



**INGURUMEN
AZTARNA
KALKULATZEKO
TRESNA**
ERABILPEN GIDA

**HERRAMIENTA DE
CÁLCULO DE LA
HUELLA AMBIENTAL**
GUÍA DE USO

**TOOL FOR THE
CALCULATION
OF THE
ENVIRONMENTAL
FOOTPRINT**
USER GUIDE

Ingurumen aztarna
kalkulatzeko tresna
Erabilpen gida

Herramienta de cálculo
de la huella ambiental
Herramienta de uso

Tool for the Calculation
of the Environmental Footprint
User Guide

Maite de Blas
Gorka Bueno
Ane Bueno
María del Pilar Ruiz
Itziar Txurruka
Jonatan Miranda
Eduardo de la Torre

Unai Tamayo
Estibaliz Pérez
Iñaki Zuazo
Artitzar Erauskin Tolosa
Iker Etxano
Itziar Barinaga-Rementeria
Eneko Garmendia

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

CIP. Biblioteca Universitaria

Ingurumen aztarna kalkulatzeko tresna [Recurso electrónico]: erabilpen gida = Herramienta de cálculo de la huella ambiental: guía de uso = Tool for the Calculation of the Environmental Footprint: user guide /Maite de Blas ...[et al.]. – Datos. – [Leioa] : Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea, Argitalpen Zerbitzua = Servicio Editorial, [2025]. – 1 recurso en línea : PDF (126 p.)

Texto trilingüe en euskara, español e inglés.

Modo de acceso: World Wide Web

ISBN: 978-84-9082-975-2

1. Medio ambiente – Estudios de impacto. 2. Productos comerciales - Ciclo de vida.

3. Universidad del País Vasco/ Euskal Herriko Unibertsitatea. I. Blas Martín, Maite de, coaut. II. Tít.: Herramienta de cálculo de la huella ambiental. III. Tít.: Tool for the Calculation of the Environmental Footprint.

(0.034)504.06:378

Proiektua: EHU-Aztarna/Eszenatokien azterketa eta UPV/EHU erakundearen ingurumen eta gizarte aztarna kalkulatzearen emaitzak zabaltzea.

Finantziatua:

- CBL Programa (<https://www.ehu.eus/eu/web/iraunkortasuna/campus-bizia-lab>); Iraunkortasunaren arloko zuzendaritza, Berrikuntzaren, Gizarte Konpromisoaren eta Kulturgintzaren arloko errektoreordetza, UPV/EHU
- EKOPOL: Transition Pathways Research group, UPV/EHU (IT-1567-22)

Proyecto: EHU-Aztarna/Análisis de escenarios y difusión de resultados del cálculo de la huella ambiental y social de organización de la UPV/EHU.

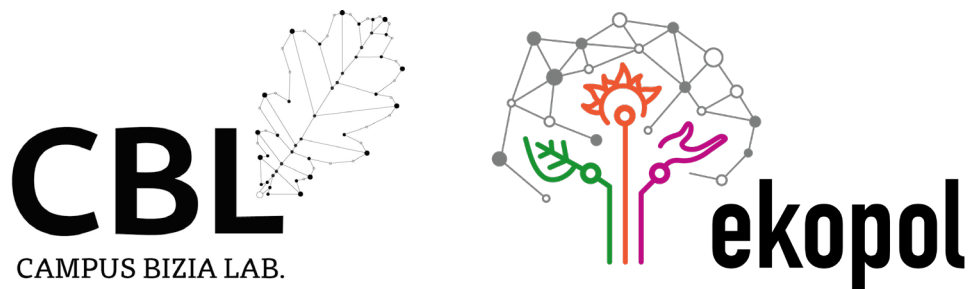
Financiado por:

- Programa CBL (<https://www.ehu.eus/es/web/iraunkortasuna/campus-bizia-lab>); Dirección de Sostenibilidad, Vicerrectorado de Innovación, Compromiso Social y Acción Cultural, UPV/EHU.
- EKOPOL: Transition Pathways Research group, UPV/EHU (IT-1567-22)

Project: EHU-Aztarna / Scenario analysis and dissemination of results of the calculation of the environmental and social organizational footprint of the UPV/EHU.

Funded by:

- CBL Program (<https://www.ehu.eus/es/web/iraunkortasuna/campus-bizia-lab>); Directorate of Sustainability, Vice-Rectorate of Innovation, Social Commitment and Cultural Action, UPV/EHU.
- EKOPOL: Transition Pathways Research group UPV/EHU (IT-1567-22)



Aurkibidea / Índice / Index

Ingurumen aztarna kalkulatzeko tresna. Erabilpen gida

Herramienta de cálculo de la huella ambiental. Herramienta de uso

Tool for the Calculation of the Environmental Footprint. User Guide



INGURUMEN AZTARNA KALKULATZEKO TRESNA

ERABILPEN GIDA

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

Aurkibidea

1. Sarrera.....	5
1.1. Bizi-Zikloaren Analisia (BZA)	5
2. Helburuak	7
2.1. Jarduera akademikoarekin lotutako prozesuak eta ingurumen inpaktuak ezagutu eta kuantifikatzea	7
2.2. Jarduera akademikoaren ingurumen-aztarna kalkulatzeko.....	7
2.3. Jarduera baten ingurumen-aztarnaren txostena prestatzea.....	7
3. Aztarna Kalkulatzeko Tresna	9
3.1. Diseinua	9
3.2. Sartu beharreko datuak	9
3.2.1. Azala.....	10
3.2.2. Ikaslearen datuak.....	10
3.2.3. Energia	10
3.2.4. Materialak	12
3.2.5. Hondakinak.....	14
3.2.6. Garraioa	14
3.2.7. Elikagaiak	15
3.2.8. Informazio gehigarria	18
4. Emaitzak	19
5. Inpaktu-kategorien azalpena	27
5.1. Berotze globala.....	28
5.2. Ozono-geruzaren urritzea	29
5.3. Erradiazio ionizatzailea.....	30
5.4. Partikulak eratzea	30
5.5. Ozono fotokimikoa eratzea: giza osasuna	31
5.6. Ozono fotokimikoa eratzea: ekosistemen kalitatea.....	31
5.7. Lehorreko azidifikazioa.....	32
5.8. Ur gezaren eutrofizazioa.....	32
5.9. Itsasoen eutrofizazioa	33
5.10. Giza toxikotasuna (kantzerigenoa)	34
5.11. Giza toxikotasuna (ez-kantzerigenoa).....	34
5.12. Lehorreko ekotoxikotasuna	34
5.13. Ur gezako ekotoxikotasuna	34
5.14. Itsasoko ekotoxikotasuna.....	34
5.15. Uraren erabilera	34
5.16. Lurraren erabilera	35
5.17. Baliabide mineralak agortzea	36
5.18. Baliabide fosilak agortzea	37
6. Erreferentziak.....	39

1.

Sarrera

Gure ingurumenaren babesa, gizarteak aurre egin behar duen erronkarik garrantzitsuenetako bat da. Konponbidea globala izan behar da eta horretarako guztiz beharrezkoa da garapen jasangarria bultzatzea.

UPV/EHUK antolaketa eredu jasangarriago baterantz eraldaketa sozialaren adibide izan nahi du, eta horren adibide da Iraunkortasun arloko Zuzendaritzak sustatutako Campus Bizia Lab-eko EHU-Aztarna proiektua, non UPV/EHUREn Ingurumen-aztarna kalkulatu den, Bizi-Zikloaren Analisiaren (BZA) metodologia erabilia, Europako Batzordeak proposatutako gida metodologikoari jarraituz.

Horren harira, proiektu horrekin lotuta dagoen ingurumen-aztarnaren kalkuluan oinarrituta dagoen lana burutu da; zehazki, UPV/EHUKo ikasle orok bere jarduera akademikoaren ingurumen-aztarna kalkulatzeko tresna bat diseinatzea. Modu horretan, ikasleek jarduera akademiko zehatz batean lanean ari diren denboran sortzen duten inpaktua zenbatetsi ahal izango dute, eta sortzen duten eraginaz kontzientzia handiagoa izatea lortuko dute. Aztertu beharreko jarduera akademikoa askotarikoa izan daiteke: ikaslearen Gradu edo Master Amaierako Lana, ikasturte edo lauhilabete oso bat, edo irakasgai batean landutako proiektu bat.

1.1. Bizi-Zikloaren Analisia (BZA)

Duela gutxi arte, ingurumena hobetzeko ekintzak iturri bakarreko kutsadura murriztera bideratu dira, adibidez industria instalazioek ibaietara eta atmosferara egindako isurketak murriztera. Bizi-zikloaren azterketak beste ikuspegi zabalago bat lantzen du. Bizi-zikloaren ikuspegiak hobekuntza posibleak identifikatu nahi ditu produktu eta zerbitzuetan, ingurumen-inpaktu txikiagoak eta baliabideen erabilera efizienteagoak bilatuz, produktu edo zerbitzu horien bizi-ziklo osoan zehar.

Produktu edo zerbitzu baten bizi-zikloa lehengai energetiko eta material askoren erauzketan hasten da; gero material horien eraldaketa, fabrikazioa eta banaketa faseak datoz; produktu finalaren erabilerara arte edota kontsumo fasera arte. Bizi-amaieran fasean materialak berrerabiltzeko, birziklatzeko edota deuseztatzeko prestatzen dira, kasu batzuetan energia berreskuratuz.

Bizi-zikloaren ikuspegiaren funtsezko helburua da ingurumen zamak bizi-zikloaren puntu batetik beste batera pasatzea saihestea. Bizi-zikloaren ikuspegiak laguntzen du inpaktuak gutxitzen bizi-zikloaren fase batean, eskualde geografiko batean edo inpaktu-kategoria jakin batean, baina aldi berean beste leku batzuetan inpaktuak handitu gabe. Helburua izan daiteke, adibidez, produktu baten erabilera-fasean energia aurrezte, hura fabrikatzeko behar den kontsumo energetikoa eta material kopurua handitu gabe.

Jarraitzeko, aurrean aipatutako Bizi-Zikloaren Analisia zer den zehatz-mehatz definituko da. Definizio zehatzena ISO¹ erakundeak adierazitako hau da, ISO 14040 arauan:

Bizi-zikloaren azterketa, produktu bati lotutako ingurumen-alderdiak eta inpaktu potentzialak zehazteko teknika bat da: sistemaren sarrera eta irteera garrantzitsuen inbentarioa eginez, sarrera eta irteera horiei lotutako ingurumen-inpaktu potentzialak ebaluatuz, eta azterlanaren helburuei dagokienez inbentarioko eta eragineko faseen emaitzak interpretatuz.

1 Nazioarteko estandarrak ezartzen dituen erakunde bat da, hainbat estatutako estandarizazio erakundeek osatua (162). Enpresa eta erakundeek kudeaketa bultzatu eta hobetzeko hainbat arau/metodologia/tresna estandar argitaratzen ditu. Estandar hauen erabilerak; seguruak, fidagarriak eta kalitate handiko produktu eta zerbitzu berrien ekoizpena errazten du.

2. Helburuak

Esku artean duzun tresnaren bidez, Jarduera Akademikoen Ingurumen-Aztarna kalkulatzeko posible izango da; tresna sinplea izanik, UPV/EHUko ikasle orok erabiltzeko diseinaturik izan da. Hona hemen tresna horren erabileraren bidez bilatutako helburuak:

2.1. Jarduera akademikoarekin lotutako prozesuak eta ingurumen inpaktuak ezagutu eta kuantifikatzea

Tresna honi esker, jarduera akademikoarekin lotutako prozesuak eta horiekin lotutako ingurumen inpaktuak ezagutu eta kuantifikatu ahal izango ditugu, inpaktu-iturri nagusiak identifikatuz eta hobetzeko aukera nagusiak zehaztuz.

Analisiaren bidez, ingurumenari buruzko informazio kontrastatua lortuko da, eta unibertsitateko ingurumenaren portaera neurtzeko eta hobekuntza kontrolatzeko tresna gisa balioko du. Hau dela eta, ekoeraginkortasuna handituko da, UPV/EHUko kontsumo energetiko eta material arduratsuagoa ahalbidetuz eta, ingurumenari dagokionez, fabrikazio eta garraio-prozesu iraunkorragoak sustatuz.

2.2. Jarduera akademikoaren ingurumen-aztarna kalkulatzeko

Tresna hau Gradu eta Master desberdinetako ikasleek euren jarduera akademikoaren ingurumen-aztarnaren kalkulua egiteko diseinaturik dago. Analisisian hasteko, funtsezkoa da aztertu nahi den jarduera akademikoa ondo zehaztea, denboran eta espazioan. Jarduera akademikoa askotarikoa izan daiteke: ikaslearen Gradu Amaierako Lana edo Master Amaierako Lana, ikasturte edo lauhilabete oso bati lotutako jarduera, edo irakasgai zehatz baten barruan landutako proiektu bat, edo aktibitate bat. Ikasleak, bere jarduera akademikoa aurrera daraman heinean, kontsumitzen edota erabiltzen dituen baliabideen inbentarioa egingo du; gero, tresna erabiliz, jarduera akademiko horri lotutako ingurumen-inpaktua zein izan den jakin ahal izango du.

2.3. Jarduera baten ingurumen-aztarnaren txostena prestatzea

Ingurumenaren degradazioari eta kutsaduraren ondorioei buruzko kezka gero eta handiagoa denez, enpresek eta erakundeek garapen jasangarrian eta gizartearen bizi-kalitatearen hobekuntzan laguntzeko mekanismoak ezartzeaz arduratu behar dira. Horretarako, enpresek edo erakundeek beren ingurumen-jardunari buruzko informazioa ematea ezinbesteko lehenengo pausu bat da. 2013.

urtean, Europako Batasunak produktuen eta erakundeen ingurumen-aztarna kalkulatzeko metodologia gizarteratu zuen². Metodologia horrekin lerrokatuta, tresna honi esker, unibertsitateko ikasleek beren jardura akademikoaren ingurumen-txosten bat burutzeko lehen pausoa eman ahal izango dute. Konfiantza dugu esperientzia hori etorkizunerako baliagarria izanen dela.

2 https://ec.europa.eu/environment/news/environmental-footprint-methods-2021-12-16_en

3.

Aztarna Kalkulatzeko Tresna

3.1. Diseinua

Tresna diseinatzeko, Ecoinvent datu-basea aukeratu da. Base honek BZA egiteko funtsezko datuak biltzen ditu, ondo dokumentatuta dago eta zehaztugabetasun-datuak dauzka, eta hori oso baliagarria da azterlan honetan inbentariatutako datuetarako (Ecoinvent, 2019). Horrez gain, elikaduraren atala Agribalyse® datu-basearekin osatu da. Datu-base honek nekazaritzako eta elikadurako produktuen ingurumen-inpaktuei buruzko informazioa biltzen du. Software-ari dagokionez, openLCA (1.10.3 bertsioa) BZA eta iraunkortasuna ebaluatzeko software libre erabili da. Ingurumen-aztarnaren kalkuluan erabilitako metodoa ingurumen-inpaktua ebaluatzeko, ReCiPe izeneko metodoa aukeratu da; emaitzak interpretatzeko midpoint³ datu-formatua erabili da.

Edozein fakultatetako ikasleentzat diseinatutako aplikazioa da; beraz, funtzionamendu sinplea eta erabiltzeko erraza du. Horregatik, kalkulu-orria⁴ erabili da, unibertsitateko ia ikasle guztiek erabili izan duten edo erabili ohi duten aplikazioa baita. Gainera, aplikazioarekin bateragarria den gailu bat baino ez da behar (ordenagailu bat), eta behin kalkulu-liburua deskargatuta, ez da beharrezkoa interneterako konexioa izatea ere. Kalkulu-orria hiru hizkuntzatan dago eskuragarri: ingelesez, gaztelaniaz eta euskaraz. Atal honetan, erabilpen-pausoak eta tresna modu egoki baten erabiltzeko informazioa zehaztuko dira.

3.2. Sartu beharreko datuak

Kalkulu-orria hamar ataletan banatuta dago. Ondoren, atal bakoitzean aurkitu dezakegunaren informazioa azalduko da eta atal bakoitzean ikasleak osatu beharko duena zehaztuko da (3.2.1-8 atalak). Gainera, emaitzetan ageri denaren azalpena emango da, eta datu horien interpretazioa nola egin azaldu (4. atala).

3 Ingurumen-inpaktuaren kategoriak adierazteko formatua, aztertutako ingurumen-inpaktuaren emisio- edo sorrera-parametroekin lotutako magnitudeetan oinarrituta. ReCiPe metodologiaren kasuan, guztira 18 inpaktu-kategoria sartzen dira (5. atalean azaltzen dira inpaktu-kategoria horiek).

4 Microsoft Excel bertsioa aukeratu da; Libreoffice-en ere zabaldu daiteke kalkulu-orria. Fitxategia, beste dokumentu osagarri batzuekin batera, ADDI biltegi honen bidez eskuragarri dago: <https://addi.ehu.es/handle/10810/70949>

3.2.1. Azala

Kalkulu-orria irekitzean ikasleak aurkituko duena da. Han, UPV/EHUko logoa eta Campus Bizia Lab (CBL) programaren logoa desberdindu daitezke, baita tresnaren titulua eta aplikazioaren egileen izena ere. Horrez gain, ikasleak informazio gehigarria lortzeko aukera izango du erreferentzietan aipatutako estekan.

3.2.2. Ikaslearen datuak

Orri honetan honako taula hau bete beharko du ikasleak:

1. taula. Ikaslearen datuak

Izena	
Abizena	
Unibertsitatea	
Fakultatea	
Unibertsitate gradua / masterra	
Jarduera (urte akademikoa / lauhilabetekoa / proiektua / ...)	
Jarduera burutzen emandako denbora (egun)	

Oso garrantzitsua da aztertu nahi dugun jardueran lan egin izandako denbora zehaztea; hori **egunetan** sartu behar da (adibidez: irakasgai bateko proiektu bat hiru hilabetetan burutu bada, martxoaren 1etik maiatzaren 31ra arte, orduan 90 egun sartuko ditugu, 3 hilabete $\times$ 30 egun/hilabete). Lana burutzeko erabili den denbora zehazteak emaitzetan izango du eragin zuzena, gero eguneko inpaktuaren kalkulua egingo delako eta horrek ikaslearen inpaktua beste erreferentziekin konparatzea ahalbidetuko du.

Taulan ikusten den bezala, **kolore honetako** gelaxkek, ikasleek (erabiltzaileek) aplikazioan datuak non sartu behar dituzten zehaztuko dute. Formatu hori, aplikazio osoan errepikatuko da.

Jarduera akademikoarekin lotutako eta inbentariatu beharreko kontzeptuak bost taldetan banatu dira: kontsumo energetiko zuzenak, kontsumo materialak (edo produktu materialen erabilera), sortutako hondakinen tratamendua, garraio-beharrak eta elikagaien kontsumoa. Ondoren, talde bakoitzean aurkitu ditzakegun jarduera horien zerrenda eta ikasleak sartu beharreko datuak azalduko dira.

3.2.3. Energia

Atal honetan, kontsumo energetiko zuzenekin lotutako zenbait elementu biltzen dira: adibidez, kontsumo elektrikoak eta bero hornidura. Kontsumo elektrikoei dagokienez, atal honetan bi aukera ematen dira: Espainiako nahaste elektrikoa 2018an, eta bakarrik jatorri berriztagarria duen elektrizitatearen nahaste bat (2018ko nahastetik berriztagarria ez dena kenduta).

Berokuntzaren hornidurarako, bi aukera ematen dira: gas naturaleko galdara batean sortutakoa, eta gasolioa kontsumitzen duen galdara batean sortutakoa. Azpiatal honetan, funtsezkoa da urteko bero-eskaria jakitea. Bero-eskaria bi elementuren menpe dago, funtsean: lan egiten dugun lekuaren klimatologia eta eraikinaren eraginkortasun energetikoa. Balio hori kWh/m²-tan eman behar da. Zein da gure laborategian edo bulegoan dugun berokuntza beharra, urtean zehar? Erreferentzia bat izateko,

3. taulan IDAEk kalkulaturako urteko bero-eskaria eta hozte-eskaria ematen dira, Espainiako hainbat hiriburutan⁵.

2. taula. Aukeren zerrenda «Energia» atalean

Prozesua/Zerbitzua/Produktua	Ikasleak sartu beharreko datuak
Elektrizitatearen kontsumoa (Espainiako 2018ko nahaste elektrikoa)	– Kontsumitutako kWh – Erabiltzaile kopurua
Energia-fluxu berriztagarritik datorren elektrizitatearen kontsumoa	– Kontsumitutako kWh – Erabiltzaile kopurua
Berokuntza, gas naturaleko galdara bat erabiliz	– Gela/areto/laborategiaren azalera m²-tan – Erabiltzaile kopurua – Eraikina zenbat egunez erabili den – Bero-eskaria eraikinetan, urtean (40-100 kWh/m²)
Berokuntza, gasolioko galdara bat erabiliz	– Gela/areto/laborategiaren azalera m²-tan – Erabiltzaile kopurua – Bero-eskaria eraikinetan, urtean (40-100 kWh/m²) – Berokuntza zenbat egunez erabili den urte batean, eraikin horretan (edo guneko klimatiko horretan). – Berokuntza zenbat egunez erabili den jardueraren honetan.

3. taula. Urteko bero-eskaria eta hozte-eskaria Espainiako hainbat hiriburutan, bloke eraikinetan (2000. urtea baino lehen eraikitako eraikinak eta eraikin berriak).

Hiriburua	2000. urtea baino lehen eraikitako eraikinetan		Eraikin berrietan (efizienteagoak)	
	Bero-eskaria (kWh/m ²)	Hozte-eskaria (kWh/m ²)	Bero-eskaria (kWh/m ²)	Hozte-eskaria (kWh/m ²)
Almería	36,5	33,7	10,8	19,1
Barcelona	87,4	14,6	28,3	8,0
Bilbao	106,1	—	40,0	—
Burgos	193,6	—	77,1	—
Cádiz	33,7	25,7	9,0	14,6
Granada	106,6	22,0	37,4	12,5
Madrid	121,2	19,1	43,2	10,8
Sevilla	52,9	41,2	16,6	23,4
Toledo	106,2	33,4	39,0	18,9
Valencia	64,5	22,3	21,3	12,6
Vitoria-Gasteiz	163,6	—	65,4	—
Zamora	148,4	9,7	56,3	5,3

⁵ 3. taulan erakusten diren datuak honako dokumentu hauetatik atera dira: Escala de calificación energética. Edificios de nueva construcción; IDAE, 2009 https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_CALENER_07_Escala_Calif_Energetica_A2009_A_5c0316ea.pdf (Tabla I.3. Valores de referencia para calefacción, refrigeración y demanda de ACS antes de considerar la contribución sola mínima de CTE-HE 4 en Bloques de viviendas). Escala de calificación energética. Edificios existentes; IDAE, 2011 https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11261_EscalaCalifEnerg_EdifExistentes_2011_accesible_c762988d.pdf (Tabla 3.2. Demanda de referencia para viviendas unifamiliares y bloques de viviendas).

Garrantzitsua: kalkulu-orriaren errenkadak bikoiztu daitezke, kantitate ezberdinekin kontzeptu bereko hainbat sarrera egin behar badira, kontsumo desberdinak jasotzeko.

Adibide gisa, beheko irudiak bi kontsumo elektriko desberdinen kalkuluak batzen ditu. 5. lerroan, ordenagailu baten kontsumo elektrikoaren formula erakusten da: 150 W kontsumitzen duen ordenagailu bat ($150 \text{ W} / 1000 \text{ W} \times 1 \text{ kWh}$) 7 orduz eguneko dago piztuta ($\times 7$ ordu), proiektua martxan dagoen bitartean ($\times 90$ egun), astelehenetik ostiralera (asteen bost egunez, $\times 5/7$). ($=150/1000 \times 7 \times 90 \times 5/7 = 67,5 \text{ kWh}$). 6. lerroan, argiztapen-sistema baten kontsumoaren formula jasotzen da. Argien potentzia 500 W da, eta egunean 8 orduz pizten dira ($=500/1000 \times 8 \times 90 \times 5/7 = 257,1 \text{ kWh}$).

Ikusten denez, kontsumitutako elektrizitatea erregistratzeko, kopurua (kWh-tan) zuzenean idatziko dugu gelaxkan, zenbateko zehatza ezaguna bada (adibidez, kontsumoa faktura elektriko batetik ateratzen badugu, edo neurgailu baten bidez neurtu badugu); bestela, posible da gelaxkan bertan kalkuluko formula bat aplikatzea, estimazio bat egiteko, eskuragarri ditugun datuak erabiliz.

	A	B	Y	Z
1	Energy consumption			
2				
3	Process	Functional Unit	Parameter 1	
4			Quantity 1	Unit 1
5	Electricity (computer)	1 kWh	$=150/1000 \times 7 \times 90 \times 5/7$	
6	Electricity (lighting system)	1 kWh	$=500/1000 \times 8 \times 90 \times 5/7$	

3.2.4. Materialak

Kontsumo materialen eta produktuen erabilaren atalean aukerak honako hauek dira:

4. taula. Aukeren zerrenda «Materialak» atalean.

Prozesua/Zerbitzua/Produktua	Ikasleak sartu beharreko datuak
Eraikinen erabilera	- Eraikitako azalera m²-tan - Solairu bakoitzaren altuera m-tan - Urtero erabiltzaileak - Eraikina zenbat egunez erabili da
Pantailarik gabeko ordenagailua	- Unitate kopurua (erabiltzaile bakarra) - Erabilera-egunak - Bizitza denbora (suposizioa: 7 urte)
Ordenagailu eramangarria	- Unitate kopurua (erabiltzaile bakarra) - Erabilera-egunak - Bizitza denbora (suposizioa: 7 urte)
17 "-ko LCD pantaila	- Unitate kopurua (erabiltzaile bakarra) - Erabilera-egunak - Bizitza denbora (suposaketa: 14 urte)
17 "-ko izpi katodikoaren pantaila	- Unitate kopurua (erabiltzaile bakarra) - Erabilera-egunak - Bizitza denbora (suposizioa: 14 urte)
Laser koloreko inprimagailua	- Unitate kopurua (erabiltzaile bakarra) - Erabilera-egunak - Bizitza denbora (suposizioa: 7 urte)
Zuri-beltzeko inprimagailua	- Unitate kopurua (erabiltzaile bakarra) - Erabilera-egunak - Bizitza-denbora (suposizioa: 7 urte)

Prozesua/Zerbitzua/Produktua	Ikasleak sartu beharreko datuak
Koloreko inprimagailuaren tonerra	– Unitate kopurua (erabiltzaile bakarra)
Zuri/beltz-eko inprimagailuaren tonerra	– Unitate kopurua (erabiltzaile bakarra)
Teklatua	– Unitate kopurua (erabiltzaile bakarra) – Erabilera-egunak – Bizitza-denbora (suposizioa: 7 urte)
Sagua	– Unitate kopurua (erabiltzaile bakarra) – Erabilera-egunak – Bizitza-denbora (suposizioa: 7 urte)
Routerra	– Unitate kopurua (erabiltzaile bakarra) – Erabilera-egunak – Bizitza-denbora (suposizioa: 7 urte)
Telefonoa (smartphone)	– Unitate kopurua (erabiltzaile bakarra) – Erabilera-egunak – Bizitza-denbora (suposaketa: 4 urte)
Tableta	– Unitate kopurua (erabiltzaile bakarra) – Erabilera-egunak – Bizitza-denbora (suposizioa: 4 urte)
Telebista	– Unitate kopurua (erabiltzaile bakarra) – Erabilera-egunak – Bizitza-denbora (suposizioa: 7 urte)
Disko gogorra (HDD, desktop)	– Unitate kopurua (erabiltzaile bakarra) – Erabilera-egunak – Bizitza-denbora (suposizioa: 7 urte)
Disko gogorra (HDD, eramangarria)	– Unitate kopurua (erabiltzaile bakarra) – Erabilera-egunak – Bizitza-denbora (suposizioa: 7 urte)
Zurezko altzaria	– Altzariaren pisua (kg) – Erabilera-egunak – Bizitza-denbora (suposizioa: 7 urte)
Osagai elektronikoaren makineria	– Makineriaren pisua (kg) – Erabilera-egunak – Bizitza-denbora (suposizioa: 20 urte)
Makina industrial astuna	– Makineriaren pisua (kg) – Erabilera-egunak – Bizitza-denbora (suposizioa: 20 urte)
Birziklatutako papera	– Orri kopurua – Orri-azalera (A4: 0,06237 m ² , A3: 0,12474 m ²) – Orri dentsitatea (normalean, 80 g/m ²)
Birziklatu gabeko papera	– Orri kopurua – Orri-azalera (A4: 0,06237 m ² , A3: 0,12474 m ²) – Orri dentsitatea (normalean, 80 g/m ²)
Iturriko ura	– Litro eguneko – Egun kopurua

«Osagai elektronikoaren makineria» eta «Makina industrial astuna» izeneko fitxak laborategietan erabilitako azpiegitura industrial edota elektronikoaren erabileraren ingurumen-inpaktuak kalkulatzeko erabil daitezke.

Hausnarketarako: produktu baten biziraupena bikoiztea lortzen badugu (adibidez, telefono baten bizitza bi urtetik laura luzatuz), produktu horren erabileraren ingurumen-inpaktua erdira jaitsiko dugu.

Garrantzitsua: kalkulu-orriaren errenkadak bikoiztu daitezke, kantitate ezberdinekin kontzeptu bereko hainbat sarrera egin behar badira.

3.2.5. Hondakinak

Hondakinen atalean aukerak beheko taulan erakusten dira. Atal honetan, erabiltzaileak ikertu beharko du bere herrian edo campusean bildutako hiri-hondakinen gainerako frakzioak zer tratamendu jasaten duen, errausketa edo zabortegira botatzea.

5. taula. Aukeren zerrenda «Hondakinak» atalean

Prozesua/Zerbitzua/Produktua	Ikasleak sartu beharreko datuak
Hondakin-uren tratamendua	- Hondakinaren bolumena litrotan eguneko - Egun kopurua
Hiri-hondakinen errausketa (gainerako frakzioa)	- Hondakin kopurua, kg eguneko - Egun kopurua
Hiri-hondakin solidoak zabortegian uztea (gainerako frakzioa)	- Hondakin kopurua, kg eguneko - Egun kopurua
Biohondakinen digestio anaerobikoa	- Hondakin kopurua, kg eguneko - Egun kopurua
Biohondakinen konpostatzea	- Hondakin kopurua, kg eguneko - Egun kopurua
Tonerren birziklatzea	- Kontsumitutako unitateak, hilabeteko - Egun kopurua
Hondakin arriskutsuen errausketa	- Hondakin kopurua, kg hilabeteko - Egun kopurua
Hondakin arriskutsuak zabortegian gordetzea	- Hondakin kopurua, kg hilabeteko - Egun kopurua

Garrantzitsua: kalkulu-orriaren errenkadak bikoiztu daitezke, kantitate ezberdinekin kontzeptu bereko hainbat sarrera egin behar badira.

3.2.6. Garraioa

Garraioen atalean honako aukera hauek izango ditu ikasleak:

6. taula. Aukeren zerrenda «Garraioa» atalean

Prozesua/Zerbitzua/Produktua	Ikasleak sartu beharrekoa
Garraioa ICE autoz ⁶	- pkm (garraioa)⁷ - Bidaia kopurua ibilgailuan (okupazioa)
Garraioa auto elektriko (nahaste elektriko osoa erabiliz, Espainiakoa 2018an)	- pkm (garraioa) - Bidaia kopurua ibilgailuan (okupazioa)
Garraioa auto elektriko (nahaste berriztagarria erabiliz, Espainiakoa 2018an)	- pkm (garraioa) - Bidaia kopurua ibilgailuan (okupazioa)
Garraioa motozikletaz	- pkm (garraioa) - Bidaia kopurua ibilgailuan (okupazioa)

⁶ Internal Combustion Engine (ICE), barne-errekuntzako motorra, orokorrean eztanda motorra deitua, erregai bat airearekin nahastu ondoren leherketa bat sortaraziz energia semateko gai den motor mota da. Bi mota nagusi ditugu eztanda motorretan: gasolinakoak eta gasoliokoak (diesel).

⁷ pkm: passenger-km

Garraioa bizikleta elektriko (nahaste elektriko osoa edo berriztagarria kontsumituz)	– pkm (garraioa)
Garraioa autobusez	– pkm (garraioa)
Garraioa tranbiaz	– pkm (garraioa)
Garraioa trolebusez	– pkm (garraioa)
Garraioa metro/aldiriko trenez	– pkm (garraioa)
Distantzia luzeko garraioa trenez	– pkm (garraioa)
Abiadura handiko trenez	– pkm (garraioa)
Garraioa hegazkinez	– pkm (garraioa)
Merkantzien garraioa trenez	– tkm (garraioa) ⁸
Merkantzien garraioa kamioiz	– tkm (garraioa)
Merkantzien garraioa itsasontziz	– tkm (garraioa)
Merkantzien garraioa hegazkinez	– tkm (garraioa)
Merkantzien garraioa ibilgailu komertzial arinez	– tkm (garraioa)

Garrantzitsua: kalkulu-orriaren errenkadak bikoiztu daitezke, kantitate ezberdinekin kontzeptu bereko hainbat sarrera egin behar badira.

3.2.7. Elikagaiak

Erabiltzaileak jarduera akademikoan kontsumitutako elikagaien inbentario osoa bildu behar du eta tresnan elikagai bakoitzerako errazio kopuru osoa sartu. Errazio guztiak gutxi gorabehera gramotan duten pisuaren arabera kalkulatu behar dira, eta likidoen kasuan, mililitro kopuruaren arabera. Gainera, bilaketa errazteko, elikagaiak bost talde handitan sailkatu dira: esnekiak eta antzekoak; haragia, arraina eta arrautzak; zerealak, lekaleak eta tuberkuluak; frutak, barazkiak eta bestelakoak; koipeak, olioak, saltsak eta azukreak eta edariak. Errazio kopurua kalkulatzeko, taula honetako informazioa erabiltzea gomendatzen da, zeinetan gida moduko adibideak biltzen diren. Zerrendan kontsumitutako produkturen bat aurkitzen ez bada, antzekoena erabiltzea gomendatzen da.

7. taula. «Elikagaiak» fitxako aukeren zerrenda eta errazioen gida.

Elikagaien zerrenda		Errazioaren adibideak		Errazioaren neurria
Esnekiak eta antzekoak				
Esnea / soja-esnea	Errazio bat	–Katilukada bat	–Edalontzi bat	200-250 ml
	Errazio erdia	–Katilukada erdia		100-125 ml
Jogurta	Errazio bat	–2 jogurt arrunt	–1 jogurt handi (200-250 ml)	200-250 ml
	Errazio erdia	–Jogurt arrunt bat		100-125 ml

8 tkm: tona-km

Elikagaien zerrenda		Errazioaren adibideak			Errazioaren neurria
Gazta	Errazio bat	-1-2 terrina txiki -2-3 xerra	-2-3 gaztatxo -2 igurtzitako tostada	-gazta on- duaren zati bat	80 g
	Errazio erdia	-Terrina bat -Xerra bat	-Gaztatxo bat -igurtzitako tostada bat		40-60 g
Haragia, arraina eta arrautzak					
Oilasko- eta oilo- -okela, behi- eta txerri-okela	Errazio bat	-¼ oilasko txiki -oilasko-bularki txiki bat -hanburgesa bat	-txahal-xerra txiki bat -egositako okelaren pla- terkada erdi -Txuleta bat	-2-3 txuleta txiki edo saiheski -2-3 txerri- -solomoa- ren xerra	125-150 g
Urdaiazpiko serra- no / urdaiazpiko egosia	Errazio bat	-2 xerra			50-60 g
Arraina	Errazio bat	-xerra, medailoi edo errazio indibidual bat -3-4 xerra			125-150 g
Oilo-arrautza	Errazio bat	-Arrautza bat			50-75 g
Patata-tortilla	Errazio bat	-Tortilla-pintxo bat			100-150 g
Zerealak, lekaleak eta tuberkuluak					
Ogia	Errazio bat	-Zati bat, txapata zati bat (3 atzamar) -Ogi -opiltxo bat	-6 atzamar ogi-barra -¼ baguette- -barra	-4 biskote -2 moldeko ogi-xerrak	40-60 g
	Errazio erdia	-La mitad de lo descrito en la casi- lla anterior			20-30 g
Gosarirako ze- realak / gailetak, barkilloak	Errazio bat	-Gosarirako zerea- leen katilukada bat -Muesli katilukada erdia	-6-9 María gai- leta -4-6 <i>digestive</i> motako gailleta		30-40 g
Croissant / <i>ba- klava</i>	Errazio bat	-Croissant bat	-3 mini crois- sant		90-100 g
	Errazio erdia	-Croissant erdia	-1-2 mini crois- sant	-1 <i>baklava</i>	45-50 g
Euskal pastela / arroz-esnea	Errazio bat	-Errazio txiki bat			100 g
Arroza / Pasta	Errazio bat	-Platerkada arrunta			170-240 g
	Errazio erdia	-Platerkada erdi arrunta			90-120 g
	¼ errazio	-Garnizio bat, arroza edo pasta entsa- ladan			60 g
Lekaleak	Errazio bat	-Platerkada arrunta			140-210 g
	Errazio erdia	-Platerkada erdi arrunta	-Garnizio bat	-Entsalada apur bat	70-105 g

Elikagaien zerrenda		Errazioaren adibideak				Errazioaren neurria
Patata	Errazio bat	–Platerkada erdi arrunta	–Patata handi bat edo 2 patata txiki	–Pure-plater arrunt erdia		150-200 g
	Errazio erdia	–1/4 platerkada arrunta	–Patata handi erdi edo patata txiki bat	–Patata-pure garnizioa		75-100 g
Frutak, barazkiak eta bestelakoak						
Fruta freskoa	Errazio bat	–Fruta ale ertain bat –2 mandarina –Granada bat	–2 okaran handi edo 3 okaran txiki –Marrubi-katilu-kada bat	–4 abrikot txiki –Anana-xerra bat		120-200 g
	Errazio erdia	–Fruta ale erdia –Okaran handia	–Mandarina bat –4-6 marrubi	–2 abrikot txiki		60-100 g
Tomatea / Letxuga, endibia, eskarola	Errazio bat	–Tomate ertain bat edo 2 tomate txiki	–Endibia bat	–Entsalada platerkada bat		150-200 g
	Errazio erdia	–½ tomate ertain edo tomate txiki bat	–½ entsalada-platerkada			75-100 g
	¼ errazio	–Entsalada-garnizio				35-50 g
Olibak	Errazio bat	–6-10 oliba	–Oliba-eskukada txiki bat			25-35 g
Piperra / tipula tipuleta	Errazio bat	–Piper txiki bat –½ piper lodia	–Tipula txiki bat –½ tipula txiki	–3-4 tipulina		100-120 g
	Errazio erdia	–½ piper txiki	–8-10 Padrongo piperrak	–1-2 tipulina		50-60 g
Barazki-purea barazkia / azenario egosia	Errazio bat	–Barazki egosiaren edo gisatuaren platerkada arrunt bat	–Pure- edo barazki-krema-ren platerkada arrunt bat			150-200 g
	Errazio erdia	–Barazki egosiaren edo gisatuaren platerkada arrunt baten erdia	–Pure- edo barazki-krema-ren platerkada erdia			75-100 g
	¼ errazio	–Barazki egosiaren edo gisatuaren garnizioa				32-50 g
Fruitu lehorrak	Errazio bat	–Eskukada bat	–20-30 hur	–4-6 intxaur	–15-20 almendra	25 g
Bestelakoak: koipeak, olioak, saltsak eta azukreak						
Oliba-olioa	Errazio bat	–Arrasean betetako zopa-koilarakada bat				10 ml
Tomate-saltsa	Errazio bat	–Zerbitzatzeko 2 koilarakada handi				30 ml
Azukre zuria / eztia	Errazio bat	–Ezti postre-koilarakada bat –Postre-koilarakada bat azukre	–Zorrotxo bat –2 terroi			8-10 g

Elikagaien zerrenda		Errazioaren adibideak		Errazioaren neurria
Edariak				
Iturriko ura	Errazio bat	–Edalontzi bete ur		250 ml
Botilako ur mine- rala	Bi errazio	–Litro erdiko botila txiki bat (500 ml)		250 ml
	Errazio bat	–Botila txiki bat (200-250ml)		250 ml
Kafe hutsa edo kafesnea, tea, infusioa	Errazio bat	–Katilukada bat		80 ml
Freskagarria / laranja-zukua	Errazio bat eta erdi	–Lata bat		330 ml
	Errazio bat	–Edalontzi bat	–Beirazko botila txiki bat	200-250 ml
Garagardoa	Errazio bat eta erdi	–Lata bat	–1/3 litro	330 ml
	Errazio bat	–Edalontzi bat	–1 kaña –1 botila txi- kia (20 cl)	200-250 ml
	Errazio erdia	–Zurito bat		100 ml
Ardoa	Errazio bat	–Kopa bat	–Txikito bat	100 ml

Garrantzitsua: kalkulu-orriko errenkadak bikoiztu daitezke, kantitate desberdineko kontzeptu bereko hainbat sarrera egin behar badira.

3.2.8. Informazio gehigarria

Horretaz gain, atal bakoitzean informazio gehiago aurkitu dezake ikasleak. Jarduera bakoitza (kontsumo energetikoa, materialen kontsumoa, hondakinen tratamendua, pertsona edo merkantzien garraioa eta elikagaiak) errenkadaka banatuta dago eta zutabeetan produktu/zerbitzu bakoitzaren honako informazio hau ematen da: prozesua, unitate funtzionala, ecoinvent edo Agribalyse® datu-basetik erreferentziarako hartutako prozesua, prozesuaren deskribapena, kokalekua, teknologia, inpacktu-kategorien koefizienteak (ezkutatuta daude baina ikasleak nahi izanez gero ikus ditzake), ikasleak bere balioak sartzeko parametroak, eta sortutako inpaktuen balioak (formulen bidez kalkulaturako balioak, proportzionaltasun arauak erabiliz).

4. Emitzak

Emitzetan, aurrean aipatutako orrien laburpena aurkituko du ikasleak, multzo bakoitzean sortu den inpaktua adieraziz, inpaktu-kategoria bakoitzean. Hala ere, ikasleak balio hauen inpaktua kualifikatzeko eta sortutako inpaktua neurtzeko, beste erreferentzia bat ematen da: 2010. urtean, mundu osoan, pertsonako batez besteko inpaktua⁹. Honako taula honetan kontsultatu daitezke aipatutako normalizazio datuak:

8. taula. Normalizazio-datuak. 2010.eko munduko batez besteko inpaktuak, pertsonako. Iturria: ReCiPe 2016, *midpoint*, ikuspegi hierarkikoa

Inpaktu-kategoriak	Balioa	Unitatea
Berotze globala	7.990,40765	kg CO ₂ baliokide (karbono dioxidoa) pertsonako 2010ean
Ozono estratosferikoa agortzea	0,06001	kg CFC-11 baliokide (triklorofluorometanoa) pertsonako 2010ean
Erradiazio ionizatzailea	479,91735	kBq Co-60 baliokide (kobalto 60 isotopoa) pertsonako 2010ean
Partikula meheen eraketa	25,56959	kg PM _{2,5} baliokide pertsonako 2010ean
Ozono fotokimikoa eratzea - giza osasuna	20,56746	kg NO _x baliokide pertsonako 2010ean
Ozono fotokimikoa eratzea - lehorreko ekosistemak	17,74933	kg NO _x baliokide pertsonako 2010ean
Lehorreko azidifikazioa	40,98051	kg SO ₂ baliokide (sufre dioxidoa) pertsonako 2010ean
Ur gezako eutrofizazioa	0,64989	kg P baliokide (fosforoa) pertsonako 2010ean
Itsasoen eutrofizazioa	4,61779	kg N baliokide (nitrogenoa) pertsonako 2010ean
Giza toxikotasuna - kantzerigenoa	10,29831	kg 1,4-DCB baliokide (diklorobentzenoa) pertsonako 2010ean

⁹ ReCiPe 2016 normalizazio faktoreak, 2010. urtean, munduan, *midpoint*, ikuspegi hierarkikoa. Datuak eskuragarri daude esteka honen bidez: <https://www.rivm.nl/en/documents/normalization-scores-recipe-2016>

Inpaktu-kategoriak	Balioa	Unitatea
Giza toxikotasuna - ez-kantzerigenoa	31.251,84226	kg 1,4-DCB baliokide (diklorobentzenoa) pertsonako 2010ean
Lehorreko ekotoxikotasuna	15.200,31066	kg 1,4-DCB baliokide (diklorobentzenoa) pertsonako 2010ean
Ur gezako ekotoxikotasuna	25,17470	kg 1,4-DCB baliokide (diklorobentzenoa) pertsonako 2010ean
Itsasoko ekotoxikotasuna	43,44284	kg 1,4-DCB baliokide (diklorobentzenoa) pertsonako 2010ean
Uraren erabilera	266,63926	m ³ pertsonako 2010ean
Lurraren erabilera	6.167,48228	m ² pertsonako 2010ean
Baliabide mineralak agortzea	120.051,20955	kg Cu baliokide (kobrea) pertsonako 2010ean
Baliabide fosilak agortzea	983,27742	kg petrolio baliokide pertsonako 2010ean

Hau ez ezik, modu errazagoan ikusteko helburuarekin, bi grafiko ikusteko aukera du ikasleak. Ondoren, bakoitzaren adibide bat emango da eta hauek nola interpretatzen diren azalduko da.

«Ikasle batek martxoan, apirilean eta maiatzean egiten du bere GrALa (90 egun gutxi gorabehera).

40 m²-ko laborategi batean egiten du lan egun osoan, beste 3 ikaskiderekin batera.

Hilabete batez, berokuntza-sistema martxan dago (15 lanegun). Eraikinak gas naturalaren galdara bat du. Campuseko eskualdeko klima epela da, eta urtean 90 egunez egoten da piztuta berokuntza-sistema.

Elektrizitatearen kontsumoak honako jatorri hau du:

- Ordenagailu eramangarri bat eta kontsumo baxuko pantaila bat (150 W, astean 5 lan egun, 7 ordu/eguneko; guztira 67,5 kWh elektrizitate berriztagarri eta ez-berriztagarriko nahasketarekin);
- Laborategiko argiztapena (500 W-eko potentzia, 4 pertsonak partekatua, astean 5 lan egun, 8 ordu/eguneko; guztira 64,3 kWh elektrizitate berriztagarri eta ez-berriztagarriko nahasketarekin);
- Industria-tailer batean, industria-makineria erabiltzen da aste zehatz batean 20 orduz probak egiteko (makineria 1.000 kg-ko pisua du eta 1 kW-eko batez besteko kontsumoa; kontsumoa iturri berriztagarrietako 20 kWh-ko elektrizitatea da).

Denbora horretan, ikasleak ordenagailu eramangarri bat, potentzia gutxiko pantaila bat, sagu bat, koloretako inprimagailu bat eta bi toner-kartutxo erabiltzen ditu. Proiektuan zehar, bere mugikorra (%50ean, gainontzeko erabilera kontu pertsonaletarako) eta tableta (%100ean, proiekturako erabilera eskusiboa) erabiltzen ditu. Birziklatutako paperezko 1000 DIN-A4 orri kontsumitzen ditu. Bere eguneroko ur kontsumoa eguneko 10 litro da, zentroko zerbitzuetan. Adierazi denez, ikasleak 1.000 kg-ko makineria industrial batekin probak egiten ditu, aste batean.

Ikasleak 0,5 kg hondakin nahasi sortzen ditu egunean (zerbitzuan, zakarrontzietan, kafetegian). Ikasleak badaki bere inguruan hondakin horien %70, aurretratatamendua egin ondoren, erraustu egiten dela eta gainerako %30ek zabortegetietan amaitzen duela.

Ikasleak egunero bidaiatzen du etxetik campusera, 15 km (guztira 1.930 km), metroz. Horrez gain, bidaiak puntualak (zenbait bilera, jardunaldi bat) egin behar izan ditu autobusez (200 km), eta autoz beste pertsona batekin (1.000 km guztira).

Dieta askotarikoa du, elikagai talde guztietako produktuak jaten ditu, baita haragikiak, postreak eta edari alkoholodunak ere. Ikasleak bost otordu egin ohi ditu egunean: gosaria, bazkaria, afaria eta bi askari. Hala ere, jarduera akademikoan, elikagai horien proportzio bakarra kontsumitzen du, proiektuaren ordutegiaren arabera, astelehenetik ostiralera, egunean zazpi ordutz. 9. taulan aste tipiko batean kontsumitutako elikagaiak deskribatzen dira xehetasunez.

9. taula. Eredut-menua (astebete)

	Astelehena	Asteartea	Asteazkena	Osteguna	Ostirala	Larunbata	Igandea
Gosaria	Arrautza frijitu bat Ogi-xerra bat Gazta-xerra bat 5 marrubia	Arrautza frijitu bat Ogi-xerra bat Gazta-xerra bat	Arrautza frijitu bat Ogi-xerra bat Gazta-xerra bat	Arrautza frijitu bat Ogi-xerra bat Gazta-xerra bat	Arrautza frijitu bat Ogi-xerra bat Gazta-xerra bat	Zereal bol bat esnearekin	2 arrautza frijitu Ogi-xerra bat Gazta-xerra bat
Askaria	Tea esnea- rekin	Tea nektarina bat	Kafe hutsa platano bat 3 abrikot	Infusioa okaran bat	Infusioa nektarina bat	Kafe hutsa Tortilla-pin- txoa	2 mandarina granada bat
Bazkaria	1. Marmita- koa 2. Oilasko errea entsala- da-garnizioa- rekin (letxuga eta tomate entsalada) eta patata frijituak Postrea: sa- garra	1. Makarroiak txanpiñoiekin 2. Antxoak entsalada- garnizioa- rekin (letxuga eta tomate entsalada)	1. Entsalada: letxuga, to- matea, aze- narioa, olibak eta gazta 2. Txahal urri- xa ogi-garni- zio eta patata frijituekin Postrea: Arroz-esnea	1. Barazki-pu- rea 2. Arrain arrautzaztuta entsalada- garnizioa- rekin (letxuga eta tomate entsalada) eta patata frijituak	1. Paella mo- tako arroza 2. Patata-tor- tilla tomate saltsarekin eta entsala- da-garnizioa- rekin (letxuga eta tomate entsalada) Postre: pal- mera bat y sagar bat	Ur-botila bat Oilasko-bu- larkiaren plater kon- binatua: garnizioa- rekin: arroz zuria, patata frijituak eta entsalada (letxuga, tomatera eta azenarioa) Postre: 2 baklava	–
Askaria	Coca-Cola® Kafe hutsa	Infusioa ez- tiarekin	Infusioa	Sagarra	Kafesnea Sandwich mistoaren pintxo bat	Kafe hutsa	Infusioa Urdaiazpiko ogitartekoa 2 palmera
Afaria	Zereal bol bat esnearekin	Zereal bol bat esnearekin		Zereal bol bat esnearekin	2 garagardo (kaña)		Barazki sal- teatuta arroz eta almendra garnizioa- rekin

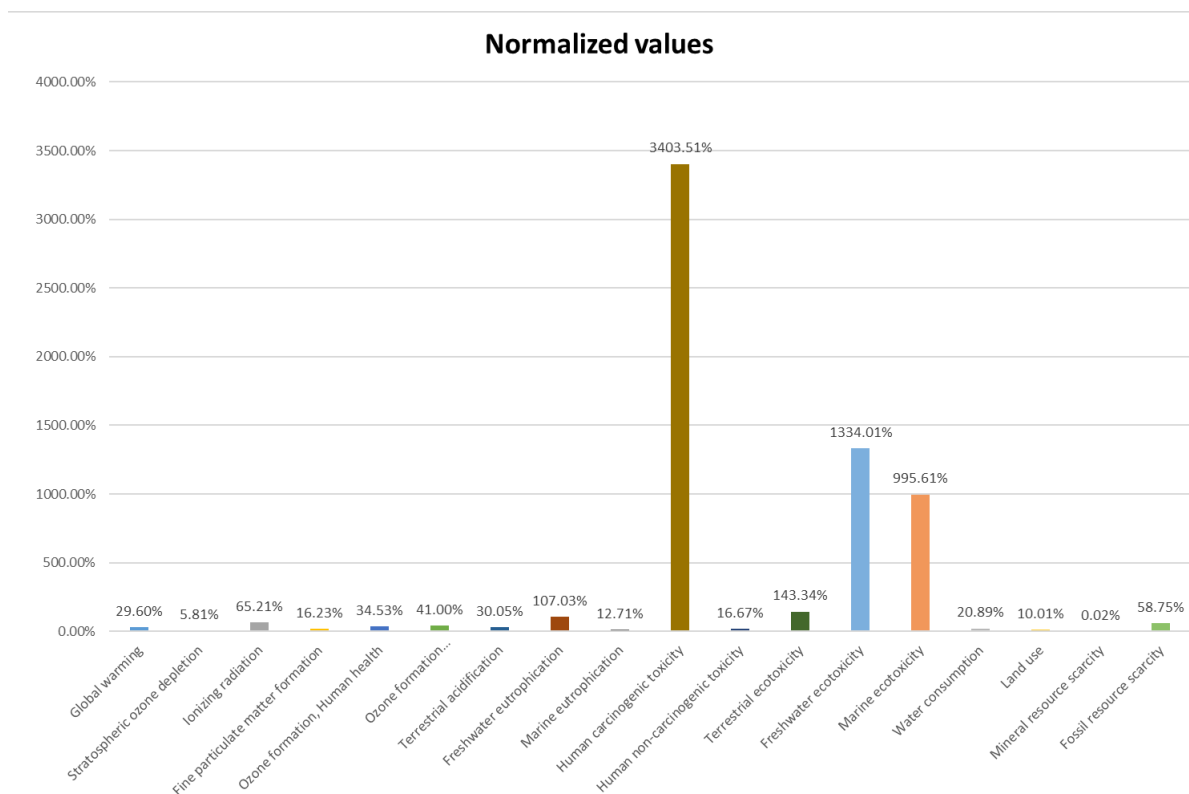
Asteuko ereduko menutik abiatuta, 10. taulan inbentario osoa biltzen da, eta 90 eguneko aldiari elikagai bakoitzerako errazioen kopuru osoa kalkulatzen da.

10. taula. Elikagaien inbentarioa eta 90 eguneko errazioen kopuru osoa

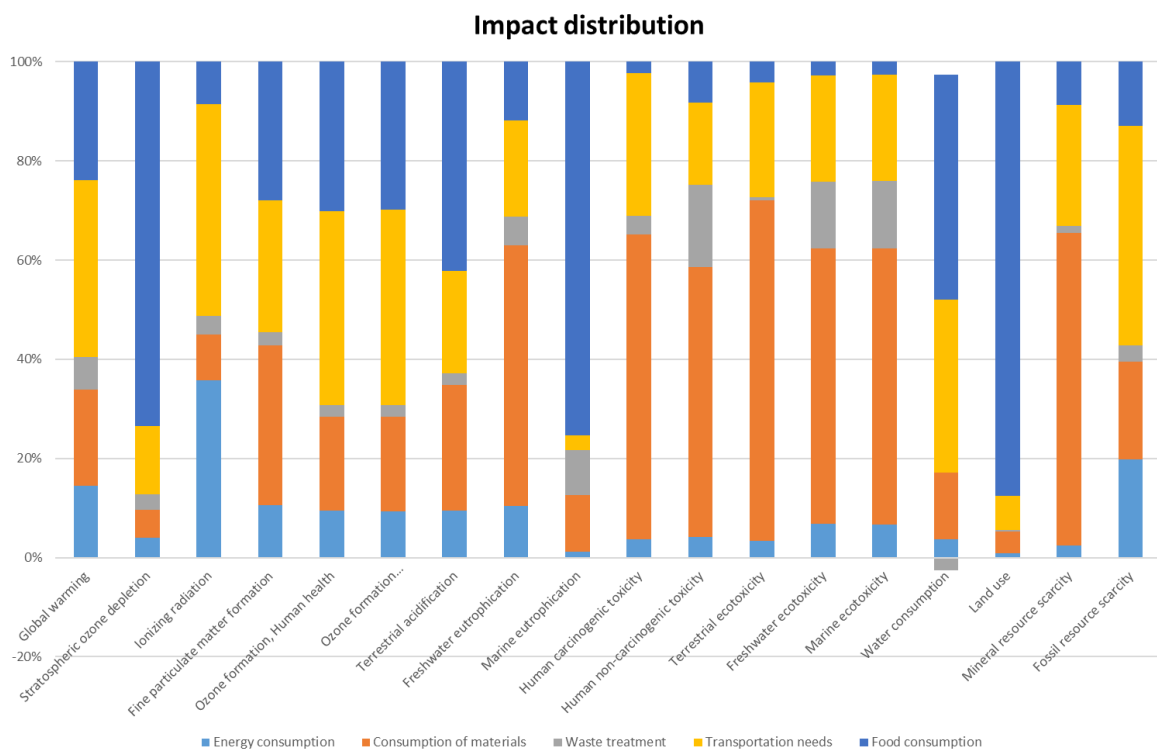
Eredu menuko agerpenen guztizko kopurua		Errazioaren baliokidetasuna taularen arabera	Errazio-kopurua Aste-ereduko 7 egunez zatitzen eta 90 egunez biderkatzen da	Iruzkinak
Esnekiak eta antzekoak				
4	Esnea	1	51,4	Gosariko zerealekin hartutako esnari dagokio
6,5	Gazta-xerra	0,5	41,8	Sandwich mistoaren gazta kontuan hartzen du
1	Gazta-garnizioa	1	12,9	Asteazkeneko entsalada-platearraren osagai modura
Haragia, arraina eta arrautzak				
2	Oilasko zati bat	1	25,7	
1	Txahal-okela	1	12,9	
1	Urdaiazpiko serranoaren xerra bat	0,5	6,4	
0,5	Urdaiazpiko egosiaren xerra bat	0,5	3,2	Sandwich mistoaren osagai modura
3	Arraina	1	38,6	Antxoak, arrain arrautzaztua eta paellaren mariskoa kontuan hartzen ditu
1	Hegaluzea	1	12,9	Marmitakoaren hegaluzea kontuan hartzen du
7	Arrautza frijitua	1	90,0	
3	Tortilla eta tortilla-pintxoak	1	38,6	Ostiraleko bazkariaren tortilla (2) eta larunbateko pintxoak kontuan hartzen ditu
Zerealak, lekaleak eta tuberkuluak				
3	Txapata-ogiaren garnizioa	1	38,6	
7	Moldeko ogi xerra bat	0,5	45,0	
1	Makarroiak	0,5	6,4	
2	Arroz zuria	1	25,7	Bi garnizio eta paellaren arroza kontuan hartzen ditu
4	Gosariko zereala	1,25	64,3	
2	Baklava	1	25,7	
1	Arroz-esnea	1	12,9	
3	Palmerak	0,5	19,3	Gaileta arrunta esleitzen zaio
1	Patata	1	12,9	Marmitakoaren osagai modura
Frutak eta barazkiak				
1	Almendra eskukada bat	1	12,9	
1	Marrubi errazio bat	0,5	6,4	
4	Okarana	0,5	25,7	Okaranaz gain, abrikota eta nektarina kontuan hartzen ditu
1	Platanoa	1	12,9	
1	Granada	2	25,7	
1	Mandarina	1	12,9	Laranja esleitzen zaio
3	Sagarra	1	38,6	
1	Olibak	1	12,9	Entsaladaren errezetaren parte modura
3	Azenarioa	0,25	9,6	Entsaladaren errezetaren parte modura (2) eta garnizio modura (1)

Eredu menuko agerpenen guztizko kopurua		Errazioaren baliokidetasuna taularen arabera	Errazio-kopurua Aste-ereduko 7 egunez zatitzen eta 90 egunez biderkatzen da	Iruzkina
5	Letxuga-garnizioa	0,25	16,1	
1	Letxuga	1	12,9	Entsaladaren errezetaren parte modura
7	Tomatea	0,25	22,5	Entsaladaren errezetaren parte modura
4	Patata frijituen garnizioa	0,5	25,7	
1	Tipula	0,25	3,2	Marmitakoaren osagai modura
2,5	Barazki-purea	1	32,1	Pureaz gain (1), salteatutako barazkiak (1), makarroi txanpiñoiak (0,25) eta paellaren barazkiak (0,25)
Bestelakoa: gantzak, olioak, saltsak eta azukrea				
6	Oliba-olioa	1	77,1	Entsalada-ongailu modura
1	Eztia	1	12,9	Infusioarekin kontsumitutako ezti kontuan hartzen du.
2	Tomate-saltsa	1	25,7	Ostiraleko bazkariarena (tomate-saltsa) eta marmitakoaren errezetarena
Edariak				
6	Tea / Infusioa	1	77,1	
4	Kafe hutsa	1	51,4	
2	Kafesnea	1	25,7	
2	Garagardoa (kaña)	1	25,7	
1	Coca-Cola®	1	12,9	
1	Botilako ura	1	12,9	
28	Iturriko ura	1	360	Lau edalontzi bete ur egunean

Azkenik, jarduera akademikoa astelehenetik ostiralera eta egunean zazpi orduz gertatzen denez, balioak kalkulu-orrian sartzeko orduan, dagokion kontsumo proportzionala esleitzeko faktore bat aplikatu behar da. Adibidez, gure inbentarioan 51,4 kafe-errazio ditugu 90 eguneko epean. Jarduera akademikoari dagokion proportzioa esleitzeko, biderketa hauek egingo ditugu: egunean 7/24 ordu kopuruaren faktorea eta astean 5/7 egun kopuruaren faktorea (kalkulu-orrian sartu beharrekoa: $54,4 \times 7/24 \times 5/7$). Eta horrela hurrenez hurren elikagaien zerrenda guztiarekin».



1. grafikoa. Inpaktu-kategoria bakoitzaren konparazioa ehunekotan, 2010. urteko datuak erreferentziatzat hartuta



2. grafikoa. Inpaktu-kategoria bakoitzean jarduera bakoitzak (energia/materialak/hondakinak/garraioa/elikagaiak) duen pisua

Grafikoen interpretazioa hurrengo litzateke:

1. Lehenengo grafikoan, ikasleak jarduera akademikoa burutzean sortutako inpaktua konparatzen da 2010. urtean, mundu osoan, pertsonako batez besteko inpaktuarekin. Hori lortzeko, lehen aipatu bezala, ikasleak lana burutzeko denborarekin zatitzen da inpaktu osoa; horrela, posible da eguneko batez besteko inpaktua kalkulatzeko. Balio hori, normalizatutako balioekin zatitu eta ehunekoetan erakusten da grafikoan, ingurumen inpaktu-kategoria bakoitzeko. Beraz, grafiko honetan egin beharreko interpretazioa honako hau da: inpaktu-kategoria batean kalkulaturako ehunekoa %100 baino altuagoa baldin bada, orduan inpaktu-kategoria horretan sortutako inpaktua 2010. urteko batez bestekoa pertsonako baino altuagoa da. Adibidez: jarduera akademikoan ikasleak eguneko sortutako klima-aldaketa 2010. urtean munduan pertsonako sortutako batez bestekoaren %29,6 izan zen; ur gezaren eutrofizazioan %107,03, eta baliabide fosilen agortzean %58,75.

Proposatu dugun adibidea aztertuz gero, oso argi dago giza toxikotasun kantzerigenoan (%3403,51), lehorreko ekotoxikotasunean (%143,34) eta ur gezaren (%1334,01) eta itsasoen ekotoxikotasunetan (%995,61), eguneko inpaktuak handiagoak direla ditugun erreferentziazko balioekin konparatuz gero. Grafikoa oso erabilgarria da ikasleak inpaktu espezifikoak zein den jakiteko. Inpaktu horiek zer jarduerarekin lotuta dauden jakiteko, 2. grafikoa aztertu behar da.

2. Bigarren grafikoak, jarduera talde bakoitzak (kontsumo energetikoa, materiala, hondakinen tratamendua, garraio beharrak eta elikagaiak) inpaktu bakoitzean duen eragina zein den jakitea ahalbidetzen du. Zutabe bakoitza (ingurumen inpaktu-kategoria bakoitzari erreferentzia egiten diona) bost koloretan banatuta dago eta kolore bakoitzak jarduera talde baten ekarpena islatzen du. Gainera, zutabe bakoitzaren gainean punteroak jarri gero, zehatz-mehatz jarduera taldeak duen eragina ikus daiteke (inpaktu-kategoria bakoitzeko unitateak 10. taulan erakusten dira, beheago). Adibidearen grafikoa aztertuz gero, ozono fotokimikoaren eratzean eragin gehien dituen jarduerak garraioari lotuta daudela egiazta daiteke. Uraren kontsumoan, aldiz, hondakinen tratamenduarekin erlazionaturako jarduerak inpaktua murrizten dute: hondakin-uren tratamenduan, ura kontsumitu beharrean ur garbia lortzen dugulako gertatzen da hori. Materialen kontsumoak inpaktu-kategoria guztietan eragina du, eta gainera, oso nabarmena batzuetan: baliabide mineralen urritasuna, Itsasoen ekotoxikotasunean, Giza toxikotasunetan, Ur gezako eutrofizazioan eta Ur gezako eta lehorreko ekotoxikotasunetan. Era berean, elikagaien kontsumoak inpaktu-kategoria guztietan eragina duela ikus daiteke, bereziki, ozono-geruza suntsitzean, itsasoaren eutrofizazioan eta lurzoruen erabileran.

1. grafikoan nabarmentzen ziren bi kategorietan (tsas ekotoxikotasuna eta Ur gezako ekotoxikotasuna) materialen kontsumoa da garrantzitsuenak, eta horren barruan Eraikinen erabilera da iturri nagusia. Giza toxikotasun minbizidunean, berriz, makineria industrialaren erabilera da iturri nagusia, eta horren atzetik garraio-beharrak datoz, batez ere autoz egindako bidaiak.

5. Inpaktu-kategorien azalpena

Ikasleak tresnak eskatzen dizkion balioak sartu ondoren, inpaktu-kategoria desberdinei dagozkien koefizienteak jasoko ditu. Hauek ondo katalogatzea guztiz beharrezkoa da, erabiltzaileak zehatz-mehatz jakin dezan zenbatekoa den sortutako inpaktuaren benetako ondorioa. Hurrengo ataletan, tresnak eskaintzen dituen kategoria hauen deskribapena eta inpaktuaren nondik norakoak azalduko dira.

Dokumentu honek ReCiPe 2016 v.1.1 (Huijbregts et al., 2017) metodoaren 18 inpaktu-kategorien deskribapena jasotzen du. 11. taulan inpaktu-kategoria guztiak agertzen dira, dagozkien unitateekin batera. «Inpaktu kategoria» zutabean, dokumentu honetan batera deskribatzen diren kategoriak multzokatu dira.

Ingurumen-inpaktuaren kategorien deskribapena. Midpoint, ReCiPe 2016 v1.1

11. Taula. 18 Ingurumen-Inpaktuaren kategorien zerrenda dagozkien unitateekin. ReCiPe 2016 v.1.1 metodologia

Inpaktu kategoria		Unitatea
1. Berotze globala		kg CO ₂ baliokide
2. Ozono-geruzaren urritzea		kg CFC-11 baliokide (CFC-11: triklorofluorometano)
3. Erradiazio ionizatzailea		kBq Co-60
4. Partikulak eratzeara		kg PM _{2.5} baliokide
5. Ozono fotokimikoa eratzeara: giza osasuna	Ozono fotokimikoa eratzeara	kg NO _x
6. Ozono fotokimikoa eratzeara: ekosistemen kalitate		kg NO _x
7. Lehorreko azidifikazioa		kg SO ₂ baliokide
8. Ur gezaren eutrofizazioa	Eutrofizazioa	kg P baliokide, ur geza
9. Itsasoaren eutrofizazioa		kg N baliokide, itsasoko ura

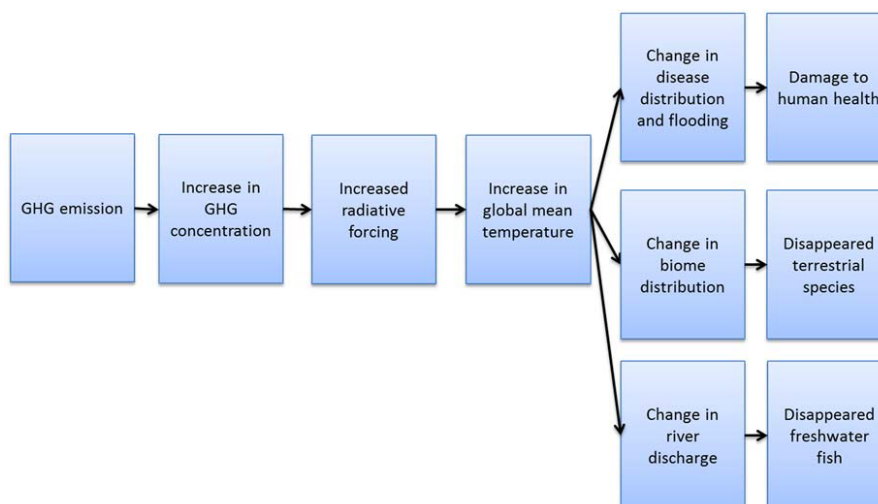
Inpaktu kategoria		Unitatea
10. Giza toxikotasuna: kantzerigenoa	Toxikotasuna Ekotoxikotasuna	kg 1,4-DCB baliokide (dikloro-bentzeno), airera
11. Giza toxikotasuna: ez- kantzerigenoa		kg 1,4-DCB baliokide (dikloro-bentzeno), airera
12. Lehorreko ekotoxikotasuna		kg 1,4-DCB baliokide (dikloro-bentzeno), lurzoru industrialera
13. Ur gezako ekotoxikotasuna		kg 1,4-DCB baliokide (dikloro-bentzeno), ur gezara
14. Itsasoko ekotoxikotasuna		kg 1,4-DCB baliokide (dikloro-bentzeno), itsasoko uretara
15. Uraren erabilera		m ³ (metro kubiko) ur (kontsumitutako ura)
16. Lurraren erabilera		m ² a (m ² bider denbora, urteetan neurtuta)
17. Baliabide mineralak agortzea	Baliabideak agortzea	kg Cu baliokide
18. Baliabide fosilak agortzea		kg petrolio baliokide

Informazio gehiago (ikus inpaktu-kategoriak): <https://lc-impact.eu/methodology.html>

5.1. Berotze globala

Unitatea: kg CO₂ baliokide

Inpaktu-kategoria honek Berotegi Efektuko Gasen (BEG) isuriak neurtzen ditu. Emisio horien ondorioz, atmosferako BEGen kontzentrazioa handitu egiten da, eta horrek, era berean, handitu egiten du atmosferaren erradiazioa bortxatzeko gaitasuna (*radiative forcing*, W·m⁻²). Erradiazioa bortxatzeko gaitasunak Lurrak xurgatzen duen eguzkitiko argiaren eta espaziora irradiatzen den energiaren arteko diferentzia adierazten du. Erradiazioa bortxatzeko gaitasuna handituz gero, batez besteko tenperatura globala handitzen da. Ondorioz, hainbat amaierako puntuko ingurumen-inpaktu sortzen dira: giza osasuna eta ekosistemak, bai lehorrekoak eta baita uretakoak ere kaltetzea (1. Irudia).



1. irudia. Kausa-efektu katea, BEGen isurietatik abiatuz, giza osasuna kaltetzea arte, lehorreko eta uretako ekosistemen espezieak galtzeko. Iturria: ReCiPe, 2017

BEG batek erradiazioa bortxatzeko gaitasunean duen eragina, erreferentziako substantziarekiko, karbono dioxidoa (CO₂) eta 20, 100 edo 1000 urteko denbora-mugarekiko adierazten da, ikuspegi indibidualista, hierarkikoa eta berdintasunezkoa hurrenez hurren, zehazten duena.

12. taulan, BEG nagusien Berotze Globaleko Potentzialaren (GWP ingelesez, *Global Warming Potential*) balioak jaso dira. GWP balioak denboran zehar (20, 100 edo 1.000 urte) integratutako erradiazioa bortxatzeko gaitasun gehigarria adierazten du, dagokion 1 kg BEG jakinaren emisioak eragindakoa, 1 kg CO₂-aren emisioak denbora-epe berean eragindako erradiazioa bortxatzeko gaitasunari dagokionez. Beste BEG batzuen GWP-balioak IPCC txostenean kontsultatu daitezke (IPCC, 2013); besteak beste, klorofluorokarbonoak, hidroklorofluorokarbonoak, hidrofluorokarbonoak eta abar.

12. taula. Berotegi-Efektuko Gas nagusien Berotze Globaleko Potentzialak (kg CO₂ baliokide/kg), 2, 100 eta 1.000 urteko denbora-mugarekiko (Iturria: IPCC, 2013)

Konposatua	Ikuspegia		
	Indibidualista (20 urte)	Hierarkikoa (100 urte)	Berdintasunezkoa (1000 urte)
Karbono dioxidoa (CO ₂)	1	1	1
Metanoa (CH ₄)	84	34	4,9
Metano fosila	85	36	4,9
Oxido nitrosoa (N ₂ O)	264	298	78,8

Informazioa:

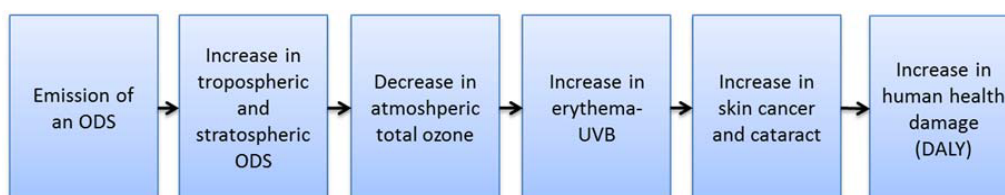
<https://www.miteco.gob.es/eu/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas/cop21/el-cambio-climatico.htmls>

5.2. Ozono-geruzaren urritzea

Unitatea: kg CFC-11 baliokide (triklorofluorometanoa)

Inpaktu-kategoria honek ozonoa agortzen duten substantzien (ODS ingelesez, *Ozone Depleting Substances*) isuriak adierazten ditu. Ozono-geruza agortzen duten substantziak oso iraunkorrak dira. Horien molekulak kloro- eta bromo-atomoak dituzte, ozonoarengan eragina dutenak eta ozonoa suntsitzen dutenak, batez ere estratosferan. Izan ere, ozonoa agortzen duten substantziek bizitza-denbora luzea dute eta estratosferaraino irits daitezke.

Ozono estratosferikoak erradiazio ultramorea-B (UVB) xurgatzen du. Estratosferako ozono-kontzentrazioa murriztearen ondorioz, Lurraren azalerara erradiazio UVB gehiago iristen da. 2. irudian, ozono-geruza agortzen duten substantzien emisioen kausa-efektu katea ikus daiteke. Horrek ondorio negatiboak ditu giza osasunean, hala nola, larruazaleko minbiziaren intzidentzia areagotzea eta begi-lausoak agerraraztea.



2. irudia. Kausa-efektu katea, Ozonoa agortzen duten substantzien (ODS) isurietatik abiatuz, giza osasuna kaltetzea arte. Iturria: ReCiPe, 2017

Inpaktu-kategoria honen karakterizazio-faktoreak kalkulatzeko, CFC11: triklorofluorometanoa (CCl_3F) erabiltzen da erreferentzia gisa, zeinari 1 balioko karakterizazio-faktorea esleitzen zaion.

Informazio gehiago:

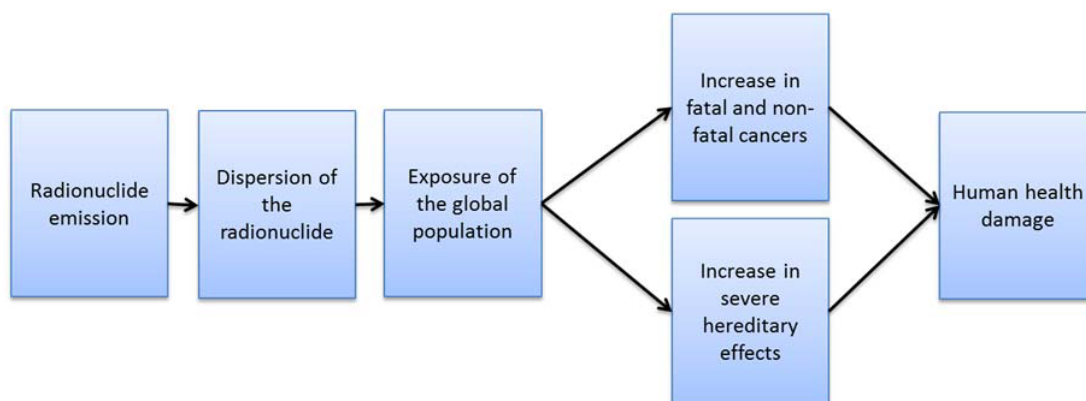
<https://www.miteco.gob.es/eu/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/ozono.html>

5.3. Erradiazio ionizatzailea

Unitatea: kBq Co-60

Inpaktu-kategoria honek deskarga erradioaktiboek giza osasunean eragindako kalteak adierazten ditu. Erradiazio ionizatzailea atomoek uhin elektromagnetiko modura (gamma izpiak edo X izpiak) edo partikula modura (alfa eta beta partikulak edo neutroiak) askatzen duten energia mota bat da. Atomoen bat-bateko desintegrazioari erradioaktibitate deritze, eta igorritako energia soberakina erradiazio ionizatzaile mota bat da. Desintegratzen diren eta erradiazio ionizatzailea igortzen duten elementu ezegonkorrei erradionukleido deritze. Erradionukleido baten kantitatearen neurri modura aktibitatea erabiltzen da eta becquerel (Bq) unitatearen bidez adierazten da, segundoko desintegrazio bati dagokiona (WHO, 2016).

3. irudian erradionukleidoen isurien ondoriozko giza kalteen emaitzak adierazten dira: minbizia izateko arriskua areagotzea eta herentziazko efektu larriak areagotzea.



3. irudia. Kausa-efektu katea, airera eta uretara gertatzen diren erradionukleidoen isurietatik abiatuz, giza osasuna kaltetzeraino. Iturria: ReCiPe, 2017

Erreferentzia-unitatea kBq Co-60 unitateetan kalkulatzen da. Hau da, Kobalto-60 isotopoari dagokionez (^{60}Co), kobaltoaren isotopo erradioaktibo sintetikoa, 5,27 urteko semidesintegrazio-periodoa duena.

Informazio gehiago:

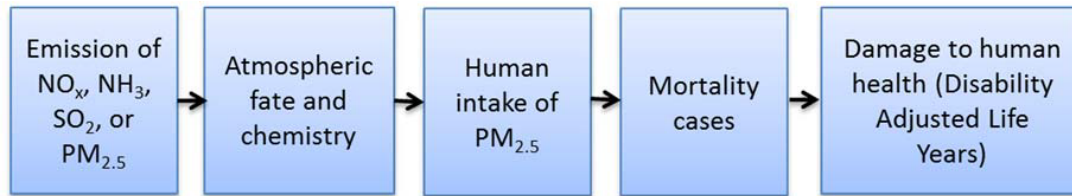
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>

5.4. Partikulak eratzea

Unitatea: kg $\text{PM}_{2.5}$ baliokide

Inpaktu-kategoria honen bidez, partikula primarioen emisioak eta atmosferan partikula sekundarioak sortzeak giza osasunean eragindako kalteak adierazten dira. Partikula meheak ($\text{PM}_{2.5}$: $2,5\ \mu\text{m}$ baino diametro txikiagoko partikulak) kutsatzaile organikoen eta ez-organikoen nahaste konplexua da.

4. irudian, partikula meheen aitzindari diren kutsatzaileen (NO_x , NH_3 , SO_2) eta partikula primarioen ($\text{PM}_{2.5}$) emisioen sekuentzia biltzen dira. Partikula meheak arnastu daitezke eta arnasbideen goiko aldera eta biriketara irits daitezke. Partikula meheen esposizio kronikoak heriotza-tasa handitzea ekar dezake (giza osasunari kalte egitea).



4. irudia. Kausa-efektu katea, partikula meheen eta horien aitzindariaren emisioetatik abiatuz, giza osasuna kaltzeko. Iturria: ReCiPe, 2017

Inpaktu-kategoriaren unitateak partikula meheei ($\text{PM}_{2.5}$) egiten dio erreferentzia. Izan ere, Munduko Osasunaren Erakundearen arabera, partikulek hilkortasunean duten eragina frakzio mehearekin ($\text{PM}_{2.5}$) lotura handiagoa dute, frakzio lodiarekin baino ($\text{PM}_{2.5-10}$, 2,5 eta 10 μm bitarteko diametroa duten partikulak). Gainera, partikula meheen esposizioa arnas morbiditatearekin lotuta dago (WHO, 2006).

Informazio gehiago («*Particulate Matter*, PM» atalena):

[https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

5.5. Ozono fotokimikoa eratzea: giza osasuna

5.6. Ozono fotokimikoa eratzea: ekosistemen kalitatea

Unitatea: kg NO_x

«Ozono fotokimikoa eratzea» inpaktu-kategoriak ozono fotokimikoa sortzeko gaitasuna neurtzen du. Ozonoaren aitzindariak nitrogeno oxidoak (NO_x) eta NMVOC dira (metanoa ez diren konposatu organiko lurrunkorrak, NMVOC, ingelesezko siglen arabera: *Non-Methane Volatile Organic Compounds*). Bi inpaktu-kategoria hauek giza osasunaren gaineko ondorioak eta ekosistemen gaineko kalteak kontuan hartzen dituzte.

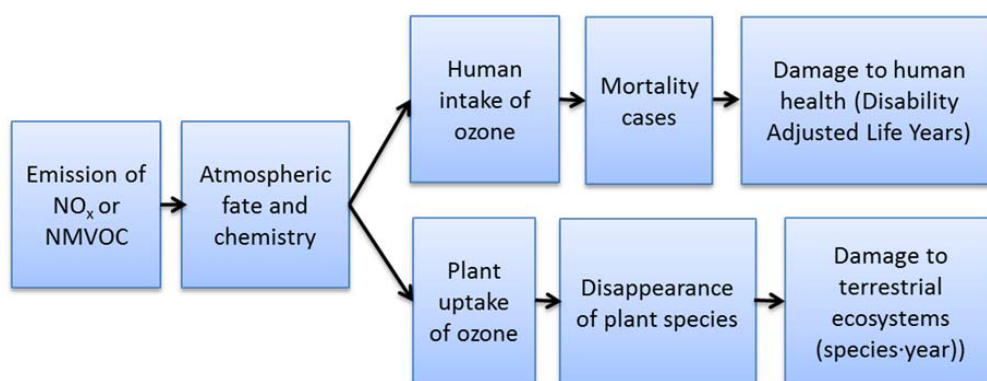
Ozonoa ez da zuzenean atmosferara isurtzen, haren aitzindari nagusietatik abiatuz sortzen delako: NO_x konposatuetatik eta NMVOC konposatuetatik. Eraketa-prozesua udan areagotzen da, eguzki-erradiazio handiagoaren ondorioz. Esan beharra dago ozonoa sortzeko prozesua ez dela lineala, haren aitzindariaren kontzentrazioaren eta baldintza meteorologikoen (eguzki-erradiazioa) arabera baita.

5. irudian ageri den bezala, ozonoak giza osasunean aurkako eragina du, asma eta arnas aparatuko beste gaixotasun kroniko batzuk larriagotzen baititu, hala nola, BGBK (Biriketako Gaixotasun Buxatzaile Kronikoa). Gainera, ozonoak landaredian aurkako eragina izan dezake eta haren hazkunde eta hazi-ekoizpen prozesu naturalak aldatu. Gainera, ozonoak materialak ere kalte ditzake.

Inpaktu-kategoria honen neurri-unitatea ozono-aitzindarietako bati zor zaio: nitrogeno-oxidoak (NO_x). NO_x terminoak, oxido nitrikoaren (NO) eta nitrogeno dioxidoaren (NO_2) arteko batura kontuan hartzen du. Tenperatura altuetan gertatzen diren errekuntza-prozesuetan NO_2 konposatua da kanti-tate handiaren sortzen dena (PRTR, 2021).

Informazio gehiago (ikus 5.1 laukia):

<https://www.eea.europa.eu/es/publications/92-828-3351-8/page005.html>



5. irudia. Kausa-efektu katea, ozonoa eratzen denetik, giza osasunaren gaineko eta lehorreko ekosistemetako kalteak arte. Iturria: ReCiPe, 2017

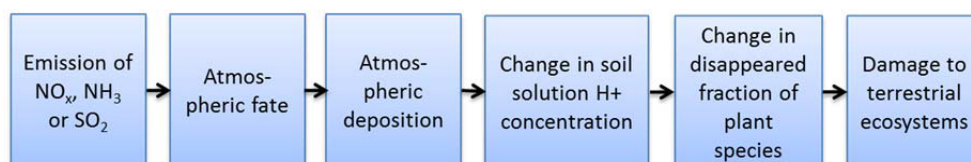
5.7. Lehorreko azidifikazioa

Unitatea: kg SO₂ baliokide (sufre dioxidoa)

Inpaktu-kategoria honek substantzia ez-organikoen lurzoruan jalkitzean duten eragina adierazten du, hala nola sulfatoak (SO₄²⁻), nitratoak (NO₃⁻) eta fosfatoak (PO₄³⁻). Izan ere, ioi hauek lurzoruen azidotasuna aldatzen dute.

Lurzoruen substantzia azidotzaileen aitzindari nagusiak NO_x, NH₃ eta SO₂ konposatuak dira. Atmosferara isuri ondoren, zenbait eraldaketa kimiko jasan ditzakete NO₃⁻ eta SO₄²⁻ ioiak sortzeko. Ioi horiek lurzoruan jalki daitezke, horren azidotasuna aldatuz. Landare-espezie guztientzat, azidotasun-maila optimoa existitzen da eta, aldatzen bada, kalteak gerta daitezke landare-espezie jakin horretan.

6. irudian, lurzorua azidotzen duten substantzien aitzindariak diren gasen emisioen kausa-efektu katea adierazten da. Sustantzia azidotzaileek landaredia ere kaltetu dezakete.



6. irudia. Kausa-efektu katea, lurzorua azidotzen duten substantzien aitzindariak gas-isurietatik abiatuz, lehorreko ekosistemen kalteak arte. Iturria: ReCiPe, 2017

Inpaktu-kategoria honen unitatea sufre dioxidoari (SO₂) zor zaio.

Informazio gehiago (ikus 4.1 laukia):

<https://www.eea.europa.eu/es/publications/92-828-3351-8/page004.html>

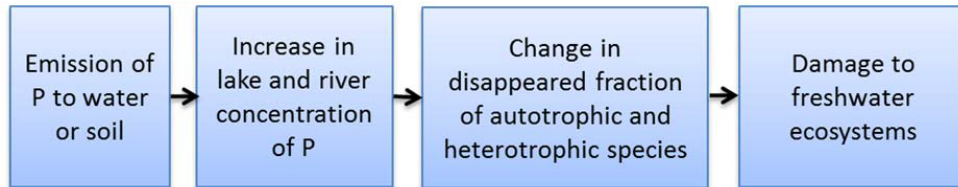
5.8. Ur gezaren eutrofizazioa

Unitatea: kg P baliokide, ur geza

Ur gezaren eutrofizazioa, lurzoruan edo zuzenean ur gezara, elikagaiak (fosforoa eta nitrogenoa) deskargatzearen ondorioz gertatzen da. Elikagai gehiago daudenez (ur gezaren kasuan, bereziki fosforoak du eragina), organismo autotrofoek (zianobakterioek eta algek, esaterako) kantidad handiagoan xurgatzen dituzte elikagai horiek. Espezie heterotrofoek ere, hala nola arrainek eta ornogabeek, kantidad handiagotan xurgatzen dituzte elikagaiak. Uretako landareen hazkunde neurrigabeak fotosintesia

egiteko beharrezkoa den argia sartzea eragozten du. Landare horiek hiltzen direnean, oxigeno kantitate handia behar da hildako biomasa degradatzeko. Oxigeno-gabezia horrek arriskuan jar dezake uretako animalia-espezieen iraupena eta, muturreko kasuetan, heriotza ere eragin dezake.

7. irudian, ur gezara eta lurzorura gertatutako fosforo-isuriaren kausa-efektu katea adierazten da. Katea, ur gezako ekosistemen kaltearekin bukatzen da.



7. irudia. Ekosistemen kaltea sortzen duten fosforoaren isuriaren kausa-efektu katea. Iturria: ReCiPe, 2017

Inpaktu-kategoria honen kalkulurako unitatea fosforoari dagokio. Izan ere, ur gezan eraginik handieneko elikagaia da.

Informazio gehiago:

Orokorra: <https://www.britannica.com/science/eutrophication>

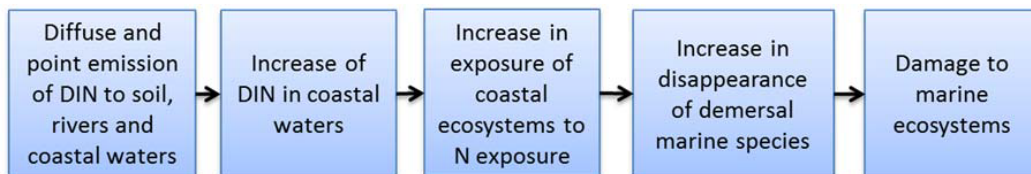
Ur gezaren eutrofizazioa (gainazaleko urak): <https://www.miteco.gob.es/va/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/proteccion-nitratos-pesticidas/impacto-calidad-agua/>

5.9. Itsasoen eutrofizazioa

Unitatea: kg N baliokide (itsasoko ura)

Ur gaziaren eutrofizazioa lurzoruaren elikagaien isurketaren eta lixibiazioaren bidez gertatzen da. Izan ere, elikagai horiek, deskargaren bidez itsasoan bukatzen dute. Ondorioz, itsasoko uretako elikagaien (nitrogenoa eta fosforoa) edukia handitzen da eta algen eta bestelako uretako landareen hazkuntza areagotzen da. Gehienbat, disolbaturiko nitrogeno ez-organikoari (ingelesezko sigletatik: DIN, *Dissolved Inorganic Nitrogen*) zor zaio. Uretako landareak hiltzen direnean, hildako biomasa degradatzeko oxigenoa kontsumitzen da. Oxigeno-urritasunak arrainen heriotza eragin dezake.

8. irudian ur gezara egindako elikagaien isuriaren kausa-efektu katea agertzen da. Elikagaiek itsasoan bukatzen dute eta, ondorioz, disolbatutako nitrogeno ez-organikoaren kontzentrazioa handitzen da, eta ur gaziko ekosistemak kaltetzen dira.



8. irudia. Kausa-efektu katea, disolbaturiko nitrogeno ez-organikoaren (ingelesezko sigletatik DIN: Dissolved Inorganic Nitrogen) isurietatik, ur gaziko ekosistemak kaltetzea arte. Iturria: ReCiPe, 2017

Inpaktu-kategoria honen kalkulurako unitatea nitrogenoari dagokio. Izan ere, ur gazian eraginik handieneko elikagaia da.

Informazio gehiago:

Orokorra: <https://www.britannica.com/science/eutrophication>

Itsasoko eutrofizazioa: <https://www.encyclopédie-environnement.org/en/water/phosphorus-and-eutrophication-2/>

Toxikotasuna

5.10. Giza toxikotasuna (kantzerigenoa)

5.11. Giza toxikotasuna (ez-kantzerigenoa)

5.12. Lehorreko ekotoxikotasuna

5.13. Ur gezako ekotoxikotasuna

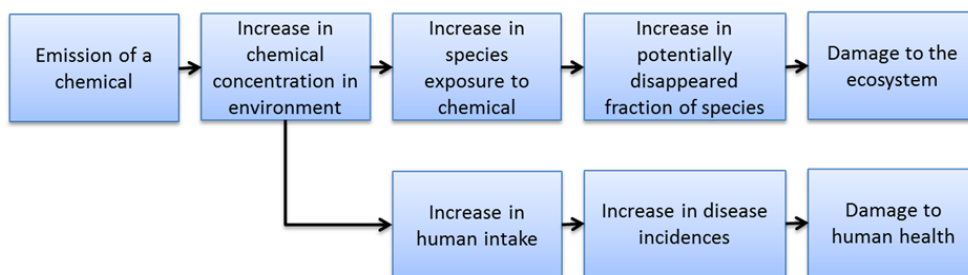
5.14. Itsasoko ekotoxikotasuna

Unitatea: kg 1,4-DCB baliokide (diklorobentzeno), airera / lurzoru industrialera / ur gezara / itsasoko uretara

Inpaktu-kategoria honek giza toxikotasunaren ondorioak kontuan hartzen ditu, bai minbizia izateko arriskuarekin zerikusia dutenak (5.10) eta baita giza osasunean beste eragin batzuekin zerikusia dutenak ere (5.11). Era berean, ekotoxikotasuna kontuan hartzen da, ingurune desberdinetan: lehorreko ingurunea (5.12), ur geza (5.13) eta itsas ingurunea (5.14).

9. irudian, kausa-efektu katea laburbiltzen da, substantzia kimiko jakin bat ingurunera isurtzen eta haren kontzentrazioa handitzen denetik, honako ondorio hauek sortu arte:

1. Lehorreko, ur gezako eta itsasoko ekosistemetan eragindako kalteak, ekosistema horietako bakoitzaren osasunean aurkako eragin zuzena duten substantziak sartzeagatik edo askatzeagatik.
2. Giza osasunean eragindako aurkako kalteak, substantzia toxikoak xurgatzearen ondorioz gertatzen direnak, airea arnastearen bidez, elikagaiak edo ura hartzearen bidez, larruazalek sartuz eta abar.



9. irudia. Kausa-efektu katea, substantzia toxikoen isurietatik, ekosistemen eta giza osasunaren kalteak arte.

Iturria: ReCiPe, 2017

Kategoria honetarako kalkulu-unitatea 1,4-diklorobentzenoari dagokio (1,4-DCB edo p-diklorobentzeno, $C_6H_4Cl_2$ formula molekularrekoa). Substantzia hori balizko kantzerigeno gisa sailkatzen da, 2B taldea (IARC, 2021). Gainera, 1,4-DCB kontzentrazio handien eraginpean egoteak beste ondorio kaltegarri batzuk eragin ditzake osasunean, hala nola begiak eta sudurra narritatzea, arnasa hartzeko zailtasunak eta urdaileko ondoeza sortzea, eta, oso kontzentrazio handietan, zorabioak, buruko mina eta gibleko arazoak (ATSDR, 2006).

Informazio gehiago:

Toxikologia eta toxikotasuna: https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/modules/1/es_lecturenotes_1.html

Ekotoxikotasuna (definizioa): <https://www.informea.org/en/terms/ecotoxicity>

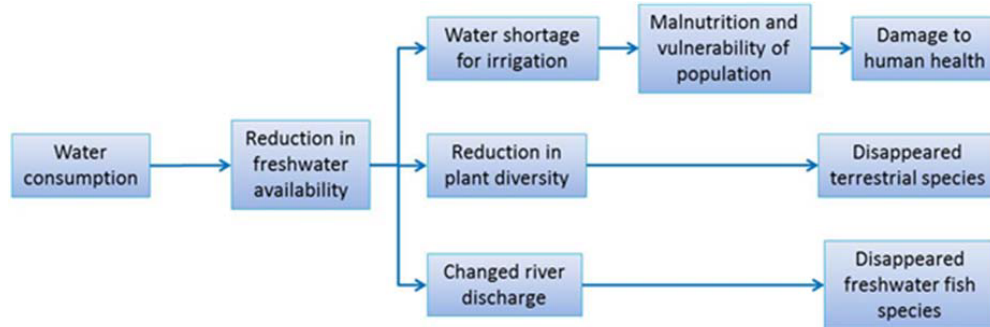
5.15. Uraren erabilera

Unitatea: m³ (metro kubiko) kontsumitutako ura

Inpaktu-kategoria honek uraren erabilerrari edo kontsumoari egiten dio erreferentzia, eta horrek ur geza gutxiago eskuragarri izatea dakar. Ur-kontsumoaren barnean lurrundutako ura, produktuei gehi-

tutako ura, beste arro hidrografiko batzuetara joanarazitako ura edo itsasora isuritako ura kontuan hartzen da.

10. irudian uraren erabilerak eragindako kausa-efektu katea jaso da. Horren ondorioz, giza osasuna kaltetu daiteke eta lehorreko espezieak eta ur gezako uretako espezieak desagertzen dira.



10. irudia. Kausa-efektu katea, uraren kontsumotik abiatuz, giza osasunean gertatzen diren kalteak, lehorreko eta ur gezako espezieak desagertu arte. Iturria: ReCiPe, 2017

Neurri-unitateak ur gezaren kontsumoa adierazten du bolumen-unitateetan (m^3). Inpaktu-kategoria honek aztarna hidrikoaren kontzeptua garatzea ekarri du (informazio gehiago: <https://waterfootprint.org/en/>).

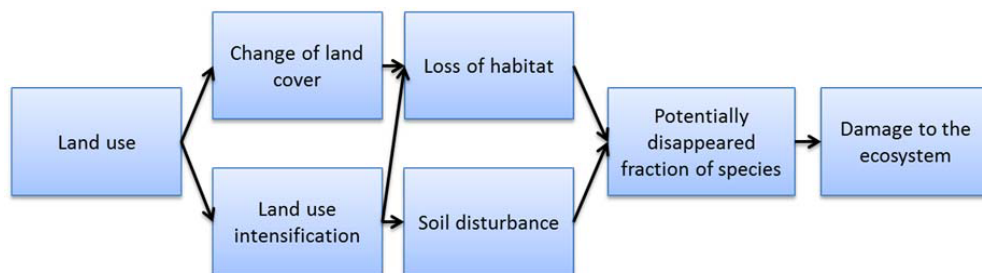
Informazio gehiago:

Aztarna hidrikoa: <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/>

5.16. Lurraren erabilera

Unitatea: m^2a (m^2 bider denbora, urteetan neurtuta), nekazaritzako lurra

Inpaktu-kategoria honek espezieen galera erlatiboa adierazten du, lurzoruaren tokiko erabilerak, okupazioak eta erabileraren aldaketak eraginda. Lurzoruaren erabilera naturalaren (erreferentzia) eta lurzoruaren erabilera antropogenikoaren arteko konparazioan oinarritzen da, nekazaritza eta lurzoruaren hiri-erabilera (errepideak, etxebizitzak, meatzaritza, eta abar) bezalako jarduerak kontuan hartuta. 11. irudiak lurzoruaren erabilerak eragindako kausa-efektu katea adierazten du, azken puntuko inpaktua arte, hau da, ekosistemari eragindako kaltea arte.



11. irudia. Kausa-efektu katea, lurzoruaren erabilera aldatzen denetik, ekosisteman gertatzen den kaltera arte.

Iturria: ReCiPe, 2017

Neurri-unitateak okupatutako lurzoru-eremuari (m^2) bider okupazioaren iraupenak (urteak) egiten dio erreferentzia. (Azalpena: $10 m^2a$, honela interpreta daiteke: $10 m^2$ azalera duen lurzoru urtebetez erabiltzea, edo $1 m^2$ azalera duen lurzoru 10 urtez erabiltzea; eremuaren eta denboraren arteko biderkadura, $10 m^2a$ izango da bi kasuetan).

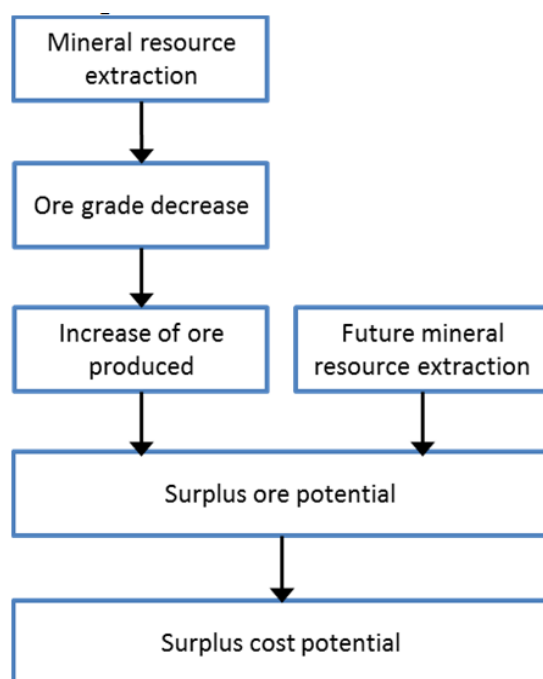
Informazio gehiago:

Lurzorua erabilera: <https://www.eea.europa.eu/es/themes/landuse/about-land-use>

5.17. Baliabide mineralak agortzea

Unitatea: kg Cu baliokide (kobre)

Inpaktu-kategoria honek baliabide mineralak agortzea kontuan hartzen du, hala nola metalak. Metalak meatzeetatik ateratako mineraletatik lortzen dira. Mineralak, bai mea (nahi den metala duen minerala) eta baita ganga ere (nahi ez diren beste mineral batzuk) barnean hartzen ditu. Mineral baten legeak, metal jakin bati dagokionez, meategitik ateratako mineralaren metal-kontzentrazioa adierazten du. Lehenik, metalen lege altuenak dituzten mineralak erauzi ohi dira (kontzentrazio handiagoa, ganga txikiagoa). Metalaren legeak minerean behera egin ahala, mineral gehiago atera behar da metal kantitate bera lortzeko. 12. irudiak inpaktu-kategoria honen kausa-efektua katea laburbiltzen du. Minerala ateratzean, erauzitako minerean bilatutako metalaren kontzentrazioa murrizten da. Horrek mineralaren erauzketa areagotzen du. Mineralaren etorkizuneko erauzketa kontuan hartuta, mineralaren *erauzketa handitzeko potentziala* (*Surplus Ore Potential*, gure *midpoint* adierazlea) kalkulatu da. Azken honek, aldi berean erauzketa-kostuaren igoera potentziala dakar (*Surplus Cost Potential*, *endpoint* adierazlea).



12. irudia. Kausa-efektua katea, baliabide mineralak erauzten direnetik, baliabide naturalen eskasia arte. Iturria: ReCiPe, 2017

Inpaktu-kategoria honen neurri-unitateak kobre kantitateari egiten dio erreferentzia (masa, kg-tan adierazia). Baliabide mineral horri 1 balioa esleitzen zaio inpaktu-kategoria honetan. Hau da, kategoria honek mineralen erauzketaren inpaktua neurtzen du, 1 kg kobre erauzteko zenbatetsitako inpaktua erreferentzia modura hartuta. Adierazle honek materialaren eskasia kontuan hartzen du, baina baita eskura dauden baliabideen kontzentrazioa ere.

Informazio gehiago:

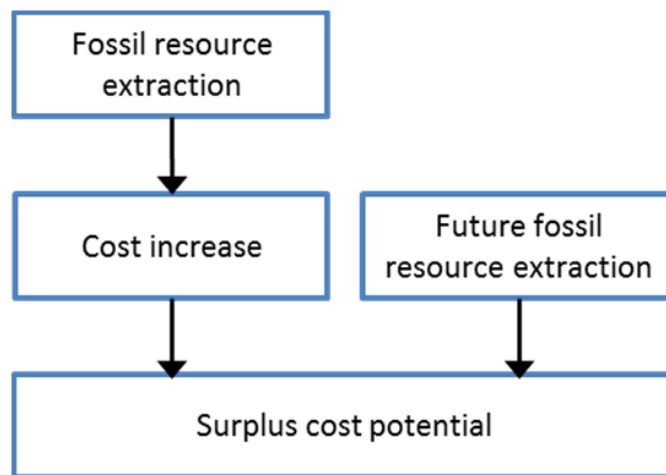
Baliabide mineralak erauzteko praktika egokiak: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/Extracting_Good_Practices_Report.pdf

5.18. Baliabide fosilak agortzea

Unitatea: kg petrolio baliokide

Inpaktu-kategoria honek petroliotik, gas naturaletik edo ikatzetik datozen baliabide fosilen urritasunari egiten dio erreferentzia.

14. irudian, inpaktu-kategoria honen kausa-ondorio katea laburbiltzen da. Baliabide mineralekin gertatzen den bezala, baliabide fosil bat erauzten den heinean, gero eta zailagoa da geratzen diren baliabideak ateratzea. Hori dela eta, erauzte-kostuak handitu egiten dira eta, horren ondorioz, erauzketaketa-kostu potentziala (*Surplus cost potential* endpoint adierazlea) ere handitzen da. Inpaktu-kategoria honetan, *midpoint* adierazlea baliabidearen energia-edukia da, petrolioaren dentsitate energetikoa erreferentzia modura hartuta.



14. irudia. Kausa-efektu katea, baliabide fosilen erauzketatik horien urritasuna arte. Iturria: ReCiPe, 2017

Kategoria honen neurri-unitateak petrolio gordinean dagoen energia-kantitatea adierazten du (kg petrolio baliokidean adierazia).

Informazio gehiago:

Definizioa, erregai fosila: <https://www.britannica.com/science/fossil-fuel>

6.

Erreferentziak

- ATSDR, 2006. Agency for Toxic Substances and Disease Registry U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. DICHLOROBENZENES. Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts10.pdf> Azken sarrera: abendua 2021.
- IARC, 2021, International Agency of Research on Cancer. Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–130 Disponible en: <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications> Azken sarrera: abendua 2021.
- IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.
- Huijbregts, M. A., Steinmann, Z. J., Elshout, P. M., Stam, G., Verones, F., Vieira, M. D. M., Hollander, A., van Zelm, R. (2017). ReCiPe 2016 v1.1. A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. report I: Characterization; RIVM Report 2016-0104. National Institute for Human Health and the Environment, Bilthoven. Disponible en: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0104.pdf>. Azken sarrera: abendua 2021.
- PRTR-España (2021). Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes. NOx Óxidos de nitrógeno. Disponible en: <https://prtr-es.es/NOx-oxidos-de-nitrogeno,15595,11,2007.html> Azken sarrera: abendua 2021.
- WHO, World Health Organization (2016). Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures> Azken sarrera: abendua 2021.
- WHO, World Health Organization (2006). Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution. World Health Organization, Copenhagen, Denmark. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/E88189>. Azken sarrera: abendua 2021.



HERRAMIENTA DE CÁLCULO DE LA HUELLA AMBIENTAL

GUÍA DE USO

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

Índice

1. Introducción.....	5
1.1. Análisis de Ciclo de Vida (ACV).....	5
2. Objetivos.....	7
2.1. Identificar y cuantificar los impactos ambientales y los procesos relacionados con la actividad académica.....	7
2.2. Calcular la huella ambiental de la actividad académica.....	7
2.3. Preparar el informe de huella ambiental de una actividad académica.....	7
3. Herramienta de cálculo de la huella.....	9
3.1. Diseño.....	9
3.2. Datos requeridos.....	9
3.2.1. Portada.....	10
3.2.2. Datos del alumno o alumna.....	10
3.2.3. Energía.....	10
3.2.4. Materiales.....	12
3.2.5. Residuos.....	14
3.2.6. Transporte.....	14
3.2.7. Alimentación.....	15
3.2.8. Información complementaria.....	18
4. Resultados.....	19
5. Descripción de las categorías de impacto ambiental.....	27
5.1. Calentamiento global.....	28
5.2. Destrucción de la capa de ozono.....	29
5.3. Radiación ionizante.....	30
5.4. Formación de partículas.....	30
5.5. Formación de ozono fotoquímico: salud humana.....	31
5.6. Formación de ozono fotoquímico: calidad de ecosistemas.....	31
5.7. Acidificación terrestre.....	32
5.8. Eutrofización de agua dulce.....	32
5.9. Eutrofización marina.....	33
5.10. Toxicidad humana (carcinogénica).....	34
5.11. Toxicidad humana (no carcinogénica).....	34
5.12. Ecotoxicidad terrestre.....	34
5.13. Ecotoxicidad en agua dulce.....	34
5.14. Ecotoxicidad marina.....	34
5.15. Uso del agua.....	34
5.16. Uso del terreno.....	35
5.17. Agotamiento de recursos minerales.....	36
5.18. Agotamiento de combustibles fósiles.....	37
6. Referencias.....	39

1.

Introducción

La protección del medio ambiente es uno de los retos más importantes a los que se enfrenta la sociedad. La solución debe ser global y para ello es absolutamente necesario impulsar un modelo de desarrollo que sea sostenible.

La UPV/EHU pretende ser un ejemplo de transformación social hacia un modelo de organización más sostenible, y una muestra de ello es el proyecto EHU-Aztarna del Campus Bizia Lab, promovido por la Dirección de Sostenibilidad, en el que se ha calculado la Huella Ambiental de la UPV/EHU, utilizando la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), siguiendo la guía metodológica propuesta por la Comisión Europea.

En el marco del proyecto EHU-Aztarna, y basado en el cálculo de la huella ambiental de la UPV/EHU ya realizado, se ha diseñado una herramienta para que el alumnado de la UPV/EHU pueda calcular, de forma aproximada, la huella ambiental de su actividad académica. De esta forma, el alumnado podrá estimar el impacto que genera durante el tiempo que está trabajando en una actividad académica concreta, logrando así una mayor conciencia del impacto que genera. La actividad académica a estudiar puede ser múltiple: un trabajo Fin de Grado o Máster de la alumna o alumno, un curso o cuatrimestre completo, o un proyecto trabajado en una asignatura.

1.1. Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

Hasta hace poco, las acciones de mejora ambiental se han orientado a reducir la contaminación de fuentes muy determinadas, como las emisiones de instalaciones industriales a los ríos y a la atmósfera. El análisis del ciclo de vida aborda otra perspectiva más amplia. El enfoque de ciclo de vida pretende identificar posibles mejoras en productos y servicios, buscando menores impactos ambientales y usos más eficientes de los recursos, a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos o servicios que utilizamos.

El ciclo de vida de un producto o servicio comienza con la extracción de muchas materias primas energéticas y materiales; luego vienen las fases de transformación, fabricación y distribución de estos materiales, hasta el uso del producto final o la fase de consumo. En la fase del fin de vida del producto, los materiales se preparan para reutilizar, reciclar o eliminar, en algunos casos recuperando energía.

El objetivo fundamental del enfoque de ciclo de vida es evitar que las cargas ambientales pasen de un punto del ciclo de vida a otro. La perspectiva del ciclo de vida contribuye a reducir los impactos en una fase del ciclo de vida, en una región geográfica o en una categoría de impacto determinada, pero

sin aumentar al mismo tiempo los impactos en otros lugares. El objetivo puede ser, por ejemplo, lograr ahorros de energía en la fase de uso de un producto sin aumentar el consumo energético y la cantidad de material necesario para su fabricación.

Para continuar, se definirá detalladamente qué es el Análisis de Ciclo de Vida mencionado anteriormente. La definición más concreta es la expresada por ISO¹ en la norma ISO 14040:

El análisis del ciclo de vida es una técnica para determinar los aspectos ambientales y potenciales asociados a un producto, mediante la realización de un inventario de las entradas y salidas significativas del sistema, la evaluación de los potenciales impactos ambientales asociados a dichas entradas y salidas y la interpretación de los resultados de las fases de inventario e impacto en relación con los objetivos del estudio.

1 ISO es una organización que establece estándares internacionales y formada por organizaciones de estandarización de varios estados (162). Publica normas/metodologías/herramientas estándar para impulsar y mejorar la gestión de empresas e instituciones. El uso de estos estándares facilita la producción de nuevos productos y servicios seguros, fiables y de alta calidad.

2. Objetivos

Con la herramienta que tienes entre manos será posible calcular la Huella Ambiental de Actividades Académicas. Es una herramienta sencilla que ha sido diseñada para ser utilizada por todo el alumnado de la UPV/EHU. Los objetivos buscados a través del uso de esta herramienta son:

2.1. Identificar y cuantificar los impactos ambientales y los procesos relacionados con la actividad académica

Esta herramienta permitirá conocer los procesos relacionados con la actividad académica y cuantificar los impactos ambientales asociados, identificando las principales fuentes de impacto y determinando las principales posibilidades de mejora.

Mediante el análisis se obtendrá información contrastada sobre los impactos en el medio ambiente y servirá como instrumento para medir el comportamiento ambiental de la universidad y controlar las mejoras. Por ello, se incrementará la ecoeficiencia, posibilitando un consumo energético y material más responsable de la UPV/EHU y promoviendo procesos de fabricación y transporte ambientalmente más sostenibles.

2.2. Calcular la huella ambiental de la actividad académica

Esta herramienta está diseñada para que alumnas y alumnos de diferentes Grados y Másteres realicen un cálculo de la huella ambiental de su actividad académica. Para empezar en el análisis, es fundamental definir bien la actividad académica que se pretende analizar, en el tiempo y en el espacio. La actividad académica puede ser múltiple: un trabajo Fin de Grado o un Trabajo Fin de Máster del alumno o alumna, una actividad vinculada a un curso o cuatrimestre completo, o un proyecto, o una actividad, trabajada dentro de una asignatura concreta. El alumno o la alumna, en la medida en que desarrolle su actividad académica, realizará un inventario de los recursos que consume o utiliza para poder conocer, utilizando la herramienta, el impacto ambiental asociado a dicha actividad académica.

2.3. Preparar el informe de huella ambiental de una actividad académica

Ante la creciente preocupación por la degradación del medio ambiente y los efectos de la contaminación, las empresas e instituciones deben encargarse de establecer mecanismos de apoyo al desa-

rrollo sostenible y a la mejora de la calidad de vida de las sociedades. Para ello, la información sobre la actuación ambiental de empresas u organizaciones es un primer paso imprescindible. En 2013 la Unión Europea publicó la metodología para el cálculo de la huella ambiental de productos y organizaciones². Alineada con esta metodología, esta herramienta permitirá a los y las estudiantes universitarias dar el primer paso en la elaboración de un informe ambiental de su actividad académica. Confiamos en que esta experiencia sea útil para su futuro.

2 https://ec.europa.eu/environment/news/environmental-footprint-methods-2021-12-16_en

3.

Herramienta de cálculo de la huella

3.1. Diseño

Para el diseño de la herramienta se ha seleccionado la base de datos ecoinvent. Esta base de datos recoge los datos clave para la realización del ACV, está bien documentada –incluyendo información sobre la calidad de los datos–, lo cual es de gran utilidad para los datos inventariados en este estudio (Ecoinvent, 2019). Adicionalmente, para la sección de alimentación se ha complementado con la base de datos Agribalyse®. Esta base de datos recoge información relacionada a los impactos ambientales de los productos agrícolas y de alimentación. En cuanto al software, se ha utilizado openLCA (versión 1.10.3), software libre para la realización de ACV y evaluación de la sostenibilidad. El método de evaluación de impacto ambiental seleccionado para el cálculo de la huella ambiental es el método denominado ReCiPe; se ha utilizado el formato de datos midpoint³ para interpretar los resultados.

La herramienta es una aplicación diseñada para estudiantes de cualquier facultad, por lo que tiene un funcionamiento simple y fácil de usar. Por ello, se ha utilizado un formato de hoja de cálculo⁴, que es una aplicación que prácticamente todo el alumnado universitario ha utilizado o utiliza habitualmente. Además, solo se necesita un dispositivo compatible con la aplicación (un ordenador) y una vez descargada la hoja de cálculo, ni siquiera es necesario tener conexión a internet para trabajar con ella. La hoja de cálculo está disponible en tres idiomas: inglés, castellano y euskera. En este apartado se detallarán los pasos de uso y la información para el uso adecuado de la herramienta.

3.2. Datos requeridos

La hoja de cálculo está dividida en diez apartados. A continuación, se muestra la información de lo que podemos encontrar en cada apartado y se detalla lo que el alumno o alumna deberá completar en cada apartado (apartados 3.2.1-8). Además, se ofrecerá una explicación de lo que aparece en los resultados, explicando cómo hacer una interpretación de estos datos (apartado 4).

3 Es el formato de declaración de las categorías de impacto ambiental a partir de magnitudes relacionadas con los parámetros de emisión o generación de impacto ambiental analizados. En el caso de la metodología ReCiPe, se incluyen un total de 18 categorías de impacto, descritas en el apartado 5.

4 Se ha optado por una versión Microsoft Excel, aunque la hoja de cálculo también puede utilizarse en Libreoffice. El fichero, junto a otra documentación complementaria, está disponible a través del siguiente repositorio ADDI: <https://addi.ehu.es/handle/10810/70949>.

3.2.1. Portada

La pestaña de Portada es lo que aparecerá al abrir la hoja de cálculo. En ella se puede diferenciar el logo de la UPV/EHU del logo del programa Campus Bizia Lab (CBL), así como el título de la herramienta y el nombre de las autoras de la aplicación. Además, el alumno o alumna podrá obtener información adicional en el enlace mencionado en las referencias.

3.2.2. Datos del alumno o alumna

En esta pestalla el alumno o alumna deberá rellenar los siguientes datos:

Tabla 1. Datos del alumno o alumna.

Nombre	
Apellidos	
Universidad	
Facultad	
Grado universitario / Máster	
Actividad (año académico / cuatrimestre / proyecto / ...)	
Tiempo dedicado a la actividad (días)	

Es muy importante especificar el tiempo empleado en la actividad que queremos analizar; este se debe señalar **en días** (por ejemplo: si un proyecto de una asignatura se ha realizado en tres meses, desde el 1 de marzo hasta el 31 de mayo, entonces introduciremos 90 días, 3 meses x 30 días/mes). La determinación del tiempo invertido en la ejecución del trabajo repercutirá directamente en los resultados, ya que posteriormente se realizará un cálculo del impacto diario que permitirá comparar el impacto de la actividad con otras referencias.

Como se ve en la tabla, las celdas de **este color** determinan dónde debe el alumno o alumna (persona usuaria de la herramienta) introducir los datos. Este formato se repetirá en toda la aplicación.

Los conceptos relacionados con la actividad académica y a inventariar se han dividido en cinco grupos: consumos energéticos directos, materiales de consumo (o uso de productos materiales), tratamiento de los residuos generados, necesidades de transporte y consumo de alimentos. A continuación se muestra la relación de estas actividades que podemos encontrar en cada grupo y los datos a introducir por el alumno o alumna.

3.2.3. Energía

En este apartado se recogen algunos elementos relacionados con los consumos energéticos directos, como son los consumos eléctricos y el suministro de calor. En cuanto a los consumos eléctricos, en este apartado se ofrecen dos opciones: la mezcla eléctrica en España en 2018, y una mezcla sólo con electricidad de origen renovable (excluida la no renovable de la mezcla de 2018).

Para el suministro de calefacción se barajan dos opciones: el generado en una caldera de gas natural y el generado en una caldera que consume gasóleo. En este subapartado es fundamental conocer la demanda de calor anual. La demanda de calor depende fundamentalmente de dos elementos: la climatología del lugar en el que trabajamos y la eficiencia energética del edificio. Este valor se debe dar en kWh/m². ¿Cuál es nuestra necesidad de calefacción en nuestro laboratorio u oficina a lo largo

del año? Para tener una referencia, la tabla 3 muestra la demanda anual de calefacción y refrigeración estimada por el IDAE en varias capitales españolas⁵.

Tabla 2. Lista de opciones en la pestaña «Energía».

Proceso/Servicio/Producto	Datos a introducir por la alumna o alumno
Consumo eléctrico (mezcla eléctrica en España, 2018)	– kWh consumidos – Número de usuarios/as
Consumo eléctrico de mezcla eléctrica solo con electricidad de origen renovable	– kWh consumidos – Número de usuarios/as
Calefacción, utilizando una caldera de gas	– Superficie del aula/sala/laboratorio/despacho, medido en m² – Número de usuarios/as – Número de días que se ha utilizado el local – Demanda de calor en el edificio, al año (ver tabla 3)
Calefacción, utilizando una caldera de gasóleo	– Superficie del aula/sala/laboratorio/despacho, medido en m² – Número de usuarios/as – Demanda de calor en el edificio, al año (ver tabla 3) – Número de días anuales que se ha utilizado la calefacción en ese edificio (o zona climática) – Número de días que se ha utilizado la calefacción en el local

Tabla 3. Demanda anual de calefacción y refrigeración en diferentes capitales españolas en edificios de bloques (edificios construidos antes del año 2000 y edificios nuevos).

Ciudad	En edificios construidos antes del año 2000		Edificios nuevos(más eficientes)	
	Demanda de calefacción (kWh/m ²)	Demanda de refrigeración (kWh/m ²)	Demanda de calefacción (kWh/m ²)	Demanda de refrigeración (kWh/m ²)
Almería	36,5	33,7	10,8	19,1
Barcelona	87,4	14,6	28,3	8,0
Bilbao	106,1	-	40,0	-
Burgos	193,6	-	77,1	-
Cádiz	33,7	25,7	9,0	14,6
Granada	106,6	22,0	37,4	12,5
Madrid	121,2	19,1	43,2	10,8
Sevilla	52,9	41,2	16,6	23,4
Toledo	106,2	33,4	39,0	18,9
Valencia	64,5	22,3	21,3	12,6
Vitoria-Gasteiz	163,6	-	65,4	-
Zamora	148,4	9,7	56,3	5,3

⁵ Los datos que se muestran en la tabla 3 se han obtenido de las siguientes fuentes: Escala de calificación energética. Edificios de nueva construcción; IDAE, 2009 https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_CALENER_07_Escala_Calif_Energetica_A2009_A_5c0316ea.pdf (Tabla I.3. Valores de referencia para calefacción, refrigeración y demanda de ACS antes de considerar la contribución sola mínima de CTE-HE 4 en Bloques de viviendas). Escala de calificación energética. Edificios existentes; IDAE, 2011 https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11261_EscalaCalifEnerg_EdifExistentes_2011_accesible_c762988d.pdf (Tabla 3.2. Demanda de referencia para viviendas unifamiliares y bloques de viviendas).

Importante: las filas de la hoja de cálculo se pueden duplicar si hay que hacer varias entradas del mismo concepto con diferentes cantidades para recoger los diferentes consumos.

A modo de ejemplo, la figura inferior aúna los cálculos de dos consumos eléctricos diferentes. En la línea 5 se muestra la fórmula del consumo eléctrico de un ordenador: un ordenador que consume 150 W ($150 \text{ W} / 1000 \text{ W} \times 1 \text{ kW}$) está encendido 7 horas al día ($\times 7$ horas), durante el funcionamiento del proyecto ($\times 90$ días), de lunes a viernes (cinco días a la semana, $\times 5/7$). ($= 150/1000 \times 7 \times 90 \times 5/7 = 67,5 \text{ kWh}$). En la línea 6 se recoge la fórmula de consumo de un sistema de iluminación. La potencia de las luces es de 500 W y se encienden 8 horas al día ($= 500/1000 \times 8 \times 90 \times 5/7 = 257,1 \text{ kWh}$).

Como se ve, para registrar la electricidad consumida, anotaremos directamente la cantidad (en kWh) en la celda, si se conoce el importe exacto (por ejemplo, si hemos extraído el consumo de una factura eléctrica, o lo hemos medido a través de un medidor); de lo contrario, es posible aplicar una fórmula de cálculo en la propia celda para realizar una estimación utilizando los datos disponibles.

	A	B	Y	Z
1	Energy consumption			
2				
3	Process	Functional Unit	Parameter 1	
4			Quantity 1	Unit 1
5	Electricity (computer)	1 kWh	$=150/1000*7*90*5/7$	
6	Electricity (lighting system)	1 kWh	$=500/1000*8*90*5/7$	

3.2.4. Materiales

En el apartado de consumo material y uso de productos las opciones son las siguientes:

Tabla 4. Lista de opciones en la pestaña de «Materiales».

Proceso/Servicio/Producto	Datos a introducir por la alumna o alumno
Uso de edificios	– Superficie construida en m² – Altura de cada piso en m – Personas usuarias habituales – Número de días de utilización del
Ordenador sin pantalla (torre)	– Número de unidades (usuario único) – Días de uso – Tiempo de vida (estimación: 7 años)
Ordenador portátil	– Número de unidades (usuario único) – Días de uso – Tiempo de vida (estimación: 7 años)
Pantalla LCD de 17 "	– Número de unidades (usuario único) – Días de uso – Tiempo de vida (estimación: 14 años)
Pantalla de rayos catódicos de 17 "	– Número de unidades (usuario único) – Días de uso – Tiempo de vida (estimación: 14 años)
Impresora láser a color	– Número de unidades (usuario único) – Días de uso – Tiempo de vida (estimación: 7 años)
Impresora en blanco y negro	– Número de unidades (usuario único) – Días de uso – Tiempo de vida (estimación: 7 años)
Tóner de impresora a color	– Número de unidades (usuario único)

Proceso/Servicio/Producto	Datos a introducir por la alumna o alumno
Tóner de impresora a blanco y negro	– Número de unidades (usuario único)
Teclado	– Número de unidades (usuario único) – Días de uso – Tiempo de vida (estimación: 7 años)
Ratón	– Número de unidades (usuario único) – Días de uso – Tiempo de vida (estimación: 7 años)
Router	– Número de unidades (usuario único) – Días de uso – Tiempo de vida (estimación: 7 años)
Teléfono (smartphone)	– Número de unidades (usuario único) – Días de uso – Tiempo de vida (estimación: 4 años)
Tablet	– Número de unidades (usuario único) – Días de uso – Tiempo de vida (estimación: 4 años)
Televisión	– Número de unidades (usuario único) – Días de uso – Tiempo de vida (estimación: 7 años)
Disco duro (HDD, desktop)	– Número de unidades (usuario único) – Días de uso – Tiempo de vida (estimación: 7 años)
Disco duro (HDD, eramangarria)	– Número de unidades (usuario único) – Días de uso – Tiempo de vida (estimación: 7 años)
Mueble de madera (mesa, silla, armarios...)	– Peso del mueble (kg) – Días de uso – Tiempo de vida (estimación: 7 años)
Equipamiento electrónico	– Peso del equipo (kg) – Días de uso – Tiempo de vida (estimación: 20 años)
Maquinaria industrial pesada	– Peso del equipo (kg) – Días de uso – Tiempo de vida (estimación: 20 años)
Papel reciclado	– Cantidad de hojas – Superficie de la hoja (A4: 0,06237 m ² , A3: 0,12474 m ²) – Densidad de la hoja (normalmente, 80 g/m ²)
Papel sin reciclar	– Cantidad de hojas – Superficie de la hoja (A4: 0,06237 m ² , A3: 0,12474 m ²) – Densidad de la hoja (normalmente, 80 g/m ²)
Agua (de grifo)	– Litros al día – Días de consumo

Las fichas denominadas «Equipamiento electrónico» y «Maquinaria industrial pesada» se pueden utilizar para calcular los impactos ambientales del uso de la infraestructura industrial y/o electrónica utilizada en los laboratorios.

Para reflexionar: si conseguimos duplicar el tiempo de vida de un producto (por ejemplo, alargando la vida de un teléfono de dos a cuatro años), reduciremos a la mitad el impacto ambiental del uso de este producto.

Importante: se pueden duplicar las filas de la hoja de cálculo si hay que hacer varias entradas del mismo concepto con diferentes cantidades.

3.2.5. Residuos

Las opciones disponibles en el apartado de residuos se muestran en la siguiente tabla. En este apartado, la persona usuaria deberá investigar qué tratamiento sufre la fracción resto de los residuos urbanos recogidos en su localidad o campus, que serán seguramente la incineración o el vertido al vertedero.

Tabla 5. Lista de opciones en la pestaña «Residuos».

Proceso/Servicio/Producto	Datos a introducir por la alumna o alumno
Tratamiento de aguas residuales	– Volumen de aguas residuales generadas, en litros por día (L/día) – Número de días
Incineración de residuos urbanos (fracción resto)	– Cantidad de residuos, al día (kg/día) – Número de días
Vertido de residuos urbanos a vertedero (fracción resto)	– Cantidad de residuos, al día (kg/día) – Número de días
Digestión anaeróbica de bioresiduos	– Cantidad de residuos, al día (kg/día) – Número de días
Compostaje de residuos	– Cantidad de residuos, al día (kg/día) – Número de días
Reciclado de tóner	– Unidades consumidas, al mes – Número de días
Incineración de residuos peligrosos	– Cantidad de residuos, al mes (kg/mes) – Número de días
Vertido de residuos peligrosos a vertedero	– Cantidad de residuos, al mes (kg/mes) – Número de días

Importante: se pueden duplicar las filas de la hoja de cálculo si hay que hacer varias entradas del mismo concepto con diferentes cantidades.

3.2.6. Transporte

Las opciones disponibles en el apartado de transporte se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6. Lista de opciones en la pestaña «Transporte».

Proceso/Servicio/Producto	Datos a introducir por la alumna o alumno
Transporte en coche de gasolina o diésel (ICE ⁶)	– pkm (transporte)⁷ – Número de viajeros en el vehículo (ocupación)
Transporte en coche eléctrico (mezcla eléctrica completa, de España en 2018)	– pkm (transporte) – Número de viajeros en el vehículo (ocupación)
Transporte en coche eléctrico (mezcla eléctrica renovable, España en 2018)	– pkm (transporte) – Número de viajeros en el vehículo (ocupación)

⁶ Internal Combustion Engine (ICE), El motor de combustión interna, generalmente llamado motor de explosión, es el tipo de motor capaz de suministrar energía mecánica al mezclar un combustible con el aire, provocando una explosión. Tenemos dos tipos principales de motores: los de gasolina y los de gasóleo (diésel).

⁷ pkm: pasajeros-km

Proceso/Servicio/Producto	Datos a introducir por la alumna o alumno
Transporte en motocicleta	– pkm (transporte) – Número de viajeros en el vehículo (ocupación)
Transporte en bicicleta eléctrica (consumiendo mezcla eléctrica completa o solo de renovables)	– pkm (transporte)
Transporte en autobús	– pkm (transporte)
Transporte en tranvía	– pkm (transporte)
Transporte en trolebús	– pkm (transporte)
Transporte en metro/tren de cercanías	– pkm (transporte)
Transporte en tren convencional de larga distancia	– pkm (transporte)
Transporte en tren de alta velocidad	– pkm (transporte)
Transporte en avión	– pkm (transporte)
Transporte de mercancías en tren	– tkm (transporte) ⁸
Transporte de mercancías en camión	– tkm (transporte)
Transporte de mercancías en barco	– tkm (transporte)
Transporte de mercancías en avión	– tkm (transporte)
Transporte de mercancías en vehículo comercial ligero (furgoneta)	– tkm (transporte)

Importante: se pueden duplicar las filas de la hoja de cálculo si hay que hacer varias entradas del mismo concepto con diferentes cantidades.

3.2.7. Alimentación

La persona usuaria debe recopilar todo el inventario de los alimentos consumidos durante la actividad académica e ingresar en la herramienta el número total de raciones para cada uno de los alimentos. Todas las raciones deben calcularse en función de su peso aproximado en gramos y, para los líquidos, en función de su volumen en mililitros. Además, para facilitar la búsqueda, los alimentos han sido categorizados en cinco grandes grupos: lácteos y análogos; carnes, pescados y huevos; cereales, legumbres y tubérculos; frutas, verduras y hortalizas; otros: grasas, aceites, salsas y azúcares y bebidas. Para calcular la cantidad de raciones se recomienda utilizar la información recogida en la siguiente tabla, con ejemplos como guía. En caso de no encontrar algún producto consumido en el listado se recomienda utilizar el que más se asemeje.

Tabla 7. Lista de opciones en la pestaña «Alimentación» y guía de raciones

Listado de alimentos		Ejemplos de raciones		Tamaño de la ración
Lácteos y análogos				
Leche / bebida de soja	Una ración	–1 taza	–1 vaso	200-250 ml
	Media ración	–Media taza		100-125 ml
Yogur	Una ración	–2 yogures normales	–1 yogur grande (200-250 ml)	200-250 ml
	Media ración	–1 yogur normal		100-125 ml

⁸ tkm: toneladas-km

Listado de alimentos		Ejemplos de raciones			Tamaño de la ración
Queso	Una ración	-1-2 tarrinas pequeñas -2-3 lonchas	-2-3 quesitos -2 tostadas untadas	-1 porción de queso curado	80 g
	Media ración	-1 tarrina -1 loncha	-1 quesito -1 tostada untada		40-60 g
Carnes, pescados y huevos					
Carne de pollo y gallina, de vacuno y de cerdo	Una ración	-1 cuarto pollo pequeño -1 pechuga pollo pequeña -1 hamburguesa	-1 filete pequeño ternera -Medio plato carne guisada -1 Chuleta	-2-3 chuletitas o costillas -2-3 tajadas de lomo cerdo	125-150 g
Jamón serrano / jamón york	Una ración	-2 lonchas			50-60 g
Pescado	Una ración	-1 filete, rodaja o ración individual -3-4 lonchas			125-150 g
Huevo de gallina	Una ración	-1 huevo			50-75 g
Tortilla de patata	Una ración	-1 pintxo de tortilla			100-150 g
Cereales, legumbres y tubérculos					
Pan	Una ración	-1 trozo de 3 dedos de chapata -1 panecillo pequeño	-6 dedos de barra hueca -1 cuarto de baguette	-4 biscotes -2 rebanadas de pan de molde	40-60 g
	Media ración	-La mitad de lo descrito en la casilla anterior			20-30 g
Cereales de desayuno / galletas, barquillos	Una ración	-1 taza de cereales de desayuno -Media taza de muesli	-6-9 galletas María -4-6 galletas tipo digestiva		30-40 g
Croissant / baklava	Una ración	-1 croissant	-3 mini croissant		90-100 g
	Media ración	-Medio croissant	-1-2 mini croissant	-1 baklava	45-50 g
Pastel vasco / arroz con leche	Una ración	-1 ración pequeña			100 g
Arroz / Pasta	Una ración	-1 plato normal			170-240 g
	Media ración	-Medio plato normal			90-120 g
	Un cuarto de ración	-Una guarnición, arroz o pasta en ensalada			60 g
Legumbres	Una ración	-1 plato normal			140-210 g
	Media ración	-Medio plato normal	-1 guarnición	-Un poco en ensalada	70-105 g
Patata	Una ración	-Medio plato normal	-1 patata grande o 2 pequeñas	-Medio plato normal de puré	150-200 g
	Media ración	-1 cuarto de plato normal	-Media patata grande o 1 pequeña	-Guarnición de puré de patata	75-100 g

Listado de alimentos		Ejemplos de raciones			Tamaño de la ración
Frutas, verduras y hortalizas					
Fruta fresca	Una ración	–1 pieza de fruta mediana –2 mandarinas –1 granada	–2 ciruelas grandes o 3 pequeñas –Un tazón de fresas	–4 albaricoques pequeños –1 rodaja de piña	120-200 g
	Media ración	–Media pieza de fruta –1 ciruela grande	–1 mandarina –4-6 fresas	–2 albaricoques pequeños	60-100 g
Tomate / Lechuga, endivia, escarola	Una ración	–1 tomate mediano o 2 pequeños	–1 endivia	–1 plato de ensalada	150-200 g
	Media ración	–Medio tomate mediano o 1 pequeño	–Medio plato de ensalada		75-100 g
	Cuarto de ración	–Guarnición de ensalada			35-50 g
Aceitunas	Una ración	–6-10 aceitunas	–1 puñadito de aceitunas		25-35 g
Pimiento / cebolla, cebolleta	Una ración	–Un pimiento pequeño –Medio pimiento gordo	–Una cebolla pequeña –Media cebolla pequeña	–3-4 cebolleta	100-120 g
	Media ración	–Medio pimiento pequeño	–8-10 pimientos de padrón	–1-2 cebolleta	50-60 g
Puré de verdura / Zanahoria cocida	Una ración	–1 plato normal de verdura cocida o guisada	–1 plato normal de puré o crema de verdura		150-200 g
	Media ración	–Medio plato normal de verdura cocida o guisada	–Medio plato normal de puré o crema de verdura		75-100 g
	Un cuarto de ración	–Guarnición de verdura cocida o guisada			32-50 g
Frutos secos	Una ración	–1 puñado	–20-30 avellanas	–4-6 nueces –15-20 almendras	25 g
Otros: grasas, aceites, salsas y azúcares					
Aceite de oliva	Una ración	–1 cucharada sopera rasa			10 ml
Salsa de tomate	Una ración	–2 cucharadas de servir grandes			30 ml
Azúcar blanca / miel	Una ración	–1 cucharada de postre de miel –1 cucharada de postre colmada de azúcar	–1 sobrecito –2 terrones		8-10 g
Bebidas					
Agua del grifo	Una ración	–1 vaso			250 ml
Agua mineral embotellada	Dos raciones	–1 botellín de medio litro (500 ml)			250 ml
	Una ración	–1 botellín pequeño (200-250ml)			250 ml

Listado de alimentos		Ejemplos de raciones		Tamaño de la ración
Café solo o con leche, té, infusión	Una ración	–Una taza		80 ml
Refresco / Zumo de naranja	Una ración y media	–1 lata		330 ml
	Una ración	–1 vaso	–1 botellín de vidrio	200-250 ml
Cerveza	Una ración y media	–1 lata	–1 tercio	330 ml
	Una ración	–1 vaso	–1 caña –1 botellín pequeño (20 cl)	200-250 ml
	Media ración	–1 zurito		100 ml
Vino	Una ración	–1 copa	–1 txikito	100 ml

Importante: se pueden duplicar las filas de la hoja de cálculo si hay que hacer varias entradas del mismo concepto con diferentes cantidades.

3.2.8. Información complementaria

Además, el alumno o alumna puede encontrar más información en cada apartado. Cada actividad (consumo energético, consumo de materiales, tratamiento de residuos, transporte de personas o mercancías y alimentación) está dividida por filas y en las columnas se ofrece la siguiente información de cada producto/servicio: proceso, unidad funcional, proceso tomado de referencia de la base de datos ecoinvent o Agribalyse®, descripción del proceso, localización, tecnología, coeficientes de categorías de impacto (ocultos pero visibles por el alumno o alumna si lo desea), parámetros para que el alumno o alumna introduzca sus valores y valores de los impactos generados (mediante cálculos, aplicando sencillas fórmulas de proporcionalidad (regla de tres)).

4. Resultados

En la pestaña de resultados, el alumno o la alumna encontrará un resumen de las pestañas mencionadas anteriormente, indicando el impacto que se ha generado en cada bloque, en cada categoría de impacto. Sin embargo, para que la persona usuaria pueda evaluar cualitativamente el impacto de estos valores y medir el impacto generado, la herramienta ofrece otra referencia: el impacto medio por persona en el año 2010 en todo el mundo⁹. En la siguiente tabla se pueden consultar los datos de normalización mencionados:

Tabla 8. Valores de normalización. Impactos medios por persona en el mundo, en el año 2010. Fuente: ReCiPe 2016, *midpoint*, perspectiva jerárquica.

Categorías de impacto	Valor	Unidad
Calentamiento global	7.990,40765	kg CO ₂ equivalente (dióxido de carbono) per cápita, en 2010
Destrucción de la capa de ozono	0,06001	kg CFC-11 equivalente (triclorofluorometano) per cápita, en 2010
Radiación ionizante	479,91735	kBq Co-60 equivalente per cápita, en 2010
Formación de partículas	25,56959	kg PM _{2,5} equivalente per cápita, en 2010
Formación de ozono fotoquímico: salud humana	20,56746	kg NO _x equivalente per cápita, en 2010
Formación de ozono fotoquímico: calidad de ecosistemas	17,74933	kg NO _x equivalente per cápita, en 2010
Acidificación terrestre	40,98051	kg SO ₂ equivalente per cápita, en 2010
Eutrofización de agua dulce	0,64989	kg P equivalente per cápita, en 2010
Eutrofización marina	4,61779	kg N equivalente per cápita, en 2010

⁹ Factores de normalización ReCiPe 2016, año 2010, media mundial per cápita, *midpoint*, perspectiva jerárquica. Los datos se pueden obtener a través del siguiente enlace: <https://www.rivm.nl/en/documents/normalization-scores-recipe-2016>

Categorías de impacto	Valor	Unidad
Toxicidad humana: carcinogénica	10,29831	kg 1,4-DCB equivalente per cápita, en 2010
Toxicidad humana: no carcinogénica	31.251,84226	kg 1,4-DCB equivalente per cápita, en 2010
Ecotoxicidad terrestre	15.200,31066	kg 1,4-DCB equivalente per cápita, en 2010
Ecotoxicidad agua dulce	25,17470	kg 1,4-DCB equivalente per cápita, en 2010
Ecotoxicidad marina	43,44284	kg 1,4-DCB equivalente per cápita, en 2010
Uso de agua	266,63926	m ³ per cápita, en 2010
Uso del terreno	6.167,48228	m ² per cápita, en 2010
Agotamiento de recursos minerales	120.051,20955	kg Cu equivalente per cápita, en 2010
Agotamiento de combustibles fósiles	983,27742	kg petróleo equivalente per cápita, en 2010

Con el objetivo de ver los resultados de forma más sencilla, el alumno o alumna también tiene la posibilidad de ver dos gráficos. A continuación, se dará un ejemplo de cada uno de ellos y se explicará cómo se interpretan.

«Una alumna realiza su TFG durante los meses de marzo, abril y mayo (aproximadamente, 90 días).

Trabaja en un laboratorio de 40 m² durante todo el día, junto a otras 3 compañeras.

Durante 1 mes, la calefacción está activada (15 días laborables con calefacción). El edificio dispone de una caldera a gas natural. El clima en la región del campus es suave, y anualmente la calefacción está encendida un total de 90 días.

El consumo eléctrico tiene los siguientes orígenes:

- un ordenador portátil y una pantalla de bajo consumo (150 W, 5 días de trabajo semanal, 7 h/día; un total de 67,5 kWh de electricidad con una mezcla renovable y no renovable);
- iluminación del laboratorio (500 W de potencia, compartida por 4 personas, 5 días de trabajo semanal, 8 h/día; un total de 64,3 kWh de electricidad con una mezcla renovable y no renovable);
- en un taller industrial se utiliza maquinaria industrial para realizar unas pruebas durante 20 horas en una semana concreta (la maquinaria pesa 1000 kg y tiene un consumo medio de 1 kW; el consumo es de 20 kWh de electricidad de origen renovable).

La alumna utiliza durante este tiempo un ordenador portátil, una pantalla de bajo consumo, un ratón, una impresora de color y dos cartuchos de tóner. Durante todo el proyecto hace uso habitual de su móvil (al 50%, el resto del uso es para asuntos personales) y su tablet (al 100%, uso exclusivo para el proyecto). Consume 1000 hojas DIN-A4 de papel reciclado. Su consumo diario de agua es de 10 litros diarios, en los servicios del centro.

Como se ha señalado, la alumna realiza unas pruebas en una maquinaria industrial de 1000 kg de peso durante 20 horas.

La alumna genera 0,5 kg de residuos mezclados al día (en el servicio, papeleras, cafetería). Sabe que en su zona el 70% de esos residuos, tras someterse a pretratamientos, acaban incinerándose y el 30% restante acaba en vertederos.

La alumna se desplaza todos los días desde su casa al campus, a 15 km (un total de 1930 km). Se desplaza en metro. Además, ha tenido que realizar viajes esporádicos en autobús (200 km) y en coche con otra persona (1000 km en total).

Su dieta es variada, consume productos de todos los grupos de alimentos, incluyendo los cárnicos, postres y bebidas alcohólicas. La alumna, suele hacer cinco tiempos de comida al día: desayuno, comida, cena y dos meriendas. Sin embargo, durante la actividad académica consume solamente una proporción de estos alimentos en función del horario de su proyecto, de lunes a viernes durante siete horas al día. La tabla 9 describe en detalle los alimentos consumidos en una semana típica.

Tabla 9. Menú modelo (una semana).

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Desayuno	1 huevo frito 1 rebanada de pan 1 loncha de queso 5 fresas	1 huevo frito 1 rebanada de pan 1 loncha de queso	1 huevo frito 1 rebanada de pan 1 loncha de queso	1 huevo frito 1 rebanada de pan 1 loncha de queso	1 huevo frito 1 rebanada de pan 1 loncha de queso	Bol de cereal con leche	2 huevos fritos 1 rebanada de pan 1 loncha de queso
Merienda	Té con leche	Té con agua 1 nectarina	Café solo 1 plátano 3 albaricoques	Infusión 1 ciruela	Infusión 1 nectarina	Café solo Pintxo de tortilla	2 mandarinas 1 granada
Comida	1. Marmitako 2. Pollo asado con guarnición de ensalada (lechuga y tomate) y patatas fritas Postre: Manzana	1. Macarrones con champiñones 2. Anchoas con guarnición de ensalada (lechuga y tomate)	1. Ensalada: lechuga, tomate, zanahoria, aceitunas y queso 2. Ternera con guarnición de pan y patatas fritas Postre: Arroz con leche	1. Puré de vegetales 2. Pescado rebozado con guarnición de ensalada (lechuga y tomate) y patatas fritas	1. Arroz tipo paella 2. Tortilla de patata con tomate frito y guarnición de ensalada (lechuga y tomate) Postre: 1 palmera y 1 manzana	Botella de agua Plato combinado: pechuga de pollo con guarnición de: arroz blanco, patatas fritas, ensalada (lechuga y tomate) y zanahoria Postre: 2 baklava	—
Merienda	Coca-Cola® Café solo	Infusión con miel	Infusión	Manzana	Café con leche Pintxo de sándwich mixto	Café solo	Infusión Bocadillo de jamón 2 palmeras
Cena	Bol de cereal con leche	Bol de cereal con leche		Bol de cereal con leche	2 cervezas (caña)		Vegetales salteados con guarnición de arroz y almendras

A partir del menú modelo semanal, en la tabla 10, se recopila el inventario en su totalidad y se calcula el número total de raciones para cada alimento durante un período de 90 días.

Tabla 10. Inventario de productos de alimentación y número total de raciones en 90 días.

Nº total de apariciones en el menú modelo		Equivalencia de ración según tabla	Nº total de raciones Se divide entre 7 días de la semana tipo y multiplica por los 90 días	Comentarios
Lácteos y análogos				
4	Leche	1	51,4	Se refiere a la leche consumida con el cereal de desayuno
6,5	Rebanada de queso	0,5	41,8	Incluye el queso del sándwich mixto
1	Guarnición de queso	1	12,9	Como ingrediente del plato de ensalada del miércoles
Carnes, pescados y huevos				
2	Pieza de pollo	1	25,7	
1	Carne de ternera	1	12,9	
1	Loncha de jamón serrano	0,5	6,4	
0,5	Rebanada de jamón york	0,5	3,2	Como ingrediente del sándwich mixto
3	Pescado	1	38,6	Se refiere a las anchoas, el pescado rebozado y los mariscos de la paella
1	Atún	1	12,9	Se refiere al bonito del marmitako
7	Huevo frito	1	90,0	
3	Tortilla y pintxo de tortilla	1	38,6	Incluye la tortilla de la comida del viernes (2) y el pintxo del sábado (1)
Cereales, legumbres y tubérculos				
3	Guarnición de pan chapata	1	38,6	
7	Rebanada de pan de molde	0,5	45,0	
1	Macarrones	0,5	6,4	
2	Arroz blanco	1	25,7	Se refiere a dos guarniciones y al arroz de la paella
4	Cereal de desayuno	1,25	64,3	
2	Baklava	1	25,7	
1	Arroz con leche	1	12,9	
3	Palmeras	0,5	19,3	Se asigna a galleta común
1	Patata	1	12,9	Como ingrediente del marmitako
Frutas, verduras y hortalizas				
1	Puñado de almendras	1	12,9	
1	Ración de fresa	0,5	6,4	
4	Ciruela	0,5	25,7	Además de la ciruela, incluye también albaricoque y nectarina
1	Plátano	1	12,9	
1	Granada	2	25,7	
1	Mandarina	1	12,9	Se asigna a naranja
3	Manzana	1	38,6	

N° total de apariciones en el menú modelo		Equivalencia de ración según tabla	N° total de raciones Se divide entre 7 días de la semana tipo y multiplica por los 90 días	Comentarios
1	Aceitunas	1	12,9	Como parte de la receta de la ensalada
3	Zanahoria	0,25	9,6	Como parte de la receta de la ensalada (2) y guarnición (1)
5	Guarnición de lechuga	0,25	16,1	
1	Lechuga	1	12,9	Como parte de la receta de la ensalada
7	Tomate	0,25	22,5	Como parte de la receta de la ensalada
4	Guarnición de patatas fritas	0,5	25,7	
1	Cebolla	0,25	3,2	Como ingrediente del marmitako
2,5	Puré de verduras	1	32,1	Además del puré (1), incluye los vegetales salteados (1), los vegetales de los macarrones (0,25) y de la paella (0,25)
Otros: grasas, aceites, salsas y azúcares				
6	Aceite de oliva	1	77,1	Como aliño de las ensaladas
1	Miel	1	12,9	Se refiere a la miel consumida con la infusión de jengibre
2	Salsa de tomate	1	25,7	De la comida del viernes (tomate frito) y de la receta del marmitako
Bebidas				
6	Té / Infusión	1	77,1	
4	Café solo	1	51,4	
2	Café con leche	1	25,7	
2	Cerveza (caña)	1	25,7	
1	Coca-Cola®	1	12,9	
1	Agua embotellada	1	12,9	
28	Agua del grifo	1	360	Cuatro vasos de agua al día

Finalmente, debido a que la actividad académica sucede solamente de lunes a viernes durante siete horas diarias, a la hora de ingresar los valores en la herramienta, se debe asignar el consumo proporcional aplicando un factor. Por ejemplo, en nuestro inventario tenemos 51,4 raciones de café en un período de 90 días. Para asignar solamente la proporción que corresponde a la actividad académica multiplicamos por el factor de la cantidad de horas al día $7/24$ y por el factor de la cantidad de días por semana $5/7$ (a ingresar a la hoja de cálculo: $51,4 \times 7/24 \times 5/7$). Y así sucesivamente con todo el listado de alimentos.»

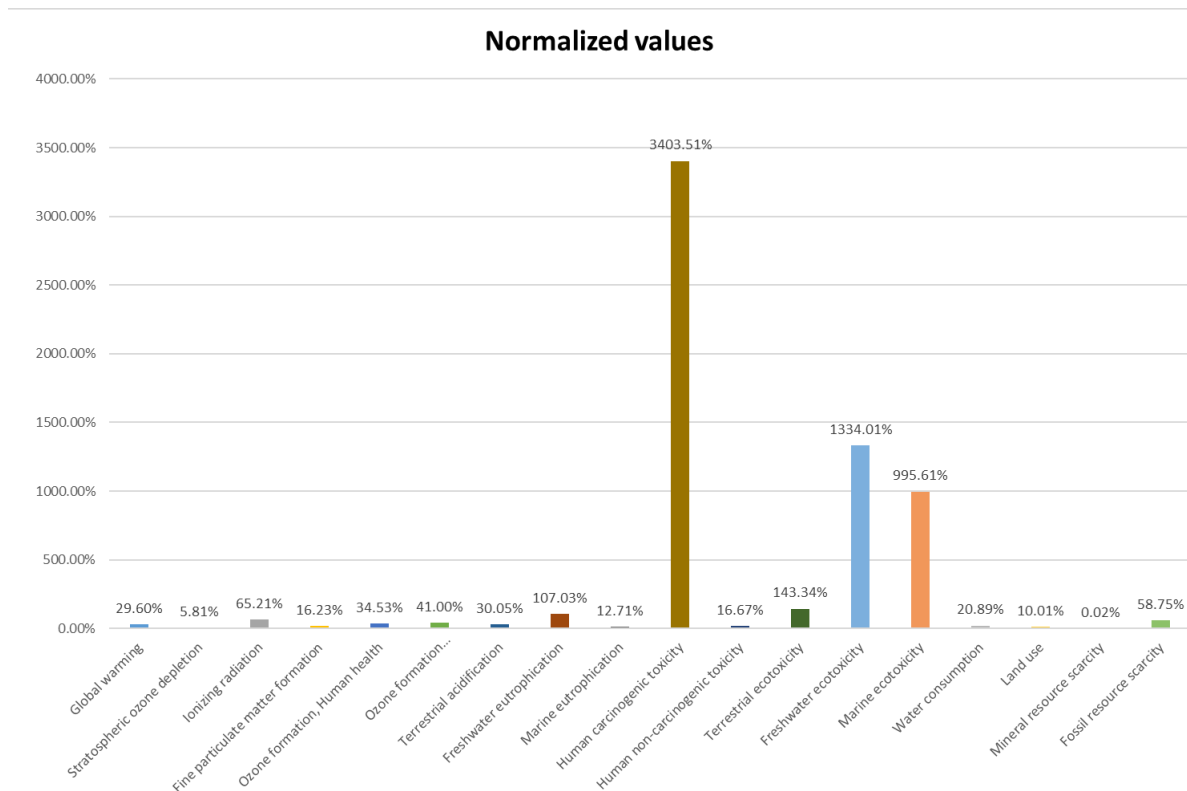


Gráfico 1. Comparación porcentual de cada categoría de impacto respecto a los datos del año 2010

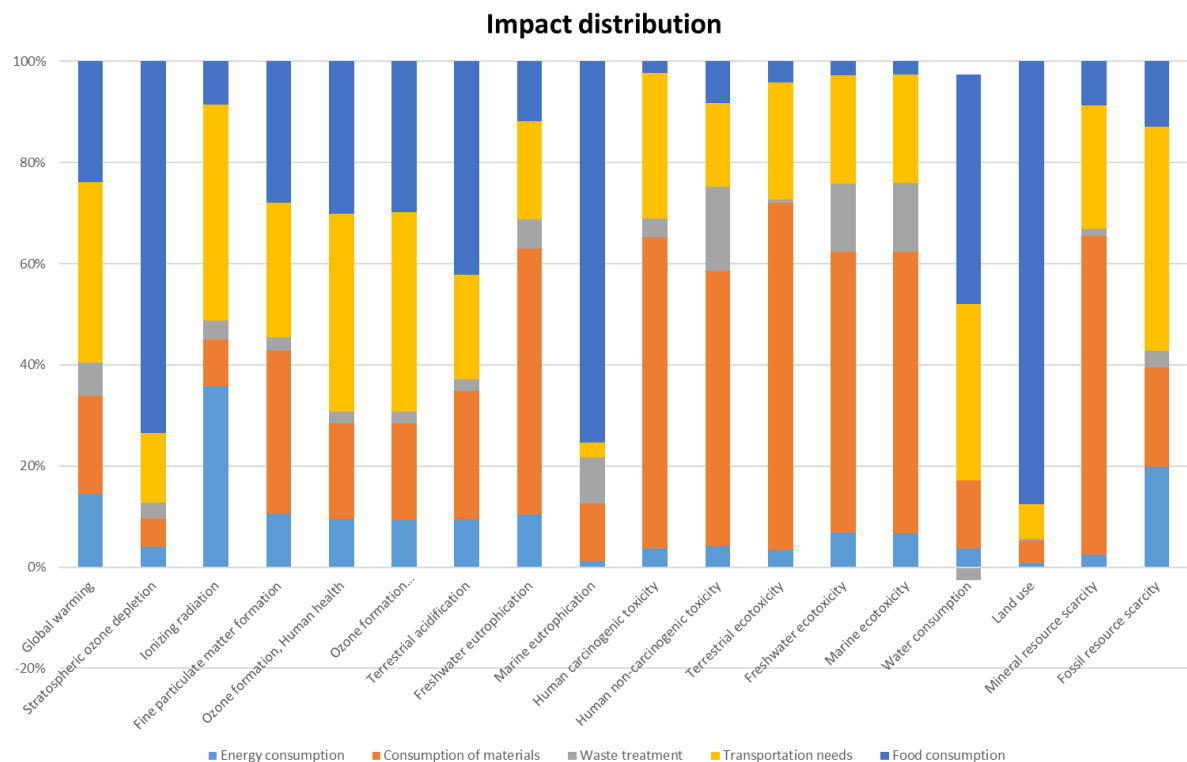


Gráfico 2. Peso porcentual de cada grupo de impactos (energía/materiales/residuos/transporte/ alimentos) en el impacto total de cada categoría

Los gráficos se interpretan de la siguiente forma:

1. En el primer gráfico, se compara el impacto generado por el alumno o alumna en la realización de la actividad con respecto al impacto medio per cápita en todo el mundo en el año 2010. Para conseguir esto, como se ha mencionado anteriormente, la herramienta divide el impacto total entre el tiempo de realización de la actividad, de forma que es posible calcular el impacto medio diario. Este valor se divide por los valores normalizados y se muestra en porcentaje en el gráfico, para cada categoría de impacto ambiental. Por tanto, la interpretación a realizar en esta gráfica es la siguiente: si el porcentaje estimado en una categoría de impacto es superior al 100%, entonces el impacto generado en esta categoría de impacto es superior a la media del año 2010 por persona. Por ejemplo: en la actividad académica el impacto sobre el calentamiento global generado por el estudiante durante el día representó el 29,6% de la media mundial por persona en 2010; en la eutrofización del agua dulce el 107,03%, y en el agotamiento de los recursos fósiles el 58,75%.

Si analizamos el ejemplo que hemos propuesto, se observa con claridad que los mayores impactos se producen en las categorías de toxicidad cancerígena humana (3403,51%), en ecotoxicidad terrestre (143,34%) y en las ecotoxicidades de agua dulce (1334,01%) y marina (995,61%), en comparación con los valores de referencia disponibles. El gráfico es muy útil para que la alumna o alumno sepa cuál es el impacto específico. Para saber con qué actividades se relacionan estos impactos, hay que analizar el gráfico 2.

2. El segundo gráfico permite conocer el impacto de cada grupo de actividad (consumo energético, material, tratamiento de residuos, necesidades de transporte y alimentación) en cada categoría de impacto. Cada columna (que hace referencia a cada categoría de impacto ambiental) está dividida en cinco colores y cada color refleja la aportación de un grupo de actividades. Además, si se coloca el puntero sobre cada columna, se puede ver exactamente el efecto que tiene el grupo de actividad (las unidades de cada categoría de impacto se muestran en la tabla 10, más abajo). Analizando el gráfico del ejemplo, se puede comprobar que las actividades que más influyen en la formación del ozono fotoquímico están relacionadas con el transporte. En el consumo de agua, en cambio, las actividades relacionadas con el tratamiento de residuos reducen su impacto: esto se debe a que, en el tratamiento de aguas residuales, en vez de consumir agua, obtenemos agua limpia. El consumo de materiales influye en todas las categorías de impacto y, además, en algunas de forma muy destacada: en la escasez de recursos minerales, en la ecotoxicidad de los mares, las toxicidades humanas, la eutrofización de agua dulce y las ecotoxicidades en agua dulce y terrestre. Se puede observar también como el consumo de alimentos influye en todas las categorías de impacto y en especial en la destrucción de la capa de ozono, la eutrofización marina y la utilización de los suelos.

En las dos categorías que destacaban en el gráfico 1 (ecotoxicidad marina y ecotoxicidad de agua dulce), la aportación más importante a los impactos es la del consumo de materiales, dentro del cual el uso de los Edificios es la principal fuente. En cambio, en la toxicidad humana cancerígena la principal fuente es el uso de maquinaria industrial, seguido de las necesidades de transporte, especialmente los viajes en coche.

5.

Descripción de las categorías de impacto ambiental

Una vez introducidos los valores requeridos por la herramienta, el alumno o la alumna obtendrá los coeficientes correspondientes a las diferentes categorías de impacto. La correcta catalogación de estas categorías es imprescindible para que el usuario conozca con exactitud el impacto producido por su actividad. En los siguientes apartados se explicarán estas categorías de impacto ambiental que maneja la herramienta, y la naturaleza de los impactos que recogen.

Este documento recoge la descripción de las 18 categorías de impacto del método ReCiPe 2016 v.1.1 (Huijbregts et al., 2017). En la tabla 11 se presentan todas las categorías de impacto junto con las unidades correspondientes. En la columna «categoría de impacto» se agrupan las categorías que se describen en este documento.

Descripción de las 18 categorías de impacto ambiental. Midpoint, ReCiPe 2016 v1.1

Tabla 11. 18 categorías de impacto de punto medio con sus unidades correspondientes. Metodología ReCiPe 2016 v.1.1.

Categoría de impacto		Unidad
1. Calentamiento global		kg CO ₂ equivalente
2. Destrucción de la capa de ozono		kg CFC-11 equivalente (tricloro-fluorometano)
3. Radiación ionizante		kBq Co-60
4. Formación de partículas finas		kg PM _{2.5} equivalente
5. Formación de ozono fotoquímico: salud humana	Formación de ozono fotoquímico	kg NO _x
6. Formación de ozono fotoquímico: calidad de eco-sistemas		kg NO _x
7. Acidificación terrestre		kg SO ₂ equivalente
8. Eutrofización de agua dulce	Eutrofización	kg P equivalente al agua dulce
9. Eutrofización marina		kg N equivalente al agua marina

10. Toxicidad humana: carcinogénica	Toxicidad Ecotoxicidad	kg 1,4-DCB equivalente (dicloro- benceno) al aire
11. Toxicidad humana: no carcinogénica		kg 1,4-DCB equivalente (dicloro- benceno) al aire
12. Ecotoxicidad terrestre		kg 1,4-DCB equivalente (dicloro- benceno) al suelo industrial
13. Ecotoxicidad agua dulce		kg 1,4-DCB equivalente (dicloro- benceno) al agua dulce
14. Ecotoxicidad marina		kg 1,4-DCB equivalente (dicloro- benceno) al agua marina
15. Uso de agua	m ³ (metros cúbicos) de agua consumida	
16. Uso del terreno	m ² a (m ² por tiempo medido en años)	
17. Agotamiento de recursos minerales	Agotamiento de recursos	kg Cu equivalente
18. Agotamiento de combustibles fósiles		kg petróleo equivalente

Más información en (ver categorías de impacto): <https://lc-impact.eu/methodology.html>

5.1. Calentamiento global

Unidad: kg CO₂ equivalente

Esta categoría de impacto mide las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Estas emisiones se traducen en un aumento de la concentración de GEI en la atmósfera, lo que, a su vez, incrementa la capacidad de forzamiento radiativo ($W \cdot m^{-2}$). El forzamiento radiativo indica la diferencia entre la luz solar absorbida por la Tierra y la energía irradiada de vuelta al espacio.

Un aumento del forzamiento radiativo implica un aumento de la temperatura media global, que da como resultado varios impactos ambientales de punto final: daño a la salud humana, y daños a los ecosistemas terrestres y acuáticos (figura 1).

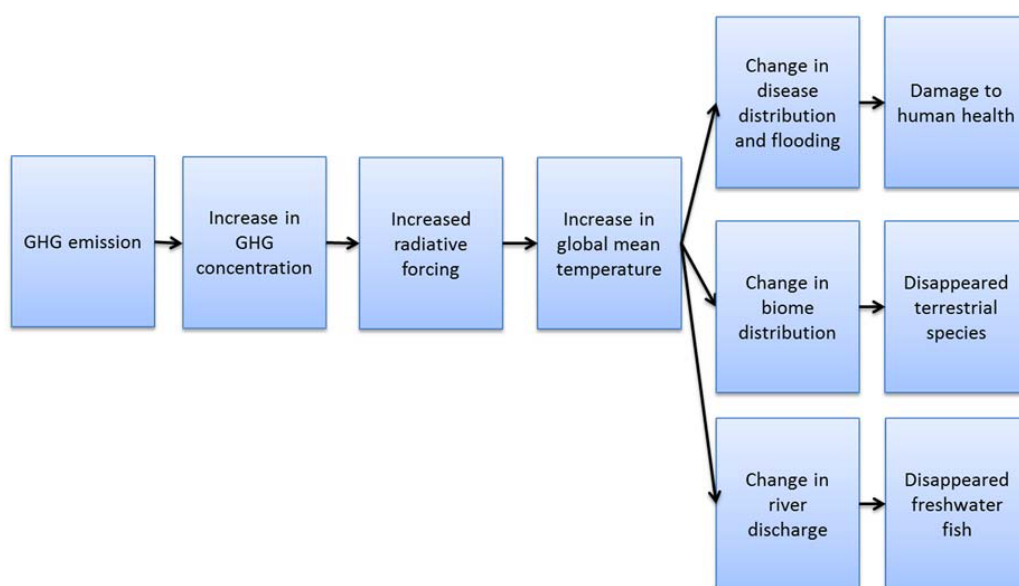


Figura 1. Cadena causa-efecto desde las emisiones de GEI hasta el daño a la salud humana, pérdida de especies en ecosistemas terrestres y acuáticos. Fuente: ReCiPe, 2017

La capacidad de un GEI de influir en el forzamiento radiativo se expresa respecto de la sustancia de referencia, el dióxido de carbono (CO_2) y respecto de un horizonte temporal de 20, 100 o 1000 años, según las perspectivas individualista, jerárquica e igualitaria respectivamente.

En la tabla 12 se recogen los valores del Potencial de Calentamiento Global (GWP por sus siglas en inglés, *Global Warming Potential*) de los principales GEI. El GWP indica el forzamiento radiativo adicional integrado a lo largo del tiempo (20, 100 o 1000 años) causado por una emisión de 1 kg de GEI en relación con el forzamiento radiativo integrado sobre ese mismo horizonte temporal causado por la emisión de 1 kg de CO_2 . Se pueden consultar los GWP de otros GEI en el informe IPCC (2013); entre otros, los clorofluorocarbonos, hidroclorofluorocarbonos, hidrofluorocarbonos, etc.

Tabla 12. Potencial de Calentamiento Global ($\text{kg CO}_2 \text{ eq/kg}$) de los principales Gases de Efecto Invernadero para un horizonte temporal de 2, 100 y 1000 años (Fuente: IPCC, 2013)

Compuesto	Perspectiva		
	Individualista (20 años)	Jerárquica (100 años)	Igualitaria (1000 años)
Dióxido de carbono CO_2	1	1	1
Metano (CH_4)	84	34	4.9
Metano fósil	85	36	4.9
Óxido nitroso (N_2O)	264	298	78.8

Más información en:

<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas/cop21/el-cambio-climatico.html>

5.2. Destrucción de la capa de ozono

Unidad: kg CFC-11 equivalente (triclorofluorometano)

Categoría de impacto que indica las emisiones de sustancias que agotan la capa de ozono (ODS, por sus siglas en inglés, *Ozone Depleting Substances*). Las sustancias que agotan la capa de ozono son muy persistentes, las moléculas contienen átomos de cloro y bromo que interaccionan y destruyen el ozono, mayormente en la estratosfera (dado su largo tiempo de vida pueden llegar a la estratosfera). El ozono estratosférico absorbe radiación ultravioleta-B (UVB). Como consecuencia de la disminución de la concentración de ozono en la estratosfera, se produce un incremento de la radiación UVB que llega a la superficie terrestre. En la figura 2 puede verse la cadena causa-efecto de las emisiones de sustancias que agotan la capa de ozono, que se traduce en efectos negativos para la salud humana, tales como un incremento en la incidencia del cáncer de piel y cataratas.

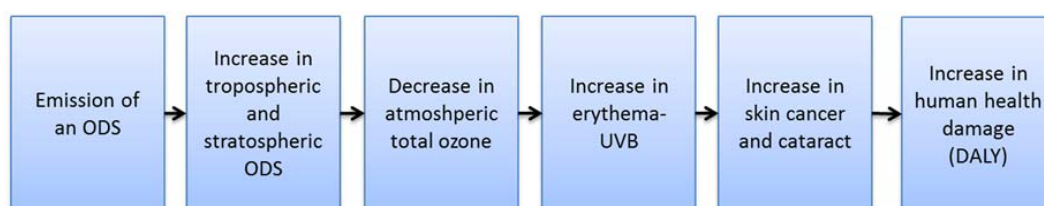


Figura 2. Cadena causa-efecto desde las emisiones de sustancias que agotan la capa de ozono (ODS) resultante en el daño a la salud humana. Fuente ReCiPe, 2017

Para el cálculo de los factores de caracterización en esta categoría de impacto se utiliza como referencia el CFC-11: triclorofluorometano (CCl_3F), al que se le asigna un factor de caracterización de 1.

Más información en:

<https://www.miteco.gob.es/eu/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/ozono.html>

5.3. Radiación ionizante

Unidad: kBq Co-60

Esta categoría de impacto indica los daños en la salud humana debidos a las descargas radiactivas. La radiación ionizante es un tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas (rayos gamma o rayos X) o partículas (partículas alfa y beta o neutrones). La desintegración espontánea de los átomos se denomina radiactividad y la energía excedente emitida es una forma de radiación ionizante. Los elementos inestables que se desintegran y emiten radiación ionizante se denominan radionúclidos. La actividad, utilizada como medida de la cantidad de un radionúclido, se expresa en becquerel (Bq), que corresponde a una desintegración por segundo (WHO, 2016).

La figura 3 recoge cómo se traducen las emisiones de radionúclidos en daños en la salud humana: en un incremento del riesgo de padecer cáncer y en efectos graves de carácter hereditario.

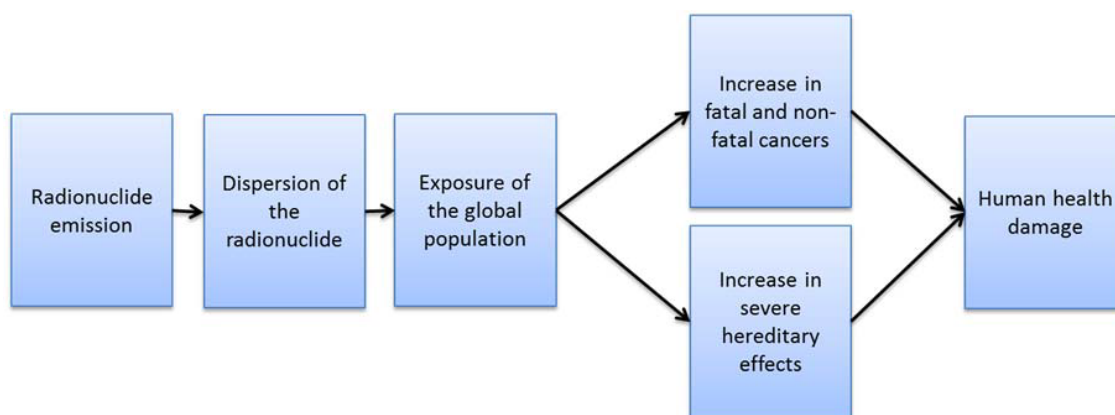


Figura 3. Cadena causa-efecto desde las emisiones de radionúclidos al aire y al agua hasta el daño a la salud humana. Fuente ReCiPe, 2017

La unidad de referencia se calcula en kBq Co-60. Es decir, respecto del Cobalto-60 (^{60}Co), un isótopo radiactivo sintético del cobalto, que tiene un periodo de semidesintegración de 5,27 años.

Más información en:

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>

5.4. Formación de partículas

Unidad: kg $\text{PM}_{2.5}$ equivalente

Esta categoría de impacto indica los daños a la salud humana producidos por la emisión de partículas primarias y por la formación de partículas secundarias en la atmósfera. La materia particulada fina ($\text{PM}_{2.5}$: partículas con un diámetro inferior a $2.5\ \mu\text{m}$) representa una mezcla compleja de contaminantes orgánicos e inorgánicos. En la figura 4 se recoge la secuencia de emisiones de contaminantes precursores de partículas finas (NO_x , NH_3 , SO_2) y la emisión de partículas primarias ($\text{PM}_{2.5}$), que pueden ser inhaladas y llegar a la parte superior de las vías respiratorias y a los pulmones. La exposición crónica a partículas finas se traduce en un incremento de la mortalidad (daño a la salud humana).

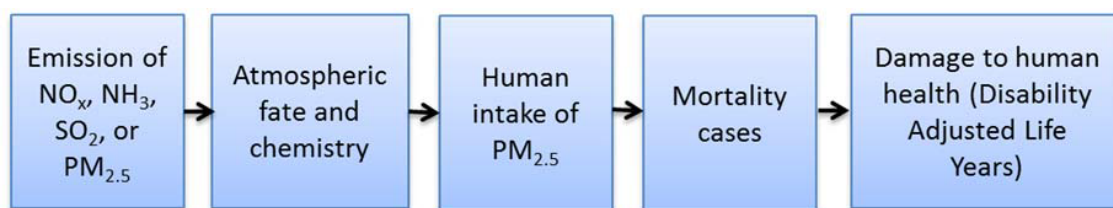


Figura 4. Cadena causa-efecto desde la emisión de precursores y de partículas finas que resultan en un daño a la salud humana. Fuente ReCiPe, 2017

La unidad se refiere a las partículas finas ($PM_{2.5}$), ya que según la Organización Mundial de la Salud los efectos sobre la mortalidad tienen que ver más con la fracción fina ($PM_{2.5}$) que con la fracción más gruesa ($PM_{2.5-10}$, partículas con un diámetro entre 2.5 y 10 μm), ya que la exposición a ésta últimas está más relacionada con la morbilidad respiratoria (WHO, 2006).

Más información en (apartado Materia Particulada, PM): <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-outdoor-air-quality-and-health>

5.5. Formación de ozono fotoquímico: salud humana

5.6. Formación de ozono fotoquímico: calidad de ecosistemas

Unidad: kg NO_x

La categoría de impacto «Formación de ozono fotoquímico» mide la capacidad de formación de ozono fotoquímico cuyos precursores son los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los NMVOC (Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano, NMVOC, por sus siglas en inglés: Non-Methane Volatile Organic Compounds). Se consideran en estas categorías tanto los efectos en la salud humana como los daños a los ecosistemas.

El ozono es una sustancia que no se emite directamente a la atmósfera, ya que se forma a partir de sus principales precursores, los NO_x y los NMVOC, proceso que se intensifica en verano a causa de una mayor radiación solar. Cabe destacar que el proceso de formación de ozono no es lineal, ya que depende de la concentración de sus precursores y de las condiciones meteorológicas (radiación solar).

Tal y como se recoge en la figura 5, el ozono afecta a la salud humana, ya que agrava enfermedades como el asma y otras enfermedades respiratorias crónicas, por ejemplo el EPOC (Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica). Además, el ozono puede afectar a la vegetación, alterando sus procesos naturales de crecimiento y de producción de semillas. El ozono también puede dañar los materiales.

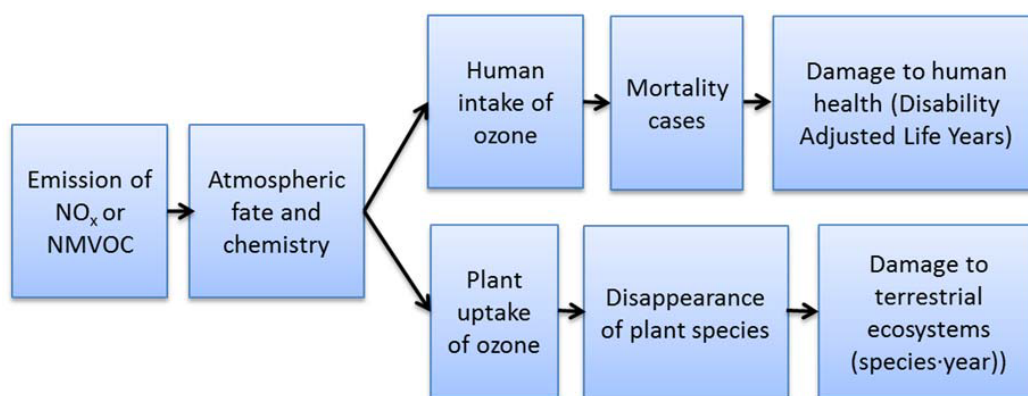


Figura 5. Cadena causa-efecto desde la formación de ozono hasta los daños a la salud humana y a ecosistemas terrestres. Fuente ReCiPe, 2017

La unidad de medida de esta categoría de impacto se debe a uno de los precursores de ozono, los óxidos de nitrógeno (NO_x). El término NO_x hace referencia a la suma de óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO_2), siendo el NO_2 el que se forma en mayores cantidades en procesos de combustión que ocurren a altas temperaturas (PRTR, 2021).

Más información en (ver recuadro 5.1): <https://www.eea.europa.eu/es/publications/92-828-3351-8/page005.html>

5.7. Acidificación terrestre

Unidad: kg SO_2 equivalente (dióxido de azufre)

Esta categoría de impacto indica el efecto de la deposición de sustancias inorgánicas en los suelos, tales como los sulfatos (SO_4^{2-}), nitratos (NO_3^-) y fosfatos (PO_4^{3-}), ya que modifican la acidez del suelo.

Las principales sustancias precursoras de acidificantes son los NO_x , NH_3 y el SO_2 que, tras emitirse a la atmósfera, pueden sufrir transformaciones físico-químicas para dar lugar a NO_3^- y SO_4^{2-} . Estos iones pueden depositarse en el suelo, alterando su acidez. Para todas las especies vegetales, existe un nivel óptimo de acidez que, si se ve modificado, podrían producirse daños en la especie vegetal en cuestión.

En la figura 6 se recoge la cadena causa-efecto de las emisiones de gases precursores de sustancias acidificantes para el suelo y perjudiciales para la vegetación.

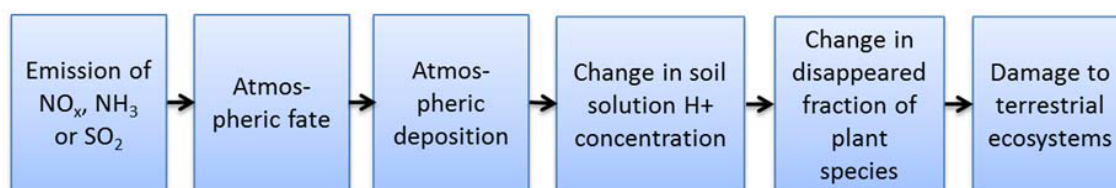


Figura 6. Cadena causa-efecto desde las emisiones de sustancias precursoras de acidificantes, resultantes en daños a los ecosistemas terrestres. Fuente ReCiPe, 2017

La unidad de medida de esta categoría de impacto se debe al dióxido de azufre (SO_2).

Más información en (ver recuadro 4.1): <https://www.eea.europa.eu/es/publications/92-828-3351-8/page004.html>

5.8. Eutrofización de agua dulce

Unidad: kg P equivalente al agua dulce

La eutrofización del agua dulce se produce debido a la descarga de nutrientes (fósforo y nitrógeno) en suelo o de manera directa al agua dulce. Debido a una mayor presencia de nutrientes (en el caso del agua dulce afecta especialmente el fósforo), se produce una mayor absorción de los mismos por parte de los organismos autótrofos como las cianobacterias y algas, pero también por parte de especies heterótrofas como peces e invertebrados. El crecimiento desmesurado de plantas acuáticas impide la entrada de luz para la realización de la fotosíntesis. Cuando estas plantas mueren, es necesaria una gran cantidad de oxígeno para la degradación de la biomasa muerta. Este déficit de oxígeno puede poner en peligro la subsistencia de las especies animales acuáticas y, en los casos extremos, incluso puede provocar su muerte.

En la figura 7 se recoge la cadena causa-efecto de los vertidos de fósforo al agua dulce y a los suelos, que concluye con el daño a los ecosistemas de agua dulce.

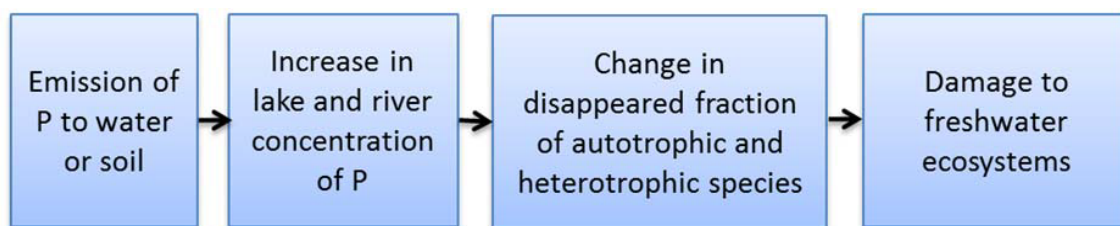


Figura 7. Cadena causa-efecto de las emisiones de fósforo que causan daños en los ecosistemas de agua dulce. Fuente ReCiPe, 2017

La unidad para el cálculo de esta categoría de impacto se refiere al fósforo, ya que es el nutriente que más afecta al agua dulce.

Más información en:

General, <https://www.britannica.com/science/eutrophication>

Eutrofización agua dulce (aguas superficiales), <https://www.miteco.gob.es/va/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/proteccion-nitratos-pesticidas/impacto-calidad-agua/>

5.9. Eutrofización marina

Unidad: kg N equivalente al agua marina

La eutrofización del agua salada se produce por escorrentía y lixiviación de nutrientes del suelo que, por descarga, terminan finalmente en el mar. De esta forma, se produce un aumento de nutrientes, fósforo y nitrógeno en el mar, lo que acelera el crecimiento de las algas y demás vegetación acuática. Principalmente, se debe a un aumento en la cantidad de nitrógeno inorgánico disuelto (DIN, por sus siglas en inglés, Dissolved Inorganic Nitrogen). Cuando las plantas acuáticas mueren, se consume el oxígeno disponible para la degradación de la biomasa muerta. La deficiencia de oxígeno puede producir la muerte de los peces.

En la figura 8 se recoge la cadena causa-efecto de los vertidos de nutrientes al agua dulce, que terminan en el mar, de manera que aumentan los niveles de nitrógeno inorgánico disuelto y, finalmente, en el daño a los ecosistemas de agua salada.

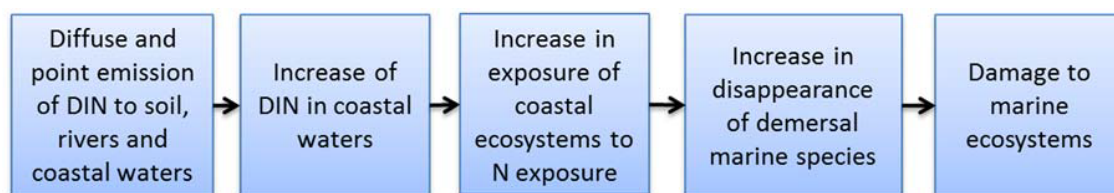


Figura 8. Cadena causa-efecto desde las emisiones de Nitrógeno Orgánico Disuelto (DIN, Dissolved Inorganic Nitrogen) resultantes en el daño a los ecosistemas marinos. Fuente ReCiPe, 2017

La unidad para el cálculo de esta categoría de impacto se refiere al nitrógeno, ya que es el nutriente limitante en los ecosistemas marinos.

Más información en:

General, <https://www.britannica.com/science/eutrophication>

Eutrofización agua marina, <https://www.encyclopedie-environnement.org/en/water/phosphorus-and-eutrophication-2/>

Toxicidad

5.10. Toxicidad humana (carcinogénica)

5.11. Toxicidad humana (no carcinogénica)

5.12. Ecotoxicidad terrestre

5.13. Ecotoxicidad en agua dulce

5.14. Ecotoxicidad marina

Unidad: kg 1,4-DCB equivalente (diclorobenceno) al aire / suelo industrial / agua dulce / agua marina

En la descripción de esta categoría de impacto se incluyen los efectos de **toxicidad humana**, tanto para efectos que tienen que ver con el riesgo de padecer cáncer (5.10) como los relacionados con otros efectos en la salud (5.11). También se incluye la **ecotoxicidad** del medio terrestre (5.12), agua dulce (5.13) y medio marino (5.14).

La figura 9 resume la cadena causa-efecto, desde que una determinada sustancia química se emite al medio ambiente y aumenta su concentración, hasta lo que posteriormente se traduce en:

1. Daños a los ecosistemas, terrestres, de agua dulce y marinos, por la entrada o liberación de sustancias que tienen un efecto directo sobre la salud de cada uno de los ecosistemas en cuestión.
2. Daños en la salud humana, que ocurren como consecuencia de la absorción de sustancias tóxicas mediante la inhalación de aire, ingesta de alimentos o agua, penetración a través de la piel, etc.

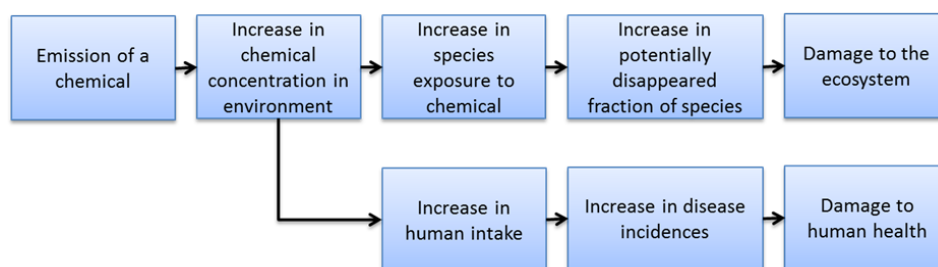


Figura 9. Cadena causa-efecto desde las emisiones de sustancias químicas tóxicas hasta el daño a los ecosistemas y a la salud humana. Fuente ReCiPe, 2017

La unidad de cálculo para esta categoría se refiere al 1,4-diclorobenceno (1,4-DCB o para-diclorobenceno, de fórmula molecular $C_6H_4Cl_2$) sustancia clasificada como posible cancerígeno para humanos, grupo 2B (IARC, 2021). Además, la exposición a altas concentraciones de 1,4-DCB puede causar otros efectos adversos en la salud como irritación de los ojos, la nariz, causar dificultad para respirar y malestar estomacal y, en concentraciones extremadamente altas mareos, dolores de cabeza y problemas hepáticos (ATSDR, 2006).

Más información en:

Toxicología y toxicidad, https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/modules/1/es_lecturenotes_1.html

Ecotoxicidad (definición), <https://www.informea.org/en/terms/ecotoxicity>

5.15. Uso del agua

Unidad: m³ (metros cúbicos) de agua consumida

Esta categoría del impacto hace referencia al uso o consumo del agua, que implica una reducción en la disponibilidad de agua dulce. El consumo de agua incluye el agua evaporada, la incorporada a productos, la transferida a otras cuencas hidrográficas o la vertida al mar.

En la figura 10 se recoge la cadena causa-efecto del uso del agua, que se traduce en daños a la salud humana, desaparición de especies terrestres y de especies acuáticas de agua dulce.

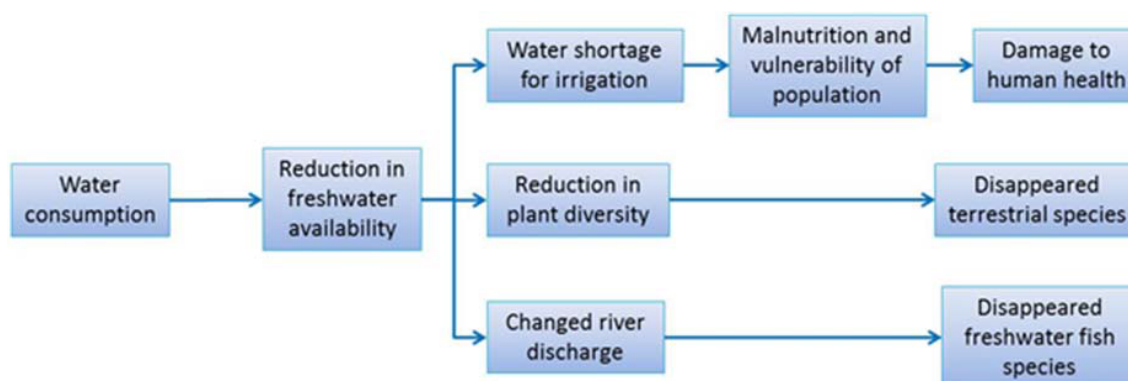


Figura 10. Cadena causa-efecto desde el consumo de agua hasta el daño a la salud humana, desaparición de especies terrestres y de agua dulce. Fuente ReCiPe, 2017

La unidad de medida hace referencia al consumo de agua dulce en unidades de volumen (m^3). Esta categoría de impacto, ha llevado al desarrollo del concepto de la Huella Hídrica (más información en: <https://waterfootprint.org/en/>).

Más información en:

Huella hídrica <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/>

5.16. Uso del terreno

Unidad: m^2a (m^2 por tiempo medido en años) de terreno agrícola

Esta categoría de impacto indica la pérdida relativa de especies debida al uso local, ocupación y transformación del uso del terreno. Se basa en la comparación del uso natural del terreno (referencia) con el uso antropogénico del terreno, considerando actividades como la agricultura y el uso urbano del terreno (carreteras, viviendas, minería, etc.). La figura 11 reúne la cadena causa-efecto del uso del terreno, hasta el impacto de punto final, es decir, el daño al ecosistema.

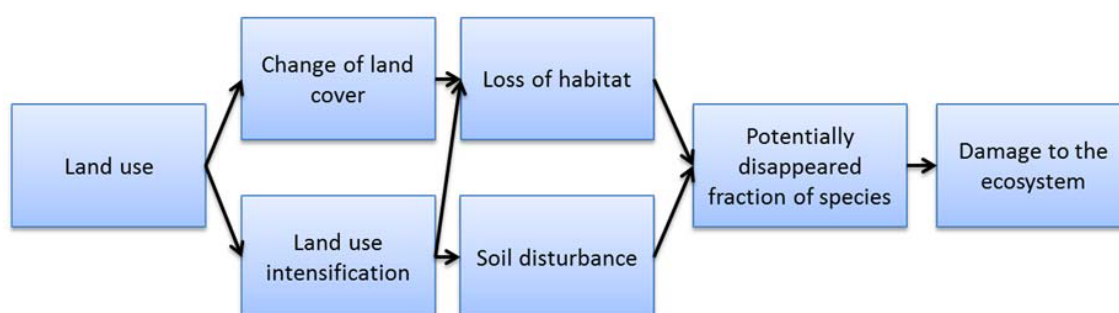


Figura 11. Cadena causa-efecto desde el cambio en el uso del terreno hasta el daño en los ecosistemas. Fuente ReCiPe, 2017

La unidad de medida hace referencia al área ocupada (m^2) por la duración de la ocupación del terreno (años). (Explicación: $10 \text{ m}^2\text{a}$ se puede interpretar como el uso de una superficie de terreno de 10 m^2 durante 1 año, o el uso de una superficie de terreno de 1 m^2 durante 10 años; el producto del área por el tiempo será de $10 \text{ m}^2\text{a}$).

Más información en:

Uso del suelo <https://www.eea.europa.eu/es/themes/landuse/about-land-use>

5.17. Agotamiento de recursos minerales

Unidad: kg Cu equivalente (cobre)

Esta categoría de impacto hace referencia al agotamiento de recursos minerales, como los metales. Los metales se obtienen de los minerales extraídos de las minas. El mineral incluye tanto la mena (el mineral que contiene el metal deseado) como la ganga (otros minerales no deseados). La ley de un metal hace referencia a la concentración que presenta un metal en el mineral extraído de la mina. Normalmente, se extraen primero los minerales con leyes más altas de los metales buscados (mayor concentración, menor ganga). Conforme disminuye la ley del metal en el mineral, hay que extraer más mineral para obtener la misma cantidad de metal. La figura 12 resume la cadena causa-efecto en esta categoría de impacto. La extracción del mineral conduce a una disminución de la concentración del metal buscado en el mineral extraído. Esto hace aumentar la extracción del mineral. Considerando también la extracción futura del mineral se calcula el aumento potencial de extracción del mineral (Surplus Ore Potential, nuestro indicador midpoint), que a su vez da lugar al aumento potencial del coste de extracción (Surplus Cost Potential, indicador endpoint).

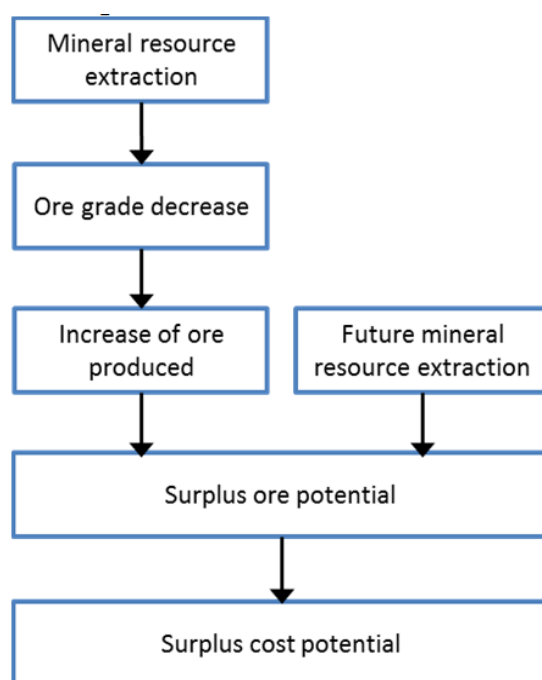


Figura 12. Cadena causa-efecto desde la extracción de recursos minerales hasta la escasez de recursos naturales. Fuente ReCiPe, 2017

La unidad de medida de esta categoría hace referencia a la cantidad de cobre (masa expresada en kg), recurso mineral al que se le asigna un valor de «1» en esta categoría de impacto. Es decir, esta categoría mide el impacto de extracción de minerales tomando como referencia el impacto estimado para la extracción de 1 kg de cobre. Este indicador toma en consideración no solo la escasez del material, sino también la concentración de los recursos disponibles.

Más información en:

Buenas prácticas para la extracción de recursos minerales, https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/Extracting_Good_Practices_Report.pdf

5.18. Agotamiento de combustibles fósiles

Unidad: kg petróleo equivalente

Esta categoría de impacto hace referencia a la escasez de recursos fósiles, procedentes del petróleo, gas natural o carbón.

En la figura 14 se resume la cadena causa-efecto en esta categoría ambiental. Del mismo modo que sucede con los recursos minerales, la extracción de un recurso fósil da lugar a que cada vez sea más costoso extraer los recursos que quedan. Esto da lugar a un incremento de los costes de extracción, caracterizado por el aumento potencial del coste de extracción (Surplus cost potential, indicador endpoint). En esta categoría, el indicador midpoint es el contenido energético del recurso, tomando como referencia la densidad energética del petróleo.

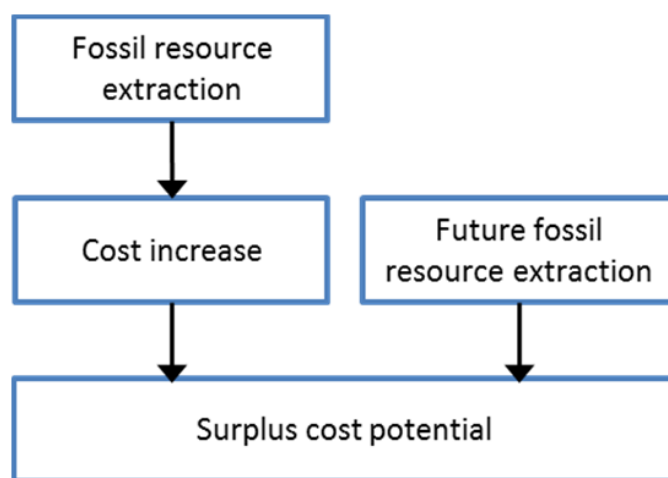


Figura 14. Cadena causa-efecto desde la extracción de recursos fósiles hasta la escasez de recursos fósiles. Fuente ReCiPe, 2017

La unidad de medida de esta categoría hace referencia a la cantidad de energía contenida en el petróleo crudo (expresada en kg equivalentes de petróleo).

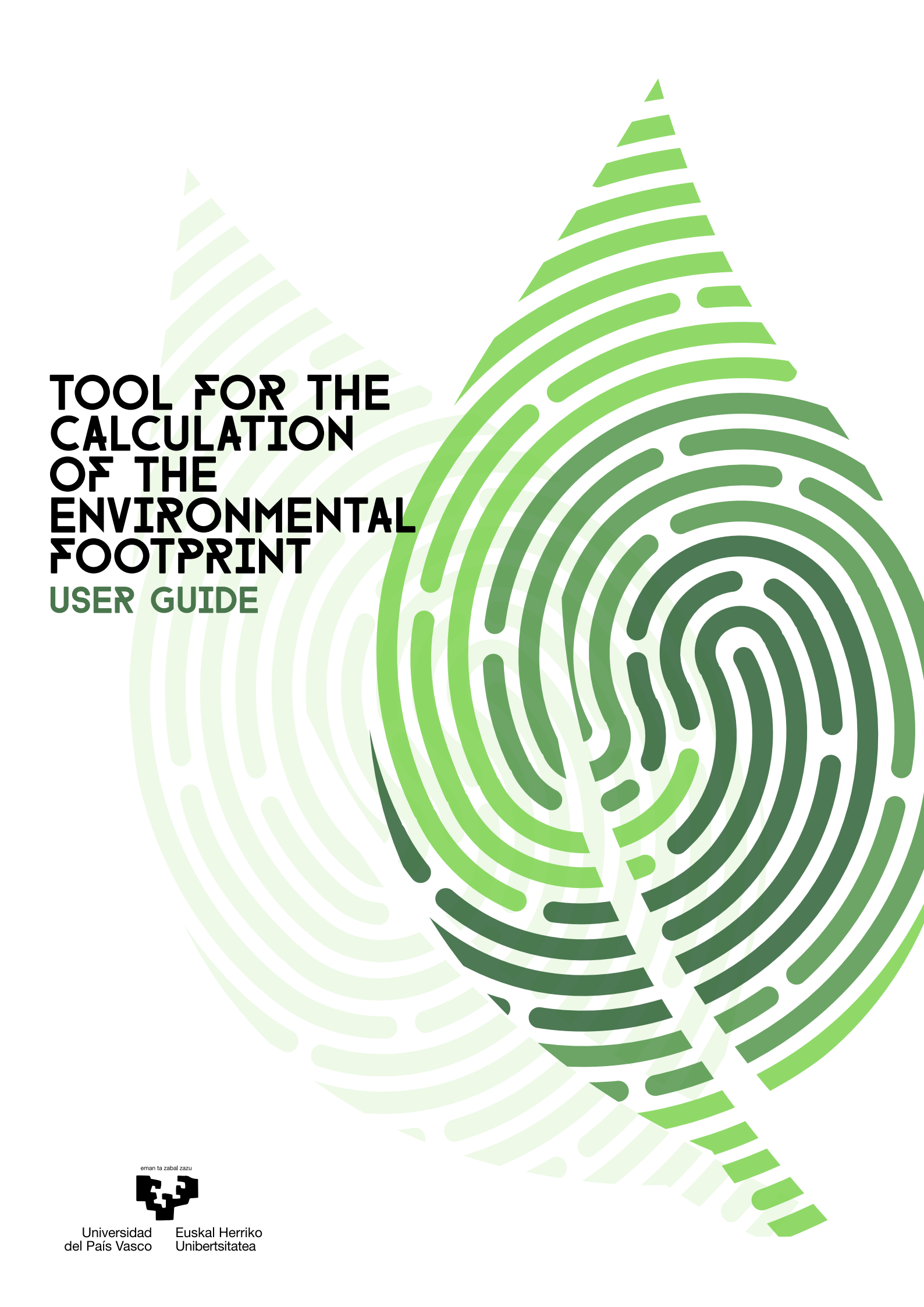
Más información en:

Definición, combustible fósil, <https://www.britannica.com/science/fossil-fuel>

6.

Referencias

- ATSDR, 2006. Agency for Toxic Substances and Disease Registry U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. DICHLOOROBENZENES. Disponible en: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts10.pdf> Último acceso: diciembre de 2021.
- IARC, 2021, International Agency of Research on Cancer. Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–130 Disponible en: <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications> Último acceso: diciembre de 2021.
- IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.
- Huijbregts, M. A., Steinmann, Z. J., Elshout, P. M., Stam, G., Verones, F., Vieira, M. D. M., Hollander, A., van Zelm, R. (2017). ReCiPe 2016 v1.1. A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. report I: Characterization; RIVM Report 2016-0104. National Institute for Human Health and the Environment, Bilthoven. Disponible en: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0104.pdf>. Último acceso: diciembre de 2021.
- PRTR-España (2021). Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes. NOx Óxidos de nitrógeno. Disponible en: <https://prtr-es.es/NOx-oxidos-de-nitrogeno,15595,11,2007.html> Último acceso: diciembre de 2021
- WHO, World Health Organization (2016). Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures> Último acceso: diciembre de 2021.
- WHO, World Health Organization (2006). Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution. World Health Organization, Copenhagen, Denmark. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/E88189>. Último acceso: diciembre de 2021.



TOOL FOR THE CALCULATION OF THE ENVIRONMENTAL FOOTPRINT

USER GUIDE

eman ta zabal zazu



Universidad
del País Vasco

Euskal Herriko
Unibertsitatea

Index

1. Introduction	5
1.1. Life Cycle Assessment (LCA)	5
2. Objectives	7
2.1. Identification and quantification of the environmental impacts and processes related to the academic activity	7
2.2. Calculation of the environmental footprint of the academic activity	7
2.3. Preparation of the environmental footprint report of an academic activity	7
3. Footprint calculation tool	9
3.1. Design	9
3.2. Worksheet sections	9
3.2.1. Home tab	10
3.2.2. Student data	10
3.2.3. Energy	10
3.2.4. Materials	12
3.2.5. Waste treatment	14
3.2.6. Transport	14
3.2.7. Food	15
3.2.8. Supplementary information	18
4. Results	19
5. Description of the Environmental Impact categories	27
5.1. Global warming	28
5.2. Stratospheric ozone depletion	29
5.3. Ionizing radiation	30
5.4. Fine particulate matter formation	30
5.5. Ozone formation: human health	31
5.6. Ozone formation: terrestrial ecosystems	31
5.7. Terrestrial acidification	32
5.8. Freshwater eutrophication	32
5.9. Marine eutrophication	33
5.10. Human toxicity (carcinogenic)	34
5.11. Human toxicity (non-carcinogenic)	34
5.12. Terrestrial ecotoxicity	34
5.13. Freshwater ecotoxicity	34
5.14. Marine ecotoxicity	34
5.15. Water consumption	34
5.16. Land use	35
5.17. Mineral resource scarcity	36
5.18. Fossil resource scarcity	37
6. References	39

1.

Introduction

Environmental protection is one of the most important challenges facing society. The solution must be global, and to this end it is absolutely necessary to promote a sustainable development model.

UPV/EHU aims to be an example of social transformation towards a more sustainable organizational model, and an example of this is the EHU-Aztarna project of the Campus Bizia Lab, promoted by the Directorate of Sustainability, in which the Environmental Footprint of the UPV/EHU has been calculated, using the Life Cycle Assessment (LCA) methodology, following the European Commission proposed methodological guide.

Within the framework of the EHU-Aztarna project, and based on the previously calculated UPV/EHU's environmental footprint, a tool has been designed so that UPV/EHU students can calculate, in an approximate way, the environmental footprint of their academic activity. In this way, students will be able to estimate the impact they generate during the time they are working on a specific academic activity, thus achieving a greater awareness of the impact it generates. The academic activities to be studied can be multiple: a student's Final Degree or Master's thesis, a complete course or term, or a project worked on in a subject.

1.1. Life Cycle Assessment (LCA)

Until recently, environmental improvement actions have focused on reducing pollution from very specific sources, such as emissions from industrial facilities into rivers and the atmosphere. Life cycle assessment addresses another, broader perspective. The life cycle approach aims to identify possible improvements in products and services, seeking lower environmental impacts and more efficient use of resources, throughout the entire life cycle of the products or services we use.

The life cycle of a product or service begins with the extraction of many raw materials and energy; followed by stages of transformation, manufacturing and distribution of these materials, up to the final product use or consumption stage. In the end-of-life stage of the product, materials are prepared for reuse, recycling or disposal, in some cases recovering energy.

The fundamental objective of the life cycle approach is to avoid shifting environmental burdens from one point in the life cycle to another. The life cycle perspective helps to reduce impacts in one life cycle stage, in one geographic region or in one impact category, but without increasing impacts elsewhere at the same time. The objective may be, for example, to achieve energy savings in the use stage of a product without increasing energy consumption and the amount of material required for its manufacture.

To continue, we will define in detail what the Life Cycle Assessment mentioned above is. The most concrete definition is the one expressed by ISO¹ in the ISO 14040 standard:

Life cycle assessment is a technique for determining the environmental aspects and potentials associated with a product by conducting an inventory of the significant inputs and outputs of the system, assessing the potential environmental impacts associated with those inputs and outputs, and interpreting the results of the inventory and impact phases in relation to the objectives of the study.

1 ISO is an international standards-setting organization formed by standardization organizations from various states (162). It publishes standards/methodologies/standard tools to promote and improve the management of companies and institutions. The use of these standards facilitates the production of new, safe, reliable and high quality products and services.

2. Objectives

With the tool you have in your hands it will be possible to calculate the Environmental Footprint of Academic Activities. It is a simple tool that has been designed to be used by all UPV/EHU students. The objectives sought using this tool are:

2.1. Identification and quantification of the environmental impacts and processes related to the academic activity

This tool will make it possible to understand the processes related to the academic activity and quantify the associated environmental impacts, identifying the main sources of impact and determining the main possibilities for improvement.

The analysis will provide contrasted information on the impacts on the environment and will serve as an instrument to measure the university's environmental performance and control improvements. Thus, eco-efficiency will be increased, enabling a more responsible energy and material consumption of the UPV/EHU and promoting more environmentally sustainable manufacturing and transport processes.

2.2. Calculation of the environmental footprint of the academic activity

This tool is designed for students of different Undergraduate and Master's programmes to calculate the environmental footprint of their academic activity. In order to start the analysis, it is essential to define well the academic activity to be analyzed, in time and space. The academic activity can be multiple: a student's Final Degree or Master's Thesis, an activity linked to a complete course or term, or a project, or an activity worked on within a specific subject. The student, as he/she develops his/her academic activity, will make an inventory of the resources he/she consumes or uses, so he/she is able to know, using the tool, the environmental impact associated with such academic activity.

2.3. Preparation of the environmental footprint report of an academic activity

In view of the growing concern about environmental degradation and the effects of pollution, companies and institutions must be responsible for establishing mechanisms to support sustainable development and improve the quality of life of societies. To this end, information on the environmental performance of companies or organizations is an essential first step. In 2013 the European Union

published the methodology for calculating the environmental footprint of products and organizations². Aligned with this methodology, this tool will allow university students to take the first step in the preparation of an environmental report of their academic activity. We hope that this experience will be useful for their future.

2 https://ec.europa.eu/environment/news/environmental-footprint-methods-2021-12-16_en

3.

Footprint calculation tool

3.1. Design

The Ecoinvent database has been selected for the design of the tool. This database collects key data for conducting the LCA, is well documented -including information on data quality-, which is very useful for the inventoried data in this study (Ecoinvent, 2019). In addition, a food section has been added with help of the Agribalyse® database. This database collects information related to the environmental impacts of agricultural and food products. Regarding the software, openLCA (version 1.10.3) was used, it is a free software for LCA and sustainability assessment. The environmental impact assessment method selected for the calculation of the environmental footprint is the ReCiPe method; the midpoint³ data format was used to interpret the results.

The tool is an application designed for students of any faculty, so it has a simple and easy to use operation. For this reason, a spreadsheet format has been used⁴, which is an application that practically all university students have used or use on a regular basis. In addition, only a device compatible with the application (a computer) is needed and once the worksheet is downloaded, it is not even necessary to have an internet connection to work with it. The spreadsheet is available in three languages: English, Spanish and Basque. This section will detail the steps of use and information for the proper use of the tool.

3.2. Worksheet sections

The worksheet is divided into ten sections. Below is the information about what can be found in each section, including all the details the student should complete in each section (sections 3.2.1-8). In addition, an explanation of the results will be offered, explaining how to make an interpretation of these data (section 4).

3 This is the format for declaring environmental impact categories based on magnitudes related to the environmental impact emission or generation parameters analyzed. In the case of the ReCiPe methodology, a total of 18 impact categories are included, described in section 5.

4 A Microsoft Excel format has been chosen, although the spreadsheet can also be used in Libreoffice. The file, along with other complementary documentation, is available through the following ADDI repository: <https://addi.ehu.es/handle/10810/70949>.

3.2.1. Home tab

The home tab is what will appear when the worksheet is opened. Here you can distinguish the UPV/EHU logo from the Campus Bizia Lab (CBL) logo, as well as the title of the tool and the name of the authors of the application. Moreover, the student will be able to obtain additional information in the link mentioned in the references.

3.2.2. Student data

In this screen the student must fill in the following information:

Table 1. Student data.

Name	
Surname	
University	
Faculty	
Undergraduate or Master programme	
Activity (academic year / four-month term / project / ...)	
Time dedicated to the activity	

It is very important to specify the time spent on the activity to be analyzed; this should be specified in **days** (for example: if a project of a subject has been carried out in three months, from March 1 to May 31, then we will enter 90 days, 3 months $\times$ 30 days/month). The determination of the time invested in the execution of the work will have a direct impact on the results, since a calculation of the daily impact will be made later, which will allow us to compare the impact of the activity with other references.

As shown in the table, the cells of **this color** determine where the student (the person using the tool) should enter the data. This format will be repeated throughout the application.

The concepts related to the academic activity and to be inventoried have been divided into five groups: direct energy consumption, materials' consumption (or use of material products), waste treatment, transportation needs and food consumption. Below is the list of these activities that can be found in each group and the data to be entered by the student.

3.2.3. Energy

This section includes some elements related to direct energy consumption, such as electricity consumption and heat supply. Regarding electricity consumption, two options are offered in this section: the electricity mix in Spain in 2018, and an only renewable origin electricity mix (excluding non-renewable from the 2018 mix).

For heating supply, two options are considered: 1) generated in a natural gas boiler and 2) generated in a fuel oil furnace. In this subsection it is essential to know the annual heat demand. The heat demand depends mainly on two elements: the climatology of the place where we work and the energy efficiency of the building. This value should be given in kWh/m². What is our heating requirement in our

laboratory or office throughout the year? For reference, Table 3 shows the annual heating and cooling demand estimated by the IDAE in several Spanish capitals⁵.

Table 2. “Energy” tab options list.

Process/Service/Product	Data to be entered by the student
Electricity consumption (electricity mix in Spain, 2018).	– Consumed kWh – Number of users
Only renewable origin electricity mix consumption	– Consumed kWh – Number of users
Heating, using a natural gas boiler	– Classroom/room/laboratory/office area, measured in m² – Number of users – Number of days the site has been used – Heat demand in the building, per year (see table 3)
Heating, using a fuel oil furnace	– Classroom/room/laboratory/office area, measured in m² – Number of users – Number of days the site has been used – Heat demand in the building, per year (see table 3)

Table 3. Annual heating and cooling demand in different Spanish capitals in block buildings (buildings constructed before 2000 and new buildings).

City	In buildings constructed before the year 2000		New buildings (more efficient)	
	Heating demand (kWh/m ²)	Cooling demand (kWh/m ²)	Heating demand (kWh/m ²)	Cooling demand (kWh/m ²)
Almería	36,5	33,7	10,8	19,1
Barcelona	87,4	14,6	28,3	8,0
Bilbao	106,1	–	40,0	–
Burgos	193,6	–	77,1	–
Cádiz	33,7	25,7	9,0	14,6
Granada	106,6	22,0	37,4	12,5
Madrid	121,2	19,1	43,2	10,8
Sevilla	52,9	41,2	16,6	23,4
Toledo	106,2	33,4	39,0	18,9
Valencia	64,5	22,3	21,3	12,6
Vitoria-Gasteiz	163,6	–	65,4	–
Zamora	148,4	9,7	56,3	5,3

⁵ The data shown in Table 3 were obtained from the following sources (in Spanish): Escala de calificación energética. Edificios de nueva construcción; IDAE, 2009 https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_CALENER_07_Escala_Calif_Energetica_A2009_A_5c0316ea.pdf (Tabla I.3. Valores de referencia para calefacción, refrigeración y demanda de ACS antes de considerar la contribución sola mínima de CTE-HE 4 en Bloques de viviendas). Escala de calificación energética. Edificios existentes; IDAE, 2011 https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11261_EscalaCalifEnerg_EdifExistentes_2011_accesible_c762988d.pdf (Tabla 3.2. Demanda de referencia para viviendas unifamiliares y bloques de viviendas).

Important: the rows of the worksheet can be duplicated if several entries of the same concept with different amounts are to be made to collect more than one consumption.

As an example, the figure below combines the calculations of two different electricity consumptions. Line 5 shows the formula for the power consumption of a computer: a computer consuming 150 W (150 W / 1000 W × 1 kWh) is switched on 7 hours a day (× 7 hours), during the operation of the project (× 90 days), from Monday to Friday (five days a week, × 5/7) (= 150/1000 × 7 × 90 × 5/7 = 67,5 kWh). Line 6 shows the consumption formula for a lighting system. The power of the lights is 500 W and they are turned on 8 hours a day (= 500/1000 × 8 × 90 × 5/7 = 257,1 kWh).

As can be seen, to record the electricity consumed, we will directly write down the amount (in kWh) in the cell, if the exact amount is known (for example, if we have extracted the consumption from an electric bill, or if we have measured it through a meter); otherwise, it is possible to apply a calculation formula in the cell itself to make an estimate using the available data.

	A	B	Y	Z
1	Energy consumption			
2				
3	Process	Functional Unit	Parameter 1	
4			Quantity 1	Unit 1
5	Electricity (computer)	1 kWh	=150/1000*7*90*5/7	
6	Electricity (lighting system)	1 kWh	=500/1000*8*90*5/7	

3.2.4. Materials

In the material consumption and use of products section, the options are as follows:

Table 4. “Materials” tab options list.

Process/Service/Product	Data to be entered by the student
Building use	– Built area in m² – Height of each floor in m – Regular users – Number of days of building use
Computer without screen (CPU)	– Number of units (single user) – Days of use – Lifetime (estimate: 7 years)
Laptop computer	– Number of units (single user) – Days of use – Lifetime (estimate: 7 years)
17 ” LCD screen	– Number of units (single user) – Days of use – Lifetime (estimate: 7 years)
17 ” cathode ray screen	– Number of units (single user) – Days of use – Lifetime (estimate: 14 years)
Color laser printer	– Number of units (single user) – Days of use – Lifetime (estimate: 7 years)
Black and white printer	– Number of units (single user) – Days of use – Lifetime (estimate: 7 years)
Color printer toner	– Number of units (single user)

Process/Service/Product	Data to be entered by the student
Black and white printer toner	– Number of units (single user)
Keyboard	– Number of units (single user) – Days of use – Lifetime (estimate: 7 years)
Mouse	– Number of units (single user) – Days of use – Lifetime (estimate: 7 years)
Router	– Number of units (single user) – Days of use – Lifetime (estimate: 7 years)
Telephone (smartphone)	– Number of units (single user) – Days of use – Lifetime (estimate: 4 years)
Tablet	– Number of units (single user) – Days of use – Lifetime (estimate: 4 years)
TV	– Number of units (single user) – Days of use – Lifetime (estimate: 7 years)
Hard Disk Drive (HDD, desktop)	– Number of units (single user) – Days of use – Lifetime (estimate: 7 years)
Hard Disk Drive (HDD, portable)	– Number of units (single user) – Days of use – Lifetime (estimate: 7 years)
Wood furniture (table, chair, wardrobes...)	– Weight of furniture (kg) – Days of use – Lifetime (estimate: 7 years)
Electronic equipment	– Weight of the equipment (kg) – Days of use – Lifetime (estimate: 20 years)
Heavy industrial machinery	– Weight of the equipment (kg) – Days of use – Lifetime (estimate: 20 years)
Recycled paper	– Number of sheets – Paper size (A4: 0,06237 m ² , A3: 0,12474 m ²) – Paper density (usually, 80 g/m ²)
Non-recycled paper	– Number of sheets – Paper size (A4: 0,06237 m ² , A3: 0,12474 m ²) – Paper density (usually, 80 g/m ²)
Tap water	– Liters per day – Consumption days

The tabs entitled “Electronic Equipment” and “Heavy Industrial Machinery” can be used to calculate the environmental impacts of the use of industrial and/or electronic infrastructure used in the laboratories.

Food for thought: if we manage to double the life span of a product (for example, by extending the life of a telephone from two to four years), we will reduce the environmental impact of the use of this product by half.

Important: the rows of the worksheet can be duplicated if several entries of the same concept with different amounts are to be made.

3.2.5. Waste treatment

The options available in the waste section are shown in the following table. In this section, the user should investigate the treatment of the residual fraction of the urban waste collected in his/her town or campus, which will most likely be incineration or landfill disposal.

Table 5. “Waste” tab options list.

Process/Service/Product	Data to be entered by the student
Wastewater treatment	– Volume of wastewater generated, in liters per day (L/day) – Number of days
Municipal waste incineration (remainder waste)	– Amount of daily waste (kg/day) – Number of days
Landfill of urban waste (residual fraction)	– Amount of daily waste (kg/day) – Number of days
Anaerobic biowaste digestion	– Amount of daily waste (kg/day) – Number of days
Waste composting	– Amount of daily waste (kg/day) – Number of days
Toner recycling	– Consumed units, per month – Number of days
Hazardous waste incineration	– Amount of daily waste (kg/day) – Number of days
Landfill of hazardous waste	– Amount of daily waste (kg/day) – Number of days

Important: the rows of the worksheet can be duplicated if several entries of the same concept with different amounts are to be made.

3.2.6. Transport

The options available in the transport section are shown in the following table:

Table 6. «Transport» tab options list.

Process/Service/Product	Data to be entered by the student
Gasoline or diesel car transport (ICE ⁶)	– pkm (transport)⁷ – Number of passengers in the vehicle (occupation)
Electric car transport (electricity mix in Spain, 2018)	– pkm (transport) – Number of passengers in the vehicle (occupation)
Electric car transport (only renewable electricity mix in Spain, 2018)	– pkm (transport) – Number of passengers in the vehicle (occupation)
Motorcycle transport	– pkm (transport) – Number of passengers in the vehicle (occupation)

⁶ Internal Combustion Engine (ICE), The internal combustion engine is the type of engine capable of supplying mechanical energy by causing an explosion mixing fuel with air. There are two main types of engines: gasoline engines and diesel engines.

⁷ pkm: passenger-km

Process/Service/Product	Data to be entered by the student
Electric bicycle transportation (consuming electricity mix or only renewable sourced)	– pkm (transport)
Bus transport	– pkm (transport)
Tram transport	– pkm (transport)
Trolleybus transport	– pkm (transport)
Subway/regional train transport	– pkm (transport)
Long-distance train transport	– pkm (transport)
High-speed train transport	– pkm (transport)
Flights (airplane)	– pkm (transport)
Freight train transport	– tkm (transport) ⁸
Freight truck transport	– tkm (transport)
Freight ship transport	– tkm (transport)
Freight transport flights	– tkm (transport)
Transportation of goods by light commercial vehicle (LCV)	– tkm (transport)

Important: the rows of the worksheet can be duplicated if several entries of the same concept with different amounts are to be made.

3.2.7. Food

The user should collect the entire inventory of food consumed during the academic activity and enter in the tool the total number of portions for each of the foods. All portions should be calculated according to their approximate weight in grams and, for liquids, according to their volume, in milliliters. In addition, to facilitate the analysis, foods have been categorized into five main groups: dairy and similar; meat, fish and eggs; cereals, pulses and tubers; fruit, vegetables; other: fats, oils, sauces and sugars; and beverages. To calculate the number of servings, it is recommended to use the information in the following table, with examples as a guide. In case of not finding a product consumed in the list, it is recommended to use the most similar one.

Table 7. List of options in the “Food” tab and servings guide.

List of foods		Examples of servings		Portion size
Dairy products and analogues				
Milk/soy drink	One serving	• 1 cup	• 1 glass	200-250 ml
	Half serving	–Half a cup		100-125 ml
Yoghurt	One serving	–2 plain yoghurts	–1 large yoghurt (200-250 ml)	200-250 ml
	Half serving	–1 plain yoghurt		100-125 ml

⁸ tkm: tonne-km (unit for measurement of freight transport)

List of foods		Examples of servings			Portion size
Cheese	One serving	-1-2 small tubs -2-3 slices	-2-3 small cheeses -2 slices of toast	-1 portion of cured cheese	80 g
	Half serving	-1 tub -1 slice	-1 small cheese -1 slice of toast		40-60 g
Meat, fish and eggs					
Chicken and hen, beef and pork meat	One serving	-1 small chicken quarter -1 small chicken breast -1 hamburger	-1 small veal steak -Half a plate of stewed meat -1 T-bone steak	-2-3 chops or ribs -2-3 slices of pork loin	125-150 g
Ham (serrano or York)	One serving	-2 slices			50-60 g
Fish	One serving	-1 fillet, slice or individual portion -3-4 slices			125-150 g
Hen's egg	One serving	-1 egg			50-75 g
Potato omelette	One serving	-1 pintxo of potato omelette			100-150 g
Cereals, pulses and tubers					
Bread	One serving	-1 piece of 3 fingers of ciabatta -1 small baguette	-6 fingers of hollow loaf -1 quarter baguette	-4 rusks -2 slices of tinned bread	40-60 g
	Half serving	-Half of what is described in the previous box			20-30 g
Breakfast cereals / biscuits, wafers	One serving	-1 cup breakfast cereal -Half a cup of muesli	-6-9 Maria biscuits -4-6 digestive biscuits		30-40 g
Croissant / baklava	One serving	-1 croissant	-3 mini croissants		90-100 g
	Half serving	-Half a croissant	-1-2 mini croissant	-1 baklava	45-50 g
Basque cake / rice pudding	One serving	-1 small portion			100 g
Rice / Pasta	One serving	-1 normal dish			170-240 g
	Half serving	-Half a regular dish			90-120 g
	A quarter of a serving	-A side dish, rice or pasta in salad (*)			60 g
Pulses	One serving	-1 normal plate			140-210 g
	Half serving	-Half a normal plate	-1 garnish	-Some in salad	70-105 g
Potato	One serving	-Half a normal plate	-1 large potato or 2 small potatoes	-Half a regular mashed potato dish	150-200 g
	Half serving	-1 normal quarter plate	-Half a large or 1 small potato	-Mashed potato garnish	75-100 g
Fruits, vegetables and greens					
Fresh fruit	One serving	-1 medium piece of fruit -2 tangerines -1 pomegranate	-2 large or 3 small plums -1 bowl of strawberries	-4 small apricots -1 slice of pineapple	120-200 g

List of foods		Examples of servings				Portion size
	Half serving	–Half a piece of fruit –1 large plum	–1 mandarin or- ange –4-6 strawberries	–2 small apri- cots		60-100 g
Tomato / Let- tuce, endive, escarole	One serving	–1 Medium tomato or 2 small tomatoes	–1 endive	–1 plate of salad		150-200 g
	Half serving	–Half a medium tomato or 1 small tomato	–Half plate of salad			75-100 g
	A quarter of a serving	–Salad garnish				35-50 g
Olives	One serving	–6-10 olives	–1 small handful of olives			25-35 g
Pepper / onion, spring onion	One serving	–1 small pepper –Half a large pepper	–1 small onion –Half a small onion	–3-4 spring onions		100-120 g
	Half serving	–Half a small pepper	–8-10 padron pep- pers	–1-2 spring onions		50-60 g
Vegetable pu- ree / Cooked carrot	One serving	–1 normal plate of cooked or stewed vegetables	–1 normal plate of mashed or creamed vegeta- bles			150-200 g
	Half serving	–Half a normal plate of cooked or stewed vegetables	–Half a normal plate of mashed or creamed vege- tables			75-100 g
	A quarter of a serving	–Garnish of boiled or stewed vegetables				32-50 g
Nuts	One serving	–1 handful	–20-30 hazelnuts	–4-6 walnuts	–15-20 almonds	25 g
Others: fats, oils, sauces and sugars						
Olive oil	One serving	–1 tablespoon				10 ml
Tomato sauce	One serving	–2 large serving spoons				30 ml
White sugar / honey	One serving	–1 dessert spoon of honey –1 heaped dessert spoonful of sugar	–1 sugar sachet –2 sugar lumps			8-10 g
Beverages						
Tap water	One serving	–1 glass				250 ml
Bottled miner- al water	Two portions	–1 half-litre bottle (500 ml)				250 ml
	One serving	–1 small bottle (200- 250ml)				250 ml
Coffee with or without milk, tea, infusion	One serving	–1 cup				80 ml
Soft drink / Orange juice	One and a half portions	–1 can				330 ml
	One serving	–1 glass	–1 glass bottle			200-250 ml

List of foods		Examples of servings			Portion size
Beer	One and a half serving	-1 can	-1 third		330 ml
	One serving	-1 glass of beer	-1 beer cane	-1 small bottle (20 cl)	200-250 ml
	Half serving	-1 small glass of beer			100 ml
Wine	One serving	-1 glass of wine			100 ml

Important: rows of the spreadsheet may be duplicated if several entries of the same item with different amounts are to be made.

3.2.8. *Supplementary information*

In addition, the student can find more information in each section. Each activity (energy consumption, material consumption, waste treatment, transport of people or goods and food) is divided by rows and in the columns the following information is provided for each product/service: process, functional unit, ecoinvent or Agribalyse® database's reference process, process description, location, technology, impact category coefficients (hidden but visible if desired), parameters for the student to enter their values, and values of the impacts generated (through calculations, applying simple proportionality formulas (rule of three)).

4. Results

In the results tab, the student will find a summary of the tabs mentioned above, indicating the impact generated in each block, in each impact category. However, so that the user can qualitatively assess the impact of these values and measure the impact generated, the tool offers another reference: the average impact per person in 2010 worldwide⁹. The following table shows these normalized values:

Table 8. Normalization values. Average impacts per person in the world, in 2010. Source: ReCiPe 2016, *midpoint*, hierarchical perspective.

Impact category	Value	Unit
Global warming	7.990,40765	kg CO ₂ equivalent, in 2010
Stratospheric ozone depletion	0,06001	kg CFC-11 equivalent (trichlorofluoromethane) , in 2010
Ionizing radiation	479,91735	kBq Co-60, in 2010
Fine particulate matter formation	25,56959	kg PM _{2.5} equivalent, in 2010
Ozone formation: human health	20,56746	kg NO _x , in 2010
Ozone formation: terrestrial ecosystems	17,74933	kg NO _x , in 2010
Terrestrial acidification	40,98051	kg SO ₂ equivalent, in 2010
Freshwater eutrophication	0,64989	kg P equivalent to freshwater, in 2010
Marine eutrophication	4,61779	kg N equivalent to marine water, in 2010
Human carcinogenic toxicity	10,29831	kg 1,4-DCB equivalent (dichlorobenzene) to air, in 2010

⁹ ReCiPe 2016 normalization scores, year 2010, world average per capita, *midpoint*, hierarchical perspective. The data can be obtained through the following link: <https://www.rivm.nl/en/documents/normalization-scores-recipe-2016>

Impact category	Value	Unit
Human non-carcinogenic toxicity	31.251,84226	kg 1,4-DCB equivalent (dichlorobenzene) to air, in 2010
Terrestrial ecotoxicity	15.200,31066	kg 1,4-DCB equivalent (dichlorobenzene) to industrial soil, in 2010
Freshwater ecotoxicity	25,17470	kg 1,4-DCB equivalent (dichlorobenzene) to freshwater, in 2010
Marine ecotoxicity	43,44284	kg 1,4-DCB equivalent (dichlorobenzene) al marine water, in 2010
Water consumption	266,63926	m ³ (cubic meters) water consumed, in 2010
Land use	6.167,48228	m ² -yr (m ² -time in years), in 2010
Mineral resource scarcity	120.051,20955	kg Cu equivalent, in 2010
Fossil resource scarcity	983,27742	kg oil equivalent, in 2010

In order to see the results in a simpler way, the student also has the possibility to see two graphs. An example of each of them will be given below and will be explained based on how to interpret them.

“A student carries out her Final Degree Project during the months of March, April and May (approximately 90 days).

She works in a 40 m² laboratory all day long, together with 3 other colleagues.

For 1 month, the heating is activated. The building has a natural gas boiler. The climate in the campus region is mild.

Electricity consumption has the following origins:

- a laptop computer and a low-consumption screen (150 W, 5 working days per week, 7 h/day; a total of 67,5 kWh of electricity with a renewable and non-renewable mix);
- laboratory lighting (500 W of power, shared with 4 people, 5 working days per week, 8 h/day; a total of 64,3 kWh of electricity with a mix of renewable and non-renewable);
- in an industrial workshop, industrial machinery is used for testing for 20 hours in a given week (the machinery weighs 1000 kg and has an average consumption of 1 kW; the consumption is 20 kWh of electricity from renewable sources).

During this time, the student uses a laptop computer, a low-power screen, a mouse, a color printer and two toner cartridges. Throughout the project she makes regular use of her cell phone (50%, the rest of the use is for personal matters) and her tablet (100%, exclusive use for the project). She consumes 1000 DIN-A4 sheets of recycled paper. Her daily water consumption is 10 liters per day, in the center's toilets.

As mentioned above, the student performs tests on an industrial machine weighing 1000 kg for 20 hours.

The student generates 0,5 kg of mixed waste per day (in the toilet, garbage cans, cafeteria). She knows that in her area 70% of this waste, after undergoing pre-treatment, is incinerated and the remaining 30% ends up in landfills.

The student commutes every day from her home to the campus, 15 km away (a total of 1930 km). She travels by subway. In addition, she has had to make sporadic trips by bus (200 km) and by car with another person (1000 km total).

Her diet is varied, consuming products from all food groups, including meat products, desserts and alcoholic beverages. The student usually has five meals a day: breakfast, lunch, dinner and two snacks. However, during the academic activity she consumes only a proportion of these foods according to her project schedule, from Monday to Friday for seven hours a day. Table 9 describes in detail the food consumed in a typical week.

Table 9. Sample menu (one week).

	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Breakfast	1 fried egg 1 slice of bread 1 slice of cheese 5 strawberries	1 fried egg 1 slice of bread 1 slice of cheese	1 fried egg 1 slice of bread 1 slice of cheese	1 fried egg 1 slice of bread 1 slice of cheese	1 fried egg 1 slice of bread 1 slice of cheese	Bowl of cereal with milk	2 fried eggs 1 slice of bread 1 slice of cheese
Snack	Tea with milk	Tea with water 1 nectarine	Black coffee 1 banana 3 apricots	Infusion 1 plum	Infusion 1 nectarine	Black coffee Tortilla pintxo	2 mandarins 1 pomegranate
Lunch	1. Marmitako 2. Roast chicken with salad garnish (lettuce and tomato) and chips. Dessert: Apple	1. Macaroni and mushrooms 2. Anchovies with salad garnish (lettuce and tomato)	1. Salad: lettuce, tomato, carrot, olives and cheese. 2. Veal with garnish of bread and fries Dessert: Rice pudding	1. Vegetable puree 2. Battered fish with salad garnish (lettuce and tomato) and fries	1. Paella type rice 2. Potato omelette with fried tomato and salad garnish (lettuce and tomato). Dessert: 1 palm tree and 1 apple	Bottle of water Combined dish: chicken breast with garnish: white rice, chips, salad (lettuce and tomato) and carrot. Dessert: 2 baklava	—
Snack	Coke® Black coffee	Honey infusion	Infusion	Apple	Coffee with milk Mixed sandwich pintxo	Black coffee	Infusion Ham sandwich 2 palmeras
Dinner	Cereal bowl with milk	Cereal bowl with milk		Cereal bowl with milk	2 beers (cane)		Sautéed vegetables with rice and almond garnish

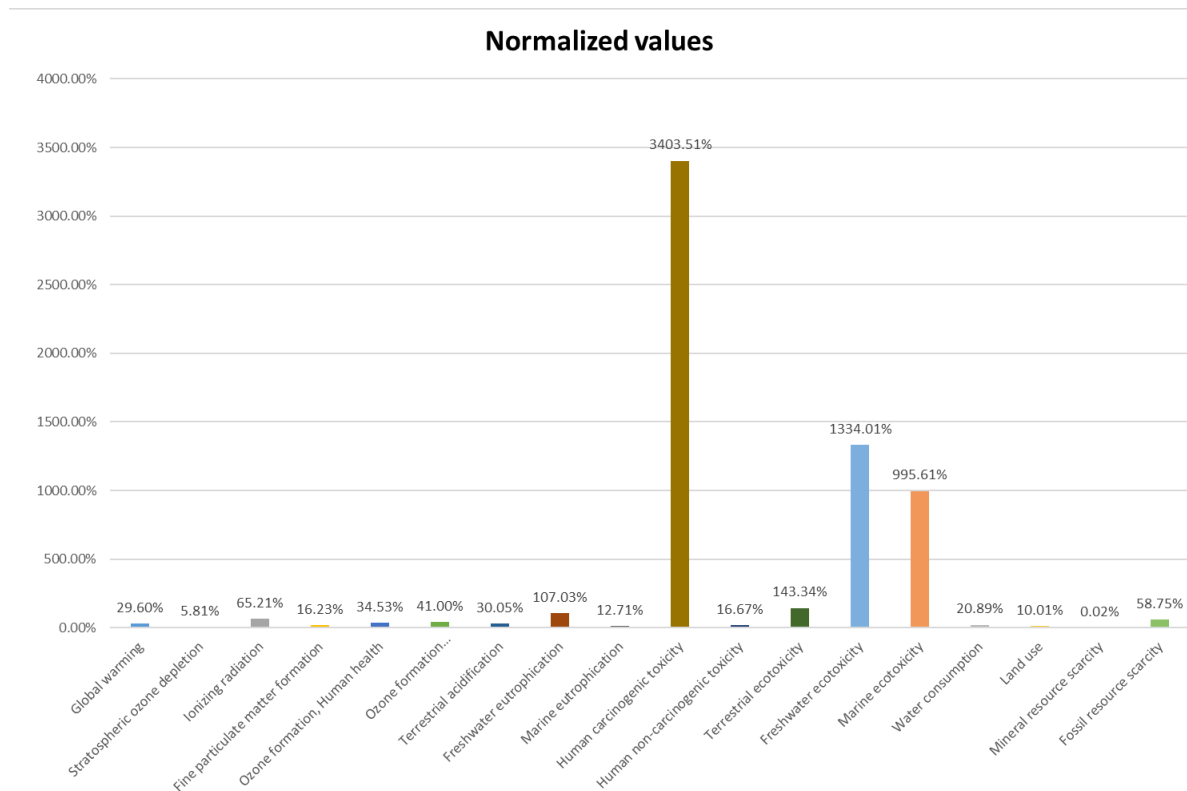
From the weekly model menu shown in table 10, the entire inventory is compiled and the total number of servings for each food item over a 90-day period is calculated.

Table 10. Food commodity inventory and total number of servings in 90 days.

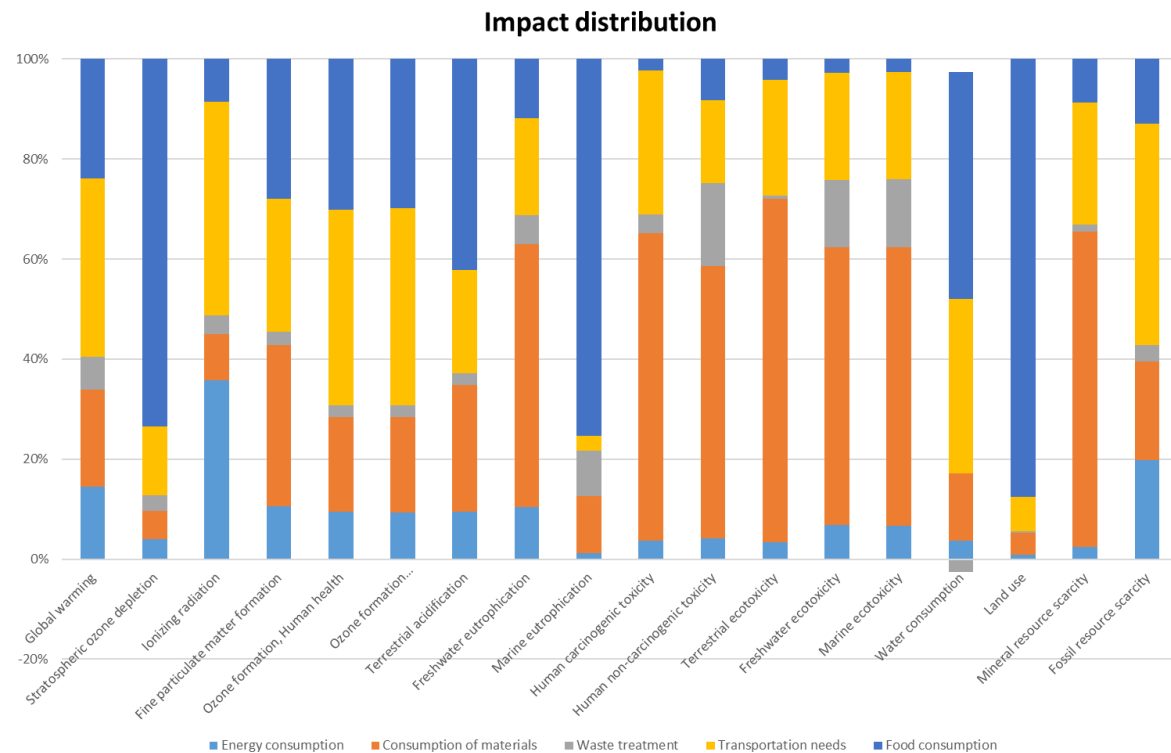
Total # of appearances in the model menu		Equivalence of servings according to the table	Total number of servings divided by 7 days of the typical week and multiply by the 90 days	Comments
Dairy and analogues				
4	Milk	1	51,4	Refers to milk consumed with breakfast cereal
6,5	Cheese slice	0,5	41,8	Includes the cheese in the mixed sandwich
1	Cheese garnish	1	12,9	As an ingredient in Wednesday's salad course
Meat, fish and eggs				
2	Piece of chicken	1	25,7	
1	Beef	1	12,9	
1	Slice of serrano ham	0,5	6,4	
0,5	Slice of ham	0,5	3,2	As an ingredient in the mixed sandwich
3	Fish	1	38,6	Refers to anchovies, battered fish and seafood in paella
1	Tuna	1	12,9	Refers to the tuna in the marmitako (tuna stew)
7	Fried egg	1	90,0	
3	Tortilla and tortilla pintxo	1	38,6	Includes the omelette for Friday lunch (2) and the pintxo on Saturday (1)
Cereals, pulses and root vegetables				
3	Ciabatta bread garnish	1	38,6	
7	Sliced bread	0,5	45,0	
1	Macaroni	0,5	6,4	
2	White rice	1	25,7	Refers to two side dishes and the rice in the paella.
4	Breakfast cereal	1,25	64,3	
2	Baklava	1	25,7	
1	Rice pudding	1	12,9	
3	Palms	0,5	19,3	Assigned to common biscuit
1	Potato	1	12,9	As an ingredient in marmitako
Fruit, vegetables and greens				
1	Handful of almonds	1	12,9	
1	Portion of strawberry	0,5	6,4	
4	Plum	0,5	25,7	In addition to plums, it also includes apricots and nectarines.
1	Banana	1	12,9	

Total # of appearances in the model menu		Equivalence of servings according to the table	Total number of servings divided by 7 days of the typical week and multiply by the 90 days	Comments
1	Pomegranate	2	25,7	
1	Mandarin	1	12,9	Assigned to orange
3	Apple	1	38,6	
1	Olives	1	12,9	As part of the salad recipe
3	Carrot	0,25	9,6	As part of the salad recipe (2) and garnish (1)
5	Lettuce garnish	0,25	16,1	
1	Lettuce	1	12,9	As part of the salad recipe
7	Tomato	0,25	22,5	As part of the salad recipe
4	Garnish of French fries	0,5	25,7	
1	Onion	0,25	3,2	As an ingredient in the marmitako
2,5	Mashed vegetables	1	32,1	In addition to puree (1), includes sautéed vegetables (1), macaroni vegetables (0.25) and paella vegetables (0.25)
Others: fats, oils, sauces and sugars				
6	Olive oil	1	77,1	As salad dressing
1	Honey	1	12,9	Refers to the honey consumed with the ginger infusion
2	Tomato sauce	1	25,7	From Friday's meal (fried tomato) and the marmitako recipe
Beverages				
6	Tea / Infusion	1	77,1	
4	Black coffee	1	51,4	
2	Coffee with milk	1	25,7	
2	Beer (cane)	1	25,7	
1	Coca-Cola®	1	12,9	
1	Bottled water	1	12,9	
28	Tap water	1	360	Four glasses of water per day

Finally, because the academic activity takes place only from Monday to Friday for seven hours a day, when entering the values in the tool, the proportional consumption has to be allocated by applying a factor. For example, in our inventory we have 51,4 servings of coffee in a 90-day period. To allocate only the proportion that corresponds to the academic activity, we multiply by the factor of the number of hours per day ($7/24$) and by the factor of the number of days per week ($5/7$) (to be entered in the spreadsheet: $51,4 \times 7/24 \times 5/7$). And so on with the whole list of foodstuffs”.



Graph 1. Percentage comparison of each impact category with respect to data from 2010.



Graph 2. Percentage weight of each group of impacts (energy/materials/waste/transport/food) in the total impact of each category.

The graphs are interpreted as follows:

1. In the first graph, the impact generated by the student carrying out the activity is compared with the average impact per capita worldwide in 2010. To achieve this, as mentioned above, the tool divides the total impact by the time spent doing the activity, this way it is possible to calculate the average daily impact. This value is divided by the normalized values and shown as a percentage in the graph, for each environmental impact category. Therefore, the interpretation to be made in this graph is as follows: if the estimated percentage in an impact category is higher than 100%, then the impact generated in this impact category is higher than the 2010 average per person. For example: in academic activity the impact on global warming generated by the student during the day accounted for 29,6% of the global average per person in 2010; in freshwater eutrophication 107,03%, and in fossil resource depletion 58,75 %.

If we analyze the example we have proposed, it is clear that the greatest impacts occur in the categories of human carcinogenic toxicity (3403,51%), terrestrial ecotoxicity (143,34%) and freshwater (1334,01%) and marine ecotoxicity (995,61%), compared to the available reference values. The graph is very useful for the student to know what the specific impact is. If the students want to know to which activities these impacts are related, it is necessary to analyze graph 2.

2. The second graph shows the impact of each group of activities (energy consumption, material consumption, waste treatment, transport needs and food) on each impact category. Each column (referring to each environmental impact category) is divided into 5 colors and each color reflects the contribution of a group of activities. In addition, by placing the pointer over each column, you can see exactly what effect the activity group has (the units of each impact category are shown in table 10 below). Analyzing the graph in the example, the activities that have the greatest influence on photochemical ozone formation are related to transport. On the other hand, in water consumption activities related to waste treatment reduce their impact: this is since in wastewater treatment, instead of consuming water, clean water is obtained. The consumption of materials influences all impact categories and, moreover, some in a very prominent way: mineral resources scarcity, marine ecotoxicity, human toxicities, freshwater eutrophication and terrestrial and freshwater toxicities. We can also see how food consumption influences all impact categories and in particular ozone depletion, marine eutrophication and land use.

In the two categories highlighted in Graph 1 (marine ecotoxicity and freshwater ecotoxicity), the most important contribution to the impacts is from the consumption of materials, where the use of buildings is the main source. In contrast, in carcinogenic human toxicity, the main source is the use of industrial machinery, followed by transportation needs, especially car travel.

5.

Description of the Environmental Impact categories

Once the values required by the tool have been entered, the student will obtain the coefficients corresponding to the different impact categories. The correct cataloguing of these categories is essential for the user to know exactly the impact produced by his or her activity. The following sections will explain the Environmental Impact categories handled by the tool and the nature of the impacts.

This document contains the description of the 18 impact categories of the ReCiPe 2016 v.1.1 method (Huijbregts et al., 2017). Table 11 presents all impact categories together with their corresponding units. In the column “impact category”, the categories described in this paper are grouped together.

Description of the 18 Impact Categories. Midpoint, ReCiPe 2016 v1.1

Table 11. 18 midpoint impact categories with their corresponding units. ReCiPe 2016 v.1.1 Methodology.

Impact Category		Unit
1. Global warming		kg CO ₂ equivalent
2. Stratospheric ozone depletion		kg CFC-11 equivalent (trichlorofluoromethane)
3. Ionizing radiation		kBq Co-60
4. Fine particulate matter formation		kg PM _{2.5} equivalent
5. Ozone formation, Human health	Ozone formation	kg NO _x
6. Ozone formation, Terrestrial ecosystems		kg NO _x
7. Terrestrial acidification		kg SO ₂ equivalent
8. Freshwater eutrophication	Eutrophication	kg P equivalent to freshwater
9. Marine eutrophication		kg N equivalent to marine water

Impact Category		Unit
10. Human carcinogenic toxicity	Toxicity Ecotoxicity	kg 1,4-DCB equivalent (dichlorobenzene) to air
11. Human non-carcinogenic toxicity		kg 1,4-DCB equivalent (dichlorobenzene) to air
12. Terrestrial ecotoxicity		kg 1,4-DCB equivalent (dichlorobenzene) to industrial soil
13. Freshwater ecotoxicity		kg 1,4-DCB equivalent (dichlorobenzene) to freshwater
14. Marine ecotoxicity		kg 1,4-DCB equivalent (dichlorobenzene) al marine water
15. Water consumption		m³ (cubic meters) water consumed
16. Land use		m²·yr (m²·time in years)
17. Mineral resource scarcity	Resource scarcity	kg Cu equivalent
18. Fossil resource scarcity		kg oil equivalent

More information in (see impact categories): <https://lc-impact.eu/methodology.html>

5.1. Global warming

Unit: kg CO₂ equivalent

This impact category measures greenhouse gas (GHG) emissions. These emissions result in an increase in the concentration of GHGs in the atmosphere, which, in turn, increases the radiative forcing capacity ($W \cdot m^{-2}$). Radiative forcing indicates the difference between the sunlight absorbed by the Earth and the energy radiated back into space.

An increase in radiative forcing implies an increase in global average temperature, resulting in several endpoint environmental impacts: damage to human health and damage to terrestrial and aquatic ecosystems (Figure 1).

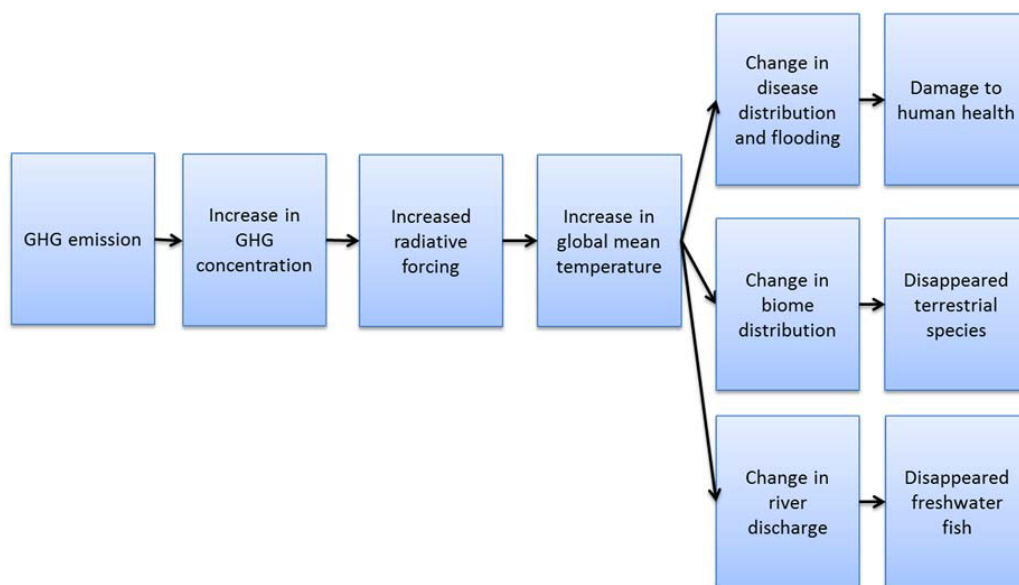


Figure 1. Cause-and-effect chain from GHG emissions to human health damage, loss of species in terrestrial and freshwater ecosystems. Source: ReCiPe, 2017

The capacity of a GHG to influence radiative forcing is expressed with respect to the reference substance, carbon dioxide (CO₂) and with respect to a time horizon of 20, 100 or 1000 years, according to the individualistic, hierarchical and egalitarian perspectives respectively.

Table 12 shows the Global Warming Potential (GWP) values of the main GHGs. The GWP indicates the additional radiative forcing integrated over time (20, 100 or 1000 years) caused by an emission of 1 kg of GHG relative to the integrated radiative forcing over the same time horizon caused by the emission of 1 kg of CO₂. GWPs of other GHGs can be consulted in the IPCC report (2013); among others, chlorofluorocarbons, hydrochlorofluorocarbons, hydrofluorocarbons, etc.

Table 12. Global Warming Potential (kg CO₂ eq/kg) of the main Greenhouse Gases for a time horizon of 2, 100 and 1000 years (Source: IPCC, 2013)

Compound	Perspective		
	Individualist (20 years)	Hierarchist (100 years)	Egalitarian (1000 years)
Carbon dioxide (CO ₂)	1	1	1
Methane (CH ₄)	84	34	4,9
Fossil methane (CH ₄)	85	36	4,9
Nitric oxide (N ₂ O)	264	298	78,8

More information at (in Spanish):

<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas/cop21/el-cambio-climatico.html>

5.2. Stratospheric ozone depletion

Unit: kg CFC-11 equivalent (trichlorofluoromethane)

This impact category indicates emissions of Ozone Depleting Substances (ODS). Ozone depleting substances are very persistent and have chlorine or bromine groups in their molecules that interact with and destroy ozone, mostly in the stratosphere (given their long lifetime they can reach the stratosphere). Stratospheric ozone absorbs ultraviolet-B (UVB) radiation. As a consequence of the decrease in ozone concentration in the stratosphere, there is an increase in UVB radiation reaching the earth's surface. Figure 2 shows the cause-effect chain of emissions of ozone-depleting substances, which results in negative effects on human health, such as an increase in the incidence of skin cancer and cataracts.

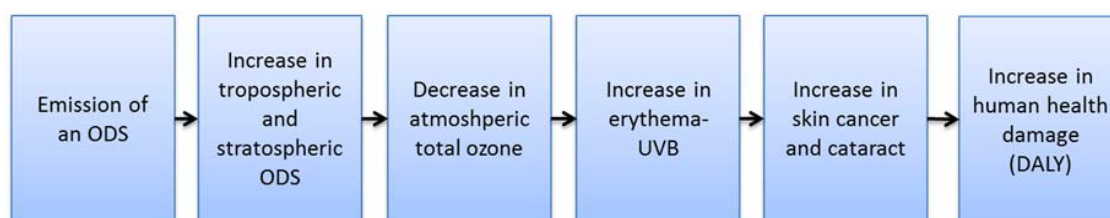


Figure 2. Cause-and-effect chain from emissions of Ozone Depleting Substances (ODS) resulting in damage to human health. Source ReCiPe, 2017

For the calculation of the characterization factors in this impact category, CFC-11: trichlorofluoromethane (CCl₃F) is used as a reference, which is assigned a characterization factor of 1.

More information at (in Spanish):

<https://www.miteco.gob.es/eu/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/ozono.html>

5.3. Ionizing radiation

Unit: kBq Co-60

This impact category indicates damage to human health due to radioactive discharges. Ionizing radiation is a type of energy released by atoms in the form of electromagnetic waves (gamma rays or X-rays) or particles (alpha and beta particles or neutrons). The spontaneous disintegration of atoms is called radioactivity and the excess energy emitted is a form of ionizing radiation. Unstable elements that disintegrate and emit ionizing radiation are called radionuclides. Activity, used as a measure of the amount of a radionuclide, is expressed in becquerel (Bq), which corresponds to one disintegration per second (WHO, 2016).

Figure 3 shows how radionuclide emissions result in human health damage: as an increased risk of cancer and as severe hereditary effects.

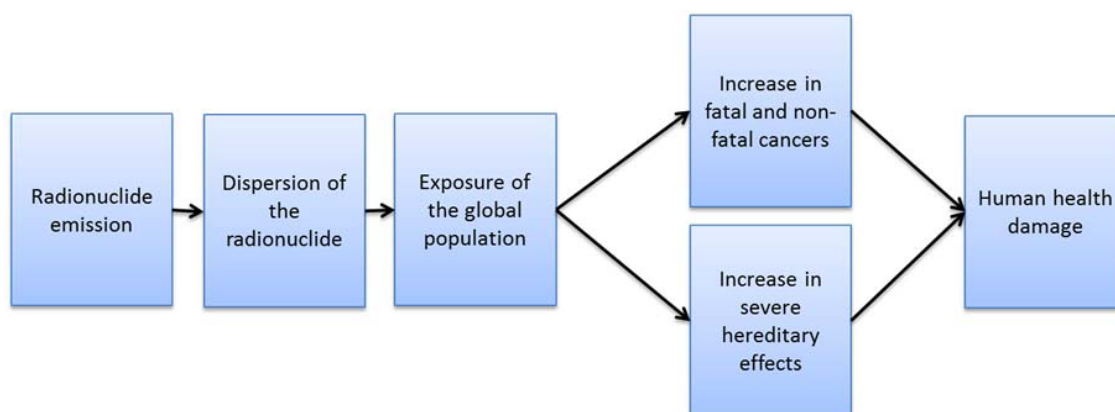


Figure 3. Cause-and-effect chain, from radionuclide airborne or waterborne emission to damage to human health. Source: ReCiPe, 2017.

The reference unit is calculated in kBq Co-60. That is, with respect to Cobalt-60 (^{60}Co), a synthetic radioactive isotope of cobalt, which has a half-life of 5,27 years.

More information at:

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures>

5.4. Fine particulate matter formation

Unit: kg $\text{PM}_{2.5}$ equivalent

This impact category indicates the damage to human health caused by the emission of primary particles and the formation of secondary particles in the atmosphere. Fine particulate matter ($\text{PM}_{2.5}$: particles with a diameter of less than $2.5\ \mu\text{m}$) represents a complex mixture of organic and inorganic pollutants. Figure 4 shows the sequence of emissions of fine particulate precursor pollutants (NO_x , NH_3 , SO_2) and the emission of primary particulate matter ($\text{PM}_{2.5}$), which can be inhaled and reach the upper respiratory tract and lungs. Chronic exposure to fine particulate matter results in increased mortality (damage to human health).

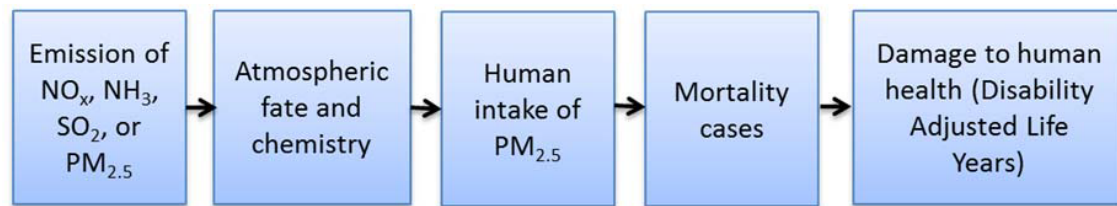


Figure 4. Cause-and-effect chain from fine particulate emissions that result in damage to human health. Source ReCiPe, 2017.

The unit is referred to fine particulate matter (PM_{2.5}), since according to the World Health Organization the effects on mortality are more related to the fine fraction (PM_{2.5}) than to the coarser one (PM_{2.5-10}, particles with a diameter between 2,5 and 10 µm), since exposure to the latter is more related to respiratory morbidity (WHO, 2006).

More information at (Particulate Matter, PM, section): [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

5.5. Ozone formation: human health

5.6. Ozone formation: terrestrial ecosystems

Unit: kg NO_x

The impact category “Ozone formation” measures the photochemical ozone formation capacity whose precursors are nitrogen oxides (NO_x) and NMVOCs (Non-Methane Volatile Organic Compounds). Both human health effects and terrestrial ecosystem damage are considered in this impact category.

Ozone is a substance that is not directly emitted into the atmosphere, since it is formed from its main precursors, NO_x and NMVOCs, a process that is intensified in summer due to increased solar radiation. It should be noted that ozone formation process is not linear, as it depends on the concentration of its precursors and meteorological conditions (solar radiation).

As it is shown in Figure 5, ozone affects human health by aggravating diseases such as asthma and other chronic respiratory diseases, for example Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD). In addition, ozone can affect vegetation, altering its natural processes of growth and seed production. Ozone can also damage materials.

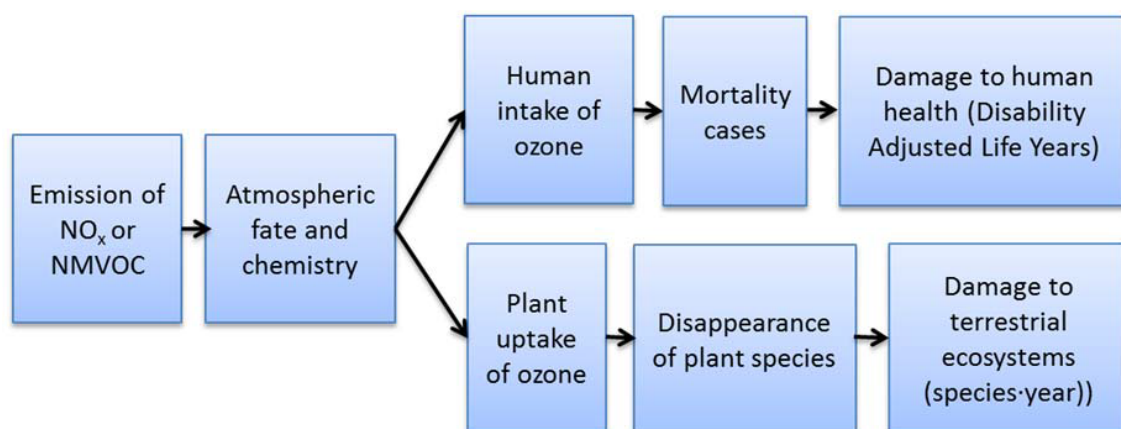


Figure 5. Cause-and-effect chain, from ozone forming emissions to human health and ecosystems damage. Source: ReCiPe, 2017.

The unit of measurement for this impact category is due to one of the precursors of ozone, nitrogen oxides (NO_x). The term NO_x refers to the sum of nitric oxide (NO) and nitrogen dioxide (NO_2). NO_2 is the compound formed in the greatest quantities in combustion processes occurring at high temperatures (PRTR, 2021).

More information at (see Box 5.1): <https://www.eea.europa.eu/es/publications/92-828-3351-8/page005.html>

5.7. Terrestrial acidification

Unit: kg SO_2 equivalent (sulfur dioxide)

This impact category indicates the effect of the deposition of inorganic substances in soils, such as sulfates (SO_4^{2-}), nitrates (NO_3^-) and phosphates (PO_4^{3-}), as they modify soil acidity.

The main precursors of acidifying substances are NO_x , NH_3 and SO_2 which, after being emitted into the atmosphere, can undergo physicochemical transformations to give rise to NO_3^- and SO_4^{2-} . These ions can be deposited in the soil, altering its acidity. For all plant species, there is an optimum level of acidity which, if altered, could cause damage to certain plant species.

Figure 6 shows the cause-effect chain of gas emissions that are precursors of acidifying substances for the soil and harmful to vegetation.

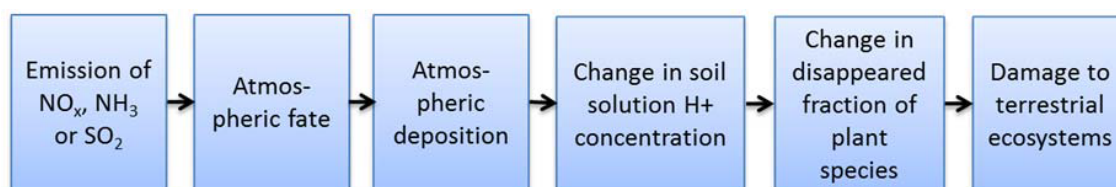


Figure 6. Cause-and-effect chain from acidifying emissions that result in relative species loss in terrestrial ecosystems.
Source ReCiPe, 2017.

The unit of measurement for this impact category is due to sulfur dioxide (SO_2).

More information at (see box 4.1): <https://www.eea.europa.eu/es/publications/92-828-3351-8/page004.html>

5.8. Freshwater eutrophication

Unit: kg P equivalent to freshwater

Freshwater eutrophication occurs due to the discharge of nutrients (phosphorus and nitrogen) into the soil or directly into freshwater. The rise in nutrients levels (freshwater, is especially affected by phosphorus), there is an increased uptake of nutrients by autotrophic organisms such as cyanobacteria and algae, but also by heterotrophic species such as fish and invertebrates. The excessive growth of aquatic plants prevents the entry of light for photosynthesis. When plants die, a large amount of oxygen is needed for the degradation of the dead biomass. This oxygen deficit can endanger the subsistence of aquatic animal species and, in extreme cases, can even cause their death.

Figure 7 shows the cause-and-effect chain of phosphorus discharges to freshwater and soils, which concludes with damage to freshwater ecosystems.

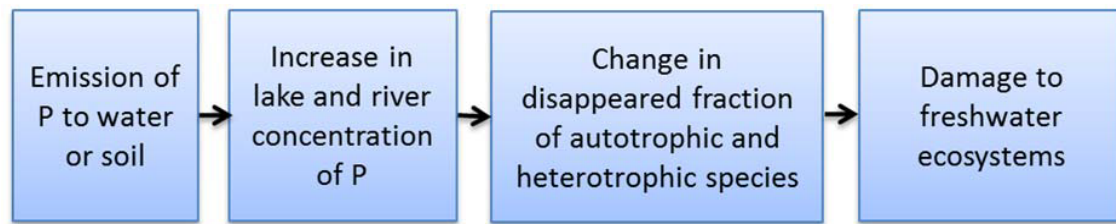


Figure 7. Cause-and-effect chain for phosphorus emissions causing damage to freshwater ecosystems. Source: ReCiPe, 2017.

The unit for calculating this impact category refers to phosphorus, since it is the nutrient that most affects freshwater.

More information at: General: <https://www.britannica.com/science/eutrophication>; Freshwater eutrophication, surface water (in Spanish): <https://www.miteco.gob.es/va/agua/temas/estado-y-calidad-de-las-aguas/proteccion-nitratos-pesticidas/impacto-calidad-agua/>

5.9. Marine eutrophication

Unit: kg N equivalent to marine water

Marine eutrophication is caused by runoff and leaching of nutrients from the soil which, through discharge, eventually end up in the sea. This results in an increase of nutrients, phosphorus and nitrogen in marine systems, which accelerates the growth of algae and other aquatic vegetation. This is mainly due to an increase in the amount of dissolved inorganic nitrogen (DIN). When aquatic plants die, the oxygen available for the degradation of the dead biomass is consumed. Dissolved oxygen (DO) deficiency can lead to the disappearance of marine species.

Figure 8 shows the cause-and-effect chain of nutrient discharges to rivers and coastal waters, which end up in the sea, resulting in increasing levels of dissolved inorganic nitrogen (DIN) and ultimately damaging marine ecosystems.

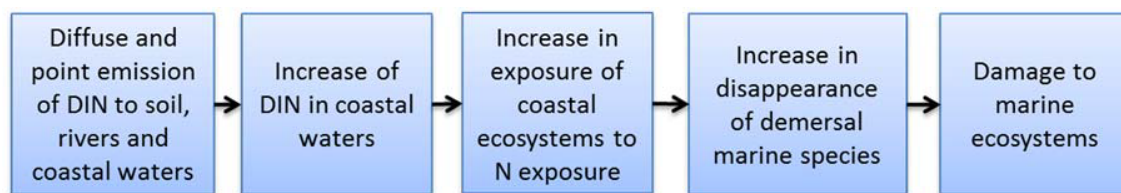


Figure 8. Cause-and-effect chain for dissolved inorganic nitrogen (DIN) emissions, causing damage to marine ecosystems. Source: ReCiPe, 2017.

The unit for calculating this impact category refers to nitrogen, as it is the limiting nutrient in marine ecosystems.

More information at:

General, <https://www.britannica.com/science/eutrophication>

Marine eutrophication, <https://www.encyclopedie-environnement.org/en/water/phosphorus-and-eutrophication-2/>

Toxicity

5.10. Human toxicity (carcinogenic)

5.11. Human toxicity (non-carcinogenic)

5.12. Terrestrial ecotoxicity

5.13. Freshwater ecotoxicity

5.14. Marine ecotoxicity

Unit: kg 1,4-DCB equivalent (dichlorobenzene) to air / to industrial soil / to freshwater / to marine water

The description of this impact category includes human toxicity effects, both for effects related to cancer risk (5.10) and those related to other health effects (5.11). Ecotoxicity of the terrestrial (5.12), freshwater (5.13) and marine environment (5.14) are also included.

Figure 9 summarizes the cause-and-effect chain, from the emission of a chemical into the environment to the subsequent increase of its concentration which results in:

1. Damage to terrestrial, freshwater and marine ecosystems, caused by the entry or release of chemicals with a direct effect on the health of each of the ecosystems.
2. Damage to human health, which occurs as a consequence of the absorption of toxic substances through inhalation of air, ingestion of food or water, penetration through the skin, etc.

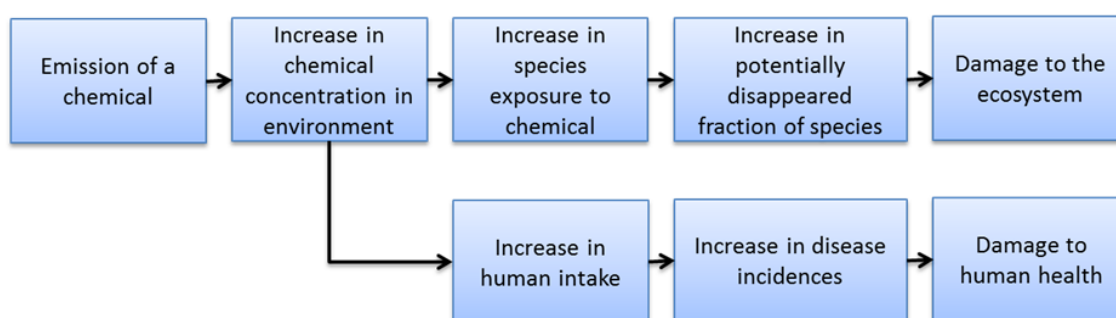


Figure 9. Cause-and-effect chain, from toxic chemical emissions to damage to the ecosystems and damage to human health. Source: ReCiPe, 2017.

The unit to calculate this category refers to 1,4-dichlorobenzene (1,4-DCB or para-dichlorobenzene, molecular formula $C_6H_4Cl_2$), substance classified as a possible human carcinogen, group 2B (IARC, 2021). In addition, exposure to high concentrations of 1,4-DCB may cause other adverse health effects such as irritation of the eyes and nose, shortness of breath and stomach upset. Extremely high concentrations may cause dizziness, headaches and liver problems (ATSDR, 2006).

More information at:

Toxicology and toxicity, https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/modules/1/es_lecturenotes_1.html

Ecotoxicity (definition), <https://www.informea.org/en/terms/ecotoxicity>

5.15. Water consumption

Unit: m³ (cubic meters) water consumed

This impact category refers to water use or consumption, which implies a reduction in the availability of freshwater. Water consumption includes evaporated water, water incorporated into products, water transferred to other watersheds or discharged into the sea.

Figure 10 shows the cause-and-effect chain of water use, which results in damage to human health and the disappearance of terrestrial and freshwater aquatic species.

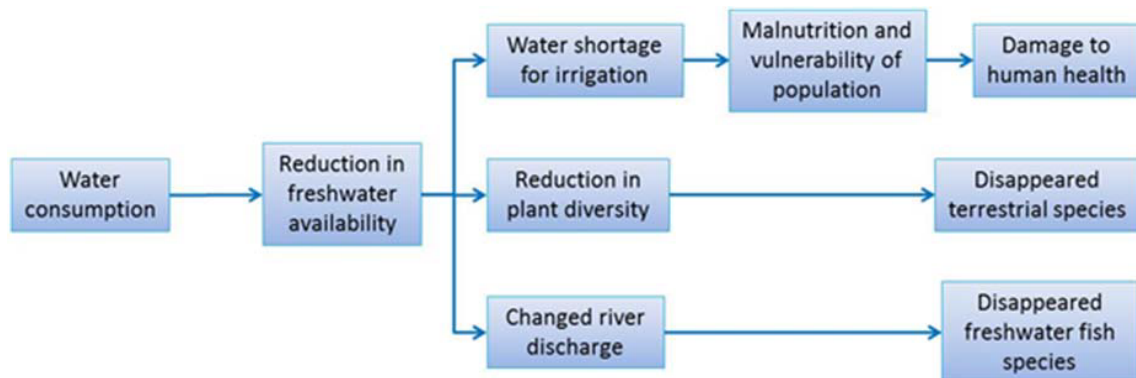


Figure 10. Cause-and-effect chain from water consumption, leading to damage to human health, disappearance of terrestrial and freshwater species. Source ReCiPe, 2017.

The unit of measurement refers to freshwater consumption expressed in volume units (m^3). This impact category has led to the development of the concept of the Water Footprint (More information at: <https://waterfootprint.org/en/>).

More information at:

Water footprint, <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/>

5.16. Land use

Unit: $\text{m}^2 \cdot \text{yr}$ ($\text{m}^2 \cdot \text{time in years}$) of crop land

This impact category indicates the relative loss of species due to local use, occupation and land use transformation. It is based on the comparison of natural land use (reference) with anthropogenic land use, considering activities such as agriculture and urban land use (roads, housing, mining, etc.). Figure 11 brings together the cause-and-effect chain of land use, up to the end-point impact, i.e., damage to the ecosystem.

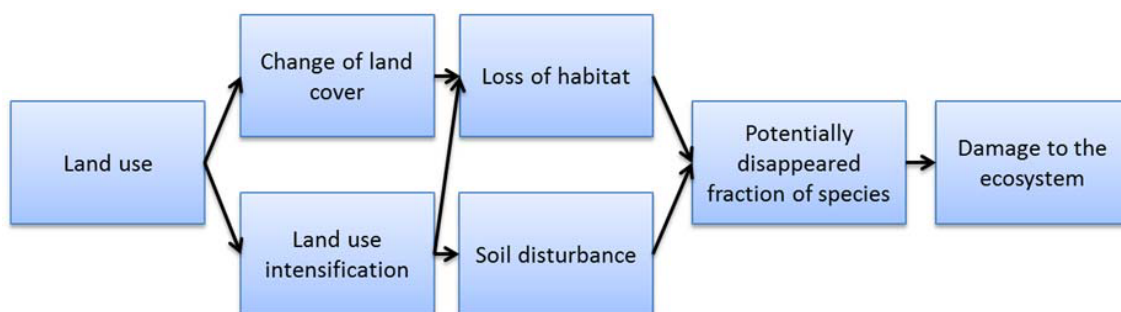


Figure 11. Cause-and-effect chain of land use, leading to damage to the ecosystems. Source ReCiPe, 2017.

The unit of measurement refers to the occupied area (m^2) times the duration of land occupation (years). (Explanation: $10 \text{ m}^2 \text{a}$ can be interpreted as the use of a land area of 10 m^2 for 1 year, or the use of a land area of 1 m^2 for 10 years; the product of area times time will be $10 \text{ m}^2 \text{a}$.)

More information at:

Land use, <https://www.eea.europa.eu/es/themes/landuse/about-land-use>

5.17. Mineral resource scarcity

Unit: kg Cu equivalent (copper)

This impact category refers to the depletion of mineral resources, such as metals. Metals are obtained from ores extracted from mines. Ore includes both ore (the mineral containing the desired metal) and gangue (other unwanted minerals). The grade of a metal refers to the concentration of a metal in the ore extracted from the mine. Normally, ores with higher grades of the desired metals are mined first (higher concentration, lower gangue). As the grade of the metal in the ore decreases, more ore must be mined to obtain the same amount of metal.

Figure 12 summarizes the cause-and-effect chain in this impact category. The extraction of the ore leads to a decrease in the concentration of the metal sought in the ore extracted. This increases the extraction of the ore. Considering also the future ore extraction, the Surplus Ore Potential (our midpoint indicator) is calculated, which in turn leads to the potential increase in the extraction cost (Surplus Cost Potential, endpoint indicator).

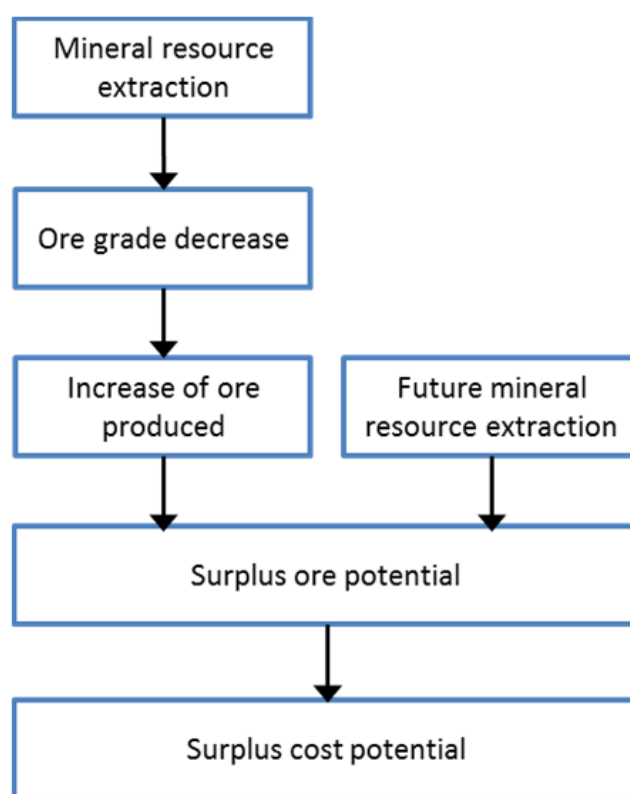


Figure 12. Cause-and-effect chain from mineral resource extraction to natural resource scarcity. Source ReCiPe, 2017.

The unit of measurement for this category refers to the amount of copper (mass expressed in kg) of copper, a mineral resource that is assigned a value of “1” in this impact category. In other words, this category measures the impact of mineral extraction taking as a reference the estimated impact for the extraction of 1 kg of copper. This indicator considers not only the scarcity of the material, but also the concentration of available resources.

More information at:

Good practices for the extraction of mineral resources, https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/Extracting_Good_Practices_Report.pdf

5.18. Fossil resource scarcity

Unit: kg oil equivalent

This impact category refers to the scarcity of fossil resources, from oil, natural gas or coal.

Figure 14 summarizes the cause-effect chain in this environmental category. As occurred with mineral resources, the extraction of a fossil resource makes it increasingly expensive to extract the remaining resources. This results in an increase in extraction costs, characterized by the surplus cost potential (SCP, endpoint indicator). In this category, the midpoint indicator is the energy content of the resource, taking the energy density of oil as a reference.

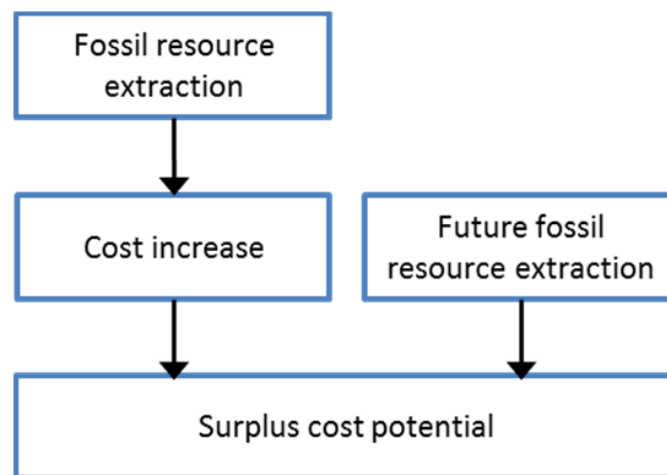


Figure 14. Cause-and-effect chain from fossil resource extraction to fossil resource scarcity. Source ReCiPe, 2017.

The unit of measurement for this category refers to the amount of energy contained in crude oil (expressed in kg oil equivalent).

More information at:

Definition, fossil fuel, <https://www.britannica.com/science/fossil-fuel>

6. References

- ATSDR, 2006. Agency for Toxic Substances and Disease Registry U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES. DICHLOROBENZENES. Available from: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tfacts10.pdf> Last accessed: December 2021.
- IARC, 2021, International Agency of Research on Cancer. Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–130 Available from: <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications> Last accessed: December 2021.
- IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp, doi:10.1017/CBO9781107415324.
- Huijbregts, M. A., Steinmann, Z. J., Elshout, P. M., Stam, G., Verones, F., Vieira, M. D. M., Hollander, A., van Zelm, R. (2017). ReCiPe 2016 v1.1. A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. report I: Characterization; RIVM Report 2016-0104. National Institute for Human Health and the Environment, Bilthoven. Available from: <https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/2016-0104.pdf>. Last accessed: December 2021.
- PRTR-España (2021). Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes. NOx Óxidos de nitrógeno. Available from: <https://prtr-es.es/NOx-oxidos-de-nitrogeno,15595,11,2007.html> Last accessed: December 2021.
- WHO, World Health Organization (2016). Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-health-effects-and-protective-measures> Last accessed: December 2021.
- WHO, World Health Organization (2006). Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution. World Health Organization, Copenhagen, Denmark. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/E88189>. Last accessed: December 2021.

