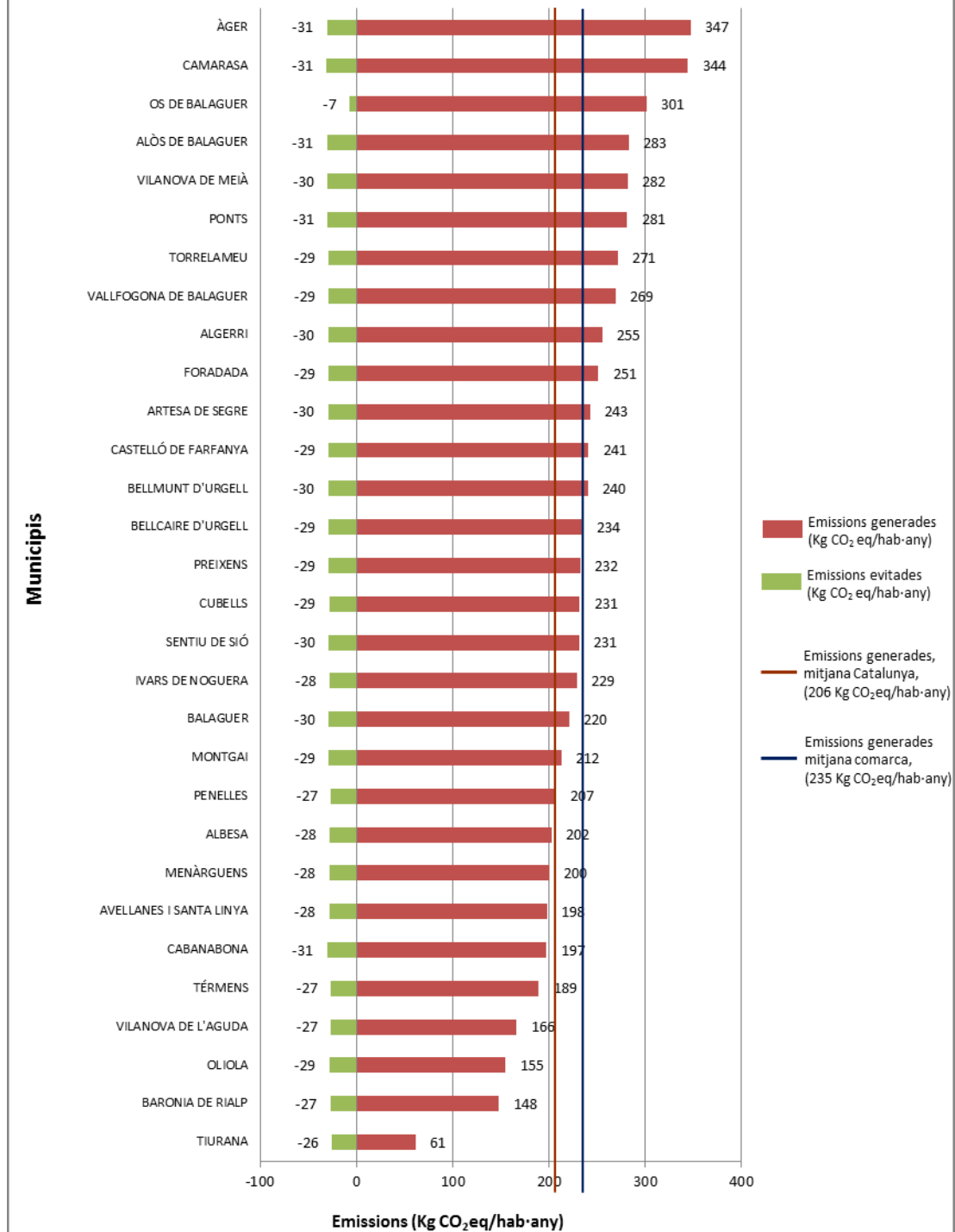
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Maresme, 2012)



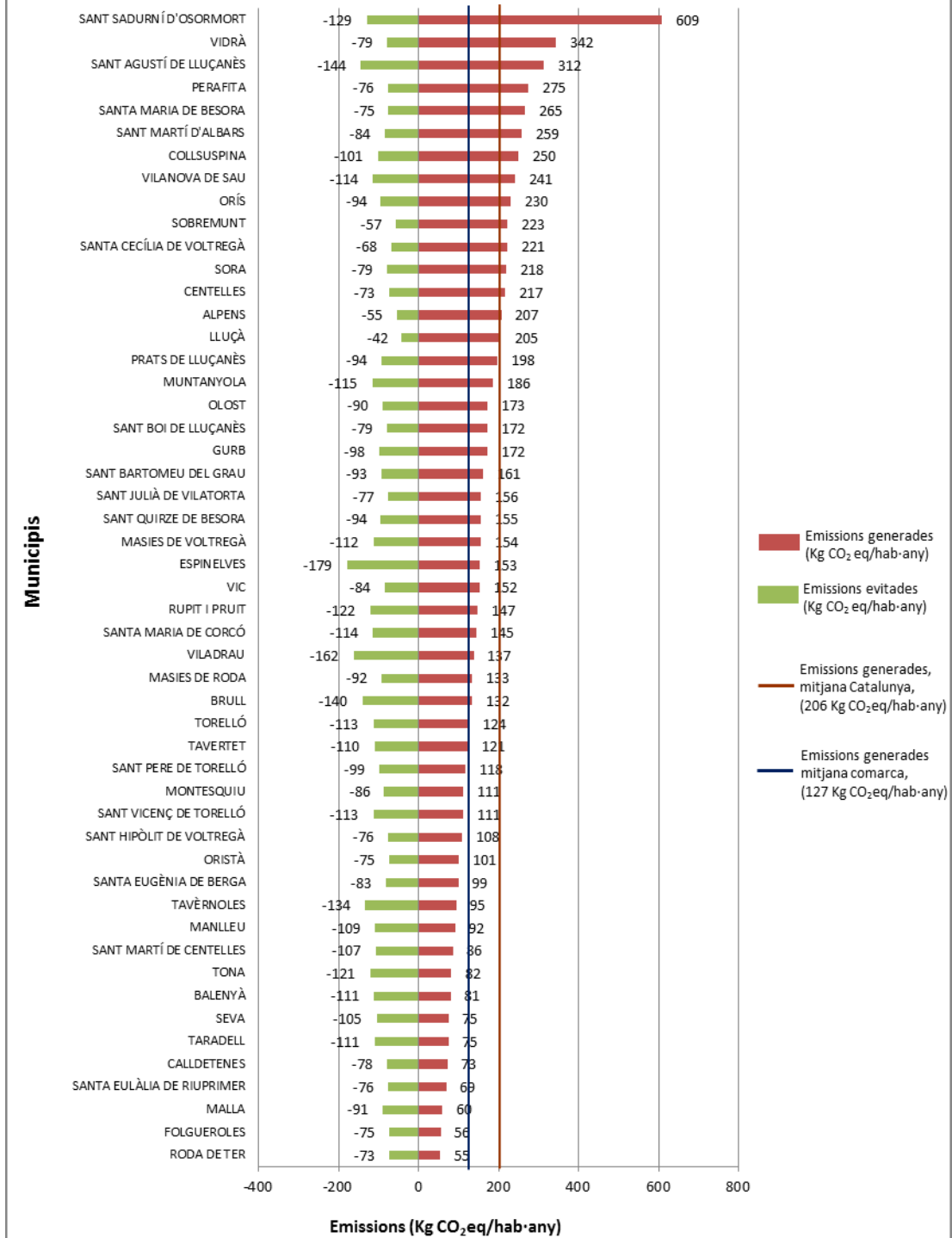
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Montsià, 2012)



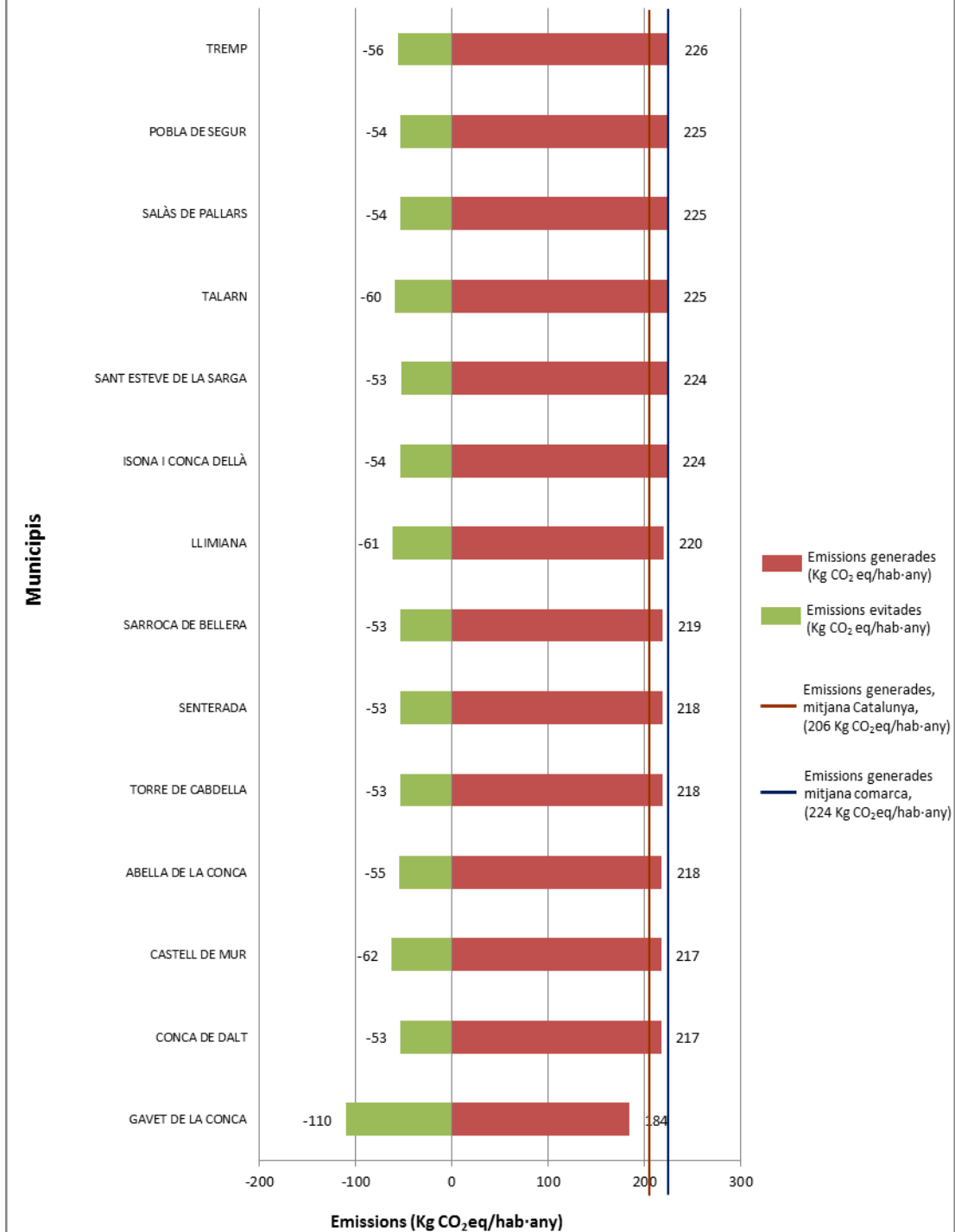
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Noguera, 2012)



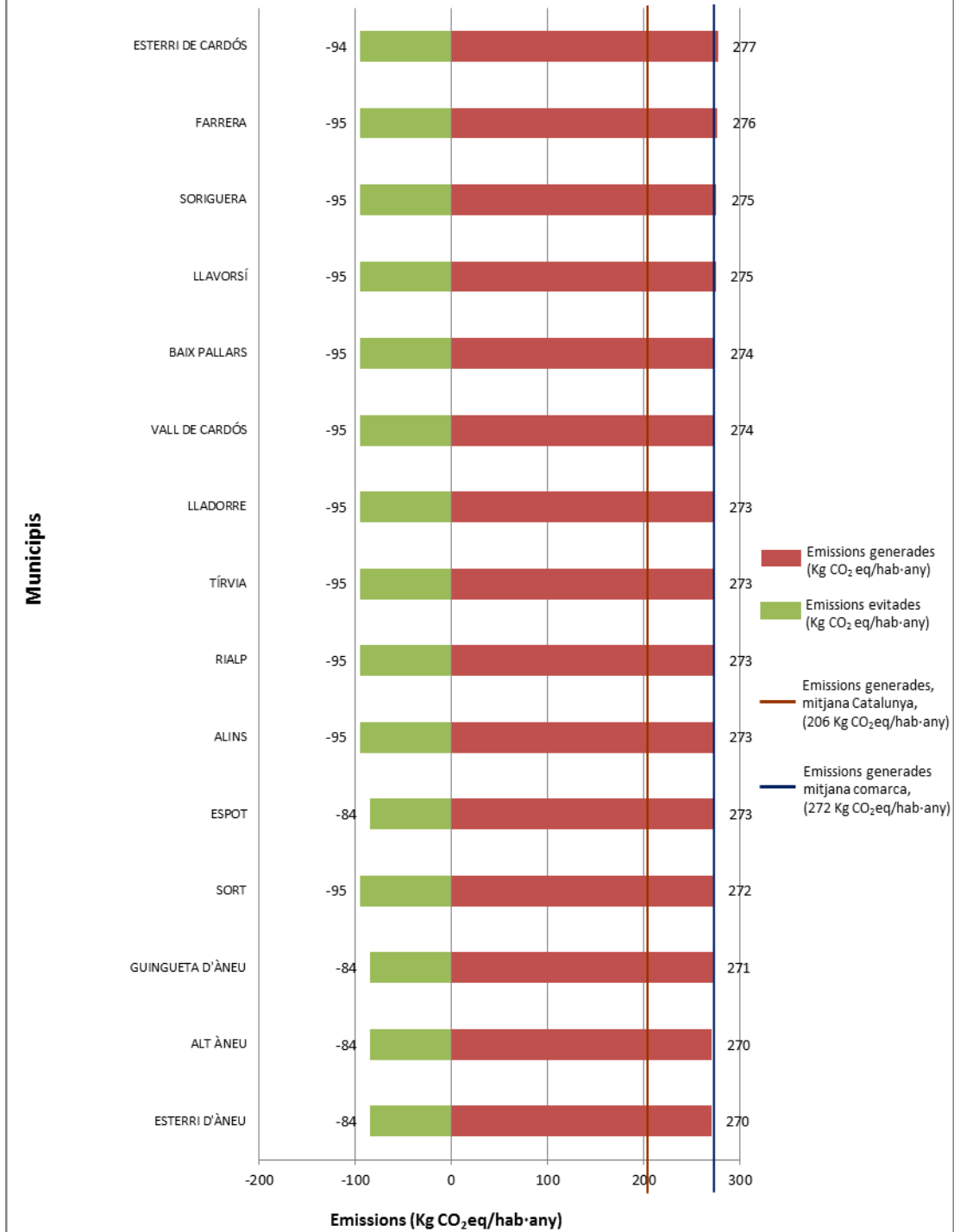
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Osona, 2012)



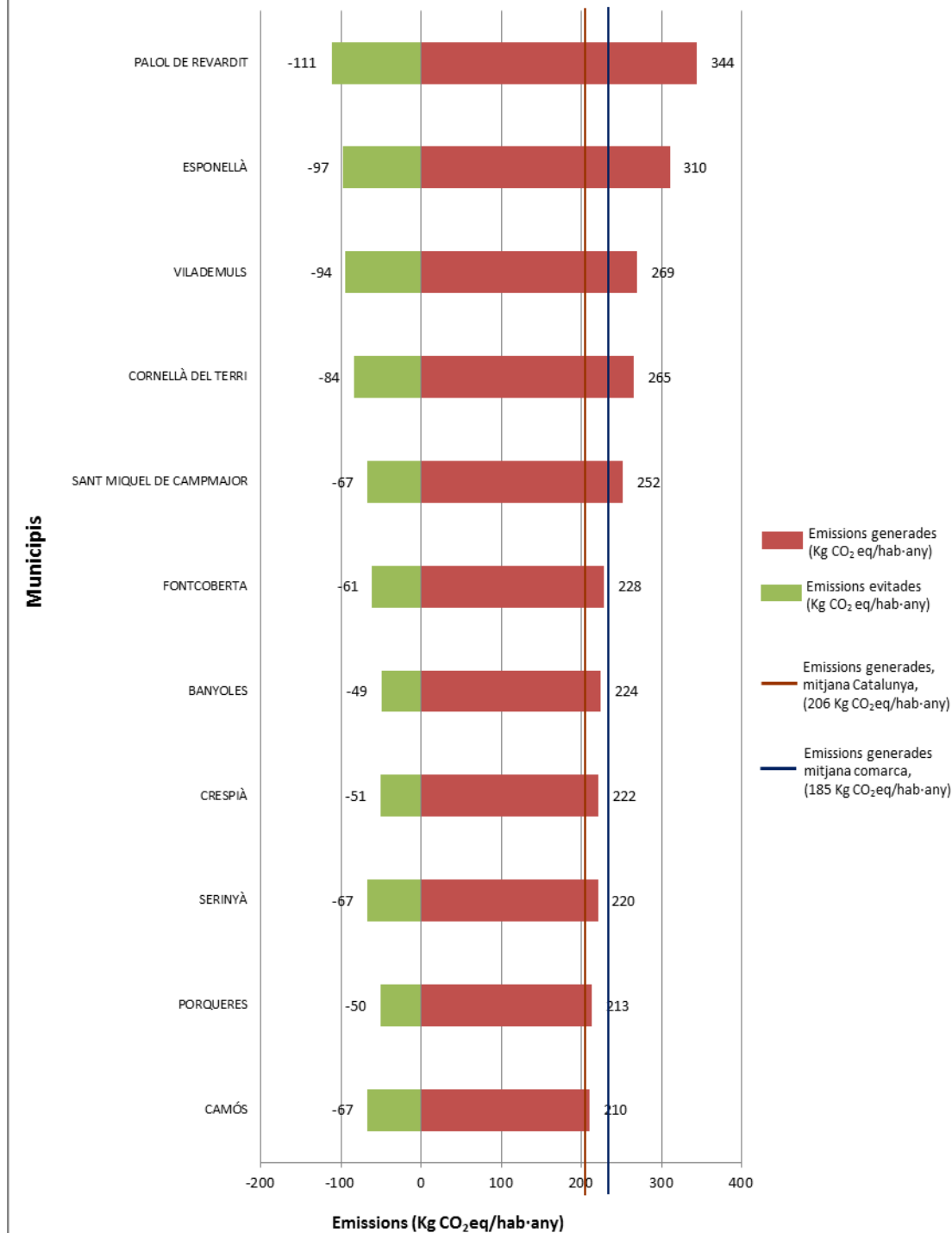
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Pallars Jussà, 2012)



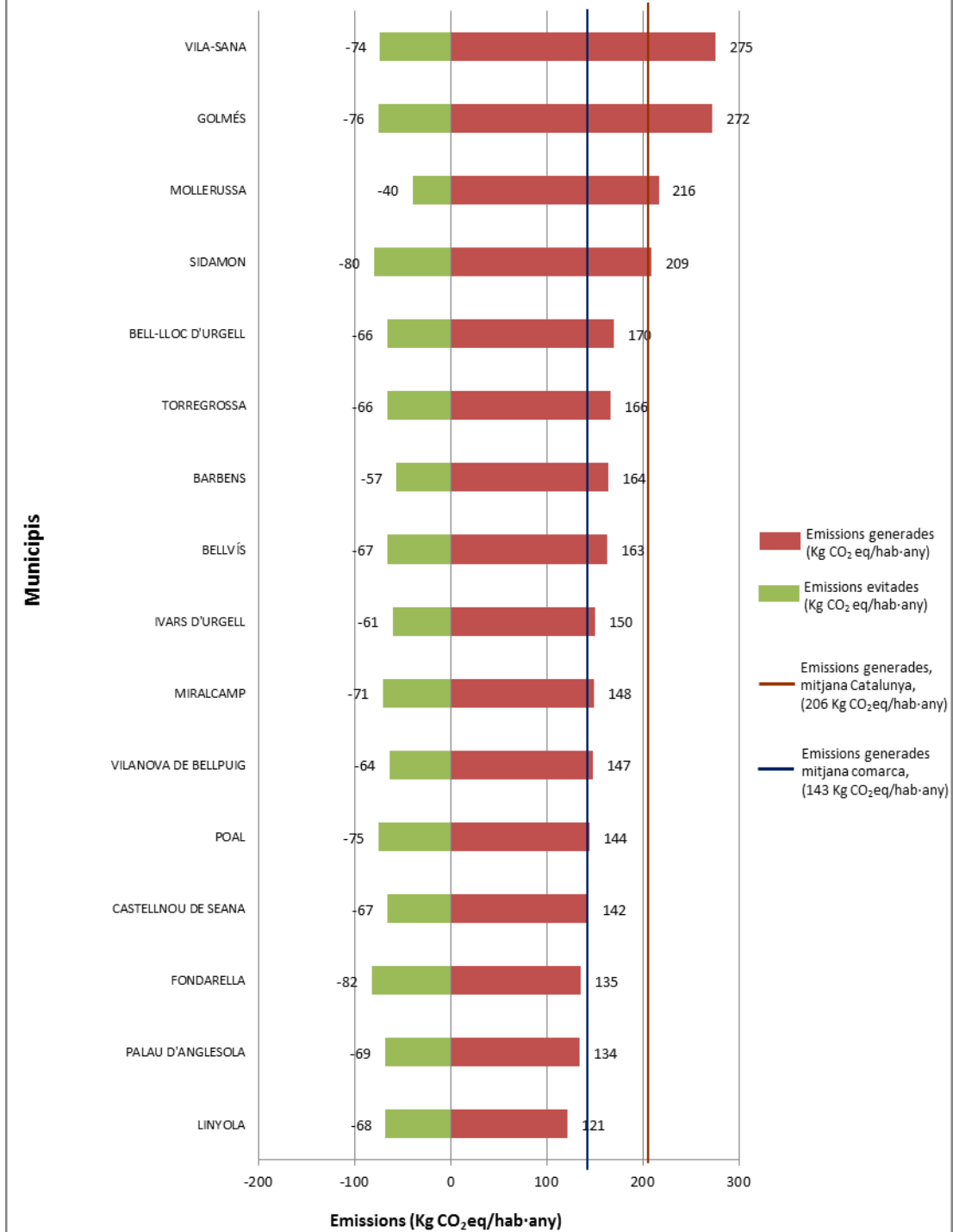
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Pallars Sobirà, 2012)



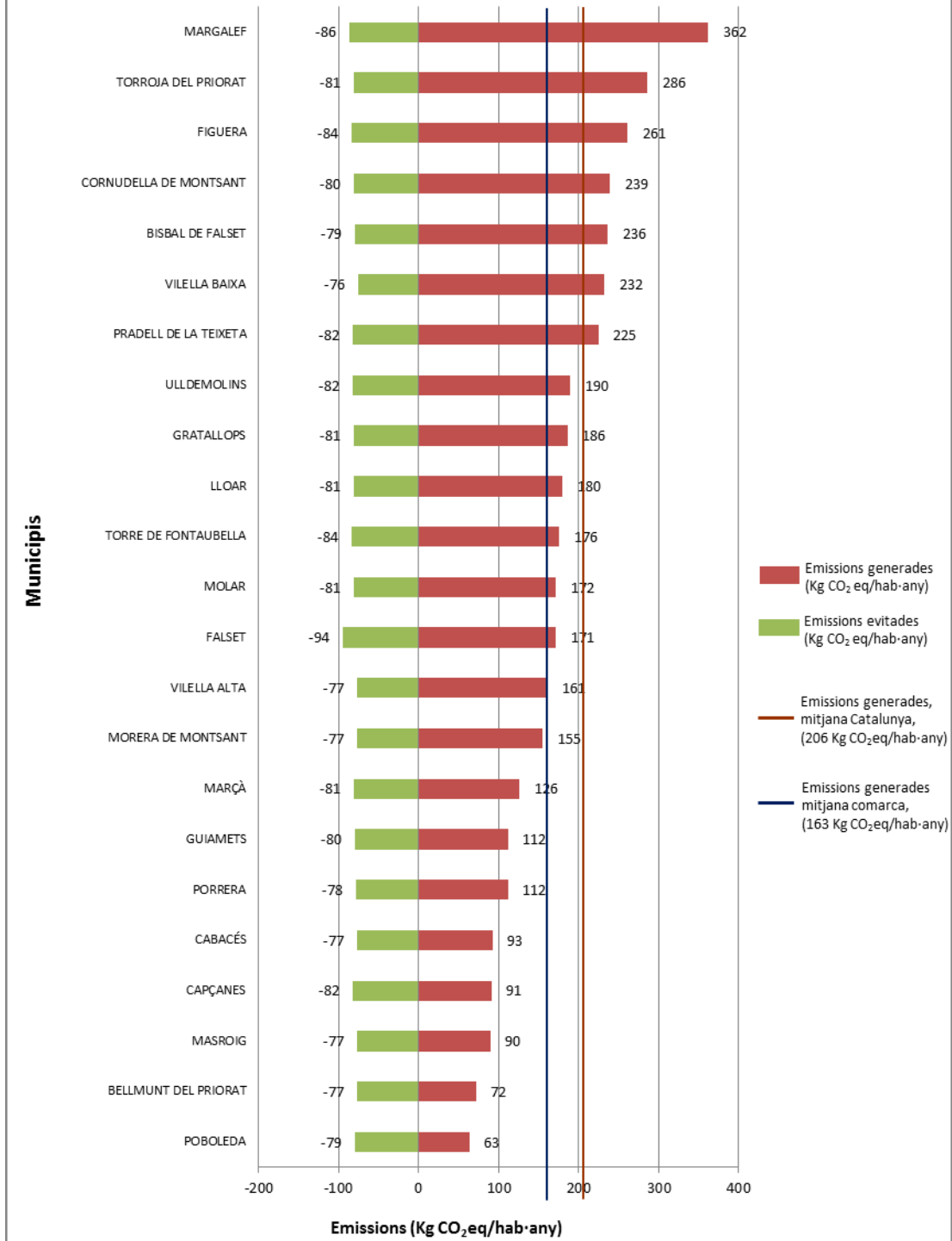
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Pla de l'Estany, 2012)



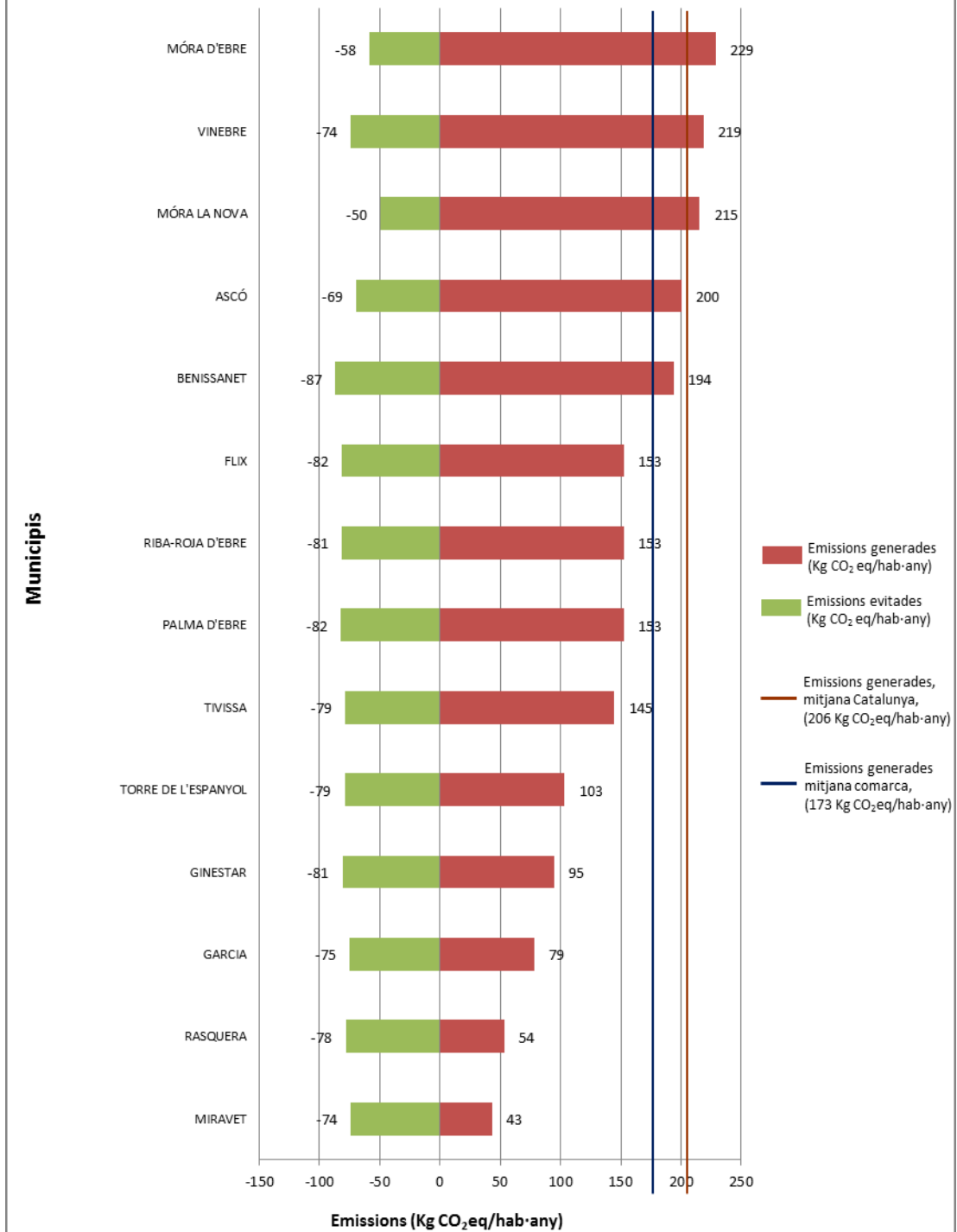
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Pla d'Urgell, 2012)



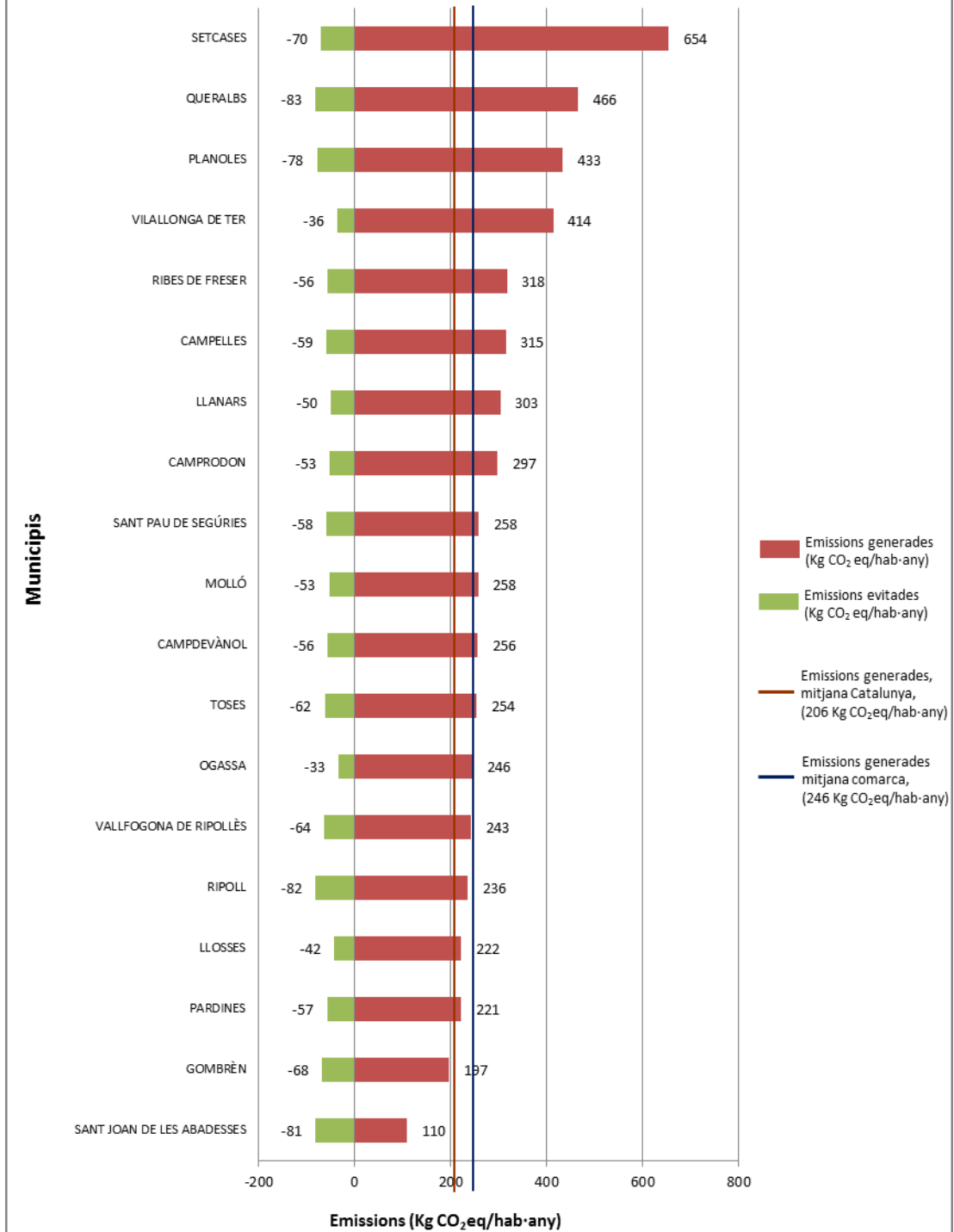
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Priorat, 2012)



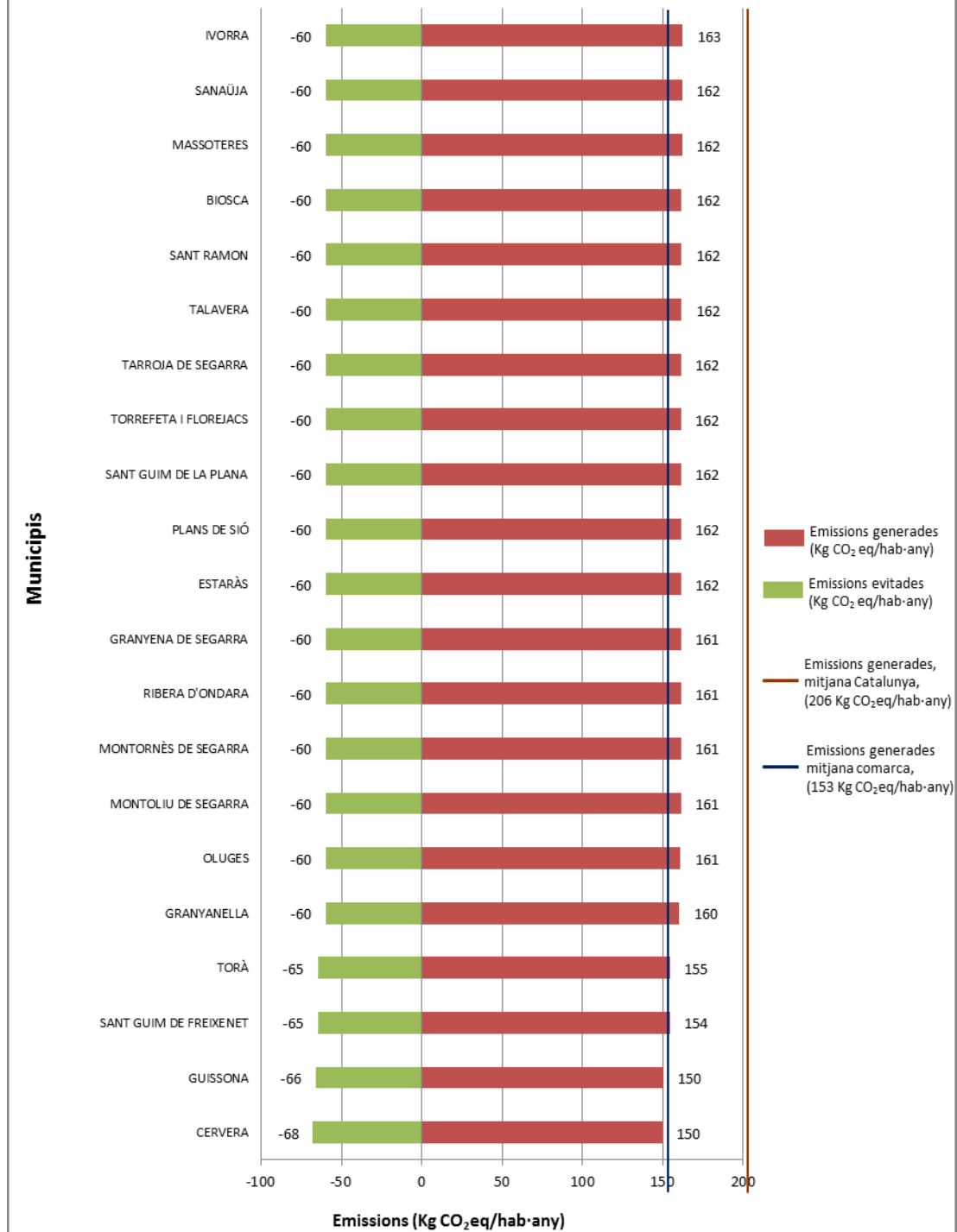
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Ribera d'Ebre, 2012)



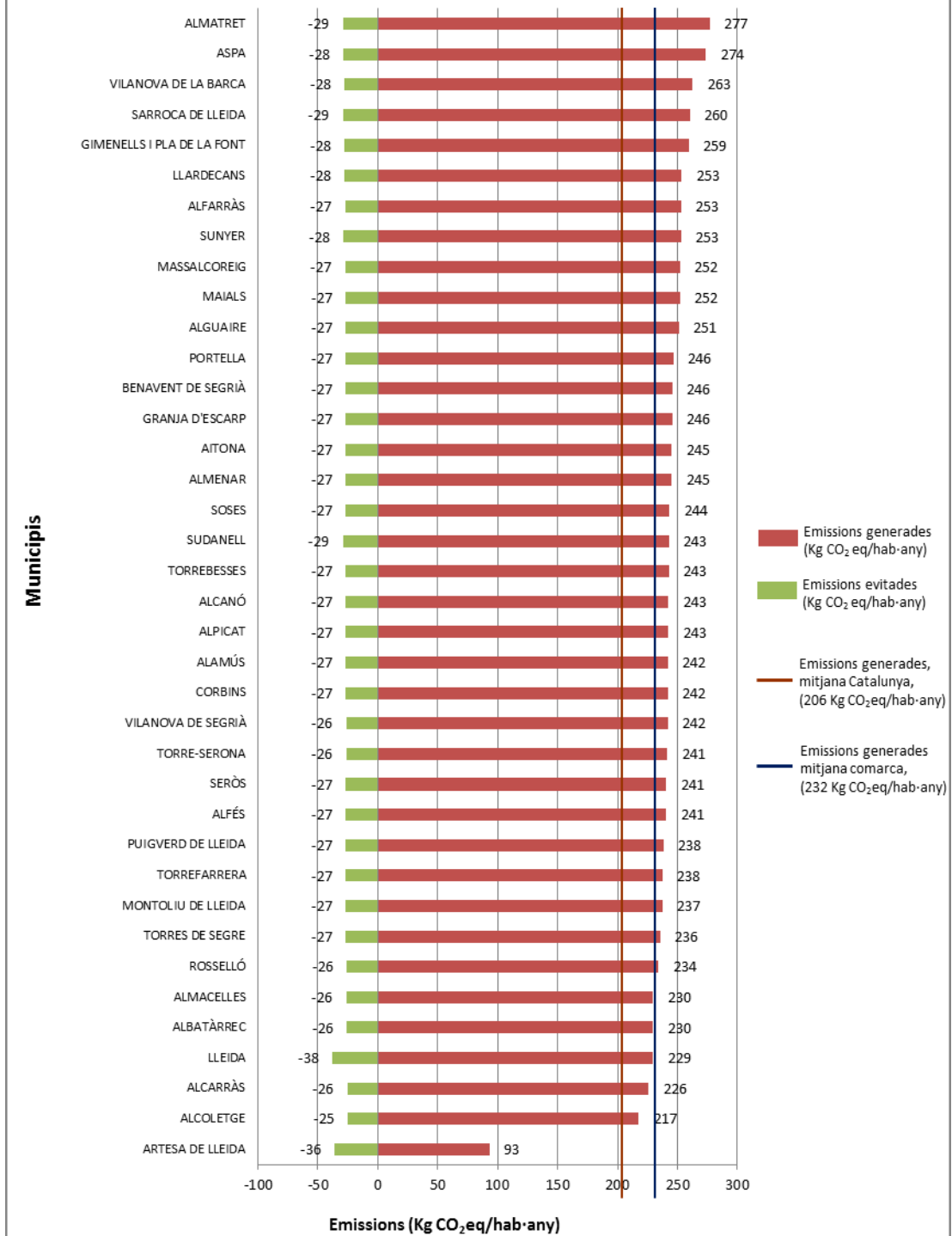
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Ripollès, 2012)



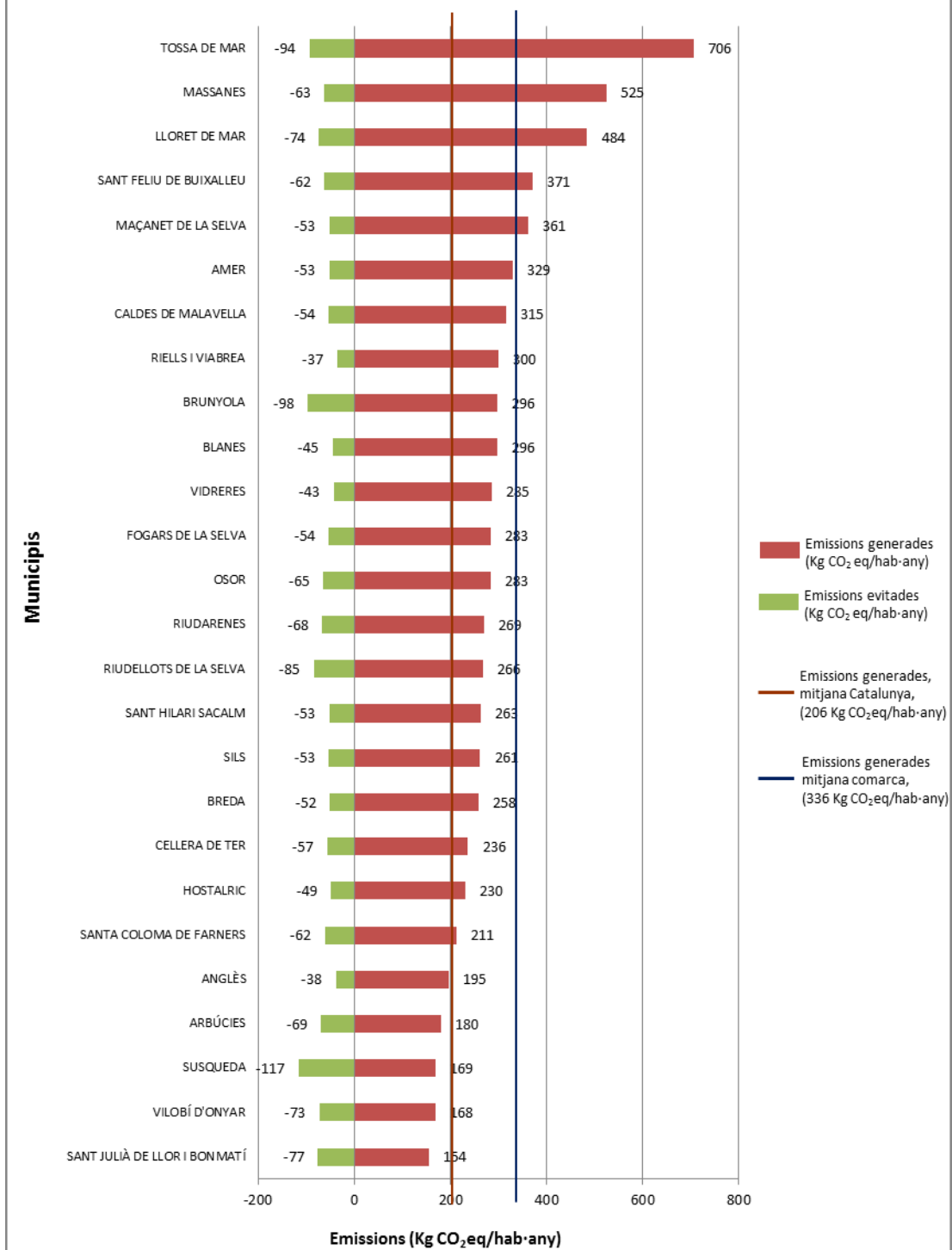
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Segarra, 2012)



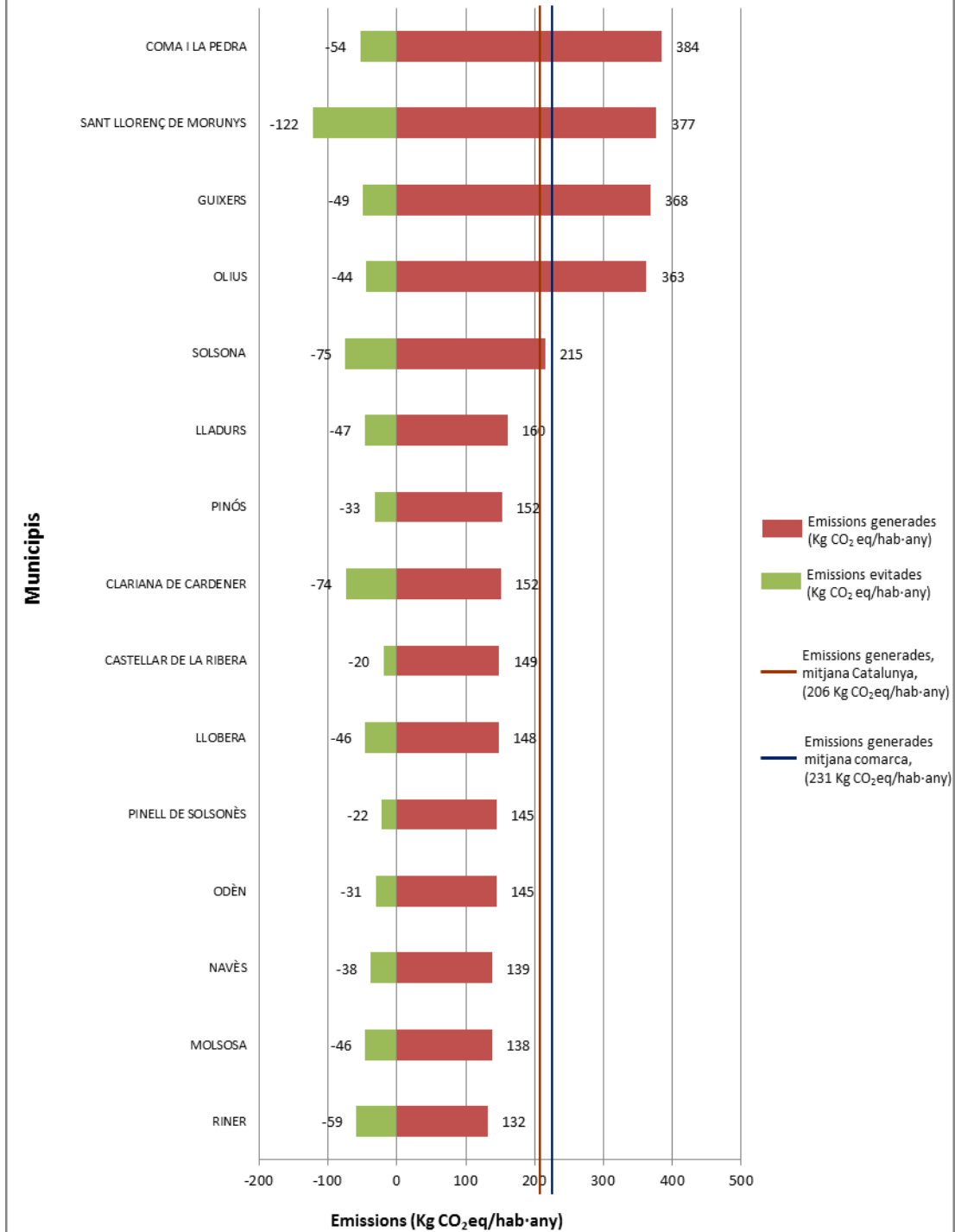
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Segrià, 2012)



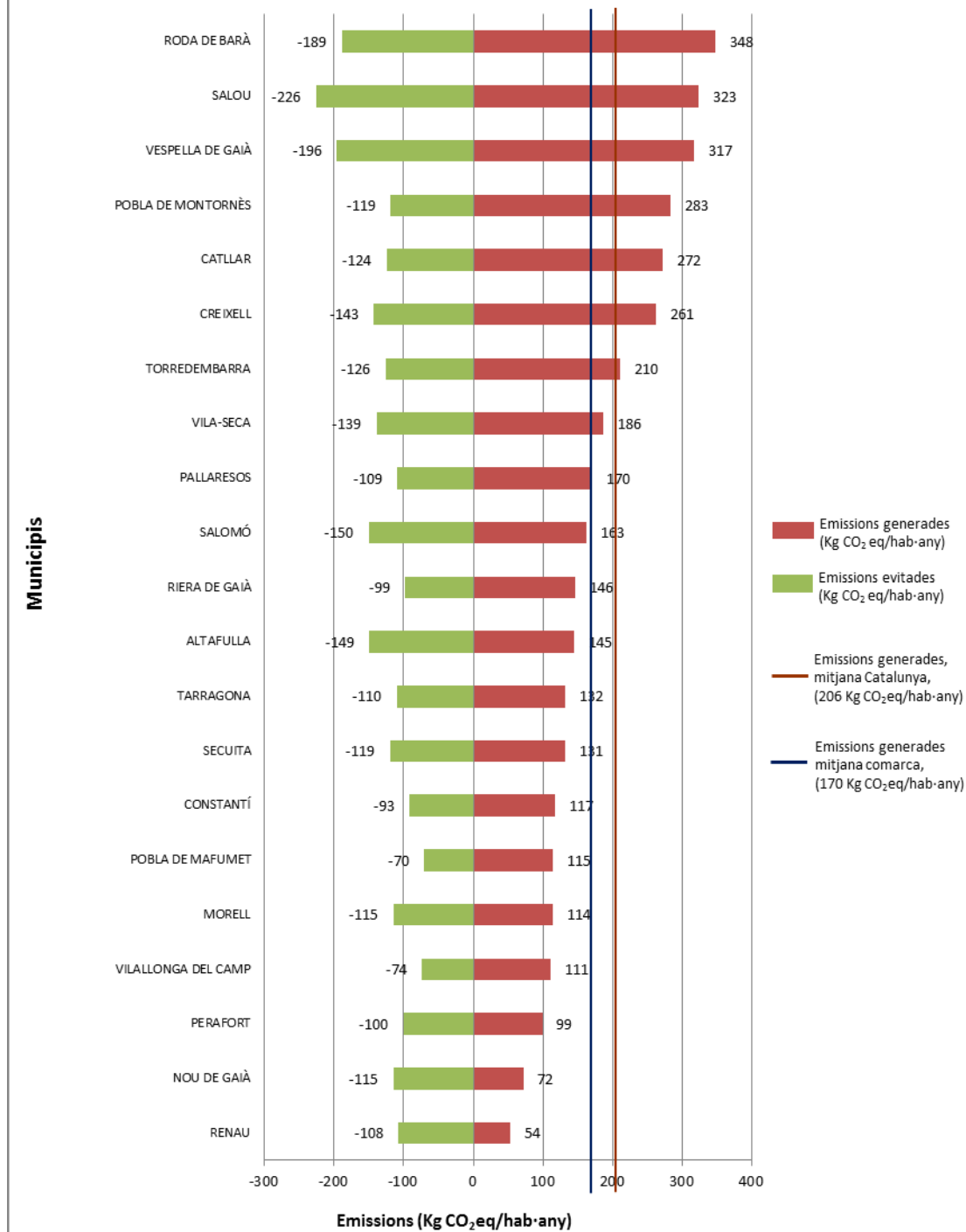
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (La Selva, 2012)



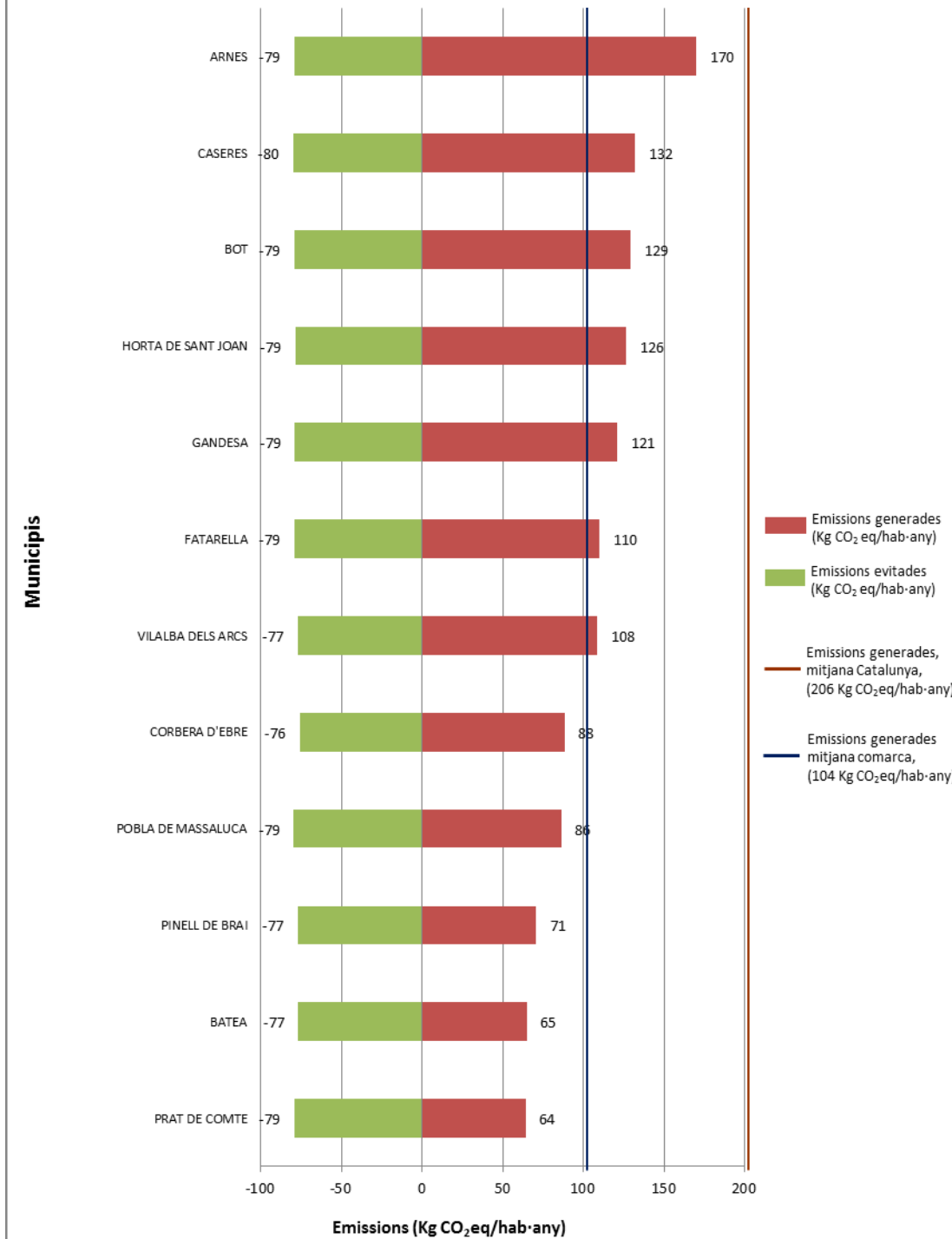
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Solsonès, 2012)



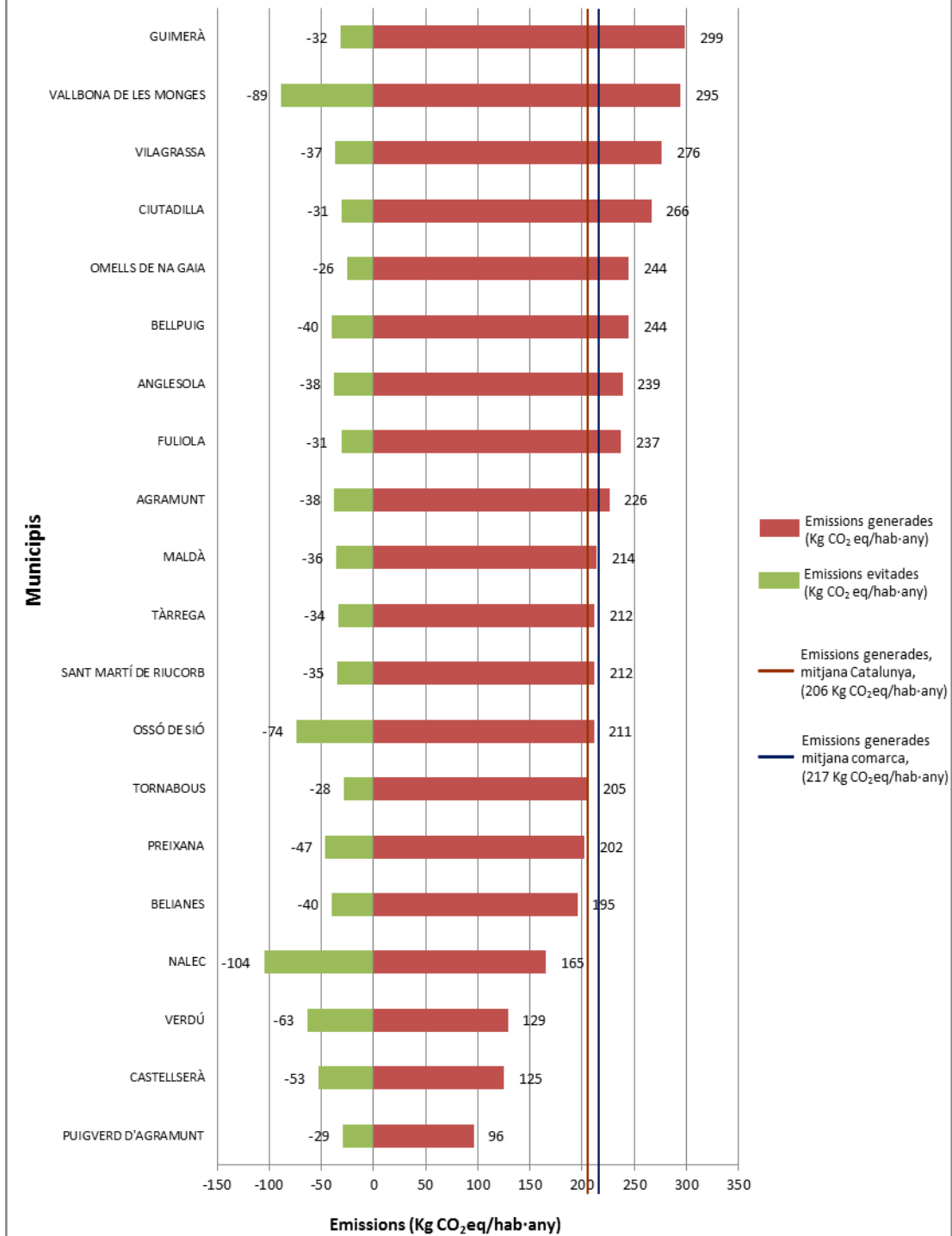
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Tarragonès, 2012)



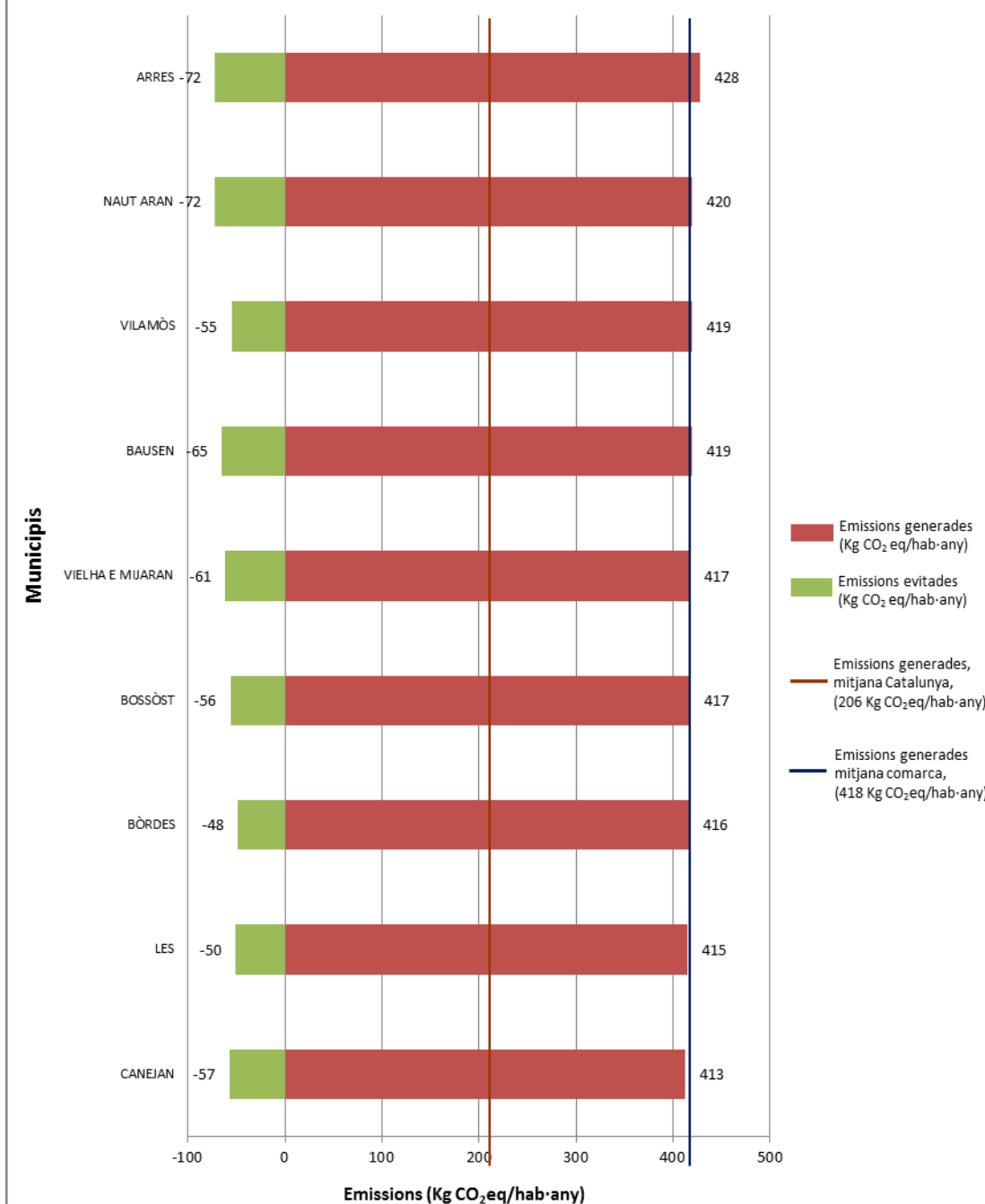
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Terra Alta, 2012)



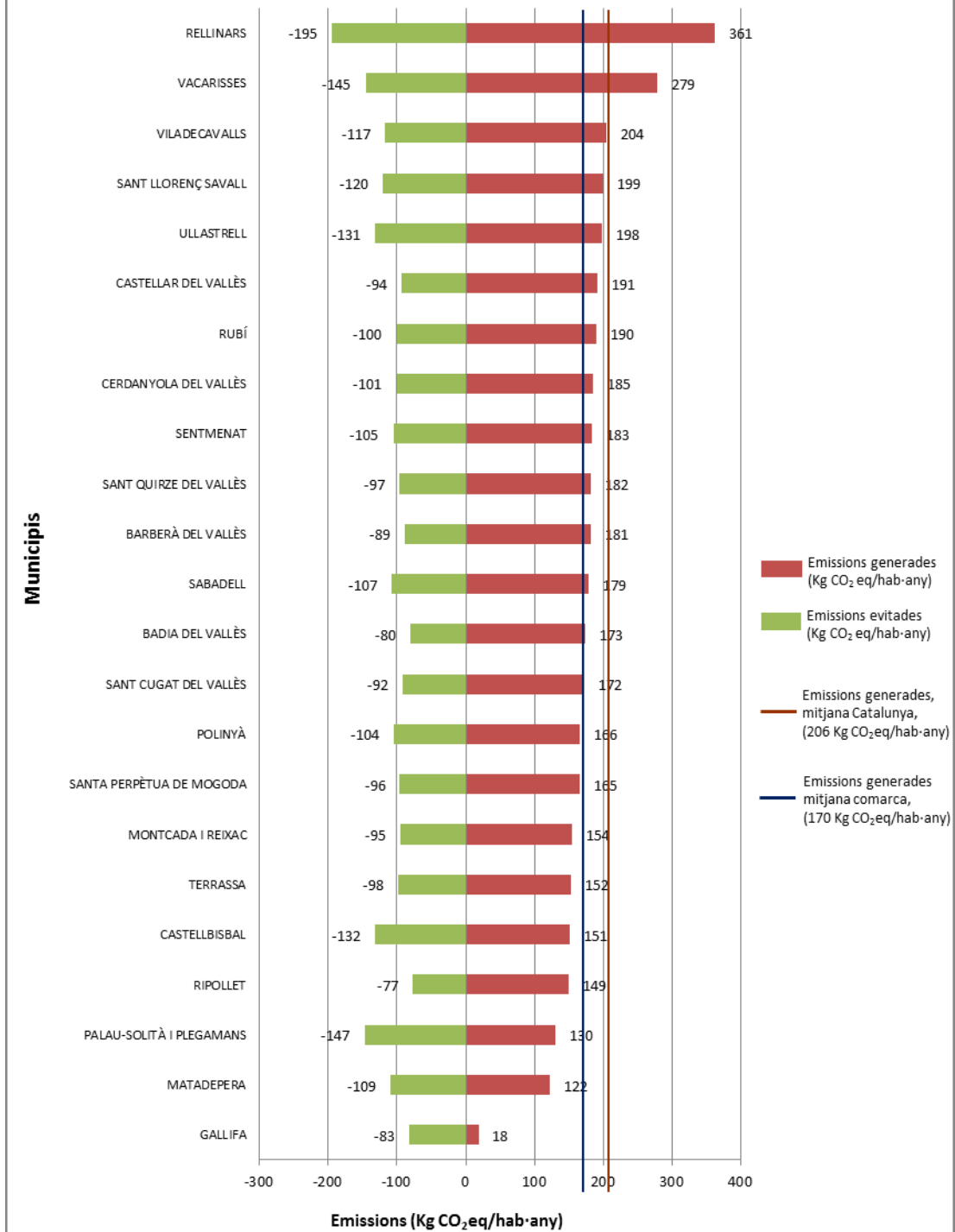
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Urgell, 2012)



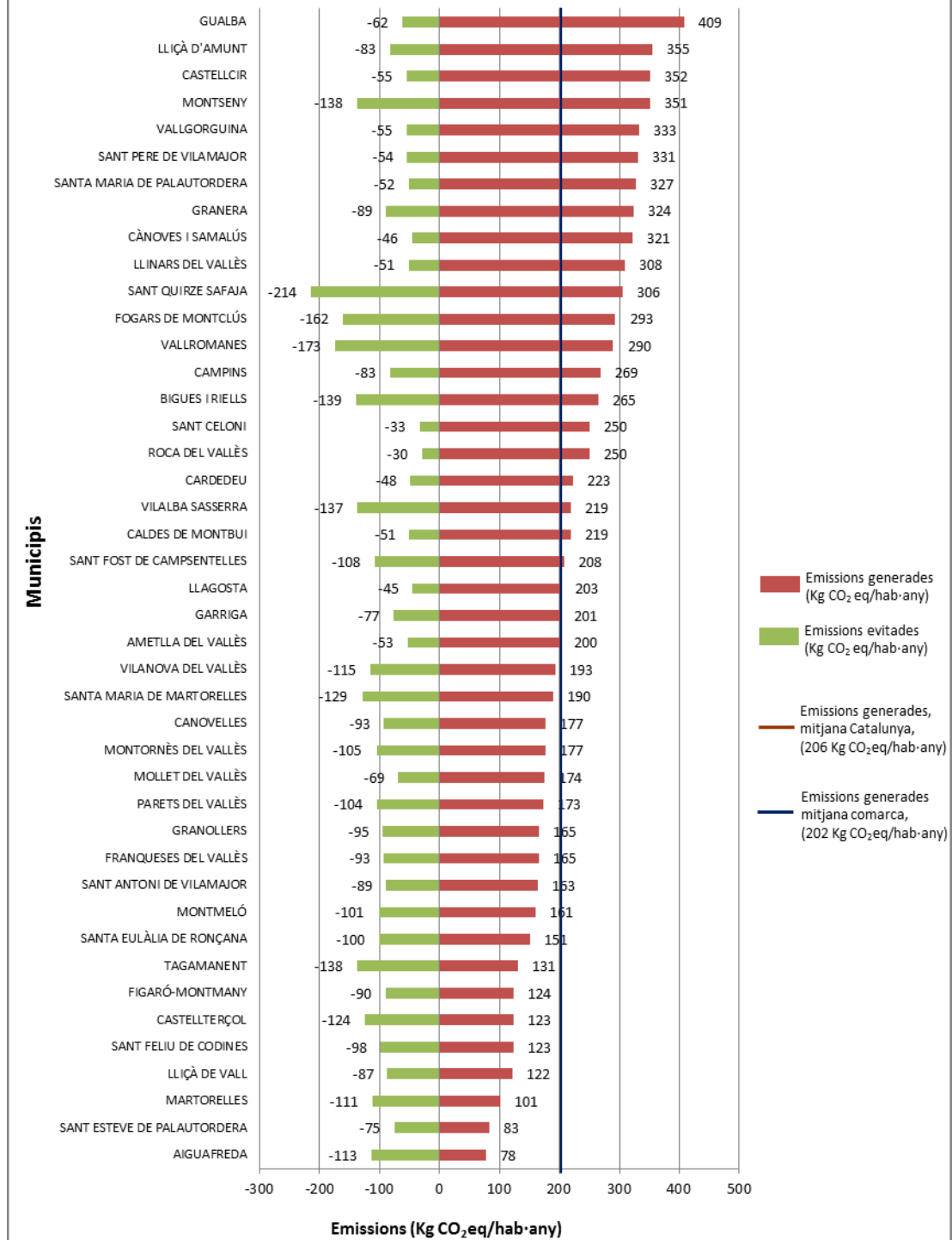
Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Val d'Aran, 2012)



Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Vallès Occidental, 2012)



Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (Vallès Oriental, 2012)



C. 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 C s'ha incorporat, al treball anomenat Petjada de Carboni de la gestió i tractament dels residus municipals de Catalunya (2011-2012), 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 2012 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, C.M. Gasol, R. Farreny, J. Rieradevall & X. Gabarrell (2013)).



Figura C1. 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 C** és presentar els **factors d'emissió mitjans per a cada fracció de residus i via de tractament a Catalunya l'any 2012**, generats de l'aplicació CO₂ZW[®] adaptada a Catalunya per l'any 2012 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 2012 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 C1, C2 i C3 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 C4 presenta l'impacte del tractament del flux de rebuig que arriba a valorització energètica / dipòsit controlat, procedent principalment del tractament de la resta a Tractament Mecànic-Biològic (TMB).

La taula C5 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 2012 (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 C5 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 C1. Factors d'emissió mitjans del tractament de la fracció resta a Catalunya (2012). S'inclouen els impactes directes (abast 1) així com l'impacte de l'obtenció de l'electricitat (abast 2) del tractament del fluxe primari (sense considerar el tractament del rebuig)

Fraccions de residus	Planta TMB1	Digestió anaeròbica TMB2	Compostatge TMB2	Valorització energètica	Deposició controlada
	<i>Kg CO₂ eq. / tona de residu (any 2012)</i>				
Resta	90	38	98	430	690

Citar com: CO₂ZW® adaptada a la gestió i tractament de RSM a Catalunya 2012. Sostenipra (ICTA-Inèdit), 2013

Taula C2. Factors d'emissió mitjans del tractament de FORM a Catalunya (2012). S'inclouen els impactes directes (abast 1) així com l'impacte de l'obtenció de l'electricitat (abast 2) del tractament del fluxe primari (sense considerar el tractament del rebuig)

Fraccions de residus	Digestió anaeròbica		Compostatge		
	Planta bio-metanització	TMB	TMB	Planta compostatge	
				Túnel	Piles
	<i>Kg CO₂ eq. / tona de residu (any 2012)</i>				
FORM	29	48	179	160	167

Citar com: CO₂ZW® adaptada a la gestió i tractament de RSM a Catalunya 2012. Sostenipra (ICTA-Inèdit), 2013

Taula C3. Factors d'emissió mitjans del tractament de les fraccions vidre, envasos & paper i cartró a Catalunya (2012). S'inclouen els impactes directes (abast 1) així com l'impacte de l'obtenció de l'electricitat (abast 2) del tractament del fluxe primari (sense considerar el tractament del rebuig)

Fraccions de residus	Plantes de recuperació
	<i>Kg CO₂ eq. / tona de residu (any 2012)</i>
Vidre	1
Envasos	28
Paper i cartró	3

Citar com: CO₂ZW® adaptada a la gestió i tractament de RSM a Catalunya 2012. Sostenipra (ICTA-Inèdit), 2013

Taula C4. Factors d'emissió mitjans del tractament del rebuig a Catalunya (2012). S'inclouen els impactes directes (abast 1) així com l'impacte de l'obtenció de l'electricitat (abast 2) del tractament del fluxe primari (sense considerar el tractament del rebuig)

Fraccions de residus	Valorització energètica	Deposició controlada
	<i>Kg CO₂ eq. / tona de residu (any 2012)</i>	
Rebuig	429	816

Citar com: CO₂ZW® adaptada a la gestió i tractament de RSM a Catalunya 2012. Sostenipra (ICTA-Inèdit), 2013

Taula C5. Factors d'emissió globals considerant alhora el tractament primari i secundari (gestió dels rebuigs) per a Catalunya (2012). 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 2012)</i>
FIRM a planta tractament FIRM (TMB1)	631
RESTA a Ecoparc (TMB2)	523
RESTA a Incineració	430
RESTA a Dipòsit Controlat	690
RESTA (mitjana ponderada)	577
FORM a compostatge	322
FORM a digestió anaeròbia	287
FORM (mitjana ponderada)	306
Paper i Cartró	3
Envasos Lleugers	28
Vidre	1

Citar com: CO₂ZW® adaptada a la gestió i tractament de RSM a Catalunya 2012. Sostenipra (ICTA-Inèdit), 2013

D. ANNEX. PETJADA DE CARBONI A L'ÀMBIT DE L'ÀREA METROPOLITANA DE BARCELONA (AMB), 2011 - 2012

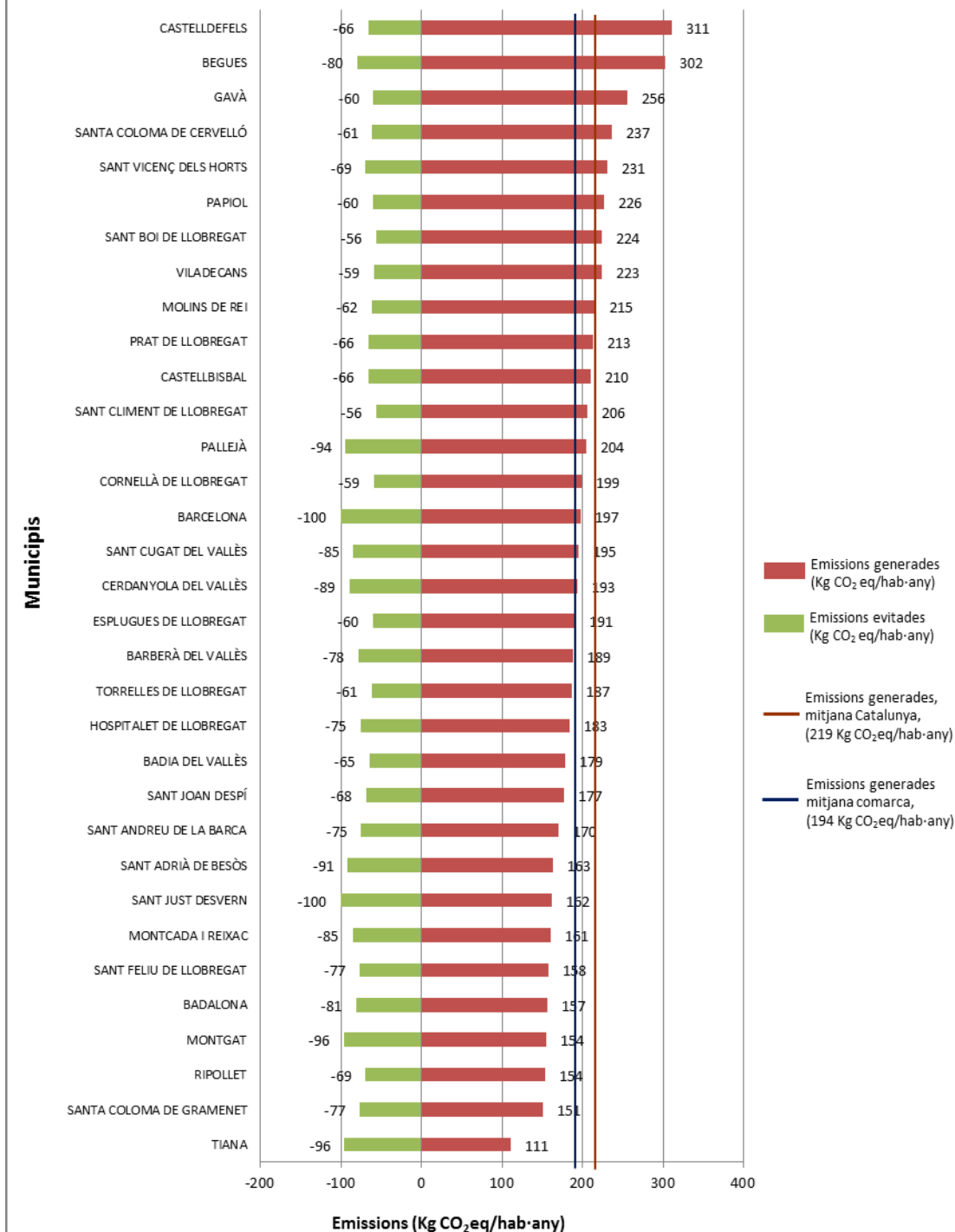
Aquest annex D mostra els resultats d'emissions generades, evitades i petjada de carboni de la gestió dels residus municipals a l'àmbit de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB) per als anys 2011 (Taula D1 i gràfic) i 2012 (Taula D2 i gràfic).

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 D1. Emissions generades, evitades i petjada de carboni de la gestió dels residus municipals a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (any 2011)

Municipi	Emissions totals (t CO2eq)			Emissions per habitant (Kg CO2eq/habitant)		
	Generades	Evitades	Petjada carboni	Generades	Evitades	Petjada carboni
BADALONA	34445	-17881	16564	157	-81	75
BADIA DEL VALLÈS	2437	-883	1554	179	-65	114
BARBERÀ DEL VALLÈS	6041	-2501	3539	189	-78	110
BARCELONA	318526	-160828	157698	197	-100	98
BEGUES	1939	-511	1428	302	-80	222
CASTELLBISBAL	2579	-806	1773	210	-66	145
CASTELLDEFELS	19630	-4189	15441	311	-66	245
CERDANYOLA DEL VALLÈS	11249	-5210	6039	193	-89	104
CORNELLÀ DE LLOBREGAT	17374	-5109	12265	199	-59	141
ESPLUGUES DE LLOBREGAT	8922	-2807	6115	191	-60	131
GAVÀ	11818	-2767	9051	256	-60	196
HOSPITALET DE LLOBREGAT	46939	-19306	27634	183	-75	108
MOLINS DE REI	5283	-1523	3760	215	-62	153
MONTCADA I REIXAC	5495	-2921	2574	161	-85	75
MONTGAT	1658	-1032	625	154	-96	58
PALLEJÀ	2298	-1061	1237	204	-94	110
PAPIOL	892	-237	655	226	-60	166
PRAT DE LLOBREGAT	13515	-4194	9320	213	-66	147
RIPOLLET	5742	-2591	3152	154	-69	84
SANT ADRIÀ DE BESÒS	5559	-3120	2438	163	-91	71
SANT ANDREU DE LA BARCA	4603	-2031	2572	170	-75	95
SANT BOI DE LLOBREGAT	18526	-4656	13870	224	-56	167
SANT CLIMENT DE LLOBREGAT	806	-219	587	206	-56	150
SANT CUGAT DEL VALLÈS	16213	-7050	9163	195	-85	110
SANT FELIU DE LLOBREGAT	6794	-3299	3495	158	-77	81
SANT JOAN DESPÍ	5737	-2207	3529	177	-68	109
SANT JUST DESVERN	2638	-1625	1013	162	-100	62
SANT VICENÇ DELS HORTS	6504	-1948	4556	231	-69	162
SANTA COLOMA DE CERVELLÓ	1879	-483	1396	237	-61	176
SANTA COLOMA DE GRAMENET	18257	-9282	8976	151	-77	74
TIANA	886	-763	124	111	-96	16
TORRELLES DE LLOBREGAT	1059	-348	711	187	-61	126
VILADECANS	14458	-3849	10609	223	-59	164
TOTAL AMB	620700	-277236	343464	194	-87	107

Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (AMB, 2011)



Taula D2. Emissions generades, evitades i petjada de carboni de la gestió dels residus municipals a l'Àrea Metropolitana de Barcelona (any 2012)

Municipi	Emissions totals (t CO2eq)			Emissions per habitant (Kg CO2eq/habitant)		
	Generades	Evitades	Petjada	Generades	Evitades	Petjada
			carboni			carboni
BADALONA	34218	-19842	14376	155	-90	65
BADIA DEL VALLÈS	2349	-1088	1261	173	-80	93
BARBERÀ DEL VALLÈS	5869	-2894	2974	181	-89	92
BARCELONA	308358	-175723	132635	190	-108	82
BEGUES	1780	-670	1110	273	-103	170
CASTELLBISBAL	1869	-1637	232	151	-132	19
CASTELLDEFELS	17636	-6025	11612	280	-96	184
CERDANYOLA DEL VALLÈS	10713	-5826	4887	185	-101	84
CORNELLÀ DE LLOBREGAT	15528	-6482	9046	178	-74	103
ESPLUGUES DE LLOBREGAT	8210	-3573	4637	176	-76	99
GAVÀ	10551	-3927	6623	227	-84	142
HOSPITALET DE LLOBREGAT	46450	-23319	23132	181	-91	90
MOLINS DE REI	3783	-3302	482	153	-133	19
MONTCADA I REIXAC	5344	-3293	2051	154	-95	59
MONTGAT	1679	-1142	537	155	-105	49
PALLEJÀ	2191	-1171	1020	195	-104	91
PAPIOL	706	-549	157	176	-137	39
PRAT DE LLOBREGAT	12047	-5252	6795	191	-83	108
RIPOLLET	5567	-2886	2682	149	-77	72
SANT ADRIÀ DE BESÒS	5746	-3423	2322	167	-99	67
SANT ANDREU DE LA BARCA	4495	-2382	2114	165	-87	77
SANT BOI DE LLOBREGAT	16271	-6371	9900	196	-77	119
SANT CLIMENT DE LLOBREGAT	707	-323	384	181	-83	99
SANT CUGAT DEL VALLÈS	14582	-7838	6744	172	-92	79
SANT FELIU DE LLOBREGAT	6615	-3668	2948	151	-84	67
SANT JOAN DESPÍ	5223	-2599	2624	159	-79	80
SANT JUST DESVERN	2709	-1775	934	171	-112	59
SANT VICENÇ DELS HORTS	5673	-2415	3258	202	-86	116
SANTA COLOMA DE CERVELLÓ	1653	-647	1007	208	-81	126
SANTA COLOMA DE GRAMENET	18370	-10466	7904	152	-87	66
TIANA	930	-1010	-80	114	-124	-10
TORRELLES DE LLOBREGAT	817	-653	165	142	-114	29
VILADECANS	13013	-5198	7815	200	-80	120
TOTAL AMB	591655	-317367	274287	183	-98	85

Emissions de CO₂ eq. generades i evitades (AMB, 2012)

