



**Universitat de les
Illes Balears**

Facultat de Ciències

Memòria del Treball de Fi de Grau

Càlcul de la petjada de carboni d'un centre d'educació secundària.

José Blanco Pons

Grau de Biologia

Any acadèmic 2016-17

DNI de l'alumne: 41587391X

Treball tutelat per Antoni Josep Bennàsar Roig
Departament de Biologia,

S'autoritza la Universitat a incloure aquest treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació	Autor		Tutor	
	Sí	No	Sí	No
	x		x	

Paraules clau del treball:

Petjada de carboni, petjada ecològica, GEH, efecte hivernacle, petjada carboni en centre educatiu.

ÍNDIX

1. Introducció.....	4
2. Material i mètodes.....	7
<i>Càlcul de la Petjada de C.....</i>	<i>7</i>
<i>Definició dels límits i identificació de les fonts d'emissió.....</i>	<i>7</i>
<i>Selecció del mètode de càlcul.....</i>	<i>8</i>
<i>Recopil·lació de dades i selecció del factor d'emissió.....</i>	<i>9</i>
<u>Abast 1: Emissions directes.....</u>	<u>9</u>
<u>Abast 2: Emissions indirectes.....</u>	<u>9</u>
<u>Abast 3: Altres emissions indirectes.....</u>	<u>9</u>
<i>Càlcul de la Petjada Ecològica.....</i>	<i>12</i>
3. Resultats.....	14
<i>Petjada de C.....</i>	<i>14</i>
<i>Petjada Ecològica.....</i>	<i>16</i>
<i>Comparació de resultats.....</i>	<i>18</i>
4. Discussió.....	20
5. Conclusions.....	21
6. Agraïments.....	21
7. Bibliografia.....	22

Abstract: Urban ecosystems matter and energy flows are different from the natural ones. It is important to consider these differences because they are related to climate change. Since the most representative tool to evaluate the environmental impact are the CO₂ emissions, this report presents the results obtained by calculating the Carbon and Ecological footprints of the Felanitx's high school on 2016. The main objective is to determine the environmental impact of the high school and propose some measures to reduce this impact as well as creating ecological awareness to the high school students.

Resum: Els ecosistemes urbans presenten uns fluxes de matèria i energia que difereixen dels naturals. És important tenir en compte aquestes diferències ja que degut a elles han esdevingut els problemes relacionats amb el canvi climàtic. Ja que les emissions de CO₂ són les més representatives per avaluar l'impacte ambiental, aquest informe presenta els resultats obtinguts per al càlcul de la Petjada de Carboni i la Petjada Ecològica de l'IES Felanitx l'any 2016, amb l'objectiu de poder determinar l'impacte del centre sobre l'ambient i proposar mesures per reduir-lo, així com crear una consciència ecològica als alumnes del centre.

1. Introducció.

Segons Higuera (2015), tots els ecosistemes es poden definir mitjançant la descripció dels fluxes de matèria i energia que transcorren per ells. Pel que fa a la matèria, el seu flux és cíclic, ja que es va renovant contínuament quan circula pels diferents medis i éssers vius que conformen l'ecosistema. En canvi, l'energia no segueix un cicle tancat, això es degut a que aquesta es va degradant contínuament quan circula pels diferents éssers vius, seguint la segona llei de la Termodinàmica. Això no obstant, aquesta degradació d'energia s'aconsegueix regenerar gràcies a l'acció dels productors que empren una font externa d'energia, el sol. Mitjançant la fotosíntesi els productors són capaços de fixar l'energia del sol i així mantenir un flux cíclic, fet que aconseguen suplir la pèrdua d'energia per part dels éssers vius.

Fins aquí queden descrits els ecosistemes naturals que es poden definir com relacions multivariades entre organismes i el medi ambient en un espai determinat, arribant a aconseguir una constància dins aquest (Margalef, 1986). En canvi, ecosistemes urbans difereixen en alguns aspectes. Malgrat les ciutats tinguin un funcionament intern i uns intercanvis de matèria, energia i informació, el seu metabolisme no és tancat, així com tampoc disposa d'una font externa d'energia (com el Sol) que reguli les pèrdues d'energia que es desvien del seu cicle. Aquest darrer punt està íntimament relacionat amb la falta de productors a l'ecosistema urbà, ja que són aquests els encarregats d'emprar la major font d'energia externa. Segons Terradas *et al.* (2011), a un ecosistema urbà, com ja s'ha comentat abans, no hi ha productors com a un ecosistema natural exceptuant les zones verdes que s'hi troben incloses. La font d'energia a un ecosistema urbà prové de importacions de matèria i energia, ja siguin

aliments, aigua, electricitat, combustibles, etc. Aquest fet es dona perquè la producció d'energia dins el propi ecosistema no és suficient per mantenir als consumidors que el conformen, sobretot els humans. A més a més, l'impacte ambiental no només es dona per aquest desequilibri entre productors i consumidors, sinó que als ecosistemes urbans es produeixen una gran quantitat de gasos i residus, tant líquids com sòlids, que a més de no ser degradats completament, la majoria de vegades s'exporten fora de la ciutat, el que esdevé en més contaminació,. La següent figura exemplifica les entrades i sortides d'energia, matèria, residus i gasos d'un ecosistema urbà:

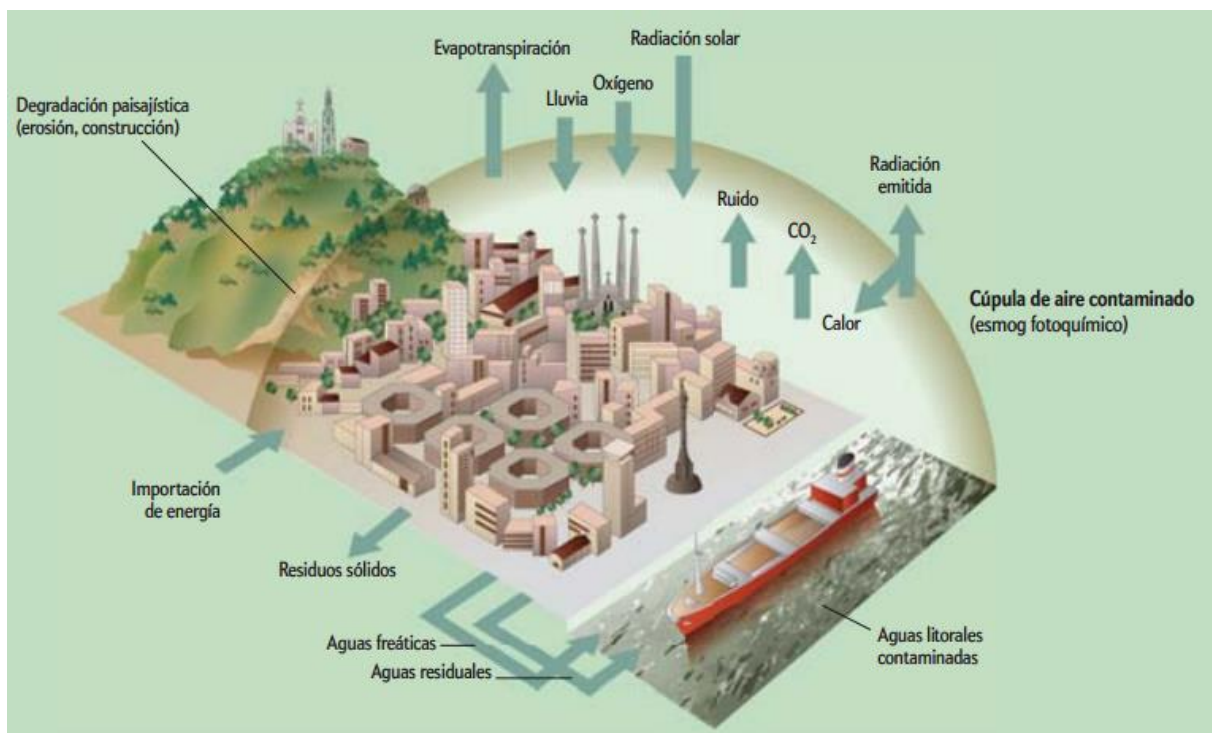


Fig 1. Fluxes de matèria i energia a un ecosistema urbà, així com de residus. Terradas *et al.* (2011).

Aquestes diferències dels ecosistemes urbans respecte als naturals es deuen a l'activitat humana, entre les que destaquen l'explotació, la contaminació orgànica, inorgànica i la tèrmica, el transport i finalment la radioactivitat (Margalef, R. 1974). A més a més, aquestes activitats no només esdevenen a un problema de canvi climàtic, sinó també a un problema de desenvolupament que afecta a la societat, l'economia i als ecosistemes.

En el cas d'un ecosistema urbà, l'impacte que té sobre el medi es pot calcular de diferents maneres, tenint en compte las matèries primeres, els materials que surten o entren, els productes manufacturats, els aliments produïts, els residus generats, etc. En aquest treball el càlcul de l'impacte que pot tenir un ecosistema urbà sobre el medi es realitza per mitjà de la producció de CO₂, degut a que en tots els processos de transformació de matèries primeres en productes manufacturats es precisa d'energia per a realitzar-los. El diòxid de carboni es produeix quan aquestes matèries es cremen,

així doncs, emprant la producció d'aquest gas com a referent per a calcular l'impacte sobre el medi dels ecosistemes humans. Si es vol usar un símbol, així com tots els productes que usam tenen una equivalència en doblers, en un ecosistema també podem establir una relació entre els processos de transformació i emissió de CO₂. Un dels efectes que té la formació d'aquest gas és l'escalfament de l'atmosfera que podria desembocar en un canvi climàtic. És ben sabut que aquest canvi es deu als gasos d'efecte hivernacle (GEH), aquests són essencials a qualsevol ecosistema ja que són capaços d'absorbir la radiació infraroja impeding que la calor del Sol retorni a l'espai (Toro Jordano et al, 2015). Això no obstant, l'augment de la quantitat d'aquests gasos juntament amb l'abocament d'altres que no es trobaven de forma natural ha esdevingut en una atmosfera més carregada de raigs infrarojos que han fet que la temperatura mitjana de la Terra augmenti.

Més concretament, les metodologies emprades les quals s'empraran en aquest treball reben el nom de petjada de carboni (Wiedmann, T., & Minx, J., 2008) i petjada ecològica (Rees, W. & Wackernagel, M., 1996), les quals com s'ha explicat prèviament es troben molt interrelacionades entre sí.

El primer concepte s'empra per descriure la quantitat de GEHs que s'alliberen a l'atmosfera, ja sigui de forma directa o indirecta, en aquest cas només es farà referència al CO₂, malgrat existeixin molts més altres GEHs com el monòxid de carboni (CO), metà (CH₄), òxids de nitrogen (NO_x) i de sofre (SO_x), composts orgànics volàtils (COV), amoníac (NH₃), etc. (Terradas et al., 2011). S'expressa en tonelles de CO₂ emeses a l'atmosfera.

El segon concepte es defineix com "*àrea de territori ecològicament productiva (cultius, pastures, boscs o ecosistemes aquàtics) necessària per a produir els recursos emprats i per assimilar els residus produïts per una població determinada amb un nivell de vida específic de forma indefinida, sigui on sigui que es trobi aquesta àrea*" (Rees W, & Wackernagel M., 1996).

La petjada ecològica s'expressa en la quantitat d'hectàrees per persona i any o bé hectàrees globals per persona i any que serien necessàries per absorbir el CO₂ que s'ha produït en el procés estudiat (Rees W, & Wackernagel M., 1996). Les unitats d'hectàrea/persona/any reflexen el nombre d'hectàrees de bosc (en aquest cas mediterrani) que necessitaria cada persona per any per fixar el CO₂ emés en aquest període (més detall sobre l'ha/persona/any i hag/persona/any a la metodologia). Així queda representada la superfície necessària del planeta per assimilar els impactes del model de vida que es pretén analitzar. A més, aquest concepte està determinat tant pel nombre de persones, el volum de consum d'aquestes i la intensitat d'us dels recursos per proveir-la de béns i serveis.

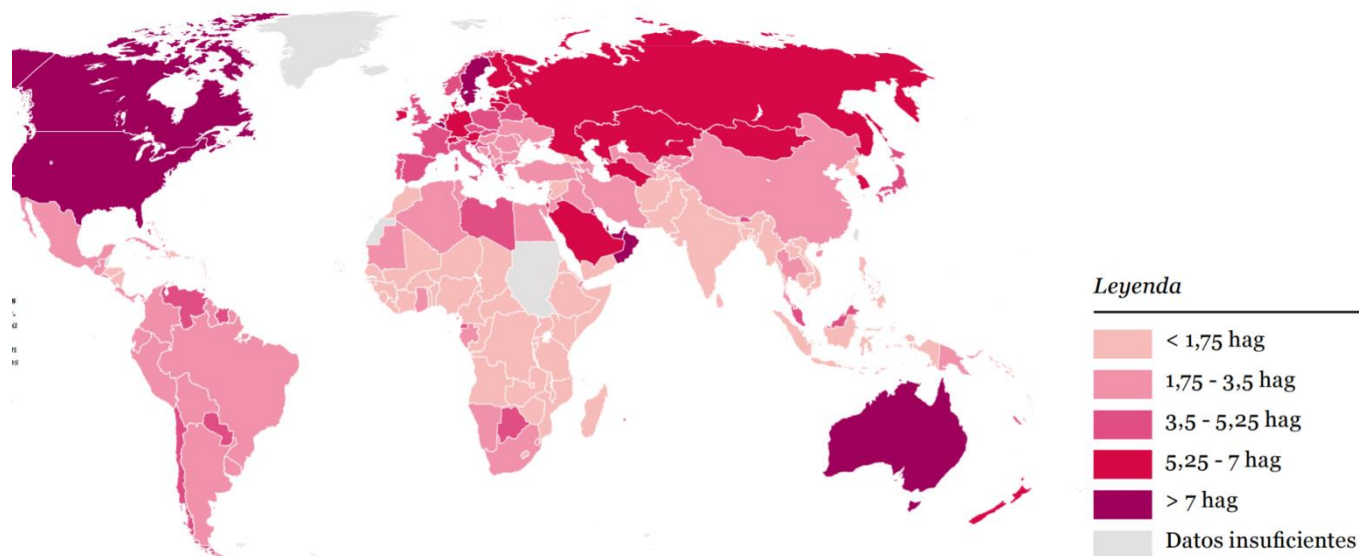


Fig 2. Petjada ecològica mitjana en hectàrees globals per persona i per país el 2012. WWF, *Informe planeta vivo*, 2016.

Tal i com es pot apreciar a la figura anterior, les diferències entre països desenvolupats i no desenvolupats quan es refereix a petjada ecològica, és molt gran, això es degut als alts nivells de consum energètic i a la manca de polítiques d'estalvi ue deriven en la poca consciència dels ciutadans respecte l'impacte ambiental quan es duen a terme les activitats quotidianes.

Per tant, l'objectiu d'aquest estudi és avaluar l'impacte ambiental de l'IES Felanitx a través de la seva petjada de carboni i la petjada ecològica, per després poder dur a terme decisions sobre mesures possibles enfocades a reduir aquest impacte a la vegada que es pretèn crear una consciència ecològica als alumnes del centre perquè així puguin millorar la seva competitivitat a escala nacional i global en termes de condicions ambientals locals. Finalment, cal afegir que també hi estan lligats altres beneficis com una millora de la salut i estalvis econòmics per eficiència energètica.

2. Material i mètodes.

Càlcul de la petjada de C

La metodologia a seguir per a calcular-la serà el descrit al GHG Protocol (Tudela F, 2006), reconegut a nivell internacional. Es basa en seguir els principis de rellevància, integritat, consistència, exactitud i transparència. Les diferents passes a seguir per a dur a terme el càlcul són les següents: presentació d'una organització, definició de límits i fonts d'emissió, seleccionar un mètode de càlcul, recopilació de dades i elecció dels factors d'emissió, càlcul de les emissions i obtenció dels resultats.

Definició dels límits i identificació de les fonts d'emissió

Primer s'han de definir tants els límits organitzatius com operatius.

Límits organitzatius

Se'n diferencien dos, per una banda s'han de determinar els límits temporals, que en aquest cas es tracta de l'any 2016. Per altra banda, com a límits espacials es tractaran de cobrir tots els edificis que hi ha a l'IES Felanitx, situat al sud-Est de Mallorca, format per 765 alumnes i 109 treballadors.

Límits operacionals

Per establir aquests límits cal classificar les emissions, aquestes es classifiquen en directes o indirectes, així com l'abast d'aquestes. Els criteris a seguir per aquesta classificació són els donats per Tudela, F. (2006):

Abast 1. Emissions directes del centre com poden ser les que provenen de la combustió de gasoil, gas natural i gasos refrigerants dels electrodomèstics climatitzadors.

Abast 2. Emissions indirectes de GEH. Són Aquelles emissions que deriven de les fonts d'energia adquirides pel centre. Un exemple clar és el consum elèctric.

Abast 3. Altres tipus d'emissions indirectes de GEH, com per exemple el transport, paper, residus... Cal afegir que les emissions d'abast 3 han de complir una sèrie de criteris per poder incloure-les dins un estudi de petjada de C. Són els següents:

- Han de ser significatives respecte al total
- Disposició de dades
- Potencial de reducció d'aquestes fonts d'emissió

Selecció del mètode de càlcul

De forma general, exceptuant algunes adaptacions en funció de les dades de les quals es disposa, la fórmula a seguir per calcular la petjada de C és la següent:

$$\text{Petjada de C (t CO}_2\text{)} = \text{Dada font d'emissió} \times \text{Factor d'emissió}$$

On:

- Dada font d'emissió: paràmetre que defineix l'activitat referida a la font d'emissió (p.ex.: kWh del consum elèctric)
- Factor d'emissió: quantitat de CO₂ emesa per unitat de "Dada font d'emissió" (p.ex.: 0,34 kg CO₂/kWh)
- Petjada de C: per exposar els resultats s'emprarà com a unitat t CO₂ ja que es la unitat universal que indica el potencial d'escalfament global de cada un dels GEH

Aplicant cada factor d'emissió a cada una de les dades s'obtenen les t CO₂ alliberades a l'atmosfera per a cada un dels abasts. Això no obstant, quan es parla de l'abast 3, la metodologia pot variar degut a la disponibilitat de dades i de les fonts d'on s'han extret

els factors d'emissió. De forma general, els factors d'emissió són extrets del MAGRAMA (2017), al seu "Registro de huella de carbono compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono", en cas de no ser així s'especificarà la font a l'apartat de càlcul en qüestió.

Recopil·lació de dades i selecció dels factors d'emissió

Abast 1: Emissions directes

a. Consum de gasoil.

El consum de gasoil a l'IES Felanitx prové majoritàriament de la calefacció del centre. La informació relativa al consum de gasoil ha estat aportada per la secretaria del centre en litres.

Consum gasoil	Litres
Total IES Felanitx 2016	13.000

Taula 1. Consum de gasoil en litres a l'IES Felanitx l'any 2016.

El factor d'emissió emprat pel gasoil procedeix de MAGRAMA (2017), i és 2,868 kg CO₂/l.

Abast 2: Emissions indirectes

b. Consum d'energia elèctrica.

La informació relativa al consum elèctric ha estat aportada pel centre, es deu principalment a la il·luminació, climatització i als electrodomèstics diversos.

Consum d'energia elèctrica	kWh
Total IES Felanitx 2016	105.121

Taula 2. Consum d'electricitat mesurat en kWh a l'IES Felanitx l'any 2016.

El factor d'emissió emprat per a l'energia elèctrica prové ha estat facilitada pel MAGRAMA (2017), que s'especifica en funció de l'any i la comercialitzadora. En aquest cas es tracta d'ENDESA ENERGIA, S.A. i el factor és de 0,34 kg CO₂/kWh.

Abast 3: Altres emissions indirectes

c. Consum d'aigua.

Les dades obtingudes respecte al consum d'aigua es van obtenir a través de la secretaria de l'IES Felanitx, en m³.

Consum d'aigua	m³
Total IES Felanitx	1866

Taula 3. Consum d'aigua en m³ a l'IES Felanitx l'any 2016.

El factor d'emissió emprat per al consum d'aigua és de 0,1427 kg CO₂/m³, obtingut dels estudis realitzats per la Universitat de Còrdoba (2014), tenint en compte el consum elèctric per a la depuració i potabilització de l'aigua.

d. Construcció d'edificis.

L'informe MIES realitzat per Cuchí, A., & López, I. (1999) de la Universitat Politècnica de Catalunya ha concretat que la construcció d'edificis també genera emissions que s'han de tenir en compte alhora de calcular la petjada de C, a més de tenir en consideració la vida útil de l'edifici sense necessitat de reformes.

En aquest cas, segons el Real decret 1247/2008, la vida útil pels edificis existents a l'IES Felanitx s'estima a 50 anys. La informació referent a la superfície construïda (en m²) ha estat aportada per la secretaria del mateix centre.

Edifici	m² construïts
Principal	5764
Annex	280
Casa conserge	70
Tallers TEC i ELE	620
Taller Agràries	521
Total	7255

Taula 4. Superfície construïda a l'IES Felanitx.

El factor d'emissió emprat s'ha obtingut de Cuchí, A., & López, I. (1999), i és 520 kg CO₂/m² construït. A més, si tenim en compte la vida útil segons el RD 1247/2008 que és de 50 anys, el factor d'emissió passa a ser 10,4 kg CO₂/m² construït per any.

e. Mobilitat.

Les dades de mobilitat tant d'alumnes com professors s'han recollit expressament per aquest estudi a través d'una enquesta sobre els hàbits de transport de l'any 2016. L'enquesta s'ha realitzat al 2017.

Es comença a partir d'una mida mostral de 193 enquestes, amb un error igual o menor al 5%, una prevalença esperada del 80% (persones que empren vehicle per anar al centre) i un nivell de confiança del 95%.

La informació que s'ha recollert a través d'aquesta enquesta inclou el mitjà de transport habitual, el nombre de persones que ocupen el vehicle i finalment la localitat d'on provenen.

Vehicle	Localitat	Distància (km)	Nombre vehicles	Total distància (km)
Moto	Felanitx	1,5	18	54
	Manacor	12	1	24
	Porreres	11	1	22
	Petra	16	1	32
Cotxe	Felanitx	1,5	16	48
	Sta Margalida	25	1	50
	Porreres	11	3	66
	Ca'n Picafort	33	1	66
	Cas Concos	8,5	1	17
	Santanyí	16	3	96
	Cala Murada	14	2	56
	Campos	13	1	26
	Son Prohens	2	1	4
	Es Carritxó	6	1	12
	S'Horta	11	2	44
	Portocolom	13	6	156
	Llucmajor	25	1	50
	Alqueria Blanca	14	1	28
Autobús	Portocolom	13	2	52
	Son Mesquida-Son Prohens	8	1	16
	Calonge, Cas Concos, Carritxó.	18	1	36
	Cala Ferrera-S'Horta	15	1	30
	Cala murada	14	1	28

Taula 5. Distància recorreguda a cada categoria de l'enquesta (cotxe, moto o autobús) en km l'any 2016 a l'IES Felanitx.

Els factors d'emissió s'han extret de la Guia de càlculs d'emissions de GEH (2011) de la Generalitat de Catalunya. Un cotxe emet 0,158 kg CO₂/km, una moto 0,079 kg CO₂/km i un autobús 0,1372 kg CO₂/km. A més, s'ha de tenir en compte que aquests recorreguts es duen a terme 274 dies a l'any. Tenint això en compte, el total de km recorreguts pels cotxes és de 197.006 km, pels autobusos és de 44.388 km i finalment per les motos de 36.168 km.

f. Consum de paper.

Les dades recopil·lades respecte al consum de paper es feren en nombre de paquets de 500 folis, distingint entre paper blanc i paper reciclat.

Tipus paper	Nombre paquets	Pes 1 foli (kg)	Pes total (kg)
Blanc	755	0,0049896	1883,574
Reciclat	250	0,0049896	623,7

Taula 6. Consum de paper a l'IES Felanitx el 2016.

Les dades obtingudes respecte al pes de cada foli van ser obtingudes a través dels càlculs realitzats per Toro Jordano et al. (2015), i els factors d'emissió proporcionats per López N. & Blanco D. (2009), els quals corresponen a 1,84 kg CO₂/kg paper en el cas del blanc i 0,61 kg CO₂/kg paper en el cas del reciclat.

Càlcul de la petjada ecològica

Aquest estudi calcula l'àrea de bosc balear que es requereix per absorbir el CO₂ produït a cada un dels diferents abasts esmentats anteriorment. Així doncs, dividint la quantitat de CO₂ emesa a l'atmosfera entre la capacitat de fixació de la massa forestal balear s'obindrà la superfície en ha/any que es requereix.

A un bosc mediterrani, la fixació mitjana de C és de 1,34 t C/ha/any, tenint en compte la producció llenyosa i foliar. En termes de fixació de CO₂ es tradueix a 9,625 t CO₂/ha/any. Aquest factor s'ha calculat en base a les dades proporcionades per Solbes, L. & José, M. (1990) i García-Pausas, J. & Fons-Esteve, J. (1992).

La següent fórmula simplifica les explicacions anteriors:

$$\text{Petjada E (ha/any)} = \text{Emissions CO}_2 \text{ (t CO}_2\text{)} / \text{Fixació C (t CO}_2\text{/ha/any)}$$

Amb l'objectiu de poder comparar aquestes dades amb àrees de diferents característiques, també es donarà el resultat en hag (hectàrea global), que es coneix com una hectàrea amb la capacitat mundial mitjana de produir recursos i absorbir residus. Això s'aconsegueix aplicant uns factors d'equivalència, els quals tradueixen un tipus específic de terreny a hag. La següent taula es mostren els diferents factors d'equivalència segons la WWF al seu informe "planeta vivo" del 2006:

Tipo de área	Factor de equivalencia (hag/ha)
Agricultura (tierras principales)	2,21
Agricultura (tierras marginales)	1,79
Bosques	1,34
Ganadería	0,49
Pesca (aguas marinas)	0,36
Pesca (aguas continentales)	0,36
Artificializado	2,21

Taula 6. Factors d'equivalència per al càlcul d'hectàrees globals segons el tipus d'àrea. WWF, *Informe planeta vivo* (2006).

Assumint que les emissions que genera l'IES Felanitx són assimilades per boscs, s'emprarà el factor d'equivalència referent a boscs (1,34 hag/ha).

A continuació es mostra una taula amb tots els factors d'emissió emprats i la seva font, per a una millor visualització:

Font d'emissió	Factor d'emissió de CO2	Font bibliogràfica
Calefacció (gasoil)	2,868 kg CO ₂ /l	MAGRAMA (2017)
Energia elèctrica	0,34 kg CO ₂ /kWh	MAGRAMA (2017)
Construcció	520 kg CO ₂ /m ² (per a 50 anys)	UPC (1999) i RD 1247/2008 el 18 de juliol
Cotxe	0,158 kg CO ₂ /km	Guia pràctica per als càlculs de GEH (2011)
Moto	0,079 kg CO ₂ /km	Guia pràctica per als càlculs de GEH (2011)
Autobús	0,1372 kg CO ₂ /km	Guia pràctica per als càlculs de GEH (2011)
Aigua	0,1427 kg CO ₂ /m ³	UCO (2015)
Paper blanc	1,84 kg CO ₂ /kg	UCO (2015) i USC (2009)
Paper reciclat	0,61 kg CO ₂ /kg	UCO (2015) i USC (2009)

Taula 7. Resum dels factors d'emissió emprats i la seva font bibliogràfica.

3. Resultats.

Petjada de Carboni.

Abast 1. Emissions directes.

ABAST 1	Font d'emissió	Dades 2016	Factor d'emissió	Petjada de C
Consum de combustibles	Gasoil calefacció	13000 L	2,868 kgCO ₂ /L	37,284 t CO ₂

Total emissions abast 1: 37,284 t CO₂

Taula 8. Resultats de la Petjada de C a l'IES Felanitx l'any 2016 per a l'abast 1.

Abast 2. Emissions indirectes.

ABAST 2	Font d'emissió	Dades 2016	Factor d'emissió	Petjada de C
Electricitat	Consum electricitat	105121 kWh	0,34 kg CO ₂ /kWh	35,741 t CO ₂

Total emissions abast 2: 35,741 t CO₂

Taula 9. Resultats de la Petjada de C a l'IES Felanitx l'any 2016 per a l'abast 2.

Abast 3. Altres emissions indirectes.

ABAST 3	Font d'emissió	Dades 2016	Factor d'emissió	Petjada de C
Aigua	Consum d'aigua	1866 m ³	0,143 kg CO ₂ /m ³	0,267 t CO ₂
Construcció	Edificis construïts	7255 m ²	10,4 kg CO ₂ /m ²	75,452 t CO ₂
Mobilitat	Cotxe	197006 km	0,158 kg CO ₂ /km	31,127 t CO ₂
	Bus	44388 km	0,137 kg CO ₂ /km	6,09 t CO ₂
	Moto	36168 km	0,079 kg CO ₂ /km	2,857 t CO ₂
Consum de paper	Blanc	3,767 kg	1,84 kg CO ₂ /kg	3,466 t CO ₂
	Reciclat	1,247 kg	0,61 kg CO ₂ /kg	0,381 t CO ₂

Total emissions abast 3: 119,641 t CO₂

Taula 10. Resultats de la Petjada de C a l'IES Felanitx l'any 2016 per a l'abast 3.

A continuació s'exposa una taula resum de la distribució de la Petjada de C per abasts:

Abast	Emissions	Contribució Petjada de C total
1. Emissions directes	37,284 t CO ₂	19,40 %
2. Emissions indirectes	35,741 t CO ₂	18,60 %
3. Altres emissions indirectes	119,641 t CO ₂	62,00%
Total	192,666 t CO ₂	100 %

Taula 11. Resum de la Petjada de C i la seva contribució per a cada un dels abasts a l'IES Felanitx el 2016.

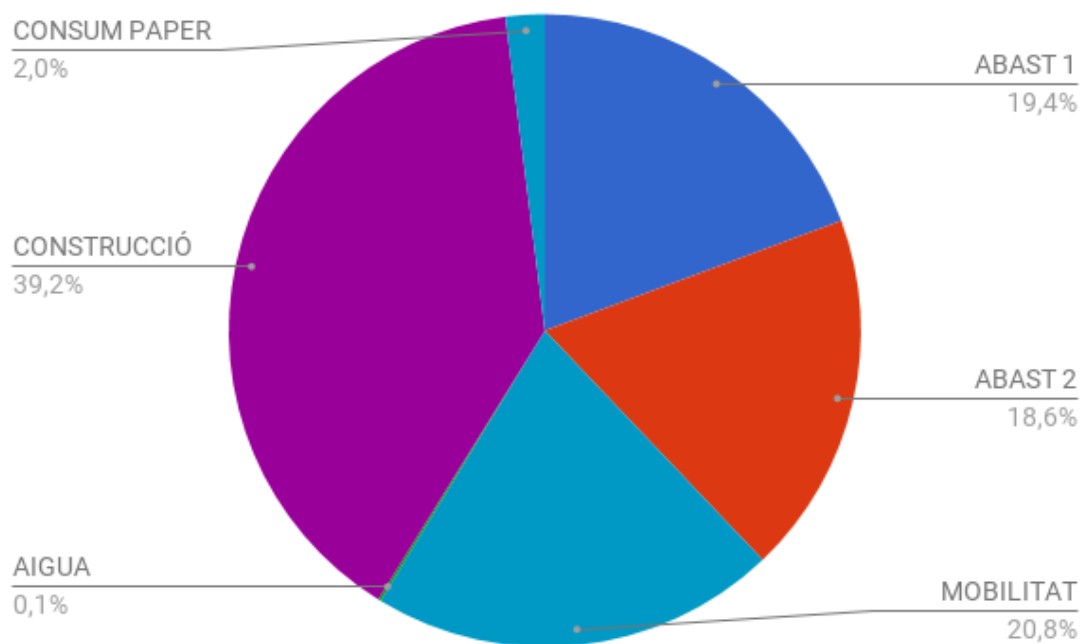


Fig 3. Gràfic de la Petjada de C a l'IES Felanitx el 2016 on es desglossa l'abast 3.

Si es té en compte com a factor quantitatiu el nombre de persones que formen la comunitat del centre (tant alumnes com professors), que pel 2016 el nombre total era de 874 persones, el rati d'emissions pels abasts 1 i 2 fou:

	Emissió	Ratio emissions
Abast 1. Emissions directes	37,284 t CO ₂	0,043 t CO ₂ /persona/any
Abast 2. Emissions indirectes	35,741 t CO ₂	0,042 t CO ₂ /persona/any
Emissions abast 1+2	72,755 t CO ₂	0,085 t CO ₂ /persona/any

Taula 12. Ratio d'emissions per persona als abasts 1 i 2, a l'IES Felanitx el 2016.

Petjada ecològica.

	Categoria	Petjada E (ha/any)	Petjada E (hag/any)	Petjada E(ha/persona/any)
ABAST 1	Calefacció	3,874	5,191	0,004
ABAST 2	Electricitat	3,713	4,976	0,004
ABAST 3	Aigua	0,028	0,0372	0,0001
	Construcció	7,8391	10,504	0,008
	Cotxe	3,234	4,334	0,004
	Bus	0,633	0,848	0,001
	Moto	0,297	0,398	0,001
	Paper	0,399	0,535	0,0005
	Total	20,017	26,822	0,023

Taula 13. Petjada ecològica de l'IES Felanitx l'any 2016 a partir de les emissions de CO₂.

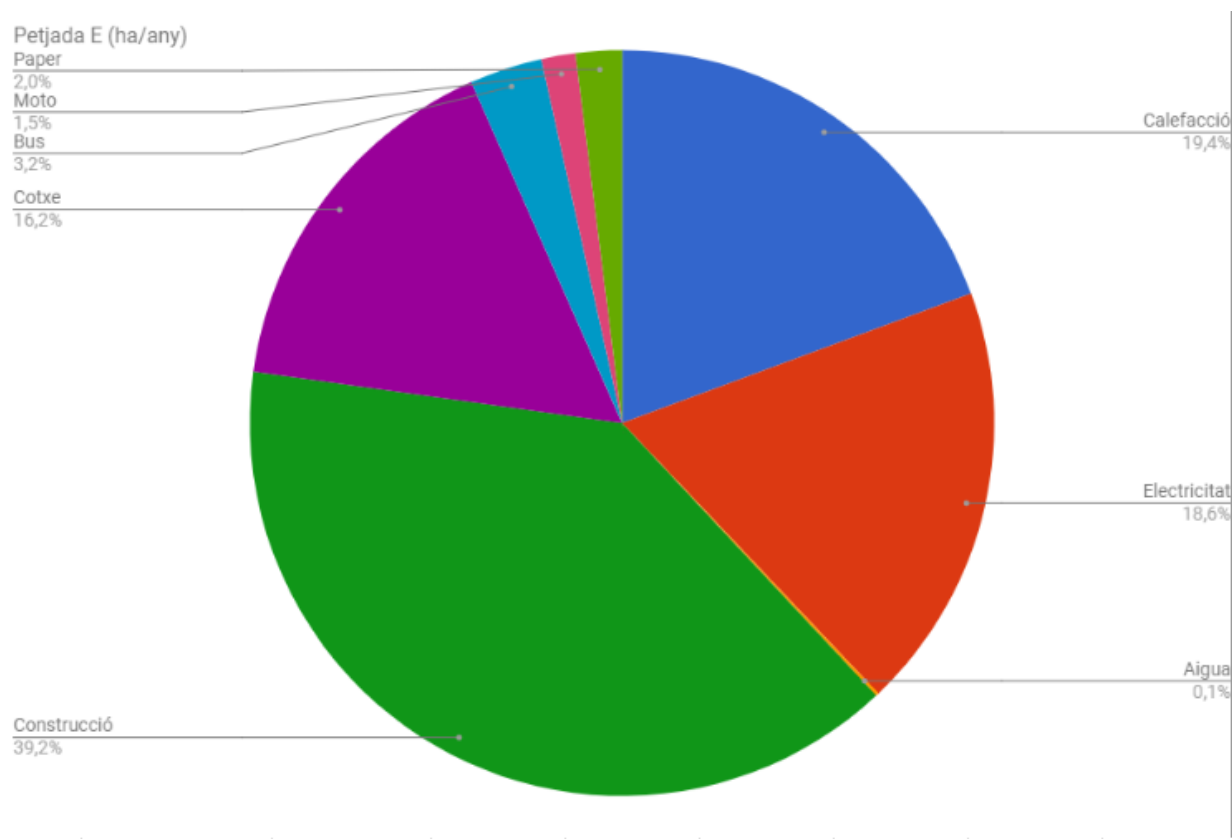


Fig 4. Gràfic de la Petjada Ecològica de l'IES Felanitx el 2016 en percentatges.

	Petjada de C (t CO ₂ /persona/any)		Petjada ecològica (ha/persona/any)	
	Total	Anual	Total	Anual
Personal de l'IES Felanitx	0,221	0,134	0,023	0,014

Taula 14. Petjades de C i Ecològica de cada persona a l'IES Felanitx distinguint la total (tenint en compte les emissions alhora de la construcció de l'edifici) i la anual (sense tenir-la en compte).

Comparació de la petjada de C entre diversos centres.

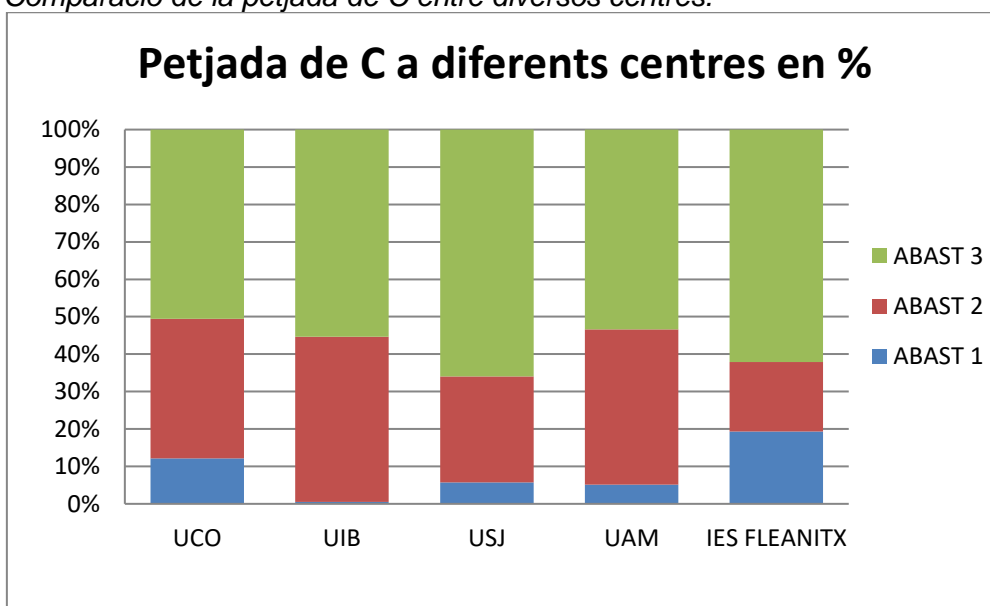


Fig 5. Comparació de la petjada de C en percentatges a diferents centres. UCO: Universitat de Còdoba (Toro Jordano, A. *et al.* 2015); UIB: Universitat de les Illes Balears (Fiol, JM., 2017); USJ: Universitat de San Jorge (Hijazo, M., 2013); UAM: Universitat autònoma de Mèxic (Güereca, L. *et al.*, 2013).; IES Felanitx.

	Petjada de C (t CO ₂ /persona/any)
IES Felanitx	0,085
UP	0,41
UCO	0,406

Taula 15. Comparació de la Petjada de C en t CO₂/persona/any a diferents centres tenint en compte els abasts 1+2. IES Felanitx; UP: Universitat de Pereira; UCO: Universitat de Còdoba.

	Petjada ecològica (ha/persona/any)	Capacitat de fixació (t CO ₂ /ha/any)
IES Felantix	0,023	9,625
USC	0,16	6,27
UM	0,086	6,27

Taula 16. Comparació de la petjada ecològica en ha/any/persona a diferents centres. IES Felanitx; USC: Universitat de Santiago de Compostela; UM: Universitat de Màlaga.

4. Discussió.

Els resultats de la Taula 11 mostren que la Petjada de C a l'IES Felanitx l'any 2016 va ser de 192,666 t CO₂.

El fet de conèixer la Petjada de C és important per desenvolupar plans i estratègies polítiques per a poder dur a l'IES Felanitx cap a la sostenibilitat ambiental. Com es pot observar a la taula 11, les contribucions a la Petjada de C per a cada un dels abasts no és equitativa, ja que l'abast 3 contribueix en un 62%, quasi el doble que als abasts 1 i 2. A més, es pot observar a la Figura 3 que dins l'abast 3 la mobilitat representa un 20,8% respecte al total, essent la meitat de la variable que més contribueix a la Petjada de C (la construcció), amb un 40%. Això és important de cara a un pla de mobilitat sostenible, ja que reduiria considerablement les emissions per part d'aquesta variable.

Tenint en compte altres estudis realitzats, els resultats obtinguts coincideixen en el cas de la Universitat de Còrdoba (2015), pel fet que l'abast 3 tingui una major representació sobre la Petjada de C, en aquest cas d'un 50,55%. Això no obstant, s'esperava que en aquest estudi tingués un percentatge de representació menor que a les altres universitats degut a la falta de dades respecte a l'emissió d'altres residus de l'IES Felanitx com poden ser agents químics o piles, una raó per la qual la representació de l'abast 3 sigui major es pot deure a que malgrat s'hagin tingut en compte altres variables com els residus a la UCO, aquests només representaven un 1% de les emissions totals de l'abast 3. Així i tot, a altres estudis com a la Universitat de San Jorge (2012), també s'ha vist que l'abast 3 és el més representatiu entre tots els abasts i a més amb un major percentatge que a aquest estudi.

La representació de l'abast 1 és menor que l'obtingut en aquest estudi, amb només un 12,16%, aquest resultat és inesperat degut a que les dades sobre altres tipus de combustibles referents a la climatització de l'IES Felanitx no es van poder obtenir mentre que a els altres centres (Fig 5), van tenir en compte tant els combustibles com els gasos fluorats, això pot ser degut a que les seves instal·lacions pel que fa a l'abast 1 empen majoritàriament gas natural, el qual té un factor d'emissió unes deu vegades menor que el gasoil (0,2015 kg/CO₂ kWh). Així doncs, queda a la vista que si en un futur l'IES Felanitx pogués fer ús de gas natural envers de gasoil, el seu impacte ambiental es reduiria a gran escala.

Anant una mica més endins, l'abast 2, en el qual només es considera l'energia elèctrica, els percentatges obtinguts en aquest estudi són menors a la resta d'universitats comparades, la qual cosa coincideix amb el resultat esperat ja que a l'IES Felanitx la major activitat es redueix de la matinada al migdia i només durant els mesos que dura el curs escolar, en canvi, a la universitat la activitat és constant durant tot el dia i any.

Malgrat l'abast 3 sigui el més representatiu dels tres, el ràtio d'emissions per persona i any només s'ha calculat pels abasts 1 i 2 per així poder-los comparar amb altres estudis, veure Taula 11. El resultat obtingut de 0,085 t CO₂/persona/any és molt menor que el d'altres universitats com 0,406 t CO₂/persona/any (UCO, 2015) o 0,41 t CO₂/persona/any (Universidad de Pereira, 2016). Aquest resultat no és inesperat tenint en compte que l'extensió d'un institut és molt menor que la d'un campus universitari, a

més a més, com s'ha explicat anteriorment els períodes d'activitat són més curts a l'institut el que fa que el ràtio d'emissions per persona i any sigui molt menor sobretot si només es tenen en compte els abasts 1 i 2 per aquest càlcul.

Els resultats de la Taula 13 mostren que la Petjada Ecològica de l'IES Felanitx l'any 2016 va ser de 20,017 ha/any que corresponen a 26,822 hag/any.

Pel que fa a la Petjada Ecològica, com es pot observar a la Fig 4, la representació de les diferents categories és la mateixa que a la Petjada de C. El resultat era d'esperar ja que s'ha calculat la Petjada Ecològica a partir de la Petjada de C, el que vol dir que el resultat ha de ser directament proporcional. Això no obstant, si es comparen els valors amb els obtinguts a altres estudis, la Petjada Ecològica a l'IES Felanitx és menor que a altres universitats, com la Universitat de Santiago de Compostela (2008) i la Universitat de Màlaga (2014), però això no és només degut a que siguin àrees majors amb més consum, sinó que també hi intervé la capacitat de fixació de CO₂ dels boscos propers que conformen la zona, i l'IES Felanitx, com que es troba a Mallorca la capacitat de fixació d'un bosc balear és de 9,625 t CO₂/ha/any, mentre que a les universitats esmentades era de 6,27 t CO₂/ha/any. Amb això es pot apreciar que gràcies al bosc balear les institucions de les illes tendran un impacte ambiental menor ja que la fixació de carboni és un 33% major que a les àrees que rodejen Màlaga i Santiago de Compostela.

Comparant les petjades total i anual per a la Ecològica per persona i any i la de Carboni per persona i any de l'IES Felanitx (Taula 14), es pot observar que si no es tenen en compte les emissions generades segons la construcció de l'edifici, les petjades es redueixen quasi a la meitat. A més a més, una altra vegada s'observa una relació directa entre el valor de la Petjada de C i Ecològica ja que la metodologia emprada per a calcular la segona depèn del valor de la primera.

Finalment, com a conclusió comentar que l'IES Felanitx presenta unes petjades menors als altres centres estudiats. Això no obstant, majoritàriament és degut a que presenta unes dimensions molt més petites que els altres ja que es tracten de Universitats. A més a més, el fet de no disposar de gas natural fa que les emissions de l'abast 1 siguin majors que a la resta de centres. Això no obstant, el període d'activitat de l'IES Felanitx fa que les emissions referents a l'abast 2 siguin menors a la resta de centres.

Com a recomanacions per disminuir l'impacte ambiental de l'IES Felanitx, principalment queda a la vista que si s'emprés gas natural envers de gasoil les emissions directes es reduirien notablement. El mateix passa amb el consum de paper, del qual se'n fa més ús del paper blanc envers del reciclat (Taula 6) quan el primer té un factor d'emissió més del doble d'elevat que el segon. Finalment, a nivell individual es recomana fer un major ús del transport públic, així com evitar l'ús de vehicles sempre que sigui possible, ja que la mobilitat, com es pot observar a la Fig, representa un percentatge molt elevat dins la Petjada de C i per conseqüent també dins la Ecològica (Fig 5).

5. Conclusions.

1. La Petjada de C de l'IES Felanitx l'any 2016 és de 192,666 t CO₂.
Abast 1: 37,284 t CO₂
Abast 2: 35,741 t CO₂
Abast 3: 119,641 t CO₂
2. La Petjada Ecològica de l'IES Felanitx l'any 2016 és de 20,017 ha/any.
Abast 1: 3,874 ha/any
Abast 2: 3,713 ha/any
Abast 3: 12,430 ha/any
3. La ratio petjada/persona és:
Petjada de C: 0,221 t CO₂/persona/any
Petjada E: 0,023 ha/persona/any
4. Al comparar l'IES Felanitx, salvades les mides podem afirmar que:
 - Les emissions directes (Abast 1) són majors que a la resta de centres degut a l'utilització de gasoil com a combustible.
 - Les emissions indirectes (Abast 2) són menors que a la resta de centres degut al període d'activitat de l'IES Felanitx.
 - Com a la resta de centres, l'abast 3 és el més representatiu respecte al total d'emissions.
 - La Petjada Ecològica és menor que a la resta dels centres degut a una major capacitat de fixació de CO₂ per part del bosc mediterrani.
5. Les mesures que es poden proposar en base a aquest estudi són:
 - Emprar gas natural envers de gasoil com a combustible per a la calefacció.
 - Emprar un major nombre de paper reciclat envers de paper blanc.
 - Reduir el nombre de vehicles emprats per viatjar cap al centre.

6. Agraïments.

Primerament, agraïr a Antoni Bennàssar per tutelar aquest estudi. En segon lloc, agraïr a Pere Coves com a secretari de l'IES Felanitx per facilitar tota la informació possible i la seva disponibilitat durant tot l'any. Finalment, agraïr a Carme García Ple, doctora de la UIB per l'ajuda i facilitació de dades per a resoldre algunes qüestions d'aquest estudi.

7. Bibliografia

- Cuchí, A., & López, I. (1999). Informe MIES. *Una aproximació a l'impacte ambiental de l'Escola d'Arquitectura del Vallès*. Bases per a una política ambiental a l'ETSAV. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Fiol, JM, (2017). *Mesura de la Petjada de Carboni del campus universitari de la UIB*. Comunicació personal.
- García-Pausas, J., & Fons-Esteve, J. (1992). *Estructura i creixement d'algunes pinedes en diferents situacions topogràfiques*. *Fot Bot. Mis*, 8, 199-213.
- Güereca, L. et al. (2013). Carbon footprint as a basis for a cleaner research institute in Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 47, 396-403.
- Higueras Garcia, E. (2015). *El ecosistema urbano*. Grupo Investigación UPM, departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio.
- Hijazo, M. (2013). *Cálculo de la Huella de Carbono de la Universidad de San Jorge*. Reporte público grupo Sanvalero.
- López N. & Blanco D. (2009). *Impacto ambiental da Universidad de Santiago de Compostela*. Oficina de Desenvolvemente Sostible. Universidad de Santiago de Compostela.
- MAGRAMA (2017). *Registro de huella de carbono compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono*. Consultat el 3 de Febrer del 2017 des de: http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factores_emision_tcm7-359395.pdf
- Margalef, R. 1974. Human impact on transportation and diversity in ecosystems: How far is extrapolation valid? In: Structure, functioning and management of ecosystems *Proceedings of the First International Congress of Ecology*. Van Dobben & Lowe-Mcconnell. The Hague, The Netherlands, September 8-14, 1974.. Junk.The Hague. pp: 237-241
- Rees, W., Wackernagel, M. (1996). *Our ecological footprint. Reducing human impact on Earth*, New Society Publisher, Canadá.
- Solbes, L., & José, M. (1990). *Compartimentos y flujos biogeoquímicos en una cuenca de encinar del Monte Poble*. Universitat d'Alacant.
- Terradas, J., Franquesa, T., Parés, M., & Chaparro, L. (2011). Ecología urbana. *Revista Investigación y tecnología*.
- Toro Jordano, A. D et al. (2015). La huella de carbono de la Universidad de Córdoba. Universidad de Córdoba.
- Tudela, F. (2006). *Protocolo de Gases Efecto Invernadero*. Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte. Consultat el 18 de Gener del 2017 des de: <http://www.ghgprotocol.org/corporate-standard>
- Wiedmann, T., & Minx, J. (2008). A definition of 'carbon footprint'. *Ecological economics research trends*, 1, 1-11