

ESTUDI ENERGÈTIC DE LES LLARS DEL BARRI DE HAËR (SENEGAL)

VOLUM II: APROXIMACIÓ A LA PETJADA ENERGÈTICA DE LES LLARS DE HAËR



Memòria de Projecte de Final de Carrera
Llicenciatura de Ciències Ambientals

Setembre 2010

Autora:
Nicart Arroyo, Mireia

Tutors:
Boada Juncà, Martí · Puig i Boix, Josep

Agraïments

Així com al medi ambient, res depèn d'un únic factor. Així doncs, per a la realització d'aquest projecte no només han estat les autores qui han fet possible la seva elaboració, sinó que moltes altres persones hi han col·laborat. Uns directament, altres indirectament, però aquest projecte amaga moltes persones al seu darrere. Cronològicament, *Bafalay*, l'Alba i la Maria, van posar-nos en contacte amb Senegal... gràcies per obrir-nos les portes a un nou món!

L'ASC Les Criquettes... que dir de vosaltres, que més que la contrapart del nostre projecte, us heu convertit en els nostres amics i germans. Gràcies per la col·laboració i el suport rebut en tot moment durant el treball de camp. I gràcies altrament per obrir-nos les portes de les vostres cases. Agraïm també la disposició de totes les famílies de Haër a participar en el nostre estudi, per l'accessibilitat i pels bons moments viscuts. Gent encantadora!

Sobretot al Gaetan, Delva, Kadiasse, Ekouma, Kouthiamiethiame, Joseph, Agro, Jacente, Alimbisi, Oussmane, Basile (tot i que des de la capital), Thioú, Kandoumba, Simona (Baseegue), petit prèssident, Martha, Rosa, Simon, Edgar i tants altres que segur que ens descuidem per nombrar, gràcies per la vostra amistat, per prendre'ns com unes més d'entre vosaltres, per les nits africanes tan màgiques, pel *bounouk* compartit, pels *arachides*, *les oranges* i les *soirées*.

Un agraïment especial pels nostres amics i també guies del barri, Ekouma i Kouthiamiethiame, per ajudar-nos en la descoberta del barri i a passar els mals moments (sort que només van ser dos viatges!).

A la família Manga, per esdevenir la nostre pròpia família. *Aio Marie*, *père Matard*, als tres "pollos", *les filles* i *les enfants*. Gràcies per ensenyar-nos la vida *diola* i per preocupar-vos per nosaltres!

A les altres dues famílies d'acollida, els Diallo i la família de la Banna. Als *enfants* de les dues cases i al Malick, el nostre professor privat. Gràcies per totes les lliçons que ens vas donar.

A tot M'lomp, Yoo!

I gràcies també al Jaume i al Josep Artigues per oferir-nos cada dijous el seu petit racó català a Oussouye, per fer-nos sentir com a casa i per compartir amb nosaltres la seva amplia experiència casamancesa. I a l'Elisa i la Valentine.

Però també a tota l'ajuda rebuda des de "casa": gràcies a les nostres famílies i el seu suport i enteniment.

Albert, gràcies pel suport informàtic, ja t'ajudaré a muntar un ciber.

Paula, el nostre gran suport moral i corrector.

Els mil dubtes que van sorgir en la distància i que tan pacientment ens heu respost des de la Casamance i Dakar. Yoo

A la Maria, l'Albert i la Laura, pels suports tècnics.

Al tiet Joan, que ja no torna del Senegal.

Al Xavi i la seva passió per resoldre dubtes del tema.

I gràcies també als tutors que des de la UAB ens han ajudat.

I pels que ja no esteu aquí...

Índex general

VOLUM I: ANTECEDENTS DE L'ÀREA D'ESTUDI I DIAGNOSI ENERGÈTICA

BLOC I: Presentació

1. introducció
2. Justificació
3. Objectius generals
4. Antecedents

BLOC 2: Inventari i Diagnosi Energètica

5. Introducció i objectius de la diagnosi energètica
6. Metodologia de la diagnosi
7. Inventari
8. Resultats i diagnosi energètica
9. Consideracions
10. Propostes de millora

VOLUM II: APROXIMACIÓ A LA PETJADA ENERGÈTICA DE LES LLARS DE HAËR

1. Introducció
2. Objectius
3. Diferents indicadors d'impacte
4. Càlcul de les emissions de Diòxid de Carboni
5. La petjada ecològica
6. Petjada ecològica mundial. Comparativa de països
7. Càlcul de la petjada energètica d'Araós
8. Comparació de Haër i Araós
9. Consideracions finals

VOLUM III: ALTERNATIVA ENERGÈTICA: APROFITAMENT DE L'ENERGIA SOLAR AL BARRI DE HAËR

1. Introducció
2. Objectius
3. Antecedents
4. Proposta de disseny d'una instal·lació fotovoltaica autònoma
5. Dimensionament del sistema per una vivenda familiar
6. Dimensionament del sistema per una vivenda plurifamiliar
7. Cost econòmic de l'instal·lació
8. Anàlisi socioeconòmic i ambiental
9. Consideracions

**VOLUM II: APROXIMACIÓ A LA PETJADA ENERGÈTICA DE
LES LLARS DE HAËR**

ÍNDEX VOLUM I

1. Introducció	1
2. Objectius	2
3. Diferents indicadors d'impacte	3
3.1. Conversió del consum energètic en tones equivalents de petroli	4
4. Càlcul de les emissions de Diòxid de Carboni	5
4.1. Aproximació teòrica al càlcul	6
4.2. Càlcul numèric de les emissions de Diòxid de Carboni	8
5. La petjada ecològica	14
5.1. Introducció. Què és la petjada ecològica?	14
5.2. Origen i definició de la petjada ecològica	14
5.3. Aplicacions i metodologies	18
5.4. Aportacions de la petjada ecològica a la sostenibilitat	21
5.5. Avantatges i limitacions de la petjada ecològica	23
5.6. Càlcul de la petjada energètica de Haër	30
5.7. Balanç ecològic. Diagnosi dels resultats	33
6. Petjada ecològica mundial. Comparativa de països	34
7. Càlcul de la petjada energètica d'Araós	42
8. Comparació de Haër i Araós	47
9. Consideracions finals	53
10. Conclusions globals	56
 BIBLIOGRAFIA	 58
ANNEXOS	63

ÍNDEX DE TAULES I FIGURES

FIGURES

- **Figura 2.1:** Emissions de CO₂-eq per cada font energètica utilitzada a Haër.
- **Figura 2.2:** Emissions de CO₂ sense comptabilitzar la biomassa.
- **Figura 2.3:** Mapa de les emissions de CO₂ per continents.
- **Figura 2.4:** Mapa d'emissions de CO₂ per països de l'Àfrica.
- **Figura 2.5:** Consum energètic relatiu a cuina i il·luminació en comparació a la resta de consums energètics d'Araós.
- **Figura 2.6:** Emissió de CO₂ respecte a la cuina i la il·luminació i a la resta d'activitats.
- **Figura 2.7:** Rang de països en funció de la seva petjada ecològica.
- **Figura 2.8:** Rang de països en funció de la seva biocapacitat.
- **Figura 2.9:** Comparació de la petjada ecològica d'Àfrica amb la resta del món, 2003.
- **Figura 2.10:** Piles gastades i degradades per l'entorn
- **Figura 2.11:** Efectes dels fums del querosè sobre les parets.
- **Figura 2.12:** Joves estudiant amb la tènue llum de les làmpades de querosè.

TAULES

- **Taula 2.1:** consum energètic de Haër (tep's)
- **Taula 2.2:** Factors d'emissió de CO₂ dels diferents combustibles estudiats
- **Taula 2.3:** Emissió de CO₂-eq a les llars de Haër.
- **Taula 2.4:** Emissions de CO₂ de les energies de les llars de Haër (sense la biomassa).
- **Taula 2.5:** Consum energètic de la població d'Araós.
- **Taula 2.6:** Consum energètic anual per càpita i emissió de CO₂ d'Araós.
- **Taula 2.7:** Recull de dades energètiques i emissió de CO₂ d'Araós i Haër.

- **Taula 2.8:** Recull de les emissions de CO₂ i petjada energètica per Haër i Araós.
- **Taula 2.9:** Petjada ecològica del Senegal per tipus de terreny.
- **Taula 2.10:** Petjada ecològica d'Espanya per tipus de terreny.
- **Taula 2.11:** Comparativa de la petjada ecològica i la biocapacitat del Senegal, Espanya i mitjana mundial.
- **Taula 2.12:** Avantatges i limitacions de la petjada ecològica.

1.Introducció

Un cop analitzades les dades recollides al inventari energètic de les llars de Haër i els seus resultats, es pot tenir una idea general del consum energètic que fa la població del barri. Aquest consum, però, evidencia la quantitat màssica o energètica absoluta. És per això, que en el següent bloc es vol analitzar quin és el consum relatiu en respecte al món, que fa cada persona a nivell energètic. S'ha observat que s'utilitza certa quantitat de combustibles per càpita, a partir d'aquí es vol analitzar quin és el impacte que tenen aquestes combustions i com aquestes afecten a nivell local i global. Per tal de fer aquestes valoracions, existeixen diversos indicadors que permeten determinar quina és la càrrega que fan sobre el medi ambient certes activitats; aquests indicadors es basen en fluxos i consums d'energia i materials per tal de quantificar el impacte de les activitats humanes.

En el present bloc, principalment seran calculats dos d'aquests indicadors, que són, per una banda, les emissions de CO₂ associades als combustibles utilitzats, i per una altra banda, la petjada ecològica que aquestes fan.

L'augment de les concentracions de CO₂ que s'estan produint a nivell global degut al increment de les combustions d'energies fòssils, està conduint al planeta Terra a un canvi en el clima actual. Aquest canvi, porta associat un augment de les temperatures, així com una accentuació dels fenòmens extrems. Analitzar quines són les activitats que ajuden a aquest augment de la concentració de CO₂ és important per tal de poder-les reduir. Amb el present estudi es podran estimar aquests nivells a nivell local.

També com acostuma a succeir en molts països en vies de desenvolupament, al Senegal s'adopten mesures i canvis socials per tal d'assolir nivells econòmics i models de vida portats a terme per les societats occidentals. Així doncs, és important l'anàlisi de les capacitats dels ecosistemes d'aquests països per tal d'adaptar el desenvolupament als seus entorns, sense la necessitat de sobreexplotar-los. Els anàlisis previs de consum i disponibilitat de recursos, permet conduir les societats cap a desenvolupaments sostenibles.

2. Objectius

1. Càlcul del impacte ambiental del consum energètic a les llars de Haër mitjançant diversos indicadors.
2. Determinació de la sostenibilitat d'aquest sistema energètic.
3. Comparativa amb altres sistemes energètics (el cas de la població rural d'Araós).
4. Comparativa de la petjada ecològica a nivell global.
5. Detecció d'altres afectacions de les energies emprades a Haër.

3. Diferents indicadors d'impacte

Tota activitat dins del medi té la seva repercussió, ja sigui beneficiosa, perjudicial o amb efectes nuls. A arrel de la creixent demografia humana i, en conseqüència, de l'augment d'activitats, el medi ha sigut modificat i alterat per dites activitats. És per això, que es fa necessària l'elaboració d'indicadors que ens permetin identificar i quantificar els impactes per tal de valorar-ne el seu efecte sobre els ecosistemes i el funcionament d'aquests. Tal i com s'introdueix en el capítol 1 d'aquest Volum, existeixen diversos indicadors de sostenibilitat que serveixen per valorar també diversos impactes o maneres de interacció de les activitats antròpiques amb el medi ambient. Un exemple en són l'anàlisi del cicle de vida, la biocapacitat, la motxilla ecològica, la petjada ecològica, entre d'altres.

Per una banda, l'*Anàlisi del Cicle de Vida* (ACV) és un indicador que analitza el cicle complet de vida d'un producte, procés o activitat, des del moment en què les matèries primes són extretes, quan aquestes són processades, incloent també el transport, la distribució i fins al moment en què la seva vida útil finalitza i és rebutjat. Mitjançant l'anàlisi i la diagnosi dels processos que envolten un producte o un servei s'avaluen les càrregues ambientals associades a aquests processos, tot identificant i quantificant la quantitat de matèria i energia utilitzades, cosa que permet la determinació del impacte. A partir de l'ACV també es poden presentar propostes de millora ambiental en un determinat procés o servei. L'ACV permet també la quantificació de diòxid de carboni (CO₂) que s'emet a l'entorn en la combustió d'un material, en un procés, etc. ja que expressa el impacte produït durant tota la vida de l'objecte d'estudi en tones de CO₂ emeses; és important, doncs, per al càlcul de la petjada ecològica, representant el primer pas per a la determinació d'aquesta.

Un altre indicador d'impacte ambiental dels béns consumits, és la *motxilla ecològica*. És un concepte creat el 1994 per l'investigador Friedrich Schmidt-Bleek. Aquest indicador pretén quantificar els materials que s'han de sumar durant el cicle de vida d'un producte, necessaris per elaborar-lo. Indica la quantitat de material utilitzat, transformats o desplaçats durant tot el cicle de vida d'un bé de consum, des de la seva fabricació fins al seu rebuig. És un indicador de l'anomenada "Intensitat de Materials per Unitat de Servei" (IMPS).

La *biocapacitat* fa referència a la capacitat que una àrea bioproductiva té per a generar un abastament de manera regular i, a la vegada, absorbir els residus producte de l'ús d'aquests (Solanas, 2009). És la càrrega potencial d'activitats que pot suportar un ecosistema, sense posar en perill el seu equilibri. La capacitat biològica de qualsevol ecosistema és limitada i està determinada en funció dels recursos renovables o no renovables que en ell s'hi trobin. Ens indica també quant de productiu és un territori; per exemple, trobem països

amb una biocapacitat petita, indica que aquest país té una productivitat ecològica molt baixa i que, per tant, podrà suportar menys càrrega exercida pels habitants de l'ecosistema que l'ocupi. En canvi, per països amb biocapacitats elevades, la capacitat de producció no serà un factor limitant gaire important.

En el present projecte, però, s'avaluen únicament dos indicadors dels molts existents, que són el càlcul de les emissions de CO₂ per una banda, i per l'altra el càlcul de la petjada ecològica, que vindran explicats posteriorment. Amb aquest parell d'indicadors, es vol fer una estimació de la sostenibilitat del model energètic seguit a la població del barri de Haër. El motiu d'estudi d'aquests dos indicadors és perquè, d'una banda, el consum energètic avui dia va íntimament lligat a les emissions de CO₂, i per l'altra banda, perquè la petjada ecològica permet saber quin és l'impacte produït per aquest consum energètic sobre el l'ecosistema.

3.1 Conversió del consum energètic en tones equivalents de petroli

Els resultats de la diagnosi energètica realitzada al barri de Haër van ser expressats de manera massica (kg, L, unitats) i també en unitats energètiques (kJ i kWh). Una altra manera de traduir els consums energètics per tal de valorar-ne la seva magnitud, és convertir-los a tones equivalents de petroli (d'ara endavant tep). Degut a la importància que té el petroli i els seus derivats dins de la societat actual, a nivell internacional s'utilitza aquesta unitat energètica, ja que possibilita traduir un consum a unitats més familiars per tot el món. D'aquesta manera es possibiliten comparatives que donen una idea del consum energètic.

Es tracta d'una unitat energètica més per expressar els consums de recursos energètics, la qual expressa l'energia alliberada en la combustió d'una tona de cru de petroli que queda alliberada en ser cremada. L'equivalència pot variar segons les estimacions, però equival aproximadament a unes 10⁷ kcal (Puig, 2009-2010).

Així doncs, la metodologia per calcular el consum de les persones de Haër en tep's, ha estat un factor de conversió amb les dades obtingudes en la diagnosi energètica, per tal de traduir-les a aquesta unitat energètica. Els resultats es presenten en la taula 2.1:

Taula 2.1: Consum energètic de Haër (tep's).

Combustible	Consum anual (kcal/càpita)	Consum (Tep)
Querosè	51339,18	5E-3
Piles	2,69	2,69E-07
Espelmes	0,01	9,56E-10
Llenya	1644622,61	0,164
Carbó vegetal	96503,78	0,010
Gas butà	43,78	2,12E-03
TOTAL		0,181

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'estudi elaborat.

Les dades obtingudes a la diagnosi energètica en quilo joules (kJ) han estat convertides a quilocalories (kcal) ($1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$); un cop les dades expressades en kcal, s'ha fet la conversió a tep's tenint en compte que 1 tep equival a 10^7 kcal.

Tal i com s'observa a la taula, cada persona del barri consumeix anualment l'equivalent a 0,181 tep. Aquest valor indica que cada persona consumeix anualment l'equivalent a 0,181 tones de petroli, la qual cosa implicaria una emissió de CO_2 superior si el consum es fes en petroli en lloc de les matèries emprades.

A nivell global del Senegal, la mitjana anual de subministrament total d'energia primària per l'any 2007 és de 0,22 tep/càpita. Segons els càlculs efectuats anteriorment, a Haër el consum és de 0,181 tep/càpita; aquest valor és lleugerament inferior a la mitjana nacional.

Segons dades del *Instituto Español de la Energía* per l'any 2006, Qatar va ser el país amb un consum energètic més elevat, calculat en 18,105 tep/càpita; per al mateix any, Senegal estava situat en la posició número 130 del rànquing mundial, amb un consum de 0,260 tep/càpita (www.paises.enerclub.es). La mitjana mundial per al mateix any, és de 1,8 tep/càpita (OSE, 2007).

S'observa, doncs, que el consum en tep's a Haër no dista gaire de la mitjana nacional del Senegal, però sí que ho fa del consum mitjà mundial, amb el qual té una diferència de gairebé 1,62 tep/càpita. Respecte el país que consumeix més energia, aquesta diferència és molt més acusada, arribant a ser de gairebé 18 tep/càpita.

4. Càlcul de les emissions de Diòxid de Carboni

Anteriorment s'ha explicat l'existència de diversos indicadors d'impacte ambiental dels productes i processos; el càlcul de les emissions de CO₂ n'és un d'ells. En els subapartats següents es presenta la definició i una aproximació teòrica sobre aquest indicador, així com els càlculs i els resultats obtinguts en aplicar-lo a la nostra població d'estudi.

4.1 Aproximació teòrica al càlcul

El diòxid de Carboni (CO₂) és un gas d'efecte hivernacle, el qual es troba de manera natural en l'atmosfera a una concentració de 379 ppm (2005). Les quantitats presents a l'atmosfera d'aquest gas de manera natural, han anat variant al llarg de la història de la Terra, amb fluctuacions causades per diversos motius; però a causa de la revolució industrial, aquests valors s'han vist incrementats degut a les activitats antròpiques, principalment lligat a la combustió de materials. En l'era preindustrial, la concentració d'aquest gas present a l'atmosfera era de 280 ppm, passant a 379 l'any 2005; això vol dir que des del 1750 fins al 2005 la concentració va augmentar prop de 100 ppm, mentre que anteriorment, l'augment produït durant els 8000 anys previs va ser de tan sols 20 ppm (www.ipcc.ch). Segons apunta el Panell Intergovernamental pel Canvi Climàtic (IPCC en les seves sigles angleses), aquest augment és degut a la combustió de combustibles fòssils i al impacte que el canvi en els usos del territori a causat en el carboni acumulat en els vegetals i en el sòl.

El CO₂ és un gas d'efecte hivernacle (GEI), conjuntament amb altres gasos com el metà (CH₄), el vapor d'aigua, els òxids de nitrogen (NO_x), entre d'altres. L'efecte hivernacle és un fenomen que es dona en l'atmosfera terrestre de forma natural i que possibilita l'existència de vida a la Terra. Aquest efecte té la seva base en la composició de l'atmosfera terrestre: la composició gasosa que la forma té unes característiques que fan que de tota la radiació solar incident que arriba fins a la superfície de la Terra, només una part surti de l'atmosfera cap a l'espai exterior, però que una altra part quedi atrapada entre la superfície terrestre i l'atmosfera. És aquesta porció d'energia solar que queda retinguda la que fa que la temperatura terrestre sigui de 16 °C de mitjana i que no pateixi grans variacions entre la nit i el dia. Com ja s'ha dit, aquest és un procés que es dona de forma natural a la Terra, però els GEI en fan augmentar la magnitud, accentuant les seves propietats; per exemple, la retenció de la radiació es veu incrementada, quedant retinguda una major proporció d'energia solar, fet que fa augmentar la temperatura mitjana terrestre.

Qualsevol procés de combustió amb oxigen present, produeix CO₂ com a subproducte d'aquesta, entre d'altres gasos, en funció del combustible emprat;

així doncs, tot procés en el qual s'hi vegi involucrada una combustió, hi haurà emissió de CO₂. És el cas de la utilització de combustibles a les llars de Haër, on la majoria de recursos energètics són utilitzats mitjançant la crema d'aquests (llenya, carbó, querosè, etc.). Els diferents recursos que disposem (aliments, objectes, ...) no sempre són cremats, sinó que són ingerits, utilitzats, etc., però en algun procés del cicle de vida d'aquests productes hi és involucrada la emissió de CO₂. És el cas del moment del transport dels productes, on s'emet CO₂ en la combustió pel funcionament del vehicle que transporta; o en la seva fabricació dins de les indústries, les quals utilitzen electricitat, provocant així novament emissió de CO₂.

En les combustions, com ja s'ha dit, a part de CO₂, s'emeten altres gasos que tenen efecte hivernacle (GEI). Però no tots produeixen efecte hivernacle en el mateix grau, sinó que uns provoquen més retenció de radiació que d'altre. És per aquest motiu que s'ha unificat l'efecte de cadascun d'ells, creant el concepte de CO₂ equivalent (CO₂-eq). S'han establert les proporcions de causalitat de cada GEI respecte l'efecte hivernacle en comparació amb el CO₂, possibilitant d'aquesta manera la "traducció" de la contribució dels diversos gasos a una unitat comú que és la magnitud de l'efecte del CO₂. D'aquesta manera es troba la quantitat de CO₂ necessària per produir un efecte similar. Indica el potencial d'escalfament global (GWP) de cadascun dels GEI en comparació amb el CO₂. El càlcul es realitza multiplicant la massa de cada GEI per el seu equivalent en potencial d'escalfament global (www.ecorresponsabilidad.es; Gobierno andaluz, 2006). El GWP del diòxid de carboni és, òbviament 1, la del metà és 21 i pel N₂O és de 310 (www.kdm.cl), això vol dir, que per produir l'efecte que fa una unitat de metà (CH₄) calen 21 unitats de CO₂, o pel cas del N₂O, en calen 310.

Degut a què en les llars de Haër es duen a terme moltes activitats on la combustió de recursos energètics es veu implicada, resulta interessant calcular la quantitat de CO₂-eq que se'n deriva del tipus de vida dels diola de Haër. I per tal de fer una estimació del impacte que això suposa, es procedeix al càlcul de la petjada ecològica, l'aproximació a la qual parteix dels resultats obtinguts en aquest apartat, amb el càlcul de GEI emesos producte d'algunes activitats domèstiques de les famílies de Haër.

Cal tenir en consideració que amb l'estimació de les emissions per part de la il·luminació i la cuina, no es comptabilitzen la totalitat d'emissions produïdes a les llars de Haër, però és molt aproximada. És a dir, a nivell domèstic, les activitats que empren energies exosomàtiques no són gaires més que les citades (il·luminació i cuina). No disposen de més aparells elèctrics ni de cap altre font d'alimentació energètica. També són rares les famílies que disposen de vehicles com les motos, però encara més estrany és trobar una família amb cotxe. No han estat incloses en les entrevistes realitzades durant el inventari energètic, però una aproximació situaria en el número de 5 els ciclomotors

presentes en el barri, i 1 cotxe, aproximadament. La resta de persones realitzen el transport amb autobús, però el número de transports és realment baix, podent arribar a comptabilitzar 1 desplaçament al mes per cada persona.

Per tant, el càlcul efectuat a continuació pot representar una aproximació a les emissions de CO₂ causades pel consum energètic directe de cada persona. Es realitzarà només amb les dades existents, això és, les dades relatives al consum única i exclusivament domèstic.

4.2 Càlcul numèric de les emissions de Diòxid de Carboni

Un cop obtinguts els consums energètics de la població d'estudi, a través de les dades extretes de la diagnosi energètica del present projecte, es procedeix al càlcul de les emissions de Diòxid de Carboni. Per a la realització d'aquest càlcul, es prenen els consums totals dels combustibles i en cada cas es pondera a través del seu factor d'emissió de CO₂ específic. El resultat serà la quantitat de CO₂ emesa per cada font.

En la taula 2.2 es presenten totes les fonts combustibles emprades en la zona d'estudi, així com el factor d'emissió de CO₂-eq de cadascuna d'elles.

Taula 2.2: Factors d'emissió CO₂ dels diferents combustibles estudiats.

Combustible	Factor d'emissió de CO ₂	Unitats	Font
Querosè	71.900	kg CO ₂ eq/TJ	(1)
Llenya	112.000	kg CO ₂ eq /TJ	(1)
Carbó vegetal	112.000	kg CO ₂ eq /TJ	(1)
Gas butà	3,033	kg CO ₂ eq /kg	(2)

Font: Elaboració pròpia a partir de Fundació Gas Natural (2009) i IPCC (2006).

A diferència del càlcul de tep's o durant tota la diagnosi energètica, per al càlcul de les emissions de CO₂, i posteriorment de la petjada energètica, no s'han tingut en consideració les piles i les espelmes. Analitzant el cicle de vida de les piles, s'observa com hi ha emissions de GEI associats al procés d'obtenció de la matèria primera per produir-les, posteriorment per fabricar-les i inclús s'hi poden associar factors d'emissió a la gestió de les piles com a residus; però en el moment del seu ús no se li associen emissions de CO₂. En el cas que en el sistema estudiat hi haguessin hagut piles recarregables, aleshores sí que s'hauria comptabilitzat el seu factor d'emissió, a partir de la font de recàrrega. Però en el cas d'estudi, totes les piles utilitzades eren d'un sol ús, sense

recàrrega. És per això que no s'han tingut en consideració, ja que en el present estudi s'estimen les quantitats emeses en l'ús dels recursos energètics.

Per altra banda, les espelmes sí que emeten GEI al ser cremades, però la seva aportació és tan insignificant dins del nostre sistema (de l'ordre de $3 \cdot 10^{-9}$ tCO₂), que han sigut desestimades.

Amb aquestes dades d'equivalències presents a la taula 2.2 i agafant els consums anuals per càpita obtinguts en la diagnosi energètica realitzada dins del mateix projecte, s'obtenen les quantitats de CO₂-eq emeses per a cada font energètica, realitzant prèviament els càlculs de conversió d'unitats pertinents. Els resultats d'aquestes conversions queden recollits a la taula 2.3.

Taula 2.3: Emissió de CO₂-eq a les llars de Haër

Combustible	Consum anual per càpita (kJ)	Consum anual per càpita (kg)	Emissió de CO ₂ -eq anual (tones/càpita)	Percentatge (%)
Querosè	214.806,15		$1,54 \cdot 10^{-02}$	1,85
Llenya	6881101,02		0,77	92,10
Carbó vegetal	403.771,80		$4,52 \cdot 10^{-2}$	5,40
Gas butà		1,80	$5,46 \cdot 10^{-03}$	0,65
TOTAL			0,84	100%

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'estudi energètic de Haër

Com a resultat dels càlculs efectuats per a la conversió dels combustibles emprats en unitats de CO₂, s'ha estimat que cada habitant de Haër emet anualment **0,84 tones de CO₂-eq** fruit de la crema de combustibles per a les diferents activitats de la llar.

Aquests resultats queden reflectits en el gràfic de la figura 2.1, on es pot observar de manera més gràfica aquestes emissions, així com quines són les principals fonts que més n'emeten.

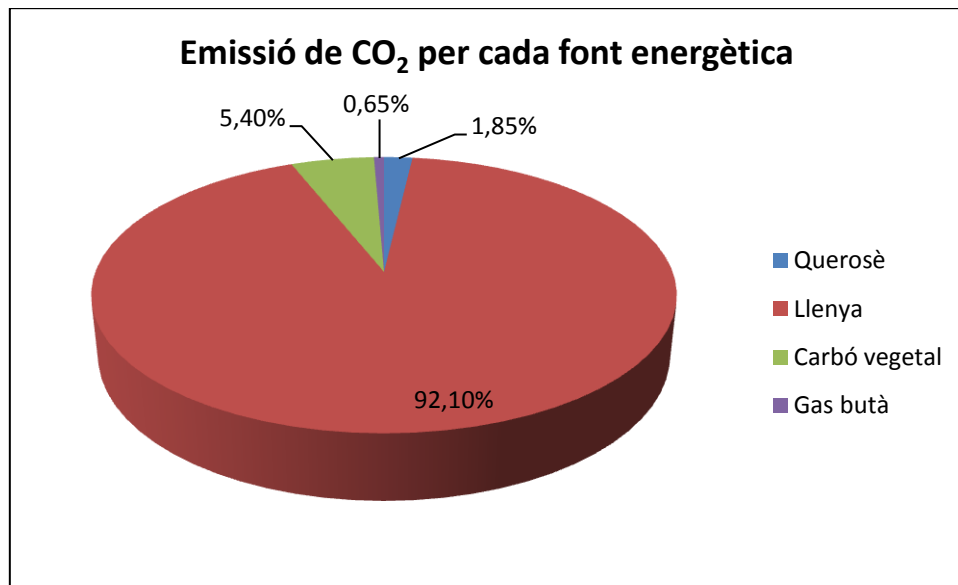


Fig. 2.1: Emissions de CO₂-eq per cada font energètica utilitzada a Haër. Font: elaboració pròpia a partir de dades de l'estudi energètic de Haër.

En relació a les emissions de CO₂, destaca el mateix fenomen ja observat en la diagnosi energètica, a nivell màssic i energètic: el major volum de CO₂ (en els altres casos de massa i d'energia) present, és el procedent de l'ús de llenya. S'observa com de les 0,84 tones de CO₂-eq que s'emeten anualment per càpita, gairebé 0,8 tones, el que representa el 92 %, provenen de la combustió de la llenya, representant d'aquesta manera pràcticament la totalitat de les emissions. Seguidament, el carbó suposa la segona font que més CO₂-eq emet, tot i que amb molta diferència amb la primera font emissora. Com a resultat de l'ús del carbó s'emeten 0,05 tCO₂-eq anualment per càpita; això suposa el 5,4 % de les emissions. Com ja passava a nivell màssic i energètic, aquestes dues fonts segueixen sent les principals fonts consumides. L'elevada emissió de CO₂ per part d'aquests dos recursos energètics ve donada com a raó de ser les fonts energètiques més utilitzades a nivell màssic.

Les altres dues fonts energètiques disten bastant de la segona font més important, i encara més de la font emissora principal. El tercer recurs energètic que més emissions causa és el querosè, el qual representa el 1,85 % de les emissions d'aquest gas, amb una quantitat anual per persona de $1,54 \cdot 10^{-2}$ tCO₂-eq. Per últim es troba el gas butà, amb una emissió de $5,46 \cdot 10^{-3}$ tCO₂-eq, que representa el 0,65 % del total de les emissions, molt distant de la primera font emissora.

És molt important, però, destacar que segons el IPCC (Panell Intergovernamental pel Canvi Climàtic), les emissions de CO₂ provinents de la combustió de biomassa són comptabilitzades com a nul·les, ja que considera que aquesta quantitat de CO₂ que s'emet, va ser fixada per l'organisme vegetal durant la seva vida, donant així un balanç de 0 kg de CO₂ emesos durant la

combustió. És per això que consideren que el CO₂ provinent de la crema de biomassa, no contribueix netament a l'escalfament global.

Així doncs, refent els càlculs de les emissions de diòxid de carboni que es produeixen a Haër, sense tenir en compte l'aportació de la biomassa (en aquest cas llenya i carbó), els resultats queden de la següent manera:

Taula 2.4: Emissions de CO₂ de les energies de les llars de Haër (sense la biomassa)

Combustible	Consum anual per càpita (kJ)	Consum anual per càpita (kg)	Emissió de CO ₂ eq anual (tones/càpita)	Percentatge (%)
Querosè	214.806,15		$1,54 \cdot 10^{-2}$	73,88
Llenya	6881101,02		0	0,00
Carbó vegetal	403771,80		0	0,00
Gas butà		1,80	$5,46 \cdot 10^{-3}$	26,12
TOTAL			$2,09 \cdot 10^{-2}$	100%

Font: Elaboració pròpia a partir de dades del inventari energètic realitzat dins d'aquest estudi.

Expressat d'una manera més gràfica, es pot observar el gràfic que se'n deriva de la taula 2.4:

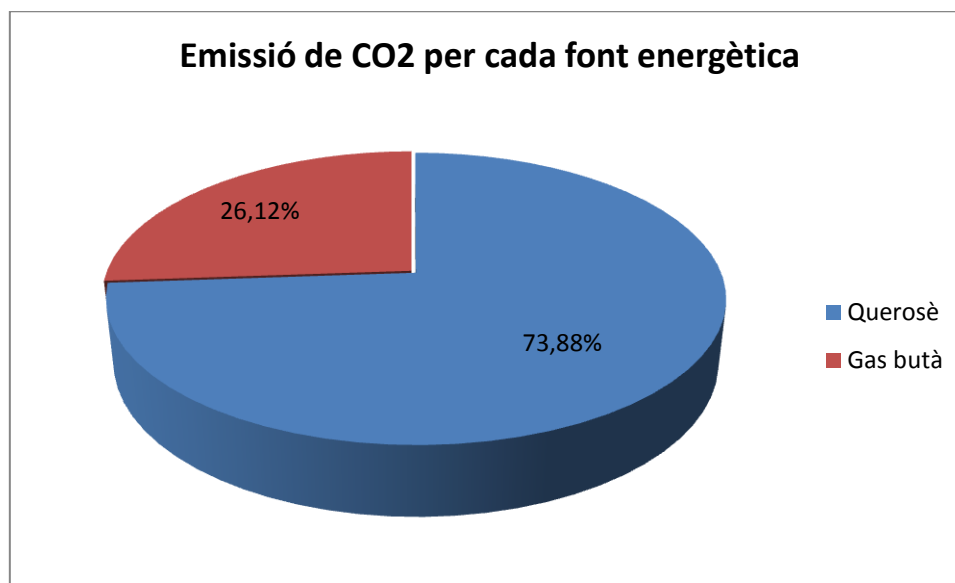


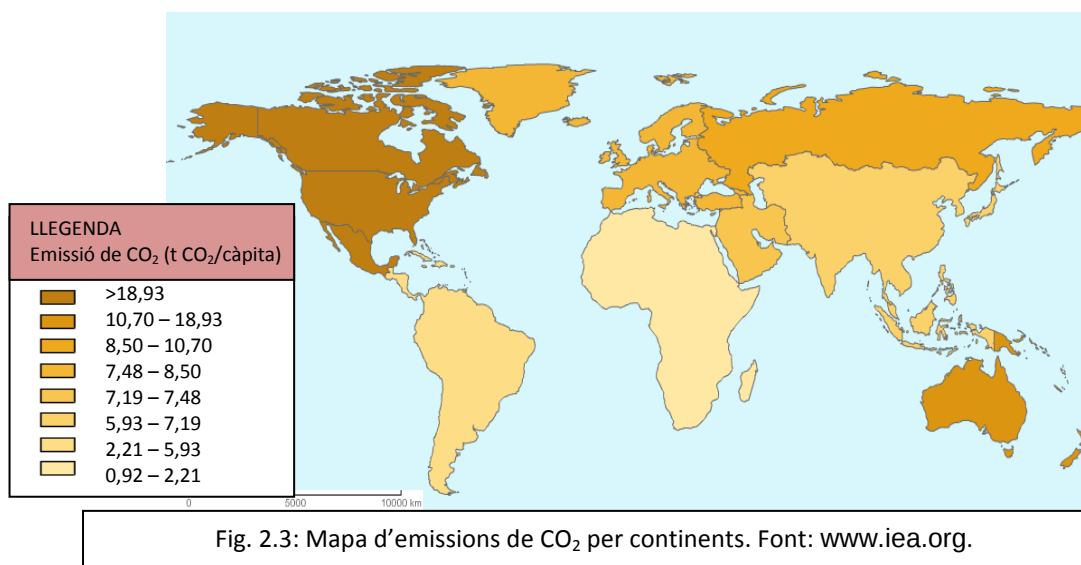
Fig. 2.2: Emissions de CO₂ sense comptabilitzar la biomassa.

Font: elaboració pròpia a partir d'estudi energètic propi.

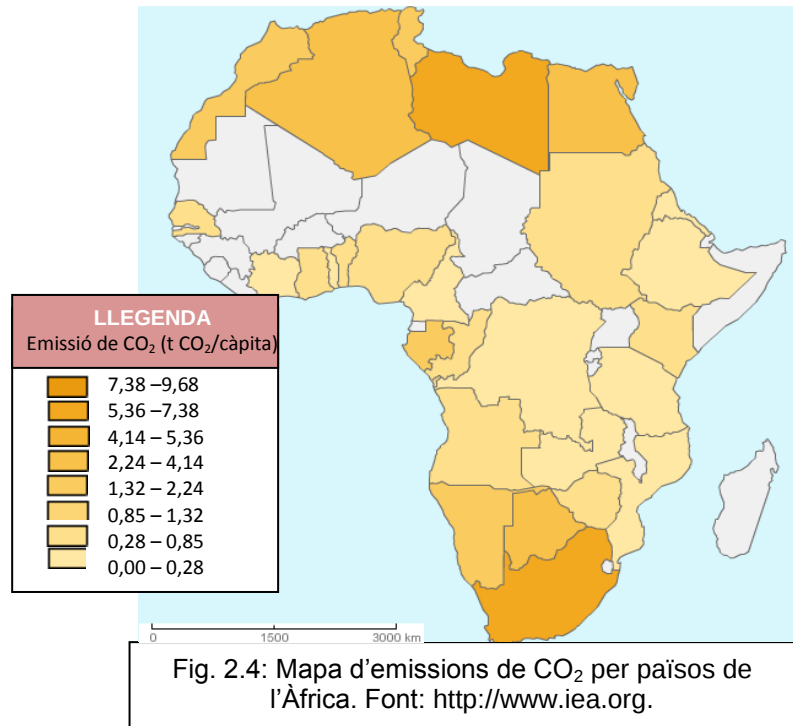
Tal i com s'observa en el figura 2.2, quan no es tenen en compte les emissions provinents de la biomassa, la font principal de GEI és el querosè, el qual representa el 74 % de les emissions de CO₂ en les llars de M'lomp com a resultat de la combustió de recursos energètics. L'altra font, el gas butà, en representa el 26 %.

Així doncs, sense tenir en compte les emissions provinents de la biomassa forestal, les emissions semblen molt petites i insignificants. Però aquests valors representen la realitat d'una població amb el consum energètic basat en el consum de biomassa forestal. L'ús de combustibles fòssils és tan reduït que, les emissions resultants del seu ús són, en conseqüència, també molt reduïdes.

A mode de comparació es presenten les dades d'emissions d'altres àmbits més generals. Es recullen en les figures 2.3 i 2.4, on hi ha representades les emissions de CO₂ a nivell continental, en el primer cas, i a nivell de països del continent africà, en el segon cas.



A nivell mundial, el continent africà es presenta com el continent amb una taxa d'emissió de CO₂ menor, amb una quantitat emesa de 0,92 tCO₂/càpita. En la situació oposada es troba el continent nord americà, on cada habitant genera unes emissions de l'ordre de 18,93 tCO₂/càpita. Amb valors entremetjats entre els dos continents extrems, es troben la resta de continents. Amèrica llatina presenta la segona taxa d'emissió més baixa, amb un valor del 2,21tCO₂/càpita.



En la figura 2.4 s'observen les emissions de CO₂ per diferents països del continent africà, tot i que no de tots. Segons el mapa, les emissions de CO₂ del Senegal són de l'ordre de 0,34 tCO₂/càpita. No es tracta del país amb les emissions més elevades, ja que aquesta posició l'ocupa el Líban, amb una emissió de 7,01 tCO₂/càpita; en contraposició, el país amb menys emissions de tota l'Àfrica és el Congo, amb una emissió de 0,04 tCO₂/càpita. Així doncs, Senegal es troba entre els països africans amb emissions més baixes.

5. La petjada ecològica

Seguint dins de la presentació de diversos indicadors d'impacte ambiental, la petjada ecològica es situa entre un dels indicadors forts. A continuació es presenta una explicació de la petjada ecològica juntament amb els càlculs de la mateixa aplicats a la població del barri de Haër.

5.1 Introducció. Què és la petjada ecològica?

La petjada ecològica és un indicador que permet fer una aproximació a la quantitat d'hectàrees de terra productiva que una persona, o un conjunt de persones, necessita per satisfer les seves necessitats i per absorbir el rebuig de les seves activitats.

En el present bloc es pretén calcular la petjada ecològica que realitzen els habitants del barri de Haër, però només a nivell energètic. És a dir, que no es tenen en compte els impactes derivats de l'alimentació i altres activitats, sinó que només es consideren les energies que ells utilitzen. Per tal de fer aquest càlcul, s'utilitzen les dades obtingudes a la diagnosi energètica presentades al Volum I, Bloc 2 del mateix projecte.

Com s'ha explicat anteriorment, està relacionat amb l'anàlisi del cicle de vida (ACV), el qual permet calcular els impactes de tota la vida d'un producte. A partir de les dades obtingudes mitjançant aquest indicador, sobre emissions de CO₂, la petjada ecològica transforma aquestes quantitats d'emissions en superfície terrestre productiva, equivalent a la superfície d'absorció.

Per una altra banda, la petjada ecològica és un indicador que permet saber l'impacte de qualsevol població d'estudi sobre el medi derivat de les seves activitats i consums. Amb el càlcul d'aquest indicador es quantifiquen les hectàrees que es requereixen per satisfer les necessitats de recursos i absorció de residus d'una persona, una ciutat o un país (Solanas, 2009). En el càlcul de la petjada ecològica es té en compte totes les matèries que consumeix la unitat objecte d'estudi, relatives als aliments, productes forestals, despesa energètica i ocupació del territori.

5.2 Origen i definició de la petjada ecològica

La Petjada Ecològica va ser definida per primer cop pels investigadors canadencs Mathis Wackernagel i William Rees, dins del seu llibre conjunt *Our ecological footprint. Reducing human impact on the earth*, escrit l'any 1962. En aquesta obra conjunta, van proposar el llavors nou indicador de la sostenibilitat

l·ligat a la biocapacitat dels sistemes. Aquest indicador permet estudiar la sostenibilitat d'un sistema de consum determinat, avaluant el seu ritme de consum en relació al sistema natural explotat.

La petjada ecològica està enfocada bàsicament a l'estudi del impacte de ciutats o assentaments humans. Per a la sustentació dels sistemes humans (ja siguin ciutats, pobles, països, etc.), són necessàries l'entrada de matèria i energia per tal de satisfer les seves necessitats, així com la sortida dels residus fruit d'aquesta activitat. Aquesta entrada serà més o menys gran en funció del sistema de consum i producció que es dugui a terme en aquesta població. Per exemple, hi ha poblacions on la forma de vida que duen a terme està molt relacionada amb els cicles naturals del medi que els envolta, tenen uns ritmes de consum molt adaptats al ritme dels ecosistemes circumdants, i el volum de residus que produeixen són fàcilment absorbits per l'entorn. Aquest pot ser el cas de M'lomp, pel que fa a l'alimentació, ja que pràcticament tot el que consumeixen és produït *in situ* sense necessitat de importar aliments, i la fracció de rebuig que produeixen, bàsicament matèria orgànica, és fàcilment absorbida per l'entorn.

Hi ha, en canvi, altres tipus de sistemes de consum, on aquesta relació integrada humà-natura s'ha vist interrompuda. És el cas de les ciutats i molts pobles, on l'extensió de la població és tan gran que el terreny immediat no és suficient per satisfer les necessitats d'aquesta població i, en conseqüència, la matèria i l'energia necessàries són importades des d'altres parts del món. En el primer cas, doncs, la petjada ecològica serà molt més petita que en aquest segon exemple, on el consum per càpita de béns materials és molt més elevat.

Així doncs, la petjada ecològica ens indica *l'àrea ecològicament productiva que es requereix per satisfer un determinat estil de vida actual de manera indefinida* (Wackernagel, 1962). Això implica una estimació de la superfície de terra productiva necessària per produir tots els recursos que entraran al sistema (alimentació, construcció, vestits, ...) així com també la superfície necessària per després assimilar tots els residus generats com a producte d'aquestes activitats. Tradueix tots aquests recursos materials i energètics en àrea de terra o aigua.

Aquest indicador permet avaluar la sostenibilitat de les activitats humanes, la relació que s'estableix entre una societat en concret i els recursos naturals que necessiten; permet quantificar la dependència que té aquesta societat envers les importacions de recursos des d'altres punts de la Terra situats fora del seu sistema.

Tota àrea productiva té la seva capacitat de càrrega límit, anomenat anteriorment biocapacitat, això és la quantitat de matèria o de recursos que és

capaç de produir a un ritme determinat. Està relacionat també amb la quantitat màxima de població que aquest sistema explotat pot assumir sense esdevenir sobreexplotat. Quan el ritme d'explotació d'aquesta àrea és massa elevat, la zona ve sobreexplotada i la capacitat de càrrega límit superada, trencant així l'equilibri de l'ecosistema i fent perillar la producció d'aquest.

Els autors van classificar els consums de les poblacions en cinc categories de consum: alimentació, habitatge, transport, béns de consum i serveis, que posteriorment es poden subdividir en funció del sistema a estudiar. I els usos del sòl els van dividir en quatre categories, dividides a la vegada en vuit terrenys bioproductius. Aquests són:

1. Sòl per energia.
 - a) Terra "apropiada" per l'ús d'energies fòssils.
2. Sòl de consum. Es tracta dels sòls sobre els quals s'ha construït o s'han pavimentat, deixant-los d'aquesta manera improductius.
 - b) Sòl construït: expressa l'àrea de terra coberta per infraestructures humanes (transport, habitatges, estructures industrials i reservoris d'energia hidroelèctrica). Es pressuposa que ocupa el que havien estat prèviament terres de cultiu, basat en la teoria que els assentaments humans estan situats generalment en zones fèrtils.
3. Sòl d'ús quotidià. Són sòls fabricats per l'home i que tenen una ocupació temporal, no afectant la seva productivitat futura.
 - c) Jardins
 - d) Terres de cultiu: és el tipus de sòl més bioproductiu i inclou les àrees que són utilitzades per produir menjar i fibres per al consum humà i vestit, entre d'altres. No distingeix entre els diferents mètodes d'explotació agrícola (sostenibles o insostenibles) sense comptabilitzar la degradació del sòl que provoquen a llarg termini.
 - e) Zones de pastura: són considerades les terres de pastura que s'utilitzen per a la cria del bestiar que han de produir carn, productes làctics i altres. La petjada per aquestes terres es calcula mitjançant la comparació de la quantitat d'aliment disponible pel bestiar en un país amb la quantitat d'aliments necessaris pel bestiar produït en aquell mateix any, amb la resta de demanda de pinsos que es suposa que venen de les terres de pastura. Com el rendiment de les terres de pastura representen la quantitat de producció del sòl per sobre de la producció primària factible en un any, sobrepassar-ho no és físicament possible durant llargs períodes de temps per a aquest tipus de sòl; és per això que la petjada queda limitada a la seva biocapacitat per aquest tipus de sòl.

- f) Boscos gestionats: la petjada es calcula basant-se en la quantitat de fusta, pasta de paper, productes de fusta i llenya consumida per un país en un any.
- 4. Sòl de disponibilitat limitada. Comprèn aquells sòls de zones improductives com glacials, deserts, etc. O ecosistemes no pertorbats.
 - g) Boscos verges
 - h) Àrees no productives

Tot i no estar inclòs en els principals tipus i usos del sòl proposats pels autors, també es calcula la petjada ecològica pels caladors. Aquesta es calcula utilitzant els valors estimats per a les captures màximes dins de la sostenibilitat per diverses espècies de peixos. Aquestes captures sostenibles estimades són convertides en una massa equivalent de producció primària basat en espècies de varis nivells tròfics. Aquestes estimacions de producció primària màxima “pescable” és després dividida entre les zones de plataforma continental del món. La petjada ecològica dels caladors és calculada en base a la producció primària estimada requerida per sostenir les captures de peix. Aquesta producció primària requerida és calculada amb el nivell tròfic promig de l'espècie en qüestió. Els peixos que s'alimenten més a dalt de la cadena (a alts nivells tròfics) requereixen més entrada de la producció primària i, com a tal, s'associen amb una major petjada de consum.

Pel que fa a la petjada ecològica energètica, els autors van proposar tres maneres de calcular-la:

1. Superfície de conreu necessari per produir vegetals necessària per obtenir etanol equivalent (equiparable als combustibles fòssils tecnològica i qualitativament), tenint en compte també l'energia necessària per realitzar el procés.
2. Estimació de la superfície necessària per absorbir el CO₂ emès en la crema de combustibles fòssils.
3. Estimació de l'àrea necessària per reconstruir el capital natural al mateix ritme al qual es consumeixen els combustibles fòssils, considerant que 1 hectàrea de bosc podria acumular uns 80 GJ de biomassa energètica recuperable (Mayor, 2005).

Triant finalment el procediment en el qual s'estima l'àrea necessària per capturar el CO₂ emès per la crema de combustibles fòssils. Durant el procés de crema de combustibles, s'emeten a l'atmosfera molts gasos, fruit de l'alliberament de la matèria al trencar els enllaços. Aquesta barreja de gasos està formada per una gran varietat de gasos en proporcions també variables en funció del combustible emprat. La manera d'incloure aquest consum en la petjada ecològica, és fent una aproximació a la quantitat d'hectàrees de terreny productiu necessàries per absorbir tot aquest CO₂ emès a l'atmosfera.

S'intenta estimar quina és la superfície d'àrea forestal necessària per a la captació de CO₂. La petjada ecològica pel carboni es calcula com la suma de

superfície de bosc requerida per absorbir una donada emissió de carboni. Aquesta captació es produeix a través de la fotosíntesi que fan els organismes vegetals presents en els ecosistemes. Aquesta part de la petjada ecològica, suposa actualment la part més important, la petjada de major magnitud, per a les persones de molts països. Es calcula sumant les emissions atmosfèriques de CO₂ derivades de la crema de combustibles fòssils, dels canvis en els usos del sòl (desforestació, per exemple) i les emissions provinents dels transports internacionals de passatgers i mercaderies. El total és la suma de les emissions antròpiques globals de CO₂ a l'atmosfera en un determinat any. Posteriorment, després de sostraure-hi la suma de CO₂ absorbit pels oceans mundials cada any, la resta de CO₂ és traduït a la superfície de boscos bioproductius que poden ser necessaris per emmagatzemar tot aquest gas durant el mateix any.

5.3 Aplicacions i metodologies

La petjada ecològica possibilita el càlcul d'hectàrees productives que una persona, una ciutat o un país necessiten per subsistir. És, doncs, una eina per reflectir quant de sostenibles són aquestes comunitats i en quin tipus d'equilibri viuen amb l'ecosistema que els sosté. Avui dia ha esdevingut un indicador de molt valor lligat amb els elevats ritmes de consum de materials i energia que es duen en els països desenvolupats. Ha servit per posar de manifest la insostenibilitat de l'estil de vida dels habitants del món occidental, posant en relleu la necessitat d'un canvi en els hàbits de consum per tal de reduir la petjada ecològica que aquestes persones tenen.

Aquest indicador permet també mostrar quan en un ecosistema s'està sobrepassant la seva capacitat de càrrega, la qual cosa possibilita un canvi cap a una gestió més sostenible del mateix per tal de no sobreexplotar-lo.

El concepte de PE està basat en la idea de que cada objecte material i el consum energètic, porten associats a sí mateixos una certa suma de terres en una o més categories dels ecosistemes, que és requerida per proveir el consum associat amb els seus fluxos i abocaments de residus. El fet que els diferents tipus d'usos del sòl estiguin implicats en cada categoria de consum possibiliten l'estimació d'aquests terrenys.

Per a la determinació de la petjada ecològica de la demanda humana, els serveis ecològics es prenen en consideració distribuïts en sis tipus d'usos del sòl (terres de cultiu, terres de pastura, boscos, caladors, terres construïdes i petjada ecològica del carboni). Amb l'excepció de les terres construïdes i del bosc per la captura del CO₂, la petjada ecològica de cada tipus d'ús de sòl és calculada sumant les contribucions d'una varietat de productes que actuen sobre ells.

Per estimar la petjada ecològica d'una població definida, cal seguir un procés que es duu a terme en diverses fases:

Primerament, s'estima el consum dels objectes a nivell personal, d'una regió o nació, dividint el consum total entre la mida de la població.

El següent pas és estimar la superfície de terra apropiada per càpita (aa) de la producció de cada objecte de consum 'i'. Per a fer aquest càlcul, es divideix el consum anual mig de cada objecte (la demanda) segons com s'ha calculat abans [c , en kg/càpita] per la seva productivitat anual mitja o rendiment [p , en kg/ha]:

$$aa_i = c_i/p_i$$

La demanda per la producció de recursos i l'assimilació de residus és traduïda a hectàrees globals dividint la suma total del consum d'un recurs entre el rendiment per hectàrea, o dividint l'emissió de residus per la capacitat absorbida per hectàrea. Els rendiments són calculats basant-se en varies estadístiques internacionals, extrets de la *United Nations Food and Agriculture Organization (FAO ResourceSTAT Statistical Databases)*. Els rendiments són mútuament exclusius: si els dos cultius són sumats al mateix temps per la mateixa hectàrea, una porció de l'hectàrea és assignada a un cultiu, i la resta per l'altre, evitant d'aquesta manera duplicitats. Això segueix la mateixa lògica que per mesurar la mida d'una superfície que ofereix dos serveis a l'hora, per exemple una granja: cada hectàrea és comptada una sola vegada, tot i que pugui proveir múltiples serveis.

Posteriorment es computa la petjada ecològica mitjana per persona (ef) resumint totes les àrees d'ecosistemes apropiades (aa_i) amb tots els objectes comprats (n) en la cistella de la compra anual de consums de béns i serveis de cada persona:

$$ef = \sum_{i=1}^n aa_i$$

Si es vol calcular la petjada ecològica global de la població d'estudi, s'ha de multiplicar la petjada ecològica mitja per càpita per la mida de la població (N):

$$EF = N(ef)$$

Per altra banda, responent a la puntualització que no tots els ecosistemes produeixen amb la mateixa taxa, cal traduir la petjada ecològica local a termes globals. És per això que es multiplica la petjada ecològica pel factor de rendiment (expressat en hectàrees globals, gha) i posteriorment pel factor d'equivalència. Les gha s'estimen amb l'ajuda de dos factors: el factor de rendiment (que compara el rendiment nacional mig amb el rendiment mundial mitjà en la mateixa categoria) i el factor d'equivalència (que inclou la productivitat relativa entre varis tipus de terra i mar).

Amb aquestes modificacions, la fórmula de la PE esdevé la següent:

$$EF = \frac{P}{Y_N} \cdot YF \cdot EQF$$

on P és la suma d'un producte collit o un residu emès, YN és el rendiment promig nacional per P, i YF i EQF són els factors de rendiment i el factor d'equivalència, respectivament, per el país i el tipus d'ús del sòl en qüestió. El factor de rendiment és la proporció del rendiment nacional mitjà amb el mundial. És calculat com la disponibilitat anual dels productes usables i varia per país i any. El factor d'equivalència tradueix l'àrea subministrada o demandada per un tipus d'ús del sòl específic (per exemple, la mitjana mundial de terres de cultiu, terres de pastura, etc.) en unitats d'àrea de productivitat mundial mitjà: gha i varia segons tipus d'ús del sòl i any.

L'hectàrea global permet comparar superfícies amb usos del sòl diferents, ja que, per exemple, la productivitat d'una àrea de boscos no es pot comparar amb una superfície mar, per que la productivitat del bosc és molt major que la del mar. És per això que els diferents tipus de sòl s'ha d'homogeneïtzar multiplicant la petjada de cadascuna d'elles pel factor d'equivalència, el qual representa la productivitat potencial mitjà global d'una àrea bioproductiva amb relació a la productivitat potencial mitja global de totes les àrees bioproductives. Per exemple, un factor de 1,4 vol dir que aquesta categoria de sòl és 1,4 vegades més productiva que la terra bioproductiva mitja mundial.

La demanda anual de productes manufacturats (farina, pasta de fusta) és convertida en productes primaris equivalents (blat, fusta,...) utilitzant la taxa d'extracció. Aquestes quantitats de producte primari equivalent són després traduïdes a petjada ecològica. La petjada ecològica també engloba l'energia requerida pels processos de manufactura.

Pel que fa a la petjada energètica, segueix la metodologia de càlcul següent:

Per al càlcul d'aquesta part de la petjada ecològica global, es parteix del consum quantitatiu de cada tipus de recurs energètic i se li assigna a cadascun un factor d'emissió de CO₂-equivalent, que varia en funció del combustible que es tracti.

Un cop obtingudes les dades d'emissió de CO₂-eq per cada font, cal traduir aquestes en superfície bioproductiva necessària per absorbir les emissions resultants del consum; per tal de transformar-les a unitats de superfície, s'utilitza el coeficient de productivitat proposat per Wackernagel y Rees (1996) en base a estimacions del IPCC (IPCC, 2001) i que estima que una hectàrea de terra productiva és capaç d'absorbir 5,21 tCO₂ a l'any. Un cop fet aquest càlcul, s'obtenen les hectàrees de terra productiva necessàries per absorbir el CO₂ que emet el sistema d'estudi en qüestió.

Ara bé, aquest és un coeficient global, és a dir, que no tots els ecosistemes del món absorbeixen CO₂ en la mateixa proporció; és per això que cal multiplicar aquesta superfície pel coeficient de productivitat de l'ecosistema en concret. Es tracta del factor de rendiment, que compara la producció d'un ús del sòl concret d'un país amb la mitjana de producció mitjana mundial d'una hectàrea del mateix tipus d'ús del sòl. Aquest factor canvia per cada país, en funció del tipus de sòl a considerar i també varia cada any.

Posteriorment es multiplica aquestes hectàrees resultants per el factor d'equivalència, que tradueix un ús del sòl específic a una unitat universal de superfície productiva a nivell biològic: l'hectàrea global. Possibilita relacionar la productivitat d'una regió concreta amb la productivitat mitjana mundial. Aquest valor canvia cada any (Global footprint network, 2009).

Amb aquests càlculs realitzats i per tal d'analitzar els resultats, apareix un altre concepte, que és el dèficit ecològic. Es calcula com la diferència entre l'àrea que ocupa la petjada ecològica i la superfície de biocapacitat calculada per l'ecosistema. Aleshores, si:

Petjada Ecològica < Capacitat de Carga $\Rightarrow$ **regió autosuficient**

Petjada Ecològica > Capacitat de Carga $\Rightarrow$ **regió amb dèficit ecològic**

5.4 Aportacions de la petjada ecològica a la sostenibilitat

Amb el càlcul de la petjada ecològica d'una població es posa de manifest la càrrega que aquesta exerceix sobre la Terra i està íntimament lligat amb el concepte de sostenibilitat. El concepte de desenvolupament sostenible va ser definit i formalitzat per primer cop a l'*Informe Brundtland*, l'any 1987, per la *Comissió Mundial del Medi Ambient i Desenvolupament de les Nacions Unides* (www.wikipedia.es). Tal i com va definir el concepte aquesta Comissió, la sostenibilitat pretén *satisfer les necessitats de les generacions presents sense comprometre les possibilitats de les del futur per satisfer les seves pròpies necessitats* (ONU, 1987). Conceptualment s'aplica a tres àrees: a l'àmbit ambiental, econòmic i social, proposant la necessitat d'establir una relació socioeconòmica equitativa, socio-ambiental suportable i econòmico-ambiental viable.

S'ha convertit en un indicador molt acceptat per diversos organismes i institucions, cosa que ha fet que aquests adoptin mesures per a la seva divulgació degut a la seva utilitat com a element de divulgació ambiental.

Aquesta sensibilitat que han començat a mostrar aquests òrgans dirigents possibilita una presa d'importància d'aquest indicador dins d'alts nivells administratius, fent que posteriorment sigui estès a una part més àmplia de la societat.

El fet de ser un indicador que possibilita l'expressió de la seva magnitud d'una manera més gràfica, permet una conscienciació de la població envers la importància de les activitats de cadascun de nosaltres i la íntima relació amb els impactes que es produeixen en el planeta Terra. Aquesta representació tan gràfica la fa fàcilment comprensible pel públic no expert en matèria, despertant així les consciències socials sobre la naturalesa agregada dels diferents impactes ambientals. Permet la difusió d'informació i promoure el debat al voltant de qüestions clau per al desenvolupament sostenible, com és la necessitat d'elaborar indicadors que mesurin la direcció del desenvolupament sostenible.

Gràcies al seu potencial didàctic, facilita una conscienciació de la població i una introducció d'aquest terme dins de l'educació ambiental dels infants, base de la sostenibilitat al fer conèixer les característiques i limitacions del medi, el principi per al respecte cap a aquest. L'aportació que el càlcul d'aquest indicador d'impacte ambiental pot fer a les nostres societats és molt ampli. El fet de poder traduir el nostre consum a unitats de superfície terrestre, mostra de manera més gràfica en quina magnitud consumim el nostre planeta i veure les limitacions que la biosfera imposa a l'activitat humana, així com també posa de manifest el paper que exerceix el comerç en la distribució dels recursos i les pressions als ecosistemes.

Permet també visualitzar de forma més gràfica la dependència ecològica que tenim els humans amb el medi, ja que cada cop més es tendeix a la concentració humana i a la desnaturalització dels estils de vida. Això provoca que moltes vegades no es sigui conscient de la vinculació que té els nostres consums de béns i energia amb els impactes al medi.

Permet també fer un seguiment del impacte d'una població en referència al seu consum de recursos, la qual cosa possibilita fer una monitorització del consum de recursos. Això permet estudiar l'evolució d'aquest consum i reconduir-lo cap a un consum més sostenible, en cas que aquest sigui insostenible.

Posa en rellevància que hàbits de consum emmarcats dins de les propostes cap a un desenvolupament sostenible, donen consums amb petjades ecològiques més petites, com són el consum de productes locals, millor que importats, productes frescos millor que embassats, etc.

També va lligat als dos conceptes, desenvolupament sostenible i petjada ecològica, el concepte de consum responsable; el consum responsable es basa en un consum ètic, consum solidari i consum ecològic, els quals afavoreixen tots dos conceptes ambientals.

5.5 Avantatges i limitacions de la petjada ecològica

La petjada ecològica es presenta com un indicador d'impacte ambiental fort, però això no vol dir que no deixi espai a tenir limitacions. Com tot indicador, és molt difícil que englobi la totalitat dels impactes fruit de les activitats humanes, ja que se'n deriven molts processos i sub-efectes d'avaluació ambigua. En la taula 2.5 s'ha fet un recull dels avantatges i de les limitacions de l'ús d'aquest indicador.

Taula 2.5: Avantatges i limitacions de la petjada ecològica.

AVANTATGES	LIMITACIONS
✓ Impactes agregats i simplificats	✗ No comptabilitza impactes com la contaminació (de sòls, aigües,...), l'erosió, etc.
✓ Permet establir l'àrea bioproductiva que s'ha apropiat pels humans i la pressió exercida per aquests sobre els ecosistemes	✗ No té en compte la pèrdua de productivitat
✓ Indicador de sostenibilitat fort	✗ Penalitza la ciutat compacta com conseqüència de la relació entre superfície de la petjada i superfície real. No diferencia entre els diferents models de concentració urbana
✓ Monitorització del consum de recursos i del impacte de la comunitat humana estudiada	✗ Més que ús, contempla la pressió que s'exerceix sobre una superfície
✓ Serveix de base als governs per a la creació d'actuacions i polítiques governamentals de medi ambient	✗ Disponibilitat o esgotament de recursos
✓ Valor clarificador i potencial didàctic: eina molt útil per a l'educació ambiental	✗ Ignora factors de qualitat
✓ Capacitat per despertar consciència social i obrir debats sobre el tema	✗ No distingeix entre usos del sòl sostenible i no sostenible.



Visualització de la desigualtat social en l'apropiació dels ecosistemes del planeta



No té en compte la pertorbació o la resiliència dels ecosistemes

Font: Elaboració pròpia a partir de diversa documentació bibliogràfica.

Dins de les limitacions de la petjada ecològica, es podria incloure el cas de les piles i els seus efectes en el marc de la manca de gestió de residus a Haër.

Un exemple de la limitació a l'hora de contemplar altres efectes ambientals que no sigui el consum de terres, és el cas de la manca de gestió de residus i la contaminació que aquesta ocasiona en els ecosistemes. És el cas de l'ús de les piles a M'lomp, ja que el seu ús no produeix una petjada ecològica elevada, però l'efecte que aquestes causen sobre el medi un cop s'ha acabat la seva vida útil és molt més preocupant. Com ja s'ha explicat Volum I, Bloc 2 del mateix projecte, les piles són utilitzades per fer funcionar les llanternes i les ràdios de les cases. Les piles tenen una vida útil més o menys llarga en funció de l'aparell que han de fer funcionar, però un cop s'acaben, totes tenen el mateix destí: el terra. Degut a la manca de gestió de residus per part de les administracions, l'opció que han triat els habitants dels pobles que, com M'lomp, han hagut de buscar solucions a la seva generació de residus, és la d'apilar tots els residus familiars (ja siguin orgànics com inorgànics) en el pati de cada casa, sent cremats quan la pila excedeix dimensions. Una altra opció també molt escollida és la de llençar el rebuig al terra allà on es trobin, sense importar la presència propera d'un pou o un camp de conreu.

Entre aquests residus es troben les **piles**, les quals són llençades a terra, trencades o cremades, entrant en contacte amb el medi, els animals i les persones en tot moment i sense cap mena de regulació o control. Aquest tipus d'impacte, és un impacte que no queda contemplat per la petjada ecològica a l'hora de comptabilitzar els efectes de les piles sobre els ecosistemes, ja que no considera el impacte que els compostos nocius de les piles poden ocasionar en ser alliberats al medi (veure figura 2.5).

Un altre ús a destacar que li donen a les piles, és l'aplicació dels compostos interns de la pila, un cop aquesta està esgotada, sobre les ferides que es causen al porc quan aquests són capats. Aquests compostos són aplicats directament sobre les ferides ocasionades, ja que, segons diu la gent del poble, així eviten infeccions i eviten que s'hi posin les mosques.



Fig. 2.5: Piles gastades i degradades per l'entorn. Font: CREPD.

A les llars de Haër, la totalitat de piles utilitzades són de la marca Hellekens; se'n troben principalment dos tipus: el model més type 733, de nom comú D (U2), de mida més gran (34,2 x 61,5mm), i unes piles de mides més petites (13,5 x 50,5mm) type 778, de nom comú AA. En ambdós casos es tracta de piles seques de carboni-zinc, una pila seca d'ús molt comú, econòmica, de baixa toxicitat i també de baixa duració (duren fins a 6 vegades menys que les piles alcalines),

generalment utilitzades en aparells senzills i de poc consum.

Cal puntualitzar que les piles són dispositius que converteixen l'energia química generada per un conjunt de reaccions químiques entre els seus components, en energia elèctrica. Estan formades per un elèctrode positiu i un elèctrode negatiu (anomenats ànode i càtode) i un conductor iònic (l'electròlit); tot això està encabit dins d'una carcassa, que conté els components, evitant normalment la seva sortida durant la seva utilització. Les piles seques estan formades per cèl·lules electrolítiques galvàniques (recobertes per zinc) amb electròlits pastosos; en el cas de les piles carboni-zinc, l'electròlit és àcid. Les piles de zinc-carboni, utilitza una cèl·lula a vegades anomenada cèl·lula Leclanché seca, amb un voltatge nominal de 1,5 volts. Es tracta de piles primàries, les quals no poden ser recarregades, ja que es basen en sistemes electroquímics irreversibles.

La varietat més econòmica de zinc-carboni està constituïda per una carcassa exterior de zinc (l'ànode) que conté una capa de pasta aquosa de clorur d'amoni (NH_4Cl) amb clorur de Zinc (ZnCl_2) separada per una capa de paper d'una barreja de carboni i diòxid de manganès (MnO_2) compactat al voltant d'una vareta de carboni (el càtode). Així doncs, el funcionament d'aquestes piles es basa en l'oxidació del Zinc en medi lleugerament àcid. Aquesta varietat de pila conté també Mercuri, tot i que en proporcions de menys del 0,01%.

El problema de les piles ve precisament en el moment en què el seu poder elèctric és esgotat i ja no produeixen més electricitat, és aleshores quan aquestes són rebutjades i llençades al medi o cremades amb la crema intencional d'escombraries domèstiques. Quan són llençades al medi, s'oxiden i es deteriora la carcassa degut a la meteorització produïda pel clima, possibilitant així el vessament dels seus components que arrossegueu a la vegada els metalls pesants cap als sòls i cap a les aigües superficials o subterrànies. L'alliberament dels metalls pesants possibilita el flux d'aquests a través del sòl i les aigües, entrant en contacte amb organismes vegetals i animals. Aquesta mobilitat pel sòl es veu afavorida pel fet que els metalls es troben oxidats. Cal esmentar la dada rellevant que indica que una pila zinc-carboni pot contaminar 3.000 litres d'aigua; tot i no ser de les més contaminants

(una pila de mercuri pot contaminar fins a 600 mil litres d'aigua) (Greenpeace, 2005), els efectes són considerables. En cas de ser cremades, es desprenen gasos tòxics a l'aire, provocant la contaminació d'aquests i representa una altra manera de incorporació als organismes a través de la via aèria.

Quan els seus components entren en contacte amb el medi i els organismes que en ell hi viuen, provoquen efectes adversos. A continuació es fa un recull d'aquests efectes fruit de l'exposició a piles degradades:

- ❖ Contaminació per clorur de Zinc (ZnCl_2): el Zinc és un element inclòs dins dels metalls pesants (element metàl·lic de pes atòmic superior al del Sodi (22,9) ($\text{Zn}=30$); es tracta també d'un oligoelement per als humans, però la forma ZnCl_2 és una de les més tòxiques. Es tracta d'un compost principalment corrosiu. Pot ser incorporat a l'organisme a través de diferents vies, i en funció de quina sigui, els efectes són diferents. Quan la incorporació és per inhalació, presenta un gran nombre d'efectes. Produeix corrosió destructiva extrema de les membranes mucoses i del tracte respiratori superior, tos, dolor de pit i respiració agitada, així com dolors a les cames, mal de cap, nàusees, vòmits i febre. També problemes més greus, com laringitis, bronquitis i pneumonitis, inflamació, espasmes i edema pulmonar. Inclús en exposicions elevades (4.800mg/m^3) pot causar la mort en minuts. Per contacte dèrmic també provoca dany corrosiu amb irritacions, cremades i ulceracions de la pell. Si entra en contacte amb els ulls, en provoca la seva irritació degut al seu poder corrosiu, provocant també cremades, envermelliment, dany en teixit ocular i glaucoma. En cas d'ingestió, causa irritacions i sensació de cremada en l'esòfag i l'estómac. És nociu i presenta dolor abdominal, nàusees, vòmits i diarrea sanguinolenta. Hipertensió, coma, possibilitat de mort. És també mutagen i teratogen i pot provocar asma. Els efectes sobre el medi, rau en de què es tracta d'un compost extremadament soluble en l'aigua ($4,32 \text{ kg/L}$ d'aigua a 25°C), contaminant fàcilment les aigües un cop hi entra en contacte; és tracta d'un compost molt tòxic pels organismes aquàtics. És bioacumulable en els organismes aquàtics i es biomagnifica en la cadena alimentaria (és a dir, augmenta la seva concentració progressivament a en augmentar un nivell en la cadena alimentaria). Degut a què el Zinc és un element necessari per a la vida, les plantes el capten sense cap mecanisme de regulació que en possibiliti la seva eliminació; quan es troba en elevades concentracions, poques plantes són capaces de sobreviure-hi, disminuint la biodiversitat en sòls contaminats per Zinc. També té un efecte sobre microorganismes i cucs, encarregats de la descomposició de la matèria orgànica en els sòls, fet que fa que aquesta sigui més lenta.
- ❖ Contaminació per Mercuri: element que és afegit a les piles per tal d'optimitzar el funcionament de les piles. Tot i que en baixes concentracions, també s'hi troba present a les piles zinc-carboni.

Presenta molts efectes tòxics en funció de com sigui l'exposició: aguda (dermatitis, insuficiència renal, bronquitis, mortal en ingestions, etc.), subaguda (hemorràgia, trastorns mentals, etc.) o crònica (deliri, gingivitis, diarrea, tremolors musculars, fatiga, etc.). En contacte amb l'aigua es transforma en mercuri orgànic (metil-mercuri), substància neurotòxica pels infants i que provoca en adults pèrdua de visió, sordesa, efectes hepatotòxics, entre d'altres. El metil-mercuri està considerat per la IARC (Agència Internacional per a la Investigació sobre el Càncer, en anglès) com possiblement carcinogen en éssers humans (grup 2B). Substància bioacumulable.

- ❖ Clorur d'amoní (NH_4Cl): sòlid incolor i inodor, es troba naturalment en el interior dels volcans i es sintetitza a partir d'amoníac i clorur d'hidrogen. És considerat residu perillós. Es descompon al cremar la pila, produint fums tòxics i irritants de diòxid de nitrogen, amoníac i clorur d'hidrogen. Al dissoldre's en aigua es forma un àcid dèbil. Els efectes de la inhalació són irritació de les vies respiratòries, mal de gola i tos. En ser ingerit en elevades dosis causa nàusees, vòmits i acidosi. En cas de contacte dermatològic provoca irritació i envermelliment i en contacte amb els ulls causa en aquests irritació, envermelliment i dolor, podent causar danys greus.
- ❖ Diòxid de manganès (MnO_2): el manganès és un compost molt comú que es pot trobar en tot el món. És tòxic per als humans quan es troba en elevades concentracions. S'incorpora bàsicament per la ingesta, causant efectes sobre el tracte respiratori i el cervell, amb diversos símptomes tals com danys al sistema nerviós o al·lucinacions, possibilitat de causar embòlia pulmonar, bronquitis i pàrkinson. Com a resultat d'exposicions prolongades, pot aparèixer esquizofrènia i depressió, entre altres. Es troba present en l'aire ja que ha estat emès a través de la crema de productes fòssils. Elevades concentracions de manganès al sòl pot causar en vegetals la inflamació de la seva paret cel·lular, abrasament de les fulles i punts marrons en les fulles.

Un altre cas semblant és el del **querosè** emprat a les làmpades utilitzades per il·luminar les llars. En el càlcul de la petjada ecològica energètica no queden contemplats tots els efectes de l'ús d'aquest combustible. Durant la crema del querosè es generen molts gasos que són emesos a l'entorn. En observar dins de les cases en el lloc on havien estat col·locades les làmpades anteriorment, es podia veure una gran taca negra, produïda com a resultat de l'adhesió dels gasos emesos durant la combustió del querosè (veure figura 2.6).



Fig. 2.6: Efectes dels fums del querosè sobre les parets. Font: d'autor.

L'exposició al querosè causa variis efectes que, com amb totes les emissions, depenen de la magnitud de l'exposició i de la durada d'aquesta. Les principals vies d'exposició són per inhalació i per contacte dèrmic. Els efectes aguts sobre la salut humana que es presenten són irritació en la pell i ulls i, al ser inhalat, pot irritar el nas i la gola, així com causar tos i respiració amb xiulet; una elevada exposició pot afectar al sistema nerviós i causar mal de cap, nàusees, debilitat, desorientació i inclús coma. La seva ingestió provoca trastorns gastrointestinals amb presència de vòmits i diarrea.

Pel que fa als efectes crònics, pot existir risc de càncer, tot i que no està demostrat;

però el contacte repetit amb la pell pot provocar picor, erupcions cutànies i dermatitis, pot irritar els pulmons, causant bronquitis amb tos, flema i manca d'aire. També podria danyar el ronyó.

Cal esmentar també, que durant l'enquesta realitzada a les persones de la casa durant la diagnosi energètica, es preguntava als estudiants que estudiaven a casa amb la il·luminació de les làmpades de querosè si aquestes els hi produïen algun efecte. Tots responien que a part de emetre una llum molt poc intensa, la qual cosa els afectava negativament a la vista, també els hi provocava picor en els ulls, mal de cap i problemes en les vies respiratòries, com tos i picor a la gola (veure figura 2.7).

En cas d'entrada de grans volums de producte al medi, pot penetrar en el sòl, contaminant les aigües del subsòl; a llarg termini pot causar efectes adversos al medi ambient. El querosè és un hidrocarbur difícilment biodegradable amb un potencial bioacumulatiu i persistent en condicions anaeròbiques; presenta toxicitat per als organismes aquàtics. Té efectes sobre l'atmosfera, ja que amb la seva crema s'emeten gasos d'efecte hivernacle (com el CO_2 i els compostos de Sofre), que a més són compostos que provoquen pluja àcida.



Fig. 2.7: Joves estudiant amb la tènue llum de les làmpades de querosè. Font: d'autor.

Una altra forma de contaminació atmosfèrica en el barri és la derivada de crema de **plàstics** en les cremes intencionades de la fracció de rebuig de les llars de Haër. Es tracta d'una pràctica molt generalitzada i estesa a d'altres pobles i ciutats de Senegal, fruit de la manca d'un sistema de recollida de brossa i gestió dels residus. El resultat

A diferència de les piles, no es tracta d'un residu perillós per si sol, sinó que ho són per una mala manipulació i una mala gestió final. La crema de plàstics emet un seguit de substàncies tòxiques i persistents del tot preocupants per a la salut humana, tals com les dioxines i els furans.

Les dioxines (policloro dibenzo-p-dioxinas (PCDD)) és un grup format per 75 compostos formats per un nucli bàsic de dos anells de benzè units per dos àtoms d'oxigen.

Els furans (policloro-dibenzofurans (PCDF)) és un grup format per 135 compostos d'estructura i efectes similars a les dioxines, i procedeixen de les mateixes fonts de generació.

Les dioxines i els furans no són produïts comercialment ja que no tenen un ús específic, ni se'ls hi coneix cap utilitat o aplicació, però apareixen com a contaminants durant gran nombre de processos industrials, com per exemple, durant processos de combustió de compostos organoclorats, com els PCBs. La principal font d'emissió atmosfèrica de dioxines són les incineradores incompleta de residus perillosos i de residus domèstics degut a la presència de clor en residus com el PVC, o piroretardants clorats que s'utilitzen en altres plàstics, plaguicides o dissolvents clorats.

Es tracta de substàncies molt tòxiques, actives fisiològicament en dosis molt baixes, són persistents en el medi i bioacumulables en els teixits grassos dels organismes i es biomagnifiquen. Afecten al sistema endocrí, amb la possibilitat de produir efectes negatius en el desenvolupament neurològic, reproductiu i en el sistema immunològic. Produeix intoxicacions hepàtiques, problemes renals i càncer de fetge, pulmó, llengua, glàndules tiroides i en la pell de la cara, entre altres.

La dioxina més famosa, per estar involucrada en accidents com el de Seveso, és el TCDD, una dioxina sintètica, considerada la substància sintètica més tòxica, considerada com a cancerígena pels humans (Grup I) per la IARC i altres dioxines estan incloses en el Grup 3.

5.6 Càlcul de la petjada energètica de Haër

Un cop aclarit el concepte de petjada ecològica, és necessari aclarir també que el present projecte es centra només en el càlcul de la superfície productiva necessària per absorbir les emissions de CO₂ que es produeixen com a resultat de la combustió de recursos energètics en les activitats de les llars de Haër. Aquest càlcul representa una part de la petjada energètica, que a la seva vegada és una part de la petjada ecològica. Això correspon a la superfície de terreny productiu necessària per absorbir el CO₂ emès per l'ús de les energies consumides dins de les llars de Haër. Es deixa de banda, doncs, tota la resta de consums, en termes de superfície de sòl productiu, que produeixen els habitants d'aquest barri (alimentació, transport, etc.). És per això que al càlcul que es realitzarà a continuació referent a la part energètica de la petjada ecològica s'anomena de manera general *petjada energètica*. Cal matisar, però, que el càlcul de la petjada energètica té en compte el transport dels recursos energètics. Per exemple, per al càlcul de la petjada energètica de Haër, es tindria en compte les emissions derivades del transport de les bombones de gas des de la planta de refinament fins al poble, o bé el transport de les espelmes. En el present estudi, per qüestions de temps i d'envergadura, aquests factors d'emissió no s'han tingut en compte, sinó que només s'han comptabilitzat les emissions directes de l'ús de combustibles a nivell domèstic. Però per tal d'anomenar aquest factor, el nom de *petjada energètica* és el més proper i representatiu. En tot cas, tenir en compte que manquen taxes d'emissió per ser la petjada energètica complerta.

La metodologia de càlcul de la petjada energètica ha estat descrita anteriorment. A continuació es presenten els càlculs seguit per tal d'estimar la superfície necessària per a la captació de CO₂.

L'objecte d'aquest càlcul és “traduir” aquestes emissions quantitatives a quantitat de superfície terrestre productiva; és per això que es parteix de les emissions de CO₂ que produeixen els habitants de Haër i que han estat calculades a l'apartat 3.1.2. Els resultats obtinguts en aquest apartat donen un valor de **2,09·10⁻² tones de CO₂-eq anuals per càpita**.

Amb la taxa d'emissió anual per càpita de 2,09·10⁻² tCO₂, es converteix aquesta dada en superfície d'absorció a partir de la taxa d'absorció de CO₂ dels boscos (5,21 tCO₂/ha).

Superfície necessària per fixar el CO₂ emès:

$$\frac{0,15tCO_2 / càpita \cdot any}{5,21tCO_2 / ha} = 4,01 \cdot 10^{-3} ha / càpita \cdot any$$

Posteriorment se li aplica un factor de rendiment, per tal de fer aquest valor més aproximat a les característiques de la zona d'estudi, ja que aquest factor d'absorció és global. En aquest cas, per manca de dades més propera a la zona d'estudi, s'ha agafat el factor de correcció relatiu als boscos de Guatemala per l'any 2003, i que té un valor de 1,4¹. (Degut a què més del 80% de la superfície total de Haër està ocupada per bosc, el factor de correcció aplicat a la petjada energètica és el corresponent a boscos per tal de simplificar els càlculs).

$$4,01 \cdot 10^{-3} ha/càpita \cdot any * 1,4 = 5,6 \cdot 10^{-3} ha/persona/any$$

Amb aquest càlcul obtenim que la petjada energètica per càpita dels habitants de Haër és de $5,6 \cdot 10^{-3} ha/persona \cdot any$.

Una forma d'expressar la petjada energètica de forma comparable a altres petjades, és aplicant el factor d'equivalència que tradueix les hectàrees de superfície, en aquest cas, locals, a hectàrees globals. Degut a què en el present estudi s'ha calculat la petjada energètica, aquest factor d'equivalència serà l'associat a energia, que per l'any 2003 té el valor de 1,34 (Márquez). Així doncs, la petjada energètica, expressada en termes globals, per a la població de Haër s'obté que té un valor de **$7,53 \cdot 10^{-3} gha/ha$** .

Per al càlcul de la biocapacitat de Haër, es parteix de la superfície de la que disposa aquest barri i els usos del sòl que en ella s'hi desenvolupen. La superfície del barri de Haër és de 63 ha de terreny, i està distribuïda de la següent manera:

- ❖ 5 ha de terreny construït
- ❖ 2 ha de conreu
- ❖ 5 ha de pastures
- ❖ 51 ha de bosc

Però aquestes són les hectàrees absolutes, sense tenir en compte quina és la seva productivitat. Per conèixer el valor de la seva productivitat, cal aplicar-li els

¹ Font: WWF, 2006. S'ha agafat aquest valor per què de tots els països disponibles, aquest és el que es troba en una situació mundial més semblant al Senegal pel que fa a latitud i clima. Segons Valentini et al., 2000, la latitud es pot considerar com un de les principals variables que afecten significativament a la taxa d'intercanvi de CO₂ que té un ecosistema, augmentant aquesta taxa a mesura que disminueix la latitud. Guatemala es troba entre els 16 i els 13º N de latitud i a més a més presenta un clima tropical, semblant al del Senegal. Veure annex 2.2

factors de rendiment, que per aquests tipus de terres són els mostrats a continuació¹⁰:

- 1,0 per les terres de cultiu primari
- 1,4 pels boscos
- 2,9 per les pastures

La zona de terreny construït resta al marge del càlcul de la biocapacitat, ja que és una superfície que degut a l'ús que se li ha donat temporalment, deixa de ser productiva.

Així doncs, aplicant cada factor de rendiment a l'àrea respectiva s'obtenen els valors de bioproducció:

Conreu	2 ha * 1,0 = 2 ha
Pastures	5 ha * 2,9 = 14,5 ha
Bosc	51 ha * 1,4 = 71,4 ha
TOTAL	87,9 ha

La superfície de terreny productiu de Haër està calculada en 87,9 ha, a les quals se'ls hi ha de restar el 12 %, que es considera s'ha de reservar per al manteniment de la biodiversitat. Així doncs, finalment trobem que Haër té una superfície **77,35 ha** de terra productiva.

Val a dir, que aquest càlcul és fet únicament per al territori delimitat com a barri de Haër, però aquest té la meitat del seu límit administratiu envoltat per bosc i per prats que no estan utilitzats ni construïts. Això és important per què la superfície disponible calculada per a la biocapacitat pot ser poca, però en realitat és disposen de molta més superfície per absorbir les seves emissions i que no ha estat inclòs en el càlcul de l'àrea disponible. Només cal tenir present la dada de la densitat d'habitants que hi ha a la comunitat rural de M'lomp i que és de 49 hab/km², això dóna una idea de la quantitat d'hectàrees disponibles per cada persona.

Tenint en compte que en el barri hi ha un total de 59 famílies, que en total sumen 438 persones, podem obtenir la petjada energètica que fa tot el barri amb l'extrapolació a tots els habitants mitjançant els següents càlculs:

$$438 \text{ persones} \times 7,53 \cdot 10^{-3} \text{ ha/persona} \cdot \text{any} = 3,3 \text{ ha}$$

trobem que la petjada energètica que aquesta població produeix sobre l'entorn del barri és de **3,3 ha**.

Per tal de veure si la relació establerta entre l'ecosistema i la població que sustenta, es troba en equilibri o, pel contrari, està descompensada, es realitza el càlcul de dèficit ecològic, consistent en restar a la superfície productiva (o biocapacitat de la zona) la superfície que utilitzen aquests habitants per tal de fixar el CO₂ emès en les seves activitats (superfície corresponent a la petjada energètica). Coneixent la petjada energètica de la població de Haër (3,3 ha) i la superfície productiva del barri (77,35 ha), es troba que el dèficit ecològic de la població de Haër és, per causes energètiques, de **74 ha** en global.

5.7 Balanç ecològic. Diagnosi dels resultats

Com s'ha vist en els càlculs, la petjada ecològica referent a l'absorció del CO₂ emès en les activitats domèstiques que porten associat l'ús recursos energètics és de $7,53 \cdot 10^{-3}$ gha. Per a la població en global, aquesta petjada és de 3,3 ha. En relació a la capacitat de càrrega de l'ecosistema circumdant, aquesta superfície és molt inferior a la biocapacitat, que és de 77,35 ha.

Això vol dir que, tenint només en compte la petjada que genera la fixació de CO₂ provinent del consum energètic domèstic, el sistema és sostenible i no supera la capacitat de càrrega d'aquest. No estem davant d'un ecosistema sobreexplotat, sinó que els hàbits de vida referents a l'energia són sostenibles amb l'entorn, ja que la superfície que utilitzen per contrarestar el seu impacte no excedeix la biocapacitat d'aquest ecosistema. Les emissions de CO₂ que es produeixen a Haër queden absorbides per l'ecosistema que es troba en aquest barri, sense la necessitat d'"exportar" aquestes emissions a altres bandes per tal de què siguin absorbides.

Cal, però, no caure en l'error de considerar que el model energètic de les llars de Haër és sostenible i no és perjudicial pel medi ambient. Amb aquest indicador, es posa de manifest que les emissions són molt baixes i que el bon estat de l'ecosistema li permet mitigar aquestes emissions. Però aquest indicador no posa en manifest altres efectes derivats d'aquest model energètic, ja que no s'han tingut en compte tots els consums d'energia així com altres factors.

6. Petjada ecològica mundial. Comparativa de països⁽²⁾.

La petjada ecològica permet també ser calculada a nivell més ampli i a més volum de persones i consums. És el cas dels països, pels quals també s'ha calculat la petjada ecològica a nivell global de cadascun. Amb aquest indicador es poden avaluar els impactes que produeix la població d'un país en termes de superfície productiva, i amb aquestes estimacions es veu l'autosuficiència del país en quant al seu territori nacional. Trobarem països la petjada dels quals serà superior a la seva pròpia superfície, la qual cosa voldrà dir que no és autosuficient i que depèn de les importacions procedents d'altres països. En canvi, d'altres països amb petjades ecològiques inferiors a la seva superfície nacional, la qual cosa indicarà el cas contrari a l'anterior: es tracta de països autosuficients en quant a superfície productiva, i per tant, en termes de bioproducció dels sòls, no depenen d'altres països.

Ja que el barri de Haër es troba encabit administrativament dins dels límits del Senegal, es procedeix a continuació a l'anàlisi de la petjada ecològica del país en global, amb la finalitat d'observar la variació entre aquest poble i la resta del Senegal.

Al Senegal, la petjada ecològica per persona és, per l'any 2009, de 1,25 gha. La petjada ecològica ens dona una aproximació al consum d'aquesta població, però és amb la comparació amb la biocapacitat del país quan realment es pot observar quina és la pressió d'aquesta població sobre el medi on viu. Com queda reflectit a la taula 2.9, la biocapacitat per persona del Senegal és de 1,37gha. Realitzant la diferència entre la petjada ecològica i la biocapacitat del país es pot saber quina és la relació entre la població i els ecosistemes del Senegal. En aquest cas, la petjada ecològica està 0,12 gha per sota de la biocapacitat, la qual cosa vol dir que actualment els senegalesos tenen un marge de 0,12 gha fins arribar al moment de sobrecarrega del seu sistema natural productiu. Això vol dir que actualment es tracta d'una població que es pot sustentar a sí mateixa sense la necessitat d'apropiar-se de recursos que no li pertanyen, no li cal importar; es tracta d'un país sostenible en termes de superfície productiva.

A nivell global de país, per l'any 2009 la petjada ecològica és de 15,1 gha, i es distribueix per les diferents categories proposades per Wackernagel i Rees tal i com és reflecteix a la taula 2.6; és en aquesta mateixa taula on es recull la distribució de la petjada ecològica i la biocapacitat en les diferents categories d'ús del sòl.

² Totes les dades utilitzades en aquest apartat han estat extretes de *l'Ecological Footprint Atlas*. (Ewing B. et al)

Taula 2.6: Petjada ecològica del Senegal per tipus de terreny

Tipus d'ús del sòl	Petjada ecològica (gha/persona)	Biocapacitat (gha/persona)	Petjada ecològica total (milions gha)	Biocapacitat total (milions gha)
Terres de cultiu	0,47	0,37	5,70	4,50
Terres de pastura	0,24	0,22	2,90	2,70
Bosc	0,22	0,52	2,70	6,30
Caladors	0,09	0,21	1,10	2,50
Terres de fixació de Carboni	0,18	-	2,20	-
Terres edificades	0,04	0,04	0,50	0,50
TOTAL	1,25	1,37	15,10	16,50

Font: Elaboració pròpia a partir de l'*Ecological Footprint Atlas* (Ewing B. et al)

Tot i que la petjada ecològica del Senegal (ja sigui a nivell individual com a nivell global) sigui inferior a la seva biocapacitat, hi ha determinades categories de sòls que venen sobreexplotades o estan al límit de la sobreexplotació. És el cas de la petjada ecològica produïda en les terres de cultiu, en les terres de pastura o en la superfície edificada. El cas de la superfície edificada és diferent ja que la biocapacitat per aquest tipus de terreny es calcula en base a la superfície ja ocupada pels assentaments humans (el que vindria a ser la petjada ecològica per aquest tipus de terres) i no de manera independent com succeeix amb les altres categories; així doncs, aquests dos valors sempre són equivalents.

Per altra banda, el cas de les terres de cultiu sí que reflexa una sobreexplotació d'aquestes, ja que la biocapacitat del Senegal és de 0,37 gha/persona (o 4,5 milions de gha a nivell nacional) mentre que cada persona utilitza 0,47 gha (o 5,7 milions gha), la qual cosa indica que el país té un dèficit de 10 gha per persona o 12 milions de gha per tota la població global. En aquest cas, Senegal és deficitari en terres de cultiu, vol dir que necessita importar béns produïts en terres de cultiu.

Aquest també és el cas de les terres de pastura, que presenten un dèficit de 0,02 gha per persona o 0,2 milions de gha a nivell global. Això indica que les terres de cultiu del Senegal venen sobreexplotades, resultant el seu ús insostenible.

En aquestes dues categories (terres de pastura i terres de conreu), Senegal esdevé un país insostenible i deficitari, utilitzant així superfícies per a aquestes finalitats que no els hi pertanyen. En les altres dues categories, boscos i

caladors, el consum senegalès no arriba a sobreexplotar aquests recursos. Així ho indiquen les petjades ecològiques en comparació amb les biocapacitats corresponents. En el cas dels boscos, la petjada ecològica (0,22 gha/persona) està 0,3 gha per sota de la seva biocapacitat (0,52 gha/persona), això vol dir que no venen sobreexplotats per part dels consums dels senegalesos. Una cosa semblant succeeix amb el cas dels caladors, on la biocapacitat (0,21gha/persona) està per sobre de la petjada ecològica (0,09 gha/persona), però en aquest cas la diferència és molt més elevada, ja què tenen un marge de 0,12 gha/persona entre el consum i la capacitat de càrrega d'aquest sistema. En aquest cas, els senegalesos mantenen una relació molt sostenible amb la superfície destinada a la producció de peixos.

Per altra banda s'ha volgut analitzar la situació d'Espanya, ja què és el país on es troba situat el poble d'Araós; també per tal de poder fer una comparativa entre un país de l'Àfrica i un país d'Europa, i observar quines són les diferències de impacte ambiental en referència als consums producte dels diferents estils de vida.

El cas d'Espanya presenta una situació ben diferent; la petjada ecològica del país en global és de 247 milions de gha i la petjada ecològica per persona ascendeix a 5,63 gha. En la taula 2.7 queden recollides les petjades ecològiques i les biocapacitats per a les diferents categories, per tal de poder analitzar més detalladament l'estil de vida dels espanyols.

Taula 2.7: Petjada ecològica d'Espanya per tipus de terreny.

Tipus d'ús del sòl	Petjada ecològica (gha/persona)	Biocapacitat (gha/persona)	Petjada ecològica total (milions gha)	Biocapacitat total (milions gha)
Terres de cultiu	1,16	0,84	51,00	36.7
Terres de pastura	0,17	0,13	7,70	5.7
Boscos	0,46	0,24	20,40	10.5
Caladors	0,53	0,06	23,20	2.8
Terres de fixació de Carboni	3,25	-	142,50	
Terres edificades	0,05	0,05	2,20	2.2
TOTAL	5,63	1,32	247,00	58.0

Font: Elaboració pròpia a partir de l'*Ecological Footprint Atlas* (Ewing B. et al)

Com mostren els resultats de la taula 2.10, totes les biocapacitats d'Espanya queden sobrepassades amb petjades ecològiques que van des de

0,04gha/persona més, fins a petjades que són deu vegades més grans que la biocapacitat. El primer cas correspon a les terres de pastura, on la petjada ecològica (0,17 gha/persona) supera la biocapacitat (0,13 gha/persona) en 0,04gha; i el segon cas correspon als caladors, on la biocapacitat és de tan sols 0,06gha/persona mentre que la petjada ecològica és de 0,53 gha/persona. Entre mig queden altres categories, com els boscos, on la petjada ecològica (0,46gha/persona) és aproximadament el doble que la biocapacitat del país (0,24gha/persona). El dèficit ecològic en aquest país és de 4,31 gha/persona o bé 189 milions de gha de forma global per tot el país. Aquestes dades indiquen que no estem davant d'un país sostenible, ans el contrari, és un territori sobreexplotat i que a més necessita de l'explotació d'altres territoris per tal de satisfer les seves necessitats materials i energètiques.

En la taula 2.8 queden recollits els resultats anteriors dels dos països de forma conjunta, incloent també els valors mitjans mundials, per tal de poder-ne fer una comparació.

Taula 2.8: Comparativa de la petjada ecològica i la biocapacitat del Senegal, Espanya i mitjana mundial.

	Població (milions)	Petjada ecològica total (milions gha)	Petjada ecològica (gha/persona)	Biocapacitat total (milions gha)	Biocapacitat (gha/persona)
Senegal	12,10	15,10	1,25	16,50	1,37
Espanya	43,90	247,00	5,63	58,00	1,32
Mitjana global	6.592,90	17.090,70	2,59	11.901,50	1,81

Font: Elaboració pròpia a partir de l'*Ecological Footprint Atlas* (Ewing B. et al)

En la taula 2.8 s'han introduït també les mitjanes mundials, que facilitaran el posicionament dels dos països comparats dins del global del món. Com s'observa a la taula, la petjada ecològica mitjana mundial per persona és de 2,59 gha/persona (Ewing B. et al), o expressat en termes totals, 17.090,7 milions de gha. La mitjana del Senegal es situa molt per sota de la mitjana mundial, sent de 1,25gha/persona, representant així un impacte ecològic de 1,34 gha per persona inferior a la mitjana.

Espanya, en canvi, té una petjada ecològica que gairebé duplica la mitjana mundial; aquest valor és de 5,63 gha/persona.

La petjada total d'Espanya suposa el 1,45 % de la petjada ecològica total mundial, mentre que la del Senegal representa tan sols el 0,08 %.

Destaca també la diferència entre les petjades ecològiques referents a la superfície necessària per a la fixació de carboni entre els dos països analitzats.

Mentre al Senegal cal una superfície 2,2 milions de gha per fixar el Carboni que produeix tot el país (o 0,18 gha per fixar el que produeix una persona), en Espanya aquesta quantitat de territori augmenta considerablement fins a valors de 142,5 milions d'hectàrees globals per a la fixació de tot el carboni produït per tots els espanyols conjuntament, o bé 3,25 gha per fixar el que produeix una persona de l'estat espanyol. Això posa en manifest que les emissions fruit de les activitats d'un habitant d'Espanya necessiten 16 vegades més de superfície productiva per absorbir el carboni que produeix que no pas les d'un senegalès.

Tot i així, ni Senegal és el país que menys petjada ecològica produeix, ni Espanya el que més en provoca. En la figura 2.8 es veu de manera més gràfica diferents països endreçats per grau de petjada ecològica que produeixen, on s'han situat i senyalat les posicions d'Espanya i Senegal.

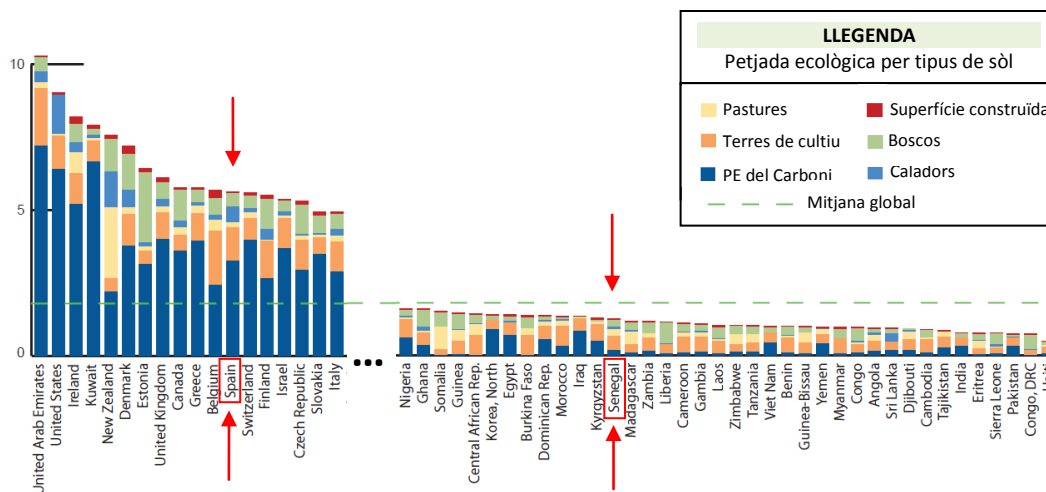


Fig. 2.8: Rànquing de països en funció de la seva petjada ecològica.

Font: Elaboració pròpia a partir de l'*Ecological Footprint Atlas* (Ewing B. et al)

Com es pot observar en la figura 2.8, Espanya es situa entre els països capdavanters en petjada ecològica, situat en la posició número 12 dels països més impactants, amb una petjada ecològica de 5,63 gha/persona. En el cas oposat, trobem el Senegal, el qual es troba entre els països amb menor petjada ecològica, situat a 26 posicions de ser el país amb menys petjada, amb un valor de 1,25 gha/persona.

En la primera posició d'aquest rànquing es troben els Emirats Àrabs, amb una petjada ecològica de 10,29 gha/persona. En la darrera posició, es troba Haití amb la petjada ecològica més petita entre tots els països; aquesta pren un valor de 0,48 gha/persona. La diferència entre aquests dos països és molt elevada,

arribant a ser de l'ordre de més de vint vegades major en el cas del primer país respecte el segon.

Però la petjada ecològica sola no serveix per determinar la insostenibilitat, en aquest cas, d'un país, sinó que cal comparar-ho amb la seva biocapacitat per tal de veure si el seu elevat consum està basat en una també elevada possessió de recursos i de superfície productiva. La classificació dels països en funció de la seva biocapacitat queda recollit en la figura 2.9:

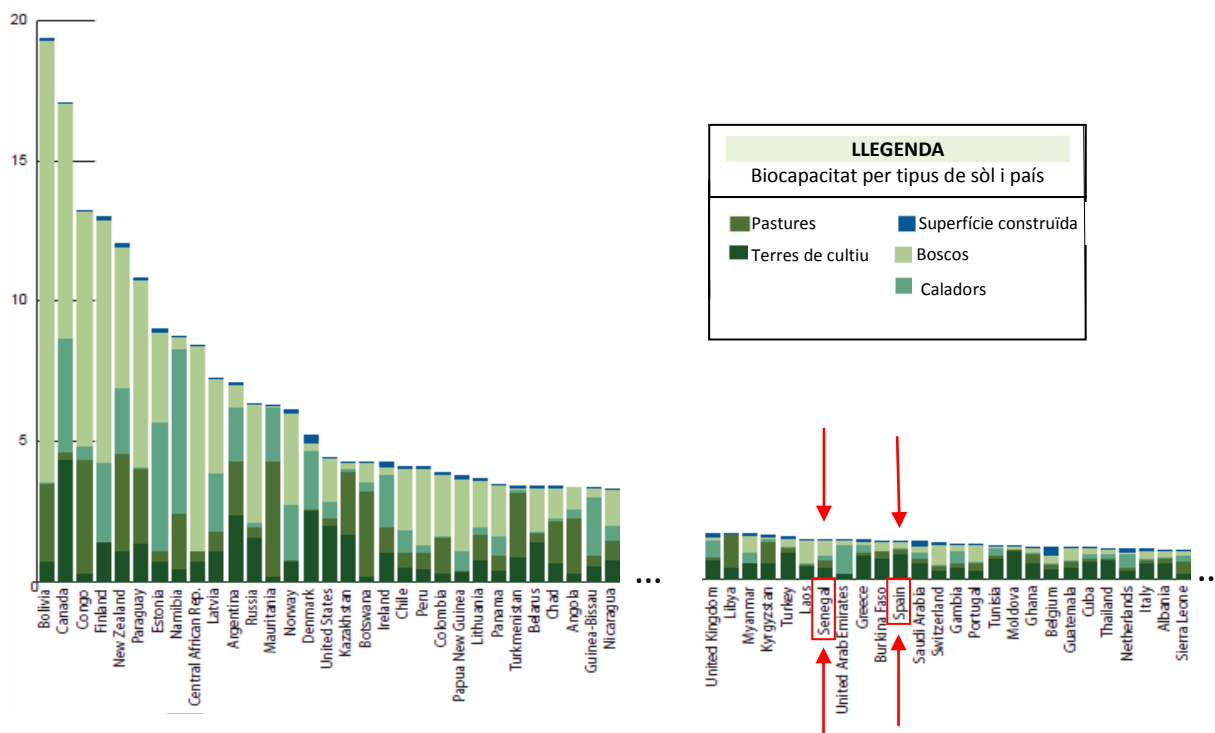


Fig. 2.9: Rànquing de països en funció de la seva biocapacitat. Font: Elaboració pròpia a partir de l'*Ecological Footprint Atlas* (Ewing B. et al)

Tal i com s'observa en la figura 2.9, la posició en funció de la biocapacitat d'Espanya i Senegal, a diferència de la posició en funció de la petjada ecològica, és molt propera, i coincideix que ambdós es troben situats entre els països amb menys biocapacitat. Es pot observar que Senegal, tot i tenir una petjada ecològica inferior a Espanya, té més biocapacitat que aquesta.

Com ja s'ha comparat anteriorment, Senegal té una biocapacitat una mica per sobre de la seva petjada ecològica; però això no succeeix amb Espanya, a on es sumen els factors de tenir una biocapacitat relativament petita i una petjada ecològica molt elevada.

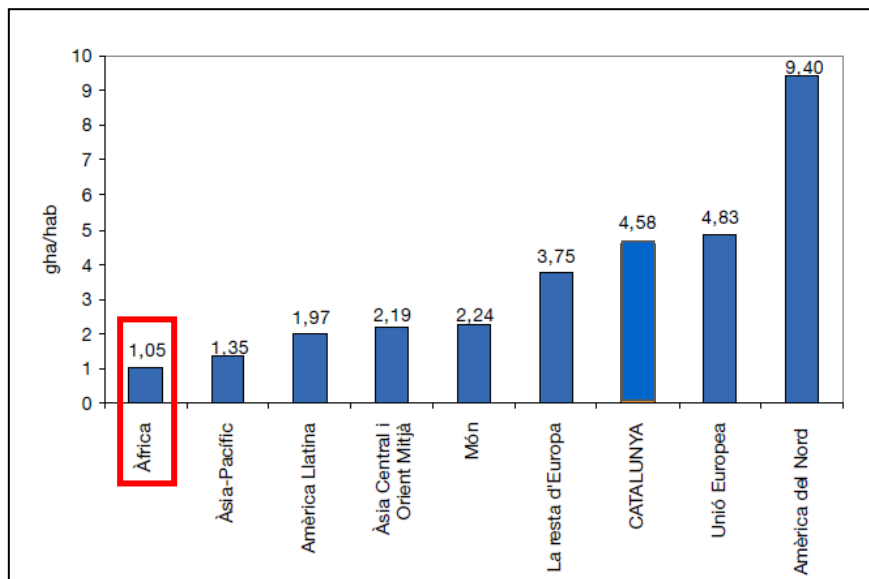


Fig. 2.10: Comparació de la petjada ecològica d'Àfrica amb la resta del món, 2003. Font: Mayor, 2008.

Com succeeix en general amb els països d'Europa i els d'Àfrica (veure figura 2.10), existeix una diferència molt elevada en quant a la petjada ecològica entre el país europeu i l'africà. Destaca la diferència entre el continent africà, amb una petjada ecològica de 1,05 gha/habitant i el continent nord americà, amb 9,40gha/habitant. La mitjana mundial és del doble de la petjada ecològica d'Àfrica, amb un valor de 2,24 gha/habitant per l'any 2003, i a mode d'exemple, Catalunya té una petjada de 4,58, més de quatre vegades superior a la mitja africana.

Generalment els països europeus es troben per sobre de la petjada mitja mundial, superant les seves biocapacitats nacionals; per contra, molts dels països africans es troben per sota d'aquesta mitjana mundial. Aquest fet ve lligat als poders econòmics d'ambdós grups de països, ja que quan un territori nacional no és suficient per satisfer les necessitats dels seus habitants, haurà d'importar les matèries i l'energia per tal de fer-ho. Si els recursos econòmics de l'Estat i dels habitants els hi ho permet, podran comprar aquests recursos dels que estan mancats a altres països, superant així la biocapacitat del país, "prenent" recursos de la biocapacitat d'altres indrets.

En el cas oposat, els països on l'Estat i les persones tenen els recursos econòmics limitats, es veuen obligats a consumir allò que tenen, sense excedir-se, reduint d'aquesta manera la seva petjada ecològica.

Es presenta Bolívia com el país que disposa d'una major biocapacitat dins de les seves fronteres, amb un valor de 19,33 gha/persona. En el cas contrari es troba Singapur, amb una biocapacitat de 0,04 gha/persona.

Això es pot veure en comparar els PIB de cada país, el qual pren un valor de 33.100 \$ USA per Espanya i 1.600 \$ USA per Senegal, l'any 2008 (www.indexmundi.com). Aquest fet possibilita al primer país comprar més enllà

de la seva biocapacitat, consumint per sobre d'aquesta quan la biocapacitat del país no satisfà les necessitats dels seus habitants; i al segon país l'obliga a consumir per sota de la seva biocapacitat, podent importar solament les matèries de primera necessitat de les quals no en disposa en quantitats suficients per satisfer les necessitats nacionals. (Cal fer esment que el PIB no és un bon indicador ni de qualitat de vida ni de qualitat ambiental).

7. Càlcul de la petjada energètica d'Araós

A vegades és difícil adonar-se de la magnitud de les coses si no es té un altre punt de referència amb el qual comparar els valors obtinguts. És per això que és interessant la comparativa de la petjada energètica de Haër amb un altre poble de característiques diferents, dins de societats diferents.

Per realitzar aquest contrast de tipus de vida s'ha escollit el poble d'Araós, un poble rural del Pirineu català. El nucli d'Araós és una de les tres entitats municipals descentralitzades que pertanyen al municipi d'Alins, situat al Nord-Est de la comarca del Pallars Sobirà. Es troba a una altitud de 930 m respecte el nivell del mar i viu sota clima subalpí, amb precipitacions anuals de 700 mm i amb una temperatura mitjana anual de 9,6 °C. La densitat demogràfica per l'any 1991 a Araós era de 1,6 hab/km².

Ha sigut triat aquest poble per realitzar la comparació amb Haër en relació a la petjada energètica per què, com en el cas de Haër, es tracta d'un poble rural. També la accessibilitat a dades de consums energètics (diagnosi energètica realitzada l'any 2009 per companys de la llicenciatura, Martínez *et al.*, 2009) detallada i completa, va facilitar escollir aquest poble.

De totes les cases mostrejades en el projecte citat, se n'han triat les 9 primeres (des de l'habitatge número 1 al número 9) ja què totes elles representaven habitatges de primera residència, característica que comparteix amb les llars estudiades a Haër, i per què eren les que disposaven de informació més completa, sense gairebé manca de dades.

Hi ha una diferència, però, en quant a fonts energètiques emprades per a la il·luminació i la cuina de les llars respecte els recursos emprats a Haër. Mentre a la població rural de Senegal utilitzen sobretot querosè, a més de piles per les llanternes i espelmes per a la il·luminació de les cases, a Araós la il·luminació és 100% mitjançant font elèctrica, a través de la xarxa de distribució elèctrica convencional. Aquesta diferència és també molt notable dins de les cuines d'ambdós pobles: mentre a Haër utilitzen sobretot la llenya, a més del carbó i el gas butà per cuinar els seus aliments, els habitants d'Araós utilitzen el gas butà o l'electricitat (amb cuines de vitroceràmica, que escalfen per resistència elèctrica) per cuinar.

A més de l'ús energètic per il·luminació i cuina, a Araós també utilitzen energia per la calefacció de les llars (principalment amb biomassa forestal, gasoil i electricitat), per l'escalfament de l'aigua calenta sanitària (ACS) (emprant gas butà, electricitat i gasoil) i l'ús de múltiples electrodomèstics (com rentadora, aire condicionat, rentavaixelles, nevera, etc.), inexistents al barri de M'lomp.

Partint de les dades de la diagnosi energètica del poble d'Araós, realitzada per Martínez, C. *et al*, es calcula la petjada energètica d'aquest poble. Un cop obtinguts els resultats, es comparen ambdós pobles per tal de veure quines són

les diferències en els impactes d'un poble desenvolupat i d'un poble localitzat en un país en vies de desenvolupament.

Extraient les dades resultants de la diagnosi energètica realitzada a Araós per Martínez et al., (2009), se'n deriva la taula 2.5, on s'ha fet el recull de consums que es produeixen en aquesta localitat.

Primerament s'ha fet una selecció d'aquells recursos energètics o aquelles activitats que requereixen d'energia, però que són equiparables al cas de Haër. És a dir, només s'han tingut en compte el consum energètic derivat de la il·luminació i del cuinat d'aliments, ja que són aquests els que són comuns amb M'lomp. La resta de consums energètics s'han evidenciat, per ara, ja que es pretén comparar quin és l'equivalent de l'estil de vida d'una persona de Haër amb els recursos presents a Catalunya. Així doncs, no s'han tingut en compte electrodomèstics, ja que a Haër ningú en té, com també la calefacció, per que al Senegal no és necessària. La ràdio, tot i que és un ús compartit amb Haër, no s'ha pogut tenir en compte, ja que en la diagnosi energètica de Martínez et al. (2009) l'han comptabilitzat com a electrodomèstics de baixa potència que representen un percentatge baix dins del consum, no comptabilitzant la seva aportació. Això vol dir que no hi ha dades disponibles del seu ús.

Els consums energètics de la població d'Araós es presenten a la Taula 2.9, on es reflecteixen només els consums relatius a les activitats energètiques dedicades a il·luminació de la llar i al cuinat dels aliments.

Taula 2.9: Consum energètic de la població d'Araós.

Font energètica	Consum anual per càpita (kWh)	Emissió de CO ₂ -eq (tones)
Il·luminació		
Electricitat	451,18	0,29
Cuina		
Vitroceràmica (electricitat)	128,57	0,08
Gas butà	293,60	0,06
TOTAL	873,35	0,44

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de la diagnosi energètica de Martínez et al. (2009).

De la taula 2.9 s'obtenen els resultats referents a consums de fonts energètiques que fa cada any una persona d'Araós. En promig, el consum elèctric referent a il·luminació i a cuina és de gairebé 873 kWh/càpita·any (451,18 kWh consumits en il·luminació i 422 kWh referent a l'ús elèctric per cuinar). Aquest consum energètic traduït a emissió de CO₂ equival a **0,44tCO₂eq/càpita·any**.

Tal i com s'ha fet amb les dades de consum energètic de la població senegalesa, a partir de les dades d'emissió de CO₂ es procedeix a l'estimació de la petjada energètica que aquestes representen, seguint la mateixa metodologia de càlcul emprada per a la petjada de Haër. (Fonts al subcapítol 5.6 d'aquest Volum)

- Emissió Araós: 0,44 tCO₂eq/càpita·any
- Absorció de CO₂: 5,21 tCO₂/ha

$$\frac{0,44 \text{ tCO}_2 \text{ eq / càpita} \cdot \text{any}}{5,21 \text{ tCO}_2 / \text{ha}} = 0,084 \text{ ha / càpita} \cdot \text{any}$$

Per ajustar els resultats a l'ecosistema, es multiplica aquest resultat pel factor de rendiment. Com passa en el cas de Haër, per manca de dades més acurades, s'utilitza el factor de rendiment dels boscos d'Hongria, que equival a 2,9, ja que de totes les dades és el país més semblant a Espanya, en termes de latitud.

$$0,084 \text{ ha/càpita} \cdot \text{any} * 2,9 = 0,245 \text{ ha/càpita} \cdot \text{any}$$

Se li aplica el factor d'equivalència corresponent a boscos per tal de traduir aquesta petjada energètica a unitats globals, que té el valor de 1,34:

$$0,245 \text{ ha/càpita} \cdot \text{any} * 1,34 = 0,328 \text{ gha/càpita} \cdot \text{any}$$

Segons les estimacions realitzades, la petjada energètica de les persones d'Araós, tenint en compte tan sols els consums energètics referents a il·luminació i cuina, és de **0,33 gha/càpita·any**.

Però realment la població d'Araós té un consum energètic més elevat, no només consumeixen electricitat per il·luminar les seves llars i electricitat i butà per cuinar, sinó que a més utilitzen aquestes mateixes fonts energètiques i d'altres diferents per d'altres activitats domèstiques. És el cas de l'escalfament de les cases, amb les calefaccions de gasoil o elèctriques; altres electrodomèstics emprats en la cuina i fora d'aquesta, entre altres activitats domèstiques que requereixen d'energia.

Així doncs, es pretén fer una estimació més real i aproximada de la petjada energètica dels habitants d'Araós per al total del seu consum energètic. En la taula 2.10 es recullen els consums anuals per càpita, així com les emissions de CO₂ que se'n deriven dels diferents usos.

Taula 2.10: Consum energètic anual per càpita i emissió de CO₂.

Fluxos energètics d'entrada	Consum anual per càpita	Emissió derivada (tCO ₂ -eq/càpita·any)
Electricitat (kWh/any)	2202,64	1,42
Gasoil (L/any)	160,71	0,52
Gas (kg/any)	32,14	0,10
Biomassa forestal (T/any)	1,77	0,02
TOTAL		2,05

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de la diagnosi energètica de Martínez *et al.* (2009).

Cal una explicació prèvia, per tal d'evitar confusions. En la taula 2.10, referent al consum anual d'energia de la població, així com la tipologia de combustibles emprats, apareix la biomassa forestal com a recurs energètic. Realment, aquesta dada no és referent a l'emissió directa en la combustió de la biomassa forestal, perquè com bé s'ha dit anteriorment, segons el IPCC, aquesta es considera 0. Aquesta dada, doncs, fa referència a les emissions associades a l'obtenció i preparació de la biomassa forestal. Per preparar la biomassa per ser utilitzada (això és, la seva tala) i per transportar-la, a Araós fan servir serra mecànica (que funciona amb gasoil) per tal de tallar la fusta, i després aquesta és transportada amb cotxe, associat també l'ús de combustible fòssil per fer funcionar els cotxes. Així doncs, les emissions associades a la biomassa forestal són les derivades de la eines emprades per a la seva extracció del bosc.

En canvi, en el cas de Haër, la tala de la llenya es fa de manera manual amb destrals o amb matxets i el seu transport es fa de manera també manual, mitjançant carros empesos per persones. Per tant, les emissions associades a l'extracció de biomassa forestal en el cas de M'lomp és nul·la, per això es poden comptar realment com a 0.

Segons s'extreu de la taula 2.10, les emissions provinents del consum energètic domèstic a Araós és de 2,05 tCO₂-eq/càpita·any; aplicant el factor d'absorció de CO₂ dels boscos:

Absorció de CO₂: 5,21 tCO₂/ha

$$\frac{2,05 \text{ tCO}_2 / \text{càpita} \cdot \text{any}}{5,21 \text{ tCO}_2 / \text{ha}} = 0,39 \text{ ha} / \text{càpita} \cdot \text{any}$$

S'obté que són necessàries 0,39 hectàrees per absorbir les 2,05 tones de CO₂. Com en els casos anteriors, es multiplica pel factor de rendiment, en aquest cas també el d'Hongria, que equival 2,9, per tal d'obtenir resultats més acurats. Un cop aplicat aquest factor, el valor de la petjada:

$$0,39 \text{ ha/càpita} \cdot \text{any} * 2,9 = 1,14 \text{ ha/càpita} \cdot \text{any}$$

Se li aplica el factor d'equivalència corresponent a boscos per tal de traduir aquesta petjada energètica a unitats globals, que té el valor de 1,34:

$$1,14 \text{ ha/càpita} \cdot \text{any} * 1,34 = 1,53 \text{ gha/càpita} \cdot \text{any}$$

Mitjançant els càlculs obtenim el resultat que un habitant d'Araós causa una petjada de **1,53 gha** anualment degut a les emissions del seu consum energètic.

Tot i no haver-se estimat la petjada ecològica, sinó que només la part referent a energia, es pot comparar per observar el caire que pot prendre aproximadament si es té en compte la resta de consums. Es poden aportar dades com la petjada ecològica mitja d'Espanya, que té un valor (Ewing, 2009) de 5,63 per l'any 2006; la petjada d'Araós encara dista bastant d'aquest valor. Menys dista, però, de la petjada ecològica per Catalunya l'any 2003, que era de 4,58, més d'una hectàrea per persona. Però la comparació interessant a fer és amb el valor mitjà de biocapacitat que té Espanya, i que és de l'ordre de 1,32 ha/càpita. Així doncs, si es considera que Araós té una biocapacitat propera a la mitjana nacional, només amb el consum energètic ja està superant la biocapacitat del medi que el sustenta.

8. Comparació de Haër i Araós

En el següent apartat es pretén fer una comparació entre el barri de Haër i el poble d'Araós, per tal de veure quines són les diferències i semblances entre ambdues poblacions. Es parteix de la hipòtesi que la població catalana, pel fet de situar-se dins d'un país desenvolupat, té un consum energètic, una emissió de CO₂ i una petjada energètica major que els habitants de la població senegalesa, situats en un país en vies de desenvolupament.

A mode de comparació i com a taula recull dels consums energètics de la població d'Araós i del barri de Haër, es presenta a continuació la taula 2.11, on es fa una recopilació dels consums així com de les emissions associades aquests.

Taula 2.11: Recull de dades energètiques i emissió CO₂ d'Araós i Haër

Combustible	HAËR Consum anual per càpita (kWh)	ARAÓS Consum anual per càpita (kWh)	Factor d'emissió de CO ₂ eq anual (tones/càpita)
Electricitat	-	2.202,64	1,42
Gasoil	-	1.634,46	0,52
Biomassa forestal	-	16.177,27	0,02
Querosè	59,67		$1,54 \cdot 10^{-02}$
Llenya	1.911,42		0
Carbó vegetal	112,16		0
Gas butà	24,62		$5,46 \cdot 10^{-03}$
		440,32	0,1

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de la diagnosi energètica de Martínez *et al.* (2009).

Un cop realitzats els càlculs i s'han obtingut els resultats relatius a emissió de CO₂ i petjada energètica d'ambdós pobles, es poden comparar entre ells per identificar quines són les diferències de consums entre un poble rural africà i un poble rural europeu. Els resultats obtinguts queden recollits a la taula 2.12, presentada a continuació:

Taula 2.12: Recull de les emissions de CO₂ i petjada energètica per Haër i Araós

INDICADOR \ POBLACIÓ	Haër	Araós	
		Cuina + il·luminació	Totes les energies
Emissió de CO ₂ (tCO ₂ -eq/càpita·any)	2,09·10 ⁻²	0,44	2,05
Petjada energètica (gha)	7,53·10 ⁻³	0,33	1,53

Font: Elaboració pròpia.

En els resultats de les comparacions s'observen grans diferències entre ambdues poblacions. Per a cada una de les dues categories, emissió de CO₂ i petjada energètica, destaquen tres comparacions:

❖ Emissions de CO₂ en els combustibles emprats en la cuina i per la il·luminació de les llars.

Haër presenta una taxa anual d'emissió de 2,09·10⁻² tCO₂ per càpita, mentre que aquesta mateixa taxa és de 0,44 tCO₂ per Araós. Destaca, doncs, una gran diferència d'emissions entre ambdós poblacions per aquestes activitats, sent, en el cas d'Araós, de 0,42 tCO₂ superior a les emissions del barri senegalès.

Aquesta gran diferència és causada pel fet que a Haër, per cuinar, utilitzen bàsicament llenya, en el seu defecte carbó, i mínimament gas butà. Així doncs, l'únic combustible que es té en compte a l'hora de calcular les emissions de CO₂ és el gas butà; però el seu consum és tan reduït que les emissions que se'n deriven són, en conseqüència, també molt reduïdes.

En canvi, a Araós, per cuinar empren gas butà i electricitat, els quals causen majors emissions de CO₂ que no pas la llenya i el carbó, que compten com a emissió 0. En comú utilitzen el gas butà, però no tan comuna és la quantitat en que aquest és consumit. En la població catalana no tenen restriccions econòmiques (si més no, no són tan grans com a Haër, on el component econòmic és un gran limitant), per això poden utilitzar en més mesura els recursos energètics.

Així doncs, aquesta diferència d'emissions ve donada bàsicament per la diferència de combustibles emprats, ja que si a Araós s'utilitzés llenya per cuinar, o a Haër electricitat i més gas butà, les emissions serien molt diferents, menors en el primer cas i molt superior en el segon. De fet, si es compara la potència emprada per cuinar i il·luminar a Haër (com es pot veure a la taula 2.11, poc més de 2.100 kWh anuals per càpita) i la

potència emprada per les mateixes activitats a Araós (veure taula 2.9, utilitzen anualment poc més de 870 kWh/càpita). Dels 2.100 kWh utilitzats a Haër, 1.900 kWh són a causa de l'utilització de la llenya. Aquest elevat consum d'energia és degut al baix rendiment que té la llenya i sobretot la manera d'utilitzar-la que tenen al Senegal, i a molts països de l'Àfrica, que consisteix en utilitzar tres pedres com a suport per les olles. Amb aquesta tècnica de cuinat només s'aconsegueix aprofitar un 8 %³ del calor que es desprèn en la combustió de la llenya.

En canvi, la vitroceràmica presenta un rendiment més elevat, del 40 %, per això el consum energètic que es fa a Araós és molt menor (450kWh/càpita·any).

❖ Emissions de CO₂ per tota la llar.

En el cas de Haër aquestes continuen sent les mateixes, ja que la il·luminació i la cuina són les úniques activitats en les que consumeixen energia no somàtica. Un panorama ben diferent presenta Araós, on la cuina i la il·luminació representen tan sols el 4 % del consum energètic que es fa en aquestes llars. Quan es tenen en compte tota la resta d'activitats en les que es veu involucrat un ús d'energia, el consum ascendeix a 20.454 kWh per persona i any (com es veu al gràfic 2.11). Aquest consum és sobretot elevat a causa de la llenya, que representa prop del 80 %, utilitzada per escalfar les llars.

Al traduir aquest consum en emissions de CO₂, aquestes no augmenten en la mateixa proporció, ja que aquesta biomassa no es té en compte ja que, segons l'IPCC, les emissions procedents de la biomassa es consideren 0. Així doncs, com a conseqüència del consum energètic d'un habitant d'Araós, s'emeten 2,05 tCO₂-eq anualment. Aquest és el valor que es pot comparar amb Haër, per què són els consums energètics totals de les llars. En aquest cas, la diferència entre les dues poblacions es fa encara més acusada, prenent un valor del 2,03 tCO₂-eq/càpita·any.

Aquesta diferència es deu sobretot al consum de combustibles per a la calefacció de les llars. Escalfar un habitatge requereix molta energia i a més és una activitat que es duu a terme durant molts dies a l'any ja que es tracta d'una població situada en un clima subalpí. En canvi, al Senegal és una activitat impensable degut al clima que tenen.

❖ Emissió de CO₂ entre Araós mateix

³ Document de la FAO.

Tal i com s'observa al figura 2.11, tan sols el 4 % del consum energètic de les llars d'Araós correspon a les activitats de cuina i il·luminació dins de les llars.

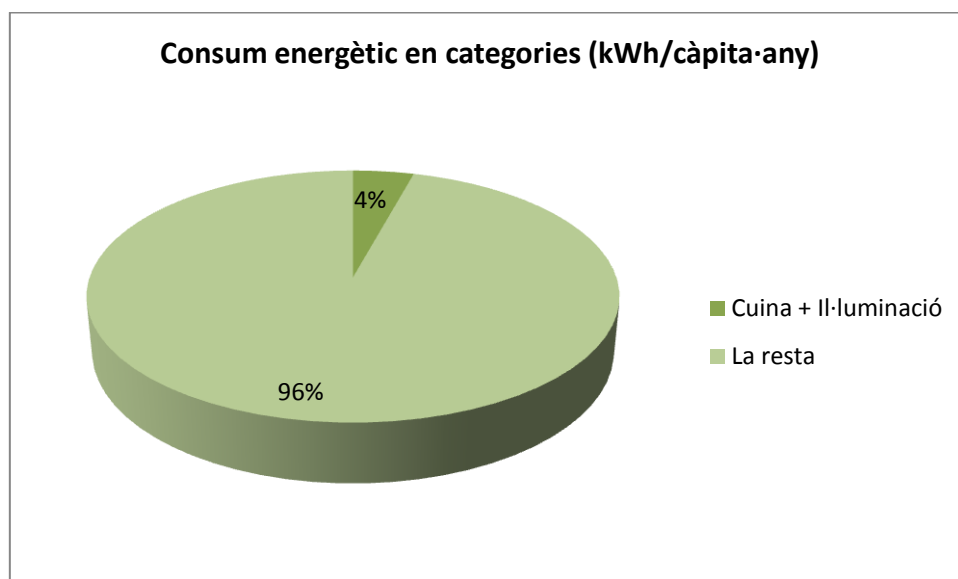


Fig. 2.11: Consum energètic relatiu a cuina i il·luminació en comparació a la resta de consums energètics. Font: Elaboració pròpia a partir de dades de la diagnosi energètica de Martínez *et al.* (2009).

En canvi, quan aquest consum energètic es tradueix a emissions de CO₂, la proporció canvia, tal i com es representa a la figura 2.12:

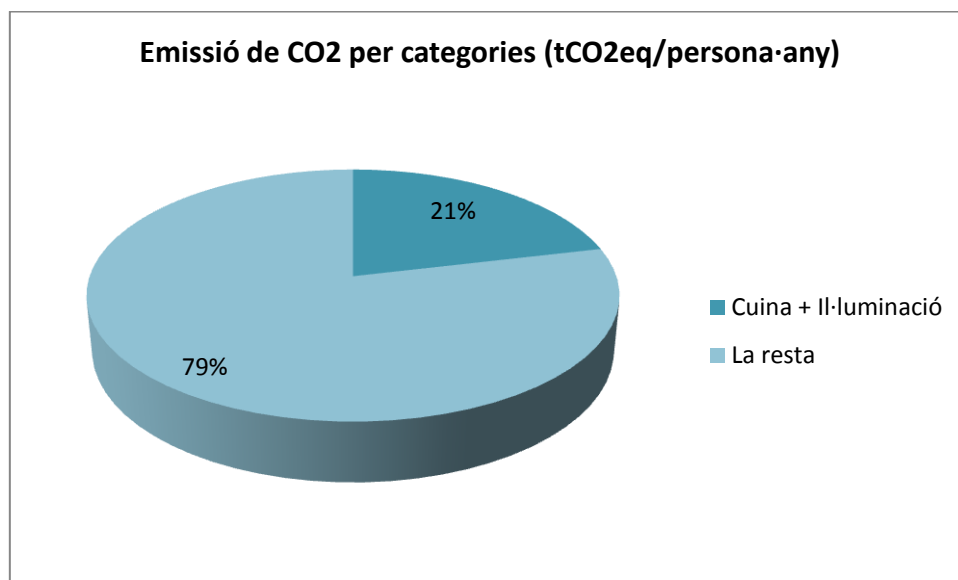


Fig. 2.12: Emissió de CO₂ respecte a la cuina i la il·luminació i a la resta d'activitats. Font: Elaboració pròpia a partir de dades de la diagnosi energètica de Martínez *et al.* (2009)..

Això és degut a què el major consum d'energia es fa a través de la llenya, però com ja s'ha dit, és un recurs que no se li consideren les emissions de

CO₂ que produeix. Destaca el fet que la cuina i la il·luminació no són les activitats principals consumidores d'energia o productores de GEI, ans al contrari, són minoritàries; així doncs, la resta de consum energètic queda distribuït entre la calefacció i entre l'ús de múltiples electrodomèstics i les calderes d'aigua, que proporcionen aigua calenta a les llars.

❖ Petjada energètica il·luminació i cuina

Si es comparen les petjades energètica en igualtat d'activitats entre les dues poblacions, cuina i il·luminació, s'observa, així com ja passava amb les emissions de CO₂, una diferència considerable. Mentre a Haër la petjada energètica estimada és molt petita, de tan sols $7,53 \cdot 10^{-3}$ gha a Araós és de 0,33 gha, considerablement més elevada. Això s'explica per què les fonts emprades principalment per cuinar a Haër són procedents de la biomassa, la qual no exerceix petjada energètica. Per altra banda, per la il·luminació de les llars consumeixen tan poc combustible (querosè) que fa que la seva petjada sigui també petita. En canvi, a Araós, tant per cuinar com per il·luminar, fan servir electricitat, que produeix una petjada considerable, i el gas butà, que al utilitzar-lo en quantitats molt superiors a les emprades a Haër, fa que també la petjada energètica del seu ús augmenti en conseqüència.

❖ Petjada ecològica totes les energies.

Al comparar la petjada energètica de l'ús de combustibles entre Haër i Araós, tenint en compte tots els consums energètics de les llars d'Araós, la diferència augmenta quatre vegades més, assolint una petjada de 1,53gha, respecte les $7,53 \cdot 10^{-3}$ gha que produeix Haër. Aquesta diferència és de l'ordre de dues-centes vegades superior, la qual cosa vol dir que un habitant de la població catalana necessita 200gha més que un habitant casamancés per absorbir el CO₂ que produeix amb les seves activitats energètiques domèstiques.

❖ Petjada ecològica dins d'Araós mateix.

Fent diferenciació entre la petjada energètica de l'ús de combustibles a Araós entre il·luminació i cuina i entre petjada generada per la resta d'usos energètics, s'observa una elevada diferència, sent la primera de 0,33 gha i la segona de 1,53 gha. Així com amb l'emissió de CO₂, no són la cuina ni la il·luminació les principals activitats causants de la petjada energètica.

Així doncs, veiem que tot i tractar-se de dos pobles rurals, l'estil de vida i els països on estan situats els fa molt diferents en quant a consums energètics i

emissió de CO₂. Els alts consums energètics dels habitants del poble català fan que en conseqüència emetin més CO₂ i que la superfície necessària per absorbir-lo sigui també més gran. En el cas contrari, la població senegalesa, amb la seva baixa emissió de GEI, necessita una superfície forestal en conseqüència també petita per absorbir aquests gasos. Així doncs, es confirma la hipòtesi inicial: la població catalana consumeix i produeix major impacte que la població senegalesa.

9. CONSIDERACIONS FINALS

En aquest capítol es presenten algunes consideracions extretes dels resultats d'aquest segon Volum.

- En un principi, es podria pensar que la baixa densitat d'habitants de la comunitat rural de M'lomp, afavoreix una baixa càrrega sobre el medi. Però, tot i que Araós també és una població rural amb baixa densitat, la càrrega que exerceixen sobre el medi és molt elevada. Així doncs, s'observa que l'impacte generat al medi com a conseqüència de l'emissió de CO₂ pel consum energètic, no està lligat a aquest fet sinó a un factor econòmic, ja que aquesta és la principal diferència entre els dos pobles.
- Les quantitats de CO₂ emeses per les famílies de Haër queden dins de la biocapacitat del seu medi, degut a que el seu model energètic i el seu nivell de consum no generen unes emissions excessives. Si aquest mateix model energètic s'utilitzés amb el mateix nivell de consum que a Araós, les emissions serien molt més elevades. Per tant, es troba una relació entre elevades emissions amb elevats consums.
- Tot i el valor baix obtingut de petjada ecològica en el cas de Haër, no es pot concloure que el consum que fa la població de M'lomp sobre els seus boscos no estigui agreujant els problemes de desforestació. Però sí que es pot concloure que el model energètic causa un baix impacte pels GEI que emeten, sent aquests inferiors a les taxes que la vegetació de la zona pot captar.
- Cal, però, no caure en l'error de considerar que el model energètic de les llars de Haër, tot i ser sostenible, no és perjudicial pel medi ambient. Amb aquest indicador es posa de manifest que les emissions són molt baixes i que el bon estat de l'ecosistema li permet mitigar aquestes emissions; però no posa de manifest altres efectes derivats d'aquest model energètic.
- Una de les principals fonts emissores dins del poble català estudiat, és la calefacció i els sistemes destinats a l'escalfament de la llar. Aquest consum energètic no és necessari al Senegal. Així doncs, si es seguís el mateix model de consum de Haër a Araós, igualment s'hauria de consumir més energia degut a les condicions climàtiques; es tracta d'un consum inevitable.
- En les activitats domèstiques de cuinar i il·luminar, la població d'Araós emet més CO₂ que la població de Haër. Aquest fet ve en part marcat per

la diferència entre els recursos emprats, però sobretot pel baix consum energètic de Haër. S'observa una relació, doncs, entre economia i consum energètic: contra més recursos econòmics, més consum, i l'inrevés.

- Un altre fet destacable és que, tot i que el factor renda baixa estigui normalment associat a un consum baix dels recursos, i per tant a un equilibri extracció – regeneració del medi, no té per què estar associat a una bona qualitat ambiental. Amb l'estimació a la petjada energètica s'ha vist que la població de Haër no fa un ús abusiu dels seus recursos a nivell energètic, ans al contrari. Però això no vol dir que tingui bona qualitat ambiental: existeixen problemes de desforestació en la zona així com impactes derivats de la contaminació per la manca de gestió de residus.
- Aquest fet també s'observa a nivell global, on al valorar el consum, i en conseqüència la càrrega exercida sobre el medi, s'observa un clar augment entre els països més rics. Aquest fet té lògica dins d'un sistema regit pel poder econòmic, ja que qui té més poder adquisitiu serà qui tingui més recursos materials. Però en la natura els recursos no estan distribuïts en funció de la riquesa del país, sinó que segueix una distribució geogràfica concreta. Cada regió té la seva biocapacitat, i els consums, tant energètics com de recursos en general, s'han d'adaptar a aquesta. És el cas de Haër, on, a partir de la comparació entre l'aproximació a la petjada energètica i la biocapacitat, s'observa un balanç positiu cap a la biocapacitat.
- Les comparacions realitzades en el present estudi, posen en evidència que les majors petjades provenen dels països anomenats desenvolupats. Això fa concloure que no són precisament els països en vies de desenvolupament els que hagin de replantejar-se els seus models de consum.
- Per altra banda, tenint en compte l'indicador emprat i els resultats que es mostren a nivell mundial, també fa pensar que el model econòmic dels països desenvolupats no és el millor ambiental i socialment parlant; si bé aporta bonança econòmica, aquesta bonança no és compartida amb la salut del medi ambient. És per això, que és interessant no exportar aquest model de vida als països en vies de desenvolupament; reduir el consum primerament aquí, canviar-lo, però sobretot no implantar-lo en altres indrets, sinó que portar directament les pràctiques sostenibles.
- S'observa que a M'lomp, els recursos energètics que causen més problemes de salut i ambientals, són els que han estat importats des de països industrialitzats, que s'implanten en detriment de les energies

renovables que utilitzen els països en vies de desenvolupament. Així doncs, molts dels impactes en aquests països han estat causats per les importacions de productes sense importar conjuntament sistemes de gestió dels residus que aquests generen, així com una bona formació sobre el producte en qüestió per tal d'evitar pràctiques perjudicials com la salut, com és la crema de plàstics o posar en contacte les piles amb els animals de granja.

10. CONCLUSIONS FINALS

A continuació, es presenten les conclusions generals dels tres volums que formen aquest projecte:

- Un de les principals problemes socioeconòmics, radica en el fet de que les economies familiars estan sotmeses al preu de mercat dels combustibles fòssils, ja que encara depenen fortament del querosè per a l'enllumenat domèstic.
- La manca d'altres fonts energètiques alternatives els obliga a dependre del querosè tot i les conseqüències negatives del seus efectes.
- El fet de no tenir accessibilitat a un altre tipus de font d'il·luminació més eficient que les utilitzades (querosè, piles i espelmes), els limita molt a l'hora de realitzar activitats en hores de foscor.
- El fet de que la fusta sigui un recurs natural i essencial per a cobrir les necessitats domèstiques, implica la necessitat de fer-ne una extracció abundant, la qual cosa contribueixen a exercir una pressió elevada sobre els recursos forestals de la zona.
- Els recursos tradicionals (llenya i carbó) representen encara una part molt important de les matèries primeres emprades a les llars, principalment degut a la seva fàcil obtenció i a la manca d'alternatives més eficients i de baix cost econòmic.
- La llenya, tot i ser el recurs majoritari, en consumeixen en abundància però de forma poc eficient, degut a la tècnica de cuinat; en canvi, del carbó en fan un ús més reduït, però energèticament més eficient que la fusta.
- Així com passa amb el querosè, es pot atribuir una problemàtica semblant a les piles, ja que en depenen també per a la il·luminació i la ràdio. Aquest fet porta associat la proliferació de residus tòxics, sense cap tipus de gestió ambiental causant un gran impacte sobre el medi.
- L'aproximació a la petjada energètica de les llars de Haër permet concloure que, a nivell d'emissions, es tracta d'un sistema sostenible, ja que el medi pot absorbir més quantitat que la produïda per les famílies.
- El mateix valor, però, no dóna informació suficient per saber quin és l'efecte d'aquest model energètic sobre el medi, pel que fa a desforestació. Caldria doncs, elaborar estudis més exhaustius.

- La baixa densitat de la població en la zona estudiada, afavoreix una baixa petjada energètica, ja que al tenir més superfície de terreny disponible per absorbir CO₂ per cada persona, fa que s'exerceixi menys pressió sobre el medi.
- La petjada energètica (i l'ecològica) no permet valorar altres efectes sobre el medi com és la contaminació, molt important en el cas estudiat.
- Existeix una clara relació entre el nivell econòmic i el nivell de consum i de qualitat ambiental. Països amb elevat poder adquisitiu, consumeixen més recursos, més enllà de la seva biocapacitat. Per contra, països amb recursos econòmics més reduïts, també redueixen el seu consum, bàsicament per la manca de capital. Però aquesta relació no es manté en quant a qualitat ambiental, ja que els més rics econòmicament, disposen de tècniques i recursos per ocupar-se de la qualitat ambiental. En canvi, els països més pobres econòmicament no disposen de recursos per procurar un bon estat del medi. Tot i que consumeixen menys, el poc consum que en fan no el poden tractar per tal de minimitzar l'impacte.
- Els països anomenats desenvolupats tenen petjades ecològiques per sobre de les seves biocapacitats. Es relaciona, doncs, un alt nivell de desenvolupament amb un alt nivell d'insostenibilitat, així com una injustícia vers els països en vies de desenvolupament, als quals se'ls hi està explotant els recursos en benefici dels primers.
- L'energia solar, aplicada en l'àmbit domèstic, és una alternativa energètica per reemplaçar els quinqués de querosè i l'ús de piles, obtenint així una font més eficient energèticament i menys contaminant.
- Pel que fa a nivell ambiental, fent ús de sistemes d'aprofitament d'energia solar, una família de Haër pot estalviar-se la generació de prop de 3 t de CO₂ anuals.
- El fet de tenir un fotovoltaic, contribueix a l'estalvi econòmic en comparació a l'obtenció de les fonts energètiques convencionals (piles, espelmes i querosè). A més, a llarg termini, la generació d'electricitat acaba tenint un cost pràcticament nul.
- Mitjançant un sistema FV plurifamiliar (compartit entre varies famílies), es pot contribuir a la reducció del cost total de la instal·lació així com a la optimització dels recursos energètics requerits.
- Una de les solucions per fer més accessible els sistemes d'aprofitament d'energia solar en països en vies de desenvolupament, és mitjançant programes de finançament internacionals a partir de les institucions pròpies del país.

BIBLIOGRAFIA

LLIBRES I DOCUMENTS ELECTRÒNICS

- AGREDANZO, J. Tecnologia fotovoltaica. Boletín IIE, Tendencias tecnologicas. www.iie.org.mx
- ARBONNIER, M., Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD). “*Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d’Afrique de l’ouest*”.
- Asociación para la Defensa de los Recursos Naturales de Cantabria. (2004). “*Dioxinas y furanos*”.
- AZCÁRATE, B., MINGORANCE, A., (2007). “*Energías e impacto ambiental*”. 2ª edició. Colección milenium.
- BOSQUE, S., DOMINGO, N. (2007-2008). “*L’energia solar fotovoltaica com una alternativa en els espais urbans*”.Projecte final de carrera.
- CASTRO, J., DÍAZ, M.L. “*La contaminación por las pilas y baterías en México*”.
- Centre de Recherche et d’Education pour le Développement (CREPD). (2006). “*A preliminary inventory of pollutants entering into the local environment from the label on exhausted portable batteries collected from the uncontrolled dumping in Yaunde, Cameroon: a potential source of zinc recycling*”.
- Centre de Suivi Ecologique (CSE), Ministère de l’Environnement, de la Protection de la Nature, des Bassins de Rétention et des Lacs Artificiels (MEPNBRLA) de la République du Sénégal. (2009). “*Annuaire sur l’Environnement et les Ressources Naturelles du Sénégal*”.
- Centre de Suivi Ecologique (CSE), Ministère de l’Environnement, de la protection de la Nature, des Bassins et Lacs Artificiels (MEPNBRLA) de la République du Sénégal. “*Suivi des feux de brousse au Sénégal (2008-2009)*”.
- CREUS, M., FOZ, A., (2008). “*Diagnosi i pla de gestió ambiental del casal de joves de Haër (Senegal)*”. Projecte final carrera. UAB.
- DDAA. (2004). “*Plan Local de Développement de la Communauté Rurale de Mlomp (PLD)*”: Comunitat Rural de M’lomp (Senegal).
- DOAT, J. (1977). “*Le pouvoir calorifique des bois tropicaux*”. *Bois et Forêts des Tropiques*, núm. 172, p. 33.
- ESTEBAN, M., MARTINEZ, J., VILAR, M. (2006-2007). “*Disseny i aplicacio del protocol d’instalacio d’energia fotovoltaica en edificis aïllats de la xarxa electrica al PNAP*”.Projecte final de carrera. UAB.

- EWING, B., et al (2009). "Ecological Footprint Atlas". Global footprint network, research and standards department
- FRERS, C. "El problema de las pilas". Waste.ideal. (revista a internet).
- Fundació Gas Natural, (2009). "El consumo de energía y el medio ambiente en la vivienda de España. Análisis del ciclo de vida".
- Fundació Terra. (2005). "Perspectiva ambiental 16. Energía fotovoltaica".
- Fundació Terra. (2005). "Perspectiva ambiental 33. Il·luminació".
- Fundació Terra (2005). "Perspectiva ambiental 34. La petjada ecològica".
- GARCÍA FAUS, J., Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en Dakar, Instituto Español de Comercio Exterior (ICEX). (2007). "El mercado de la energía en Senegal".
- Gobierno andaluz. (2006). "Plan Andaluz de Acción por el Clima 2007-2012".
- Greenpeace. (2005). "Información básica sobre pilas y baterías".
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2001). "Working Group I: The Scientific Basis".
- Intergovernmental Panel on Climate Change (2006). "Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero".
- KEITA, J.D., Food and Agriculture Organisation (FAO). "Leña o carbón vegetal: ¿Qué solución es la mejor?".
- KRATKA, M. (2007) "Uso de los sistemas solares fotovoltaicos en la selva". www.premioibam.cz
- MÁRQUEZ, J.A., Instituto de Desarrollo Local. "Planificación y gestión medioambiental de recursos turísticos".
- MARTÍNEZ, C., MASRAMON, X., PALAUSÀRIES, A. (2009). "Autosuficiència energètica en nuclis de muntanya: experiència a Araós". Projecte final carrera. UAB.
- MAYOR, X., QUINTANA, V., BELMONTE, R., (2005). Generalitat de Catalunya. "Aproximació a la petjada ecològica de Catalunya".
- MAYOR, X. (2008). "Petjada ecològica, consum del territori com a recurs?". L'atzavara, núm. 17, p.13-21.
- Ministère de l'Environnement et de la protection de la Nature de la République du Sénégal. (2005). "Rapport sur l'état de l'environnement au Senegal".
- Ministerio de Medio Ambiente y medio rural y marino. (2007). "Intensidad de las emisiones de CO2 de origen energético".

- MORENO, S. (2008). “Aprofitament d’energia solar amb dispositius fotovoltaics”. upcommons.upc.edu
- MURILLO, A. (2007). “El uso de electrodomésticos más potentes dispara la factura eléctrica de los hogares”. Article al diari Hoy. www.hoy.es
- New Jersey Department of Health and Senior Services. (2004). “Hoja informativa sobre sustancias peligrosas. El queroseno”.
- Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE). (2007). “Cambio climático y energía”.
- Organització de les Nacions Unides (ONU), Comisió Mundial sobre el Medi Ambient i el Desenvolupament (CMMAD). (1987). “Our common Future”.
- OÑATE, D. (2006). “Diseño de una instalación solar fotovoltaica”. www.torres-refrigeracion.com
- PUIG, J., COROMINAS, J., (1990). “La ruta de la energía”. Ed. Anthropos.
- PUIG, J. (2009-2010). Dossier número 1: Unitats i canvis (dossier de suport de l’assignatura Energia i societat, UAB).
- QUILES, S. (2010). “Instal·lació fotovoltaica connectada a xarxa a la coberta del pavelló poliesportiu de Bellvís (Lleida)”. Projecte final de màster UPC. biblioteca.universia.net
- Service National de l’Information Sanitaire (SNIS), Ministère de la Santé et de la Prévention Médicale de la République du Sénégal. (2007). “Annuaire statistique 2006”.
- SOLANAS, T., CALATAYUD, D., CLARET, C. Generalitat de Catalunya, (2009). “34kg de CO₂”.
- TOMÀS, J. (2005). “La identitat ètnica entre els joola d’Oussouye (Húluf, Bubajum áai)”. Tesi doctoral. UAB.
- WACKERNAGEL, M., REES, W., (1962). “Our ecological footprint”. Ed. The new catalyst.
- WWF, Global Footprint Network, (2006). “Living Planet Report 2006”.

PÀGINES WEB

- Agència Internacional d’Energia. www.iea.org
- Agency for Toxic Substances & Disease Registry. www.atsdr.cdc.gov
- Alihuen. www.alihuen.org.ar
- Au Senegalv. www.au-senegal.com.

- Banc Mundial. <http://datos.bancomundial.org>
- Base de dades de irradiació solar mundial *online*: <http://sunbird.jrc.it>
- Carta natal online. www.carta-natal.es
- Descripción de los sistemas fotovoltaicos aislados y sus componentes www.conae.gob
- Diccionario de física. www.fisica.netii.net
- Documento de estrategia País (2005-2008). Cooperación española SENEGAL. www.cucid.ulpgc.es
- Eco fueguina. www.ecofueguina.com.ar
- Ecorresponsabilidad. Región de Murcia. www.ecorresponsabilidad.es
- El recorregut de l'energia www.gencat.cat
- Energía solar fotovoltaica. www.cecua.es
- Fons català de cooperació. www.fonscatala.org
- Google maps. www.google.es
- Grupo Urbaser-kiasa. www.kdm.cl
- Guía país Senegal. Oficina económica y comercial de España en Dakar. 2008. www.comercio.mityc.es
- Index mundi. www.indexmundi.com
- Instituto Nacional de Ecología (México). www2.ine.gob.mx
- Instituto Español de la energía. www.países.enerclub.es
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial. <http://www.inti.gov.ar/sabercomo/inti-0104/inti2.htm>
- Intergovernmental Panel for Climate Change. www.ipcc.ch
- La batería solar. www.enalmex.com
- *Lenntech. Water Treatment Solutions*. www.lenntech.es
- Los créditos FAD. <http://www.afi.es>
- Manuales sobre energía renovable: Solar fotovoltaica www.bun-ca.org
- Nota sectorial, electricidad en Senegal (2001). www.icex.es
- Página web de Isidro Cachadiña Gutiérrez. Profesor Titular de Universidad del Dpto. de Física Aplicada de la Universidad de Extremadura. <http://onsager.unex.es>
- Poetas. La Casamance, una región al Sud del Senegal. www.poetas.org/casamance

- Proceso de calculo de instalaciones solars fotovoltaiques
www.ieslacostera.org/electricitat
- Wikilingue. www.ca.wikilingue.com
- Wikipedia. www.wikipedia.com

ANNEXES VOLUM II

ANNEX 2.1: En aquest annex es recullen les taules resum de les dades del consum energètic domèstic de les llars d'Araós, de on s'han tret les dades per realitzar l'aproximació de la petjada energètica d'aquest poble.

TAULA 5.7 (1): Dades d'ús i fluxos d'entrada energètica en habitatges

	Habitatge 1	Habitatge 2	Habitatge 3	Habitatge 4	Habitatge 5	Habitatge 6	Habitatge 7
Ús	1a residència	1a residència	1a residència	1a residència	1a residència	1a residència	1a residència
Funcionament	Tot l'any	Tot l'any	Tot l'any	Tot l'any	Tot l'any	Tot l'any	Tot l'any
Anys de residència	>12	<12	>12	>12	>12	<12	<12
Nº persones	2	5	2	4	2	3	2
Edats	2 adults (1>65)	2 adults, 3 nens	Adults > 65	Adults	Adults >65	2 adults, 1 nen	Adults
Fluxos d'entrada energètica							
Electricitat (kWh/any)	4816	27158	5351	8463	2161	No disp.	No disp.
Gasoil (L/any)	2500	0	0	0	0	1000	1000
Gas (kg/any)	150	300	75	300	75	0	0
Biomassa forestal (T/any)	3,00	3,50	3,15	5,85	10,00	7,00	7,00
Tipus de llenya	Pi roig i Bedoll	Pi roig i Bedoll	Pi roig i Bedoll	Pi roig i Bedoll	Pi roig i Bedoll	Pi roig, Alzina	Pi roig, Alzina
Total entrades (Tep/any)	4,11	4,22	1,97	3,68	4,80	4,05	4,05

TAULA 5.7 (2): Dades d'ús i fluxos d'entrada energètica en habitatges

	Habitatge 8	Habitatge 9	Habitatge 10	Habitatge 11	Habitatge 12	Habitatge 13	Habitatges 14-30
Ús	1a residència	1a residència	1a residència	1a residència	1a residència	1a residència	2a residència
Funcionament	Tot l'any	Tot l'any	Tot l'any	Tot l'any	Tot l'any	Tot l'any	Festius i mesos d'estiu
Anys de residència	<12	<12	>12	>12	>12	>12	<12
Nº persones	4	4	1	1	1	2	2-6
Edats	2 adults, 2 nens	2 adults, 2 nens	Adult >65	Adult	Adult	Adults	< 2 Adults, 4 nens
Fluxos d'entrada energètica							
Electricitat (kWh/any)	7350	6375	3606	6126	7243	5837	<2741
Gasoil (L/any)	0	0	No disp.	No disp.	No disp.	No disp.	0
Gas (kg/any)	0	0	75	No disp.	No disp.	No disp.	0
Biomassa forestal (T/any)	3,00	7,00	No disp.	No disp.	No disp.	No disp.	<0,40
Tipus de llenya	Pi roig i Faig	Pi roig i Bedoll	Pi roig i Bedoll	No disp.	No disp.	No disp.	Pi roig i Bedoll
Total entrades (Tep/any)	1,99	3,59	0,39	0,53*	0,62*	0,50*	<0,42

TAULA 5.8: Característiques dels habitatges d'Araós

Caract. generals	Habitatge 1	Habitatge 2	Habitatge 3	Habitatge 4	Habitatge 5	Habitatge 6	Habitatge 7	Habitatge 8	Habitatge 9	Habitatges 14-30
Tipologia edificació	Unifamiliar	Unifamiliar	Unifamiliar	Unifamiliar	Unifamiliar	Unifamiliar adossada	Unifamiliar adossada	Unifamiliar	Unifamiliar adossada	Apartament
Nº habitatges/edifici	1	1	1	1	1	4	4	1	1	>1
Antiguitat	> 50 anys	> 50 anys	> 50 anys	> 50 anys	> 50 anys	< 50 anys	< 50 anys	< 50 anys	< 50 anys	< 50 anys
Última reforma (anys)	10	3	2	10	No	No	No	No	No	No
Pisos (nº)	3	3	2+Sot.	2+Sot.	3	3	3	3	2 + Sot.	≤2
Estances (nº)	12	13	10	11	5	7	7	6	7	≤5
Zones comunes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	≥1
Sostre de fusta	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Orientació façana (º S)	0	+15	+5	+30	-5	0	0	Tapada	-5	Variable
Ombres façana sud (º)	No ombra	37	75	59	No ombra	No ombra	No ombra	Façana sud tapada	No ombra	12
Observacions	1/3 Soterrada									2a residència
Característiques teulada										
Orientació de la teulada	Oest-Est	Oest-Est	Oest-Est	Sud(+30)-Nord(+30)	Oest-Est	Oest-Est	Oest-Est	Oest-Est	Sud-Nord	Oest-Est
Inclinació teulada (º respecte l'horitzontal)	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Material de teulada	Pissarra	Pissarra	Pissarra	Pissarra	Pissarra	Pissarra	Pissarra	Pissarra	Pissarra	Pissarra
Superfície total teulada (m²)	98	196	202	317	115	81	81	58	52	≤50
Forma i volum										
Altura (m)	7,5	7,5	7	7	7,5	7,5	7,5	7,5	7	≤5
Superfície base (m²)	85	170	175	275	100	70	70	50	45	≤60
Volum (m³)	637,5	1275	1225	1925	750	525	525	375	315	≤300
Superfície exterior (m²)	210	105	347	258	240	180	180	75	77	≤100

TAULA 5.12: Tipus de calefacció per habitatge al poble, consum energètic i emissions de CO₂ relacionats

	Habitatge 1	Habitatge 2	Habitatge 3	Habitatge 4	Habitatge 5	Habitatge 6	Habitatge 7	Habitatge 8	Habitatge 9	Habitatge 14-30	TOTAL
Tipus	Llar de foc Escalfador	Acumulador Llar de foc	Llar de foc	Llar de foc	Llar de foc	Llar de foc Escalfador	Llar de foc Escalfador	Llar de foc	Llar de foc	Llar de foc	
Combustible	Biomassa forestal Gasoil	Electricitat Biomassa forestal	Biomassa forestal	Biomassa forestal	Biomassa forestal	Biomassa forestal Gasoil	Biomassa forestal Gasoil	Biomassa forestal	Biomassa forestal	Biomassa forestal Electricitat	
Antiguitat (anys)	1	4	>50	10	>50	1	1	5	8	≤10	
Potència (kW)	-	8500	-	-	-	-	-	-	-	-	
Termòstat	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	No	No	No	
Consum anual mesurat	3,00 T 2500 L	23000 kWh 3,50 T	3,15 T	5,85 T	10,00 T	7 T 1000 L	7 T 1000 L	3,00 T	7 T	≤0, 50 T	
Consum energètic (Tep)											
Biomassa forestal	1,362	1,589	1,430	2,655	4,539	3,178	3,178	1,362	3,177	≤0,23	22,691
Gasoil	2,340	0	0	0	0	0,600	0,60	0	0	0	3,539
Electricitat	0	2,150	0	0	0	0	0	0	0	-	2,150
Total	3,698	3,739	1,430	2,655	4,539	3,779	3,779	3,698	3,177	≤0,23	28,379
Emissions relacionades (T CO₂eq.)											
Biomassa Forestal	0,001	0,002	0,001	0,003	0,005	0,003	0,003	0,001	0,003	0	0,023
Gasoil	8,610	0	0	0	0	2,220	2,22	0	0,00	0	13,044
Electricitat	0	16,070	0	0	0	0	0	0	0	-	16,070
Total	8,611	16,072	0,001	0,003	0,005	2,223	2,223	0,001	0,003	0	29,138

TAULA 5.14: Il·luminació als habitatges d'Araós (consum energètic i emissions de CO₂)

	Habitatge 1	Habitatge 2	Habitatge 3	Habitatge 4	Habitatge 5	Habitatge 6	Habitatge 7	Habitatge 8	Habitatge 9	TOTAL
Làmpades alt consum (nº)	20	0	15	2	0	19	19	7	3	85
Làmpades baix consum (nº)	10	50	5	12	8	4	4	7	9	109
Potència total alt consum (W)	1500	-	1125	150	-	1425	1425	525	225	6375
Potència total baix consum (W)	150	750	75	180	120	60	60	105	135	1635
Potència total (W)	1650	750	1200	330	120	1485	1485	630	360	8010
Detectors de presència (sí/no)	No	Sí	No	No	No	No	No	No	No	10% Sí
Mobles i pintures clars (sí/no)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	100% Sí
Ús diari (hores/dia)	4	6	4	4	4	4	3	4	6	-
Consum diari (Wh)	6600	4500	4800	1320	480	5940	1890	5940	2160	34611
Consum anual aproximat (kWh)	2409,00	1642,50	1752,00	481,80	175,20	2168,10	689,85	2168,10	788,40	12633,17
Consum anual aproximat (Tep)	0,06	0,14	0,15	0,04	0,02	0,19	0,19	0,21	0,07	1,15
Percentatge del consum elèctric total (%)	50,02	6,05	32,74	5,69	8,11	No disp.	No disp.	9,39	12,37	11,25
Emissions anuals totals derivades (T CO ₂ eq.)	0,44	1,06	1,13	0,31	0,11	1,39	1,39	1,55	0,51	8,13

TAULA 5.13: Tipus d'escalfament de l'ACS per habitatge, consum energètic i emissions de CO ₂ relacionats											
	Habitatge 1	Habitatge 2	Habitatge 3	Habitatge 4	Habitatge 5	Habitatge 6	Habitatge 7	Habitatge 8	Habitatge 9	Habitatge 14-30	TOTAL
Tipus	Acumulador	Escalfador	Acumulador	Acumulador	Acumulador	Escalfador	Escalfador	Acumulador	Acumulador	Acumulador	
Combustible	Electricitat	Gas butà	Electricitat	Electricitat	Electricitat	Gasoil	Gasoil	Electricitat	Electricitat	Electricitat	
Antiguitat (anys)	10	4	20	10	20	1	1	6	7	≤10	
Conjunt calefacció	No	no	no	no	no	sí	sí	no	no	no	
Consum anual mesurat	2250 kWh	300 kg	2250 kWh	2250 kWh	2250 kWh	250 kWh	250 L	2250 kWh	2250 kWh	≤375 kWh	
Consum energètic (Tep)											
Gas butà	0	0,300	0	0	0	0	0	0	0	-	0,300
Gasoil	0	0	0	0	0	0,260	0,260	0	0	-	0,525
Electricitat	0,193	0	0,193	0,193	0,193	0	0	0,193	0,193	≤0,032	1,161
Total	0,193	0,300	0,193	0,193	0,193	0,260	0,260	0,193	0,193	-	1,986
Emissions relacionades (T CO₂eq.)											
Gas butà	0	0,890	0	0	0	0	0	0	0	-	0,890
Gasoil	0	0	0	0	0	0,970	0,970	0	0	-	1,934
Electricitat	1,450	0	1,450	1,450	1,450	0	0	1,450	1,450	≤0,240	8,680
Total	1,450	0,890	1,450	1,450	1,450	0,970	0,970	1,450	1,450	-	10,856

TAULA 5.18: Consum energètic i emissions de CO ₂ dels electrodomèstics de potència elevada als habitatges d'Araós											
	Habitatge 1	Habitatge 2	Habitatge 3	Habitatge 4	Habitatge 5	Habitatge 6	Habitatge 7	Habitatge 8	Habitatge 9	Habitatge 10 (2a resi.)	TOTAL
Rentadora (kWh/any)	190	190	285	382,5	285	166,25	166,25	180	280	36	2161
Assecadora (kWh/any)	-	400	-	481,6	-	324	360	-	430	-	1995,6
Rentavaixelles (kWh/any)	286	250	-	-	-	187,5	187,5	187,5	-	-	1098,5
Congelador (kWh/any)	-	360	-	600	-	-	-	600	510	-	2070
Nevera (kWh/any)	435	435	680	495	435	435	435	495	930	430	5205
Vitroceràmica (kWh/any)	1200	-	-	-	-	1200	1200	-	-	300	3900
Radiadors (kWh/any)	1200	-	4800	600	1600	-	-	800	-	150	9150
Aire condicionat (kWh/any)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Consum total (kWh/any)	3311	1635	5765	2559,1	2320	2312,75	2348,75	2262,5	2150	916	25580,1
Consum total (Tep/any)	0,284	0,140	0,495	0,220	0,200	0,199	0,202	0,195	0,185	0,079	2,200
Emissions anuals totals derivades (T CO ₂ eq.)	1,45	1,05	3,71	1,65	1,49	1,49	1,51	2,13	1,38	0,59	16,45

ANNEX 2.2: Dades relatives al càlcul de la petjada ecològica. Es presenten les taules amb els factors de rendiment i els factors d'equivalència per l'any 2003.

Table 7: YIELD FACTORS, selected countries

	Primary cropland	Forest	Pasture	Ocean fisheries
<i>World</i>	1.0	1.0	1.0	1.0
Algeria	0.6	0.0	0.7	0.8
Guatemala	1.0	1.4	2.9	0.2
Hungary	1.1	2.9	1.9	1.0
Japan	1.5	1.6	2.2	1.4
Jordan	1.0	0.0	0.4	0.8
Lao PDR	0.8	0.2	2.7	1.0
New Zealand	2.2	2.5	2.5	0.2
Zambia	0.5	0.3	1.5	1.0

Table 8: EQUIVALENCE FACTORS, 2003

	gha/ha
Primary cropland	2.21
Marginal cropland	1.79
Forest	1.34
Permanent pasture	0.49
Marine	0.36
Inland water	0.36
Built-up land	2.21

Font: WWF, 2006