



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria
de Manresa

EL PAPER DE LA REACCIÓ DE LA FOTOSÍNTESIS EN QÜESTIONS CLIMÀTIQUES

TREBALL FINAL DE GRAU

ALUMNA: LIZET ANDREA CARVAJAL ROCHA

TUTORA: DOLORS GRAU VILALTA

ESPECIALITAT: ENGINYERÍA QUÍMICA

NOVEMBRE 2020

Índex

1.	Introducció i objectius	1
2.	La reacció de la fotosíntesi	3
2.1.	Reacció química: funció en les plantes	3
2.2.	Relació amb el canvi climàtic: aire i aigua	7
3.	Bosc i sostenibilitat	11
3.1.	El projecte	11
3.2.	Manuais del projecte	12
3.2.1.	Manual per a l'estudi de la qualitat de l'aire	12
3.2.2.	Manual per a l'estudi de la qualitat i consum de l'aigua	12
3.2.3.	Manual per a l'estudi de l'arbrat	12
4.	Part experimental	13
4.1.	Execució dels manuals	13
4.1.1.	Experimentació pròpia	13
4.1.2.	Cas d'estudi	15
4.2.	Experiments sobre la fotosíntesi	16
4.2.1.	Cromatografia en paper dels pigments de les fulles	16
4.2.2.	Efecte de la llum a la fotosíntesi	20
4.2.3.	Flotació fotosintètica	23
5.	Resultats	27
5.1.	Resultats propis	27
5.1.1.	Manual 1. Estudi de la qualitat de l'aire	27
5.1.2.	Manual 2. Estudi de la qualitat i consum de l'aigua	31
5.1.3.	Manual 3. Estudi de l'arbrat	32
5.2.	Resultats del cas d'estudi	33
5.2.1.	Estudi general	33
5.2.2.	Primera implementació	42
5.2.3.	Segona implementació	48
5.2.4.	Tercera implementació	50
5.3.	Resultats experiments fotosíntesis	57
5.3.1.	Cromatografia en paper dels pigments de les fulles	57
5.3.2.	Efecte de la llum a la fotosíntesis	58
5.3.3.	Flotació fotosintètica	59
6.	Conclusions	61
7.	Bibliografia	63
1.	Bibliografía	63

RESUM

Un dels temes de més importància en l'actualitat és el canvi climàtic originat per la presència de gasos contaminants a l'atmosfera que provoca un escalfament global. Aquest fet origina diverses conseqüències entre les que s'hi troba una mala qualitat de l'aire i de l'aigua i, en conseqüència, una presència d'arbrat pobre.

La vida sense les plantes no seria possible ja que aquestes contribueixen a generar l'oxigen que respirem. Aquest procés de producció d'oxigen ve donat per les reaccions que s'efectuen en el procés de la fotosíntesi que permet transformar l'energia lluminosa en energia química utilitzable. Per a que sigui possible aquest fet, és necessiten unes condicions òptimes i els nutrients necessaris per les plantes. Així doncs les conseqüències d'un canvi climàtic són negatives per les plantes i les reaccions involucrades en el procés de la fotosíntesi.

Gràcies a les respostes dels manuals del projecte Bosc i Sostenibilitat sobre la qualitat de l'aire, la qualitat de l'aigua i l'arbrat, s'han estudiat quines són les emissions de CO₂ en diferents zones de Catalunya i s'han relacionat amb la qualitat de l'aire que tenen en l'actualitat junt amb la presència d'arbrat que es troba a cada zona. S'ha pogut arribar a la conclusió de que les zones amb més emissions coincideixen amb les zones amb pitjor qualitat d'aire i amb menor presència arbrada.

Per altra banda, s'han efectuat 3 experiments on és demostra l'existència dels diferents pigments a les fulles de les plantes com a explicació del seu color, la importància de la llum en el procés de la fotosíntesi i la seva capacitat de producció d'oxigen.

ABSTRACT

Climate change is widely recognized as one of the most pressing issues that society is facing. An important factor affecting climate is air and water pollution, which give rise to global warming. One of the consequences of poor air and water quality is depleted woodland.

Life without plants would not be possible as they contribute to produce the oxygen we breathe. This process of oxygen production is made by the reactions happening during photosynthesis which transforms light energy into usable chemical energy. For this to happen, optimal conditions for the plants are necessary. Thus, the consequences of climate change are negative for plants and the reactions involved in the photosynthesis process.

It is possible to establish a connection between CO₂ emissions and air quality, and presence of woodland in different areas in Catalonia thanks to the answers in the manuals of the project "Bosc i sostenibilitat". The conclusion that the areas with more emissions coincide with the ones with poorer air quality and less woodland has been drawn.

Another line of research consists of three experiments which have been conducted to show the existence of different pigments in the plants' leaves as an explanation of their colour, the importance of light in the process of photosynthesis and their ability to produce oxygen

1. Introducció i objectius

La fotosíntesi és un dels processos de conversió energètica més importants al món viu que es du a terme en els organismes autòtrofs. Les reaccions que tenen lloc depenen de molts factors, d'entre els més importants tots els que tenen a veure amb qüestions ambientals.

Una de les activitats a destacar del procés de la fotosíntesi és l'intercanvi de gasos que hi té lloc, consumint diòxid de carboni i desprenent oxigen. El CO₂ és considerat un dels gasos nocius pel medi ambient, mentre que l'oxigen és necessari per a l'existència dels animals.

En l'actualitat ens trobem en una situació on un dels temes de gran preocupació a nivell internacional és el canvi climàtic. Amb l'augment d'activitats industrials i desforestacions massives, la quantitat de gasos contaminants ha augmentat afectant la qualitat de l'aire, la de l'aigua i a la capa d'ozó que protegeix als éssers vius dels efectes de la radiació ultraviolada.

El Grup de recerca de l'EXPLORATORI dels recursos de la natura de la UPC porta a terme el projecte Bosc i Sostenibilitat amb l'objectiu de donar a conèixer la relació entre el Bosc i els Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS) de l'Agenda 2030 de les Nacions Unides per al Desenvolupament Sostenible. Per aquest motiu s'han elaborat 5 manuals adreçats a estudiants de Secundària on es realitzen diferents activitats per que permeten conèixer quina és la qualitat de l'aire, aigua i la presència de l'arbrat a la seva zona de residència. A més, aquests manuals, pretenen conscienciar de la quantitat d'emissions de CO₂ que es desprenen en activitats de caire quotidià.

En aquest treball també es realitzaran uns experiments simples amb l'objectiu de fer un estudi sobre els pigments de les fulles de les plantes, com la clorofil·la que intervé en la reacció de la fotosíntesi. Així mateix, experiments senzills per tal de comprovar com influeix la llum en el procés de la fotosíntesi i la comprovació de la producció d'oxigen.

Respecte al projecte Bosc i Sostenibilitat, s'estudiaran una sèrie de dades obtingudes en les diferents zones de Catalunya, per tal de comprovar que es pot establir una relació entre la qualitat de l'aire i de l'aigua amb la presència del bosc, i en conseqüència entre qüestions relacionades amb el canvi climàtic i la reacció de la fotosíntesis.

Els Objectius d'aquest treball seran:

1. Comparar els resultats del Projecte BOSC i sostenibilitat en la seva prova pilot.
2. Comprovar els factors que influeixen en el procés de la fotosíntesi i constatar la seva influència en qüestions relacionades amb el canvi climàtic.

Per tal d'assolir els objectius es portaran a terme els següents passos:

- Avaluar les emissions de CO₂ segons el consum elèctric i de calefacció en diferents zones de Catalunya.
- Avaluar les emissions de CO₂ segons l'ús de transport públic o privat en diferents zones de Catalunya.
- Avaluar les emissions de CO₂ segons el consum d'aigua.
- Comparar els resultats de la petjada de carboni i la petjada hídrica dels participants al Projecte Bosc i sostenibilitat en diferents zones de Catalunya.

- Comparar la relació entre les emissions de CO₂ i les àrees arbrades en diferents zones de Catalunya.
- Realitzar un seguit d'experiments senzills que posin de manifest la realització del procés de la fotosíntesi en les plantes.

2. La reacció de la fotosíntesi

2.1. Reacció química: funció en les plantes

La vida a la Terra no seria possible sense la quantitat d'energia que proporciona el Sol de forma continuada i que és captada i transformada en energia química mitjançant un dels processos de conversió energètica més importants al món viu, la fotosíntesi.

Les plantes són els organismes autòtrofs¹, dels quals la gran majoria són els vegetals, encarregats de realitzar el procés de la fotosíntesi i, per tant, són el medi pel qual l'energia i la matèria s'incorporen a la biosfera².

Per una banda, aquests organismes, tenen la capacitat de transformar l'energia lumínica procedent del Sol en energia química utilitzable. D'altra banda, el diòxid de carboni assimilat per aquests organismes conjuntament amb l'hidrogen de l'aigua i elements minerals absorbits per les arrels, dona com a resultat la base estructural del creixement dels vegetals i, en conseqüència, la producció primària dels ecosistemes i la biosfera. A la figura 1 veiem il·lustrat a trets generals les reaccions que tindrien lloc sobre una fulla d'una planta. (1)

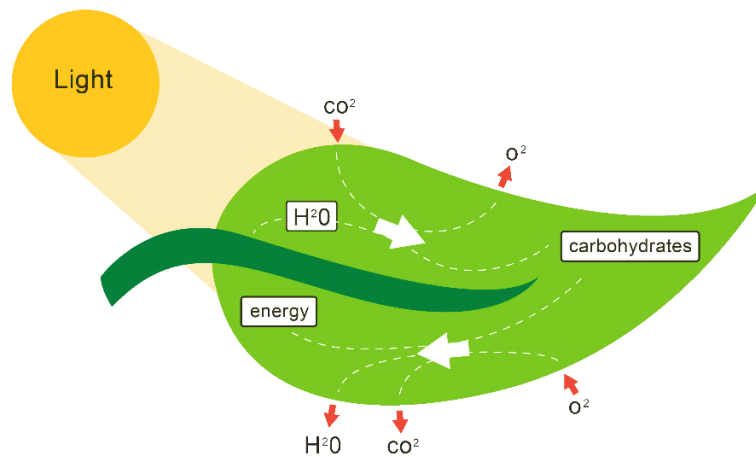
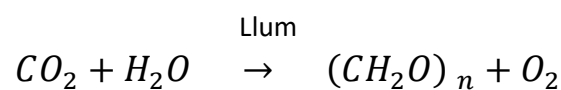


Figura 1. La fotosíntesi en una fulla. (Font: (2))

Perquè el procés sigui possible, les plantes, compten amb unes molècules especials anomenades pigments fotosintètics, capaces de captar l'energia lluminosa i utilitzar-la per activar electrons fins a arribar a transferir-los a altres àtoms i iniciar així la reacció química (reaccions redox).

La fotosíntesi és un procés complex en el qual intervenen múltiples reaccions bioquímiques, però l'equació bàsica que representaria aquest procés és el següent: l'aigua i el diòxid de carboni es combinen per formar carbohidrats i oxigen:

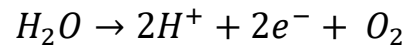


¹ Els organismes autòtrofs són els que tenen la capacitat de produir el seu propi aliment a partir de substàncies inorgàniques transformant-les en substàncies orgàniques.

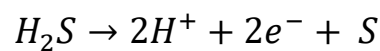
² La biosfera és la capa de la terra habitada per organismes vius.

Per recuperar els electrons perduts pels pigments fotosintètics diferenciem dos processos en els quals podem veure les equacions redox que ocorren:

- Fotosíntesi oxigènica: és la descomposició de molècules d'aigua pròpia de les plantes, algues i cianobacteris³, gràcies als quals l'atmosfera va començar a contenir oxigen i en l'actualitat es continua enriquint d'aquest gas.



- Fotosíntesi anoxigènica o bacteriana on es descomponen les molècules d'àcid sulfhídric que hi ha en algunes aigües donant precipitats de sofre. És pròpia dels bacteris porprats i verds del sofre⁴ que només viuen a les aigües sulfurades. Seria la forma més senzilla i primitiva de la fotosíntesi



En les plantes i en les algues la fotosíntesi es duu a terme als cloroplasts de les fulles, com veiem a la figura 2. Aquests, són uns orgànuls discoidals d'uns 4 a 7 µm de diàmetre i de 2 a 4 µm d'alt, amb una membrana externa i una membrana interna i un medi intern anomenat estroma, que conté uns sàculs anomenats tilacoides. (3)

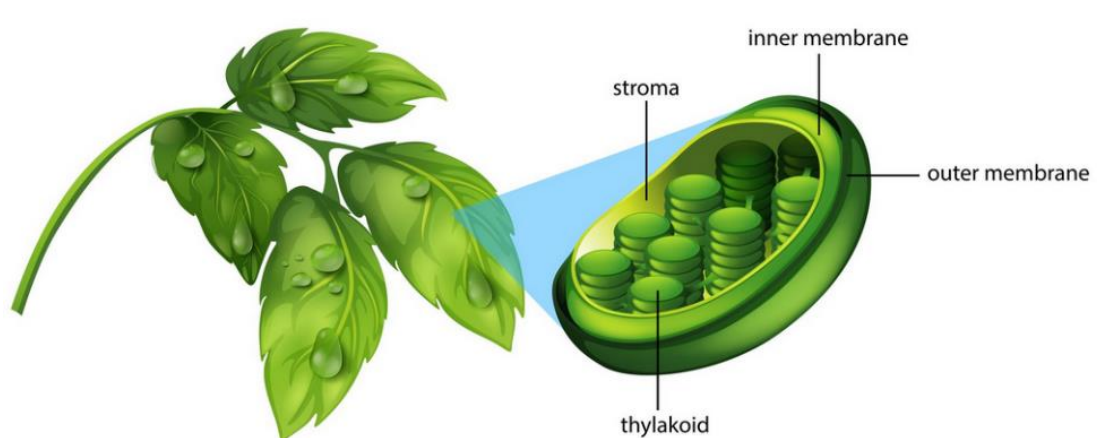


Figura 2. Esquema cloroplasts i les seves parts. (Ref. (4))

Els pigments fotosintètics són lípids units a proteïnes que són presents a les membranes dels tilacoides. En les plantes s'hi troba clorofil·la, una molècula amfipàtica construïda per un anell porfirínic amb un àtom de magnesi al centre, associat a un metanol i a un fitol, que és un monoalcohol de 20 carbonis (figura 3).

³ Cianobacteris: organismes antics que es caracteritzen per conregar el procés de la fotosíntesi oxigènica amb una estructura cel·lular típicament bacteriana.

⁴ Aquests bacteris, són organismes anaerobis, és a dir, que requereixen nivells d'oxigen menors als que hi ha a l'atmosfera.

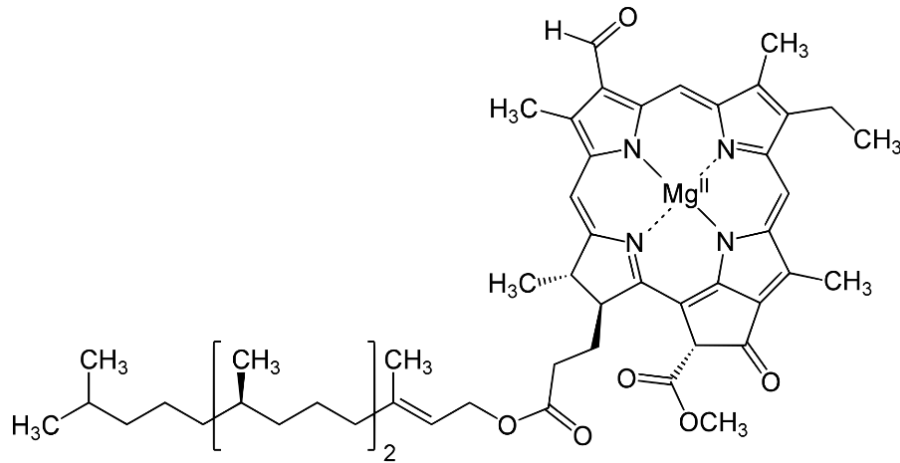


Figura 3. Molècula de la clorofil·la. (Font: (29))

Distingim dos tipus de clorofil·la: la clorofil·la a, que absorbeix llum de longitud d'ona pròxima a 683nm, i la clorofil·la b, que l'absorbeix a 660nm.

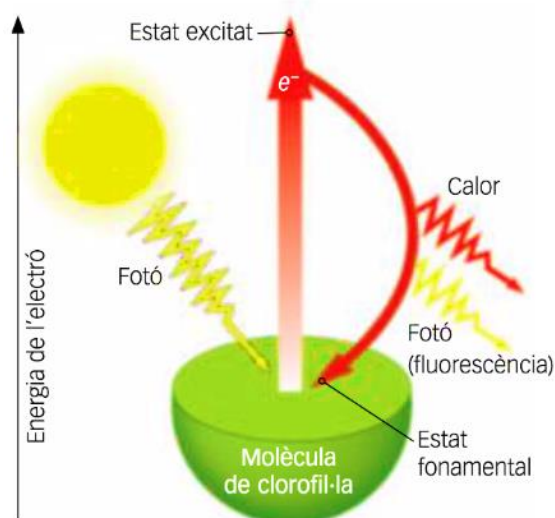


Figura 4. Excitació d'una molècula aïllada de clorofil·la. (Font: (3))

Els pigments fotosintètics tenen enllaços covalents senzills alternats amb enllaços covalents dobles. Això fa que els electrons lliures que hi ha es puguin moure per tot l'anell, fent variar els enllaços, estat al qual anomenem ressonància.

Aquests electrons necessiten molt poca energia per ascendir a nivells superiors, "l'excitació", per això n'hi ha prou amb l'energia lluminosa (figura 4). A més, com que aquesta font d'energia és infinita, tenen molta facilitat a alliberar-la quan descendeixen a l'orbital inicial, "relaxació". Aquesta és la base de l'aprofitament de la llum per iniciar les reaccions químiques.

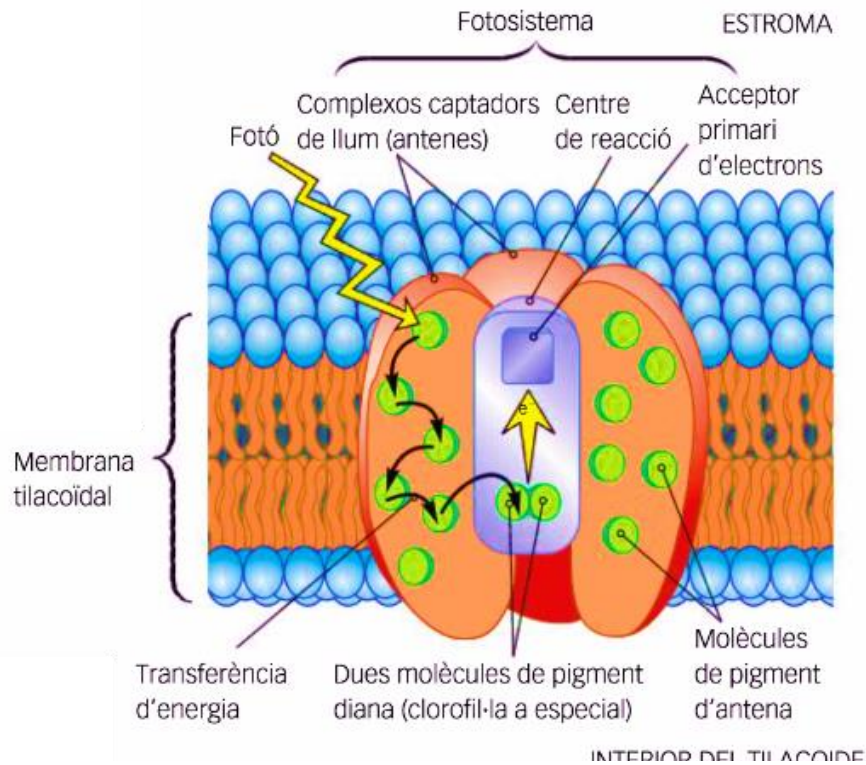


Figura 5. Procés de la fotosíntesi a l'interior del tilacoide. (Font : (3))

Les diferents reaccions químiques que succeeixen es duen a terme als fotosistemes, els quals estan construïts per proteïnes transmembrana que constitueixen dues subunitats anomenades el complex captador de llum o antena i el centre de reacció.

El complex captador conté les molècules de pigments fotosintètics (la clorofil·la) que capten l'energia lluminosa. El centre de reacció conté dues molècules d'un tipus especial de clorofil·la a, anomenat pigment diana, que quan rep l'energia captada pels pigments de l'antena, és capaç de transferir els electrons a una altra molècula anomenada primer acceptor d'electrons. D'aquesta manera, el pigment diana és capaç d'iniciar una reacció de transferència d'electrons.(Figura 5).

La fotosíntesi es produeix en dues etapes: la primera, anomenada lluminosa o fotoquímica, depèn directament de la llum rebuda. Aquesta energia produeix, com hem dit abans, una excitació dels electrons i provoca una ruptura de les molècules d'aigua, de manera que allibera oxigen i la resta d'energia es transmet generant molècules d'ATP (Adenosina trifosfat) i NADPH (Nicotinamida adenina dinucleòtid fosfat). Aquests components són utilitzats en la següent fase, coneguda com la fase fosca, la qual no depèn directament de la llum. Aquesta segona es desenvolupa a l'estroma. Aquí, l'energia en forma d'ATP i NADPH produïda a la fase fotodependent s'utilitza per fixar el diòxid de carboni com a carboni orgànic mitjançant el cicle de Calvin, que consisteix en una sèrie de reaccions químiques en les quals es produeixen fosfoacilglicèrids amb els que la cèl·lula vegetal elabora nutrients. El procés dona com a resultat compostos carbohidrats, com la glucosa. (5)

2.2. Relació amb el canvi climàtic: aire i aigua

El procés de la fotosíntesi, tal com hem vist en l'apartat anterior, funciona de forma íntegra i eficient en un medi on existeixen una gran variabilitat de factors que l'afecten, com la llum, la disponibilitat hídrica i els nutrients minerals del sòl, etc. A aquests factors, podem afegir el diòxid de carboni com a principal substrat de la fotosíntesi.

Si observem la reacció que s'efectua en el procés de la fotosíntesi (apartat 2.1) veiem que, a més del CO_2 com reactiu principal, tenim l'aigua gràcies a les seves propietats fisico-químiques.

L'aigua aporta l'hidrogen que és essencial per a la generació de molècules orgàniques. L'aigua és absorbida per les arrels de les plantes i posteriorment assimilada durant la fotosíntesis, raó per la qual és imprescindible per a la vida de les plantes. Una gran quantitat d'aigua és recoll gràcies als filaments de les arrels, trobats a les parts més externes que penetren en el sòl augmentant l'àrea de la superfície de l'arrel. L'aigua en estat líquid permet la difusió i el flux massiu de soluts, per aquesta raó és essencial per al transport i distribució de nutrients a tota la planta, especialment el nitrogen i els fosfats. El nitrogen es troba en la molècula de la clorofil·la i dels enzims que actuen en la fotosíntesi i el fòsfor forma part de la molècula d'ATP que es produeix. (6)

A excepció d'algunes espècies vegetals o llavors, la deshidratació dels seus teixits per sota del seu nivell crític pot provocar canvis irreversibles en l'estructura de les plantes fins a causar la seva mort. Així doncs, l'aigua és un element essencial a per la vida de les plantes i la seva capacitat fotosintètica, que com hem vist, és sensible al factor hídric, ja que si trobéssim presència de microorganismes paràsits, simbiòtics o patògens, la qualitat de l'aigua no seria bona i per tant afectaria a la vida i funcionament de les plantes. També hem de tenir en compte la quantitat d'aigua, ja que una deshidratació dels seus teixits, tal com s'ha indicat els hi pot provocat la mort.

Com s'ha comentat al principi de l'apartat, s'han de tenir en compte altres factors per al procés de la fotosíntesi, com la temperatura i la humitat. Aquests factors van lligats a la composició de l'aire que ens envolta. (7)

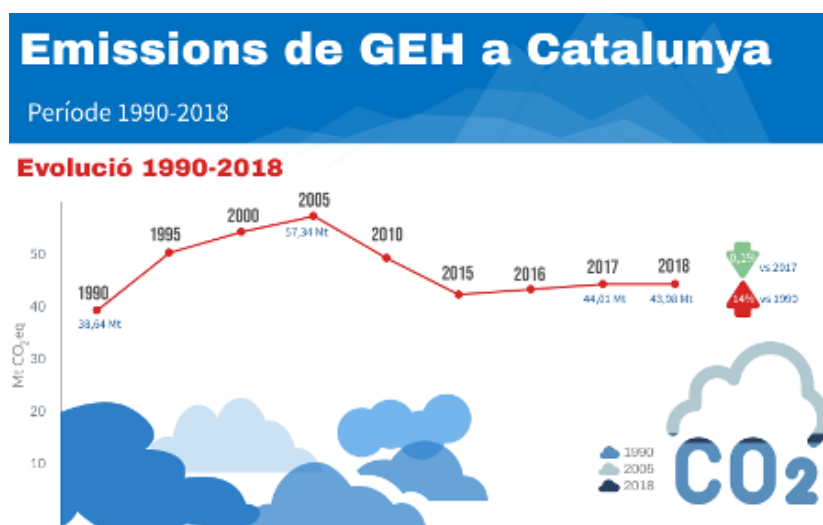


Figura 6. Emissions de gasos d'efecte hivernacle a Catalunya. (Font: (8))

Des de mitjans del segle XVIII la quantitat de CO_2 atmosfèric ha incrementat cada cop més (Figura 6), ja que, a més de la respiració dels animals que dona com a producte diòxid de carboni, durant aquest temps, s'han destruït extenses regions boscoses, s'han cremat quantitats elevades de fusta, combustibles fòssils, carbó i petroli. Les activitats industrials i inclús les guerres han destruït enormes quantitats de matèria orgànica a més d'emetre a l'atmosfera altres gasos nocius pel medi ambient.

Tots aquests esdeveniments han reduït les reserves de carboni en la biomassa i en el sòl i han incorporat grans quantitats de CO_2 a l'atmosfera. El diòxid de carboni en l'atmosfera, al costat del vapor d'aigua, metà, ozó i òxids de nitrogen exerceixen una influència negativa en el clima, produint un escalfament global de l'atmosfera, conegut com a efecte hivernacle.

L'efecte hivernacle provoca variacions en la temperatura i la humitat del medi, fet que afecta al procés de la fotosíntesi.

La contaminació de l'aire no només afecta a aquest procés, és un problema per a tots els éssers vius ja que repercuteix en diferents àmbits. En el cas de l'activitat humana que ha contribuït a aquest deteriorament de l'atmosfera i junt amb hidrocarburs halogenats i altres gasos en petites quantitats, els quals destrueixen la capa d'ozó, que protegeix als éssers vius dels efectes nocius de la radiació ultraviolada. (Figura 7) (9)

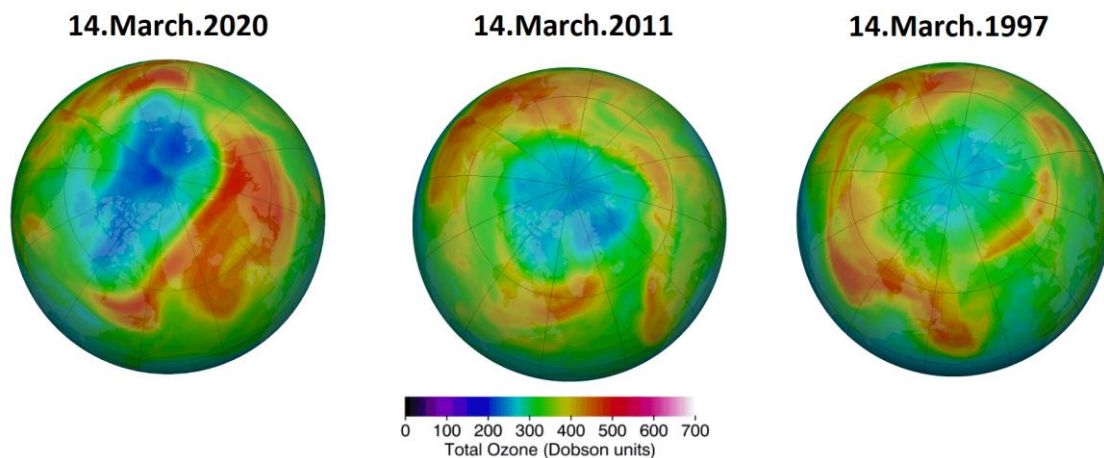


Figura 7. Evolució de la capa d'ozó. (Font: (10))

La pol·lució de l'aire també provoca danys al medi ambient, afectant també a la flora de l'arbrat, la fauna i llacs. L'atmosfera primitiva contenia grans quantitats de diòxid de carboni, amoni i metà, en altres paraules era molt anòxica⁵. Actualment els components principals de la troposfera son 78% nitrogen, 21% oxigen, 0.95% d'altres gasos i .035% d'anhidrids de carboni. Aquest canvi ha estat degut a l'acció de les plantes i el procés de la fotosíntesi, que ha fet possible la vida a l'escorça terrestre.

La fixació fotosintètica del carboni representa un dels processos de major rellevància i significació a la biosfera, ja que permet reciclar el CO_2 produït, no obstant això, l'acumulació d'aquest gas pot arribar a provocar canvis dràstics en el clima de la Terra (Figura 8).

⁵ Anòxica: amb baixa concentració d'oxigen.

L'excés d'altres partícules pesants en l'ambient, impossibilita el creixement de moltes espècies vegetals, atès que la presència de substàncies químiques en el sòl altera els processos vitals de les plantes. Així mateix, la pluja àcida, conseqüència dels gasos d'efecte hivernacle en l'atmosfera originats per la contaminació, és responsable de la destrucció de grans àrees de boscos i, al mateix temps pot afectar al sòl, el que fa que les substàncies àcides dificultin o impedeixin el creixement de noves espècies vegetals, fet que afavoreix l'erosió del sòl. (11)



Figura 8. Comparació d'un medi lliure de contaminació amb n medi contaminat. (Font: (12))

Les activitats humanes com el transport, la indústria, la desforestació, l'agricultura, etc., estan provocant un augment de la concentració atmosfèrica de CO₂ i d'altres gasos d'efecte hivernacle, com el metà. Pel fet que aquests gasos tenen un període de permanència en l'atmosfera molt prolongat, es produeix una acumulació d'ells en l'atmosfera. L'acumulació d'aquests gasos tendeix a escalfar l'atmosfera, la qual cosa pot conduir, a la llarga, a canvis regionals i fins i tot globals del clima que afectaran paràmetres com la temperatura, les precipitacions, la humitat del sòl i el nivell de la mar. Les previsions del Panell Intergovernamental d'Experts en el Canvi Climàtic (IPCC), basades en complexos models climàtics, indiquen que la temperatura mitjana de la superfície del planeta i el nivell de la mar podrien augmentar d'1.8 a 4°C i de 18 a 59 cm, respectivament, entorn de l'any 2100. A més, l'IPCC ha desenvolupat una sèrie d'escenaris possibles en els quals es preveu la concentració futura de CO₂ atmosfèric, estimant que l'any 2100 la concentració de CO₂ atmosfèric podria arribar a aconseguir aproximadament les 700 ppm, la qual cosa suposa un increment pròxim a 325 ppm respecte als nivells de CO actuals (d'aproximadament 375 ppm). Encara no es coneix bé com afectaran els canvis de CO₂, temperatura i règim hídic als ecosistemes terrestres, i en particular a les plantes, però la qüestió és crucial, ja que la vegetació i els boscos poden assumir un paper fonamental en la mitigació dels efectes del canvi climàtic, donada la seva gran capacitat d'absorció de CO₂ mitjançant la fotosíntesi. Se sap que un augment del CO₂ produeix

un increment immediat de la taxa de fotosíntesi, ja que el CO_2 és el substrat principal de la reacció. No obstant això, quan les plantes creixen contínuament en atmosferes amb un CO_2 elevat, tenen lloc una sèrie de canvis bioquímics que disminueixen la capacitat fotosintètica de la fulla, de manera que els grans increments inicials de la fotosíntesi a causa d'atmosferes amb un alt contingut en CO_2 no solen mantenir-se tan elevats quan passen setmanes o mesos. Aquest fenomen es coneix amb el nom d'aclimatació de la fotosíntesi.

No obstant això, encara pot esperar-se un cert augment global de la fotosíntesi en una atmosfera futura amb elevat CO_2 (encara que menys que si no hi hagués aclimatació), la qual cosa en conjunt fa que les plantes actuïn com a embornals biològics del CO_2 emès en excés a l'atmosfera. És a dir, els ecosistemes terrestres vegetals tenen la capacitat de retenir cada any aproximadament la meitat del CO_2 emès a causa d'activitats antropogèniques. No obstant això, la capacitat potencial dels ecosistemes per a retenir el CO_2 atmosfèric no sols depèn de la fotosíntesi que faci de manera global l'ecosistema (captació de CO_2 atmosfèric), sinó també de la respiració (alliberament de CO_2 a l'atmosfera). Així, la captació neta de carboni dels ecosistemes depèn del balanç net entre la fotosíntesi i la respiració en el temps, ja que aproximadament la meitat del CO_2 fixat per la fotosíntesi és alliberat després per la respiració. Aquesta capacitat dels ecosistemes vegetals per a actuar com a embornal biològic potencial es coneix amb el nom de segrest de carboni, i es defineix com l'acumulació a llarg termini de carboni en la biosfera, de manera que no és alliberat immediatament a l'atmosfera.

Per tant, en el context del canvi climàtic, la vegetació no ha de ser considerada únicament un element estàtic o estètic d'un paisatge, o reconeguda només per la seva contribució al manteniment de la biodiversitat: ha de ser valorada també per la seva contribució clau al manteniment dels delicats equilibris de l'atmosfera del nostre planeta. (11)

3. Bosc i sostenibilitat

3.1. El projecte

Els Objectius del Desenvolupament Sostenible (ODS) són els que guien la implementació de l'Agenda 2030 de les Nacions Unides per al Desenvolupament sostenible. Les temàtiques aborden des de la pobresa, la fam, l'energia, fins al canvi climàtic sent un total de 17 objectius a aconseguir, com podem veure a la figura 9. (13)



Figura 9. Objectius de Desenvolupament Sostenible. (Font: veure Ref. X)

El Grup de recerca de l'EXPLORATORI dels recursos de la natura de la UPC porta a terme el projecte Bosc i Sostenibilitat amb l'objectiu de donar a conèixer la relació entre el Bosc i els Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS) de l'Agenda 2030. (14) Per aquest motiu s'han elaborat 5 Manuals relacionats amb l'aire, aigua i arbrat, amb diferents activitats. El projecte ha involucrat a estudiants i professorat de Secundària que han treballat el bosc com a element per a la lluita contra el canvi climàtic, per tal de prendre consciència del seu paper en l'estalvi d'aigua i energia, així com analitzar l'arbrat que els envolta.

Els 5 Manuals que relacionen el bosc i el canvi climàtic són:

- 0. Manual de treball dels Objectius de Desenvolupament Sostenible i el Bosc
- 1. Manual per a l'estudi de la qualitat de l'aire
- 2. Manual per a l'estudi de la qualitat i consum de l'aigua
- 3. Manual per a l'estudi de l'arbrat
- 4. Manual per a l'estudi de la gestió forestal i sostenibilitat

D'entre aquests, per poder veure com implica el procés de la fotosíntesi sobre el canvi climàtic, en aquest treball ens centrarem en els manuals de l'aire, aigua i arbrat.

3.2. Manuals del projecte

3.2.1. Manual per a l'estudi de la qualitat de l'aire

El manual conté diferents activitats a desenvolupar on s'estudia la contaminació de l'aire i es calculen les emissions de CO₂ dels estudiants.

Aquestes activitats estan repartides en diferents blocs. El primer mostra a l'estudiant quines són les zones de qualitat de l'aire (ZQA) en les que es divideix el territori Català i quines d'aquestes són les de més prioritat. A més, quina és la composició de l'aire en el seu entorn més immediat. En el segon, tercer i quart bloc es realitzen el càlcul de les emissions de CO₂ associades a l'energia, al transport i al consum d'aigua respectivament, mitjançant la calculadora d'emissions de GEH, publicada per l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic. El cinquè bloc, està dedicat al càlcul de la Petjada de Carboni. (15)

3.2.2. Manual per a l'estudi de la qualitat i consum de l'aigua

Aquest manual facilita activitats per a l'estudi de la qualitat de l'aigua en diferents tipus de masses d'aigua, com rius, embassaments, etc. Per fer-ho s'ha d'emprar la pàgina web de l'Agència Catalana d'Aigua (ACA) on hi ha tota la informació d'aquestes masses d'aigua.

El manual de l'aigua pretén relacionar la qualitat de l'aigua amb la proximitat de la massa d'aigua a estudiar en un entorn urbanitzat o en un entorn forestal. A més, introdueix el concepte de petjada hídrica, per tal que cada estudiant calculi la seva pròpia. (16) (17) (18)

3.2.3. Manual per a l'estudi de l'arbrat

L'estudi de les cobertes del sòl i de l'arbrat es duu a terme al quart manual, on s'han de executar diferents activitats per saber el percentatge de terrenys forestals presents en la zona on es troben els estudiants. Per fer-ho s'utilitza el Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya (MCSC) realitzat pel Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF). Aquest mapa és una cartografia temàtica d'alta resolució dels principals tipus de cobertes del sòl del país, com boscos, conreus, zones urbanes, etc. (19) (20) (21)

A la Figura 10 s'indica la portada dels 3 Manuals d'estudi.



Figura 10. Manuals del projecte Bosc i Sostenibilitat. (Font: veure Ref. (14))

4. Part experimental

L'apartat experimental està dividit en dues parts. El primer té l'objectiu de relacionar el projecte Bosc i Sostenibilitat amb el procés de la fotosíntesi i el canvi climàtic a partir de l'execució dels manuals. La segona part, consta d'unes pràctiques realitzades al laboratori amb l'objectiu de demostrar experimentalment alguns conceptes que hem vist sobre la fotosíntesi.

4.1. Execució dels manuals

4.1.1. Experimentació pròpia

Per tal familiaritzar-me amb el projecte i els manuals, vaig realitzar-los per poder obtenir els meus propis resultats en cada apartat.

4.1.1.1. Manual 1. Estudi de la qualitat de l'aire

A la introducció d'aquest manual ens explica els seus objectius i ens dona a conèixer els diferents enllaços que s'han d'emprar per a la realització de les activitats. Aquest manual és el més extens i està dividit en 5 blocs diferents:

Bloc I. Estudi de la qualitat de l'aire

Podem conèixer la composició de l'aire i quines són les partícules causants de la contaminació gràcies a les estacions de mesurament de qualitat de l'aire, a les que podem accedir mitjançant la pàgina web del Departament de Territori i Sostenibilitat de la Generalitat de Catalunya. (15) A més, com veiem al mapa de la figura 11, el manual ens mostra quines són Zones de Qualitat de l'Aire (ZQA) a Catalunya.

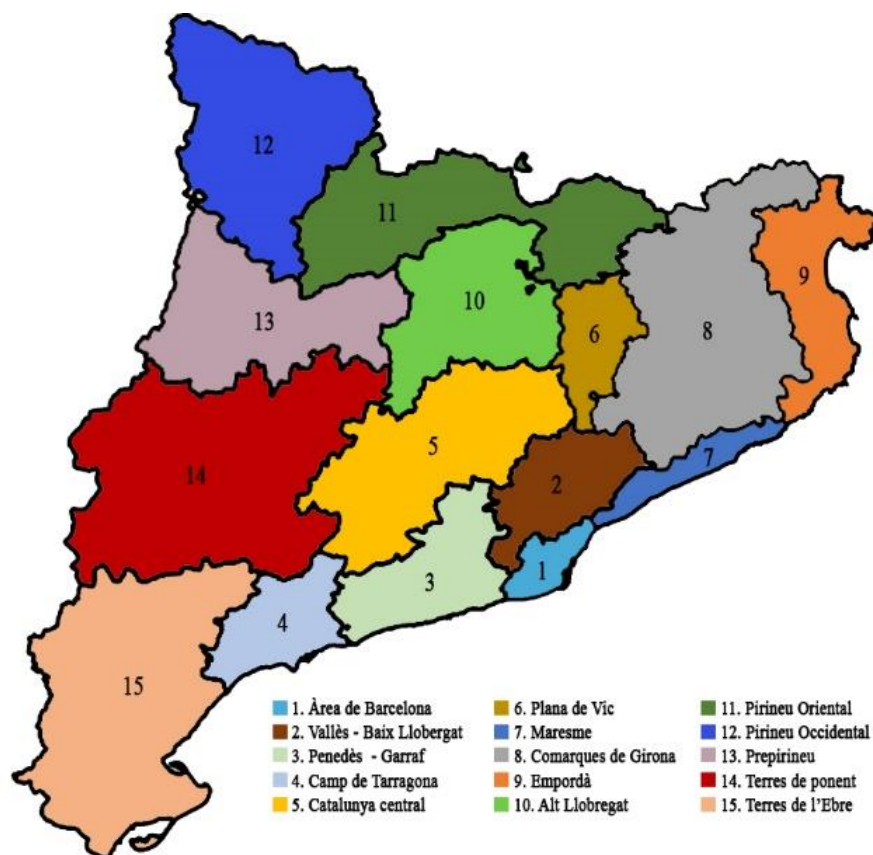


Figura 11. Zones de Qualitat de l'Aire (Font: Pròpia)

Bloc II. Càlcul de la reducció d'emissions de CO₂ associada a l'estalvi energètic

Aquest bloc, té com a objectiu conscienciar sobre les emissions de CO₂ lligades amb el consum elèctric mitjançant una Calculadora GEH del 2019-2020 proporcionada per l'apartat de Canvi Climàtic de la Generalitat de Catalunya. (22)

Aquesta calculadora disposa de diverses pestanyes que veiem a continuació a la Taula 1.

Taula 1. Apartats Calculadora EGH (Font: pròpia)

PESTANYA	ABAST
Combustibles fòssils	Abast 1: Emissions directes
Transport per carretera, ferroviari o marítim segons quin sigui el mitjà de transport	
Emissions fugitives	
Electricitat	Abast 2: Emissions indirectes
Calor, vapor o fred	
Transport per carretera, ferroviari, marítim o aeri segons quin sigui el mitjà de transport.	Abast 3: Altres emissions indirectes
Emissions fugitives	
Residus	
Aigua	
Combustibles fòssils	
Electricitat	

D'entre totes aquestes, en aquest bloc, ens centrem en la pestanya de combustibles fòssils de l'abast 1 i la pestanya d'electricitat de l'abast 2.

Bloc III. Càlcul de la reducció d'emissions de CO₂ associada a l'estalvi energètic que suposaria l'ús de transport públic en lloc de vehicles privats.

En aquest bloc, continuarem fent servir la calculadora GEH, però aquesta vegada, calcularem les emissions de CO₂ amb transport privat i públic d'un mateix trajecte i veurem quina és la reducció d'emissions que comporta.

Bloc IV. Càlcul de la reducció d'emissions de CO₂ associada a l'estalvi en el consum d'aigua.

Tancar les aixetes mentre no necessitem l'aigua, disminuir el temps a la dutxa o disposar d'una cisterna amb dos tipus de fluxos d'aigua, són aspectes dels quals hauríem de tenir consciència per tal que el nostre consum d'aigua sigui menor.

El bloc IV té com a objectiu fer prendre consciència sobre el nostre consum. Per això, continuarem treballant amb la Calculadora GEH, aquesta vegada a la pestanya de l'aigua de l'abast 3.

Bloc V. Càlcul de la teva Petjada de Carboni.

L'última activitat del manual de l'aire ens porta a conèixer quina és la nostra petjada de carboni.

Aquesta calculadora, anomenada CarbonFootPrint (23), es troba en línia i consta d'una sèrie de preguntes sobre les despeses que tenim, com les de la llar, el cotxe, els viatges que fem i altres secundaris com les despeses que tenim en educació o assegurança entre d'altres.

La petjada de carboni mitjana per persona a Espanya està al voltant de 5,03 T/any, la qual es troba per sota de la mitjana Europea que és de 6,4 T/any.

4.1.1.2. Manual 2. Estudi de la qualitat i consum de l'aigua

Durant aquest manual, treballarem amb la pàgina web de l'Agència Catalana d'Aigua (ACA). Les activitats a desenvolupar tenen la finalitat de fer un estudi de la qualitat de l'aigua en diferents tipus de massa d'aigua i relacionar-ho amb el seu entorn forestal.

Mitjançant el visor cartogràfic de la Generalitat de Catalunya, podem centrar-nos en les nostres zones de residència i veure quines són les masses d'aigua que hi afecten.

A la pàgina web del ACA, podem veure l'estat en el qual es troben les diferents masses d'aigua que hi ha al voltant del territori que estudiem.

Seguint a la mateixa pàgina web, també podem saber quina és la capacitat dels embassaments a les conques internes de Catalunya, i, amb un mapa interactiu, veurem que, a diferents masses d'aigua, s'hi troben unes estacions que ens donen informació del cabal, nivell o volum d'embassat.

Tota aquesta informació ens dona coneixement de l'estat i la quantitat d'aigua que trobem en el nostre entorn, no obstant això, la nostra implicació amb l'aigua, la calculem mitjançant la petjada hídrica a la pàgina web de Waterfootprint. (24)

4.1.1.3. Manual 3. Estudi de l'arbrat

L'últim manual que tindrem en compte, té com a finalitat desenvolupar les activitats per a l'estudi de les cobertes del sòl i de l'arbrat en qualsevol zona del territori Català.

La classificació de les diferents cobertes del sòl es divideixen en: Cobertes urbanes, conreus, cobertes forestals i Boscos.

Per poder dur a terme les activitats, ens hem de familiaritzar amb l'aplicació oberta del Mapa de cobertes del Sòl de Catalunya (MCSC) i al Lector Universal de Mapes del MiraMon. (19) (20) (21)

4.1.2. Cas d'estudi

Com s'ha comentat anteriorment, el projecte Bosc i sostenibilitat, pretén involucrar a estudiants de Secundària per conscienciar-se sobre el canvi climàtic. Així doncs, aquests manuals els van respondre estudiants de diferents zones de Catalunya com podem veure a la figura 12. A més se'ls ha diferenciat en tres implementacions donat que la realització de les activitats es van fer en diferents períodes de l'any. La primera implementació pertany al octubre de 2019, la segona l'abril de 2020 i la tercera el juliol de 2020. A l'apartat 5.2 d'aquest treball es podrà veure els resultats de l'estudi general de les tres implementacions i seguidament cadascuna d'aquestes per separat.



Figura 12. . Zones on s'ha fet l'estudi dels manuals per a l'estudi de la qualitat de l'aire, aigua i arbrat. (Font: pròpia)

Gràcies als manuals de qualitat de l'aire i aigua, podrem avaluar quin és el nivell de contaminació en la zona corresponent dels participants i, seguidament, comprovar quin és el seu percentatge de vegetació per saber si es trobarien en una zona de risc. Es pot donar el cas que pot haver-hi molta contaminació i poca vegetació, o pel contrari, haver-hi poca contaminació, fet que afavoriria a la qualitat de l'aire i aigua, i en conseqüència a la vegetació.

4.2. Experiments sobre la fotosíntesi

En aquest apartat es presenten experiments simples que permeten comprovar el procés de la fotosíntesi en les plantes i analitzar els pigments que hi intervenen. Es tracta d'experiments senzills, que es poden portar a terme amb material de fàcil accés.

4.2.1. Cromatografia en paper dels pigments de les fulles

Les molècules que causen el color de les fulles contenen sistemes d'enllaços dobles i simples alternats, el que coneixem per conjugació. Una gran quantitat de conjugació en una molècula pot fer que siguin capaces d'absorbir determinades longituds d'ona de l'espectre visible, el que comporta el color de les fulles.

La clorofil·la és el compost químic responsable de la coloració verda de la majoria de les plantes. Aquesta substància es troba als cloroplasts de les cèl·lules de les fulles i, com hem vist anteriorment a l'apartat 2.1, és un component essencial pel procés de la fotosíntesi.

Aquest pigment es produeix en condicions càlides i amb llum solar, per això, al finalitzar les èpoques de calor durant l'any, la producció de clorofil·la disminueix i la que ja estava produïda es descompon.

Com a resultat de la poca quantitat de clorofil·la, altres compostos comencen a ser predominants a les fulles de la planta afectant la seva coloració, com poden ser els carotenoides i els flavonoides. Aquests compostos ja es troben presents d'entrada a les fulles junt amb la clorofil·la i també es degraden amb l'arribada de la tardor, però ho fan a una velocitat més lenta fent que els seus colors, com veiem a la figura 13, groguencs, ataronjats i vermells siguin visibles en aquesta època.

Un altre tipus de compostos, són les antocianines que és una classe de flavonoide, però en diferència als anteriors, aquest no es troba sempre a les fulles. A mesura que els dies és fan més curts, la seva producció s'inicia gràcies a l'augment de la concentració de sucres en les fulles, combinat amb l'efecte de la llum solar. La seva funció en les fulles no s'ha acabat d'estudiar, però s'ha suggerit que pot ser per protegir-se de la llum, és a dir, permet a l'arbre protegir les seves fulles i mantenir-les més temps abans que es desprenguin. Els colors que presenten són vermells vius, tal com es veu en l'última il·lustració de la figura 13, però també poden ser púrpura i magenta. (25)

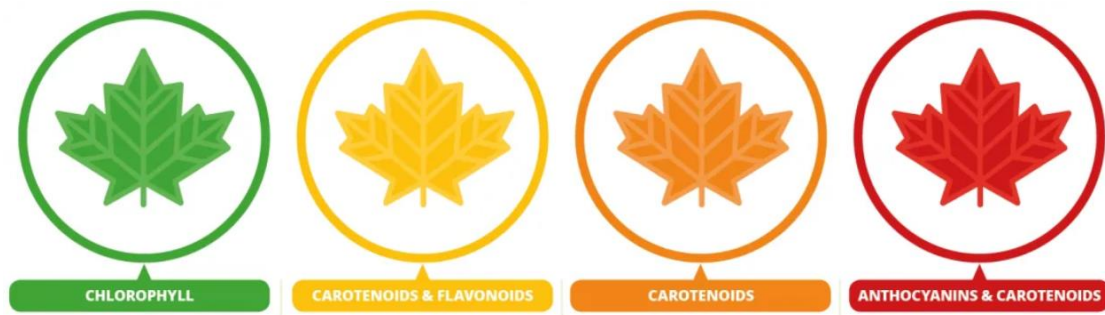


Figura 13. Tipus de pigments i el color que presenten a les fulles. (Font: (25))

Per poder observar aquests diferents pigments, s'ha realitzat al laboratori un experiment de cromatografia en paper⁶ amb fulles verdes i vermelles.

En aquest tipus d'anàlisi, la mostra s'aplica primer sobre un material estacionari que absorbeix o adsorbeix la mostra. L'adsorció és quan les molècules o ions de la mostra s'adhereixen a una superfície, mentre que l'absorció ocorre quan les partícules de la mostra penetren en l'interior d'un altre material. (26)

El material que adsorbeix la mostra el denominem fase estacionaria, ja que es conserva la posició de la mostra. El material en moviment es denomina fase mòbil, ja que pot fer que la mostra es mogui de la seva posició inicial.

En aquest experiment simple, s'ha efectuat la cromatografia en paper tant amb adsorció com amb absorció per poder contrastar els resultats.

A la taula 2, veiem els materials que s'ha utilitzat per a aquest experiment.

⁶ Cromatografia en paper: procés utilitzat per l'anàlisi qualitatiu que permet separa i identificar els components d'una mostra.

Taula 2. Material emprat a l'experiment de cromatografia en paper. (Font: pròpia)

Material	Quantitats
Fulles planta verda	
Fulles planta vermella	
Mortor	1u
Alcohol Isopropilíc	40 ml
Aigua destil·lada	20 ml
Vas de precipitats	3u
Embut	1u
Paper de filtre	1u
Llapis	1u
Celo	1u
Recipient amb tapa	1u
Tub capil·lar	1u
Fil	30 cm

Per poder realitzar la tècnica de cromatografia en paper, s'han agafat unes fulles verdes i vermelles, com veiem a la figura 14. Aquestes s'han tallat en trossos petits per posteriorment triturar-les amb el morter fins a obtenir una pasta verdosa, com al que es mostra a la figura 15, o vermelloso depenen de les fulles. Aquí s'ha utilitzat com a dissolvent 10 ml d'alcohol isopropilíc i posteriorment s'ha filtrat la mescla en un erlenmeyer amb l'ajuda d'un embut deixant la part sòlida de la pasta en el paper. Per al cas de les fulles de color verd, podem veure la filtració en la figura 16 i per les vermelles a figura 17.



Figura 15. Fulles verdes i vermelles. (Font: pròpia)



Figura 14. Pasta verdosa de xafar les fulles amb el morter. (Font: pròpia)



Figura 16. Filtració fulles verdes.
(Font: pròpia)

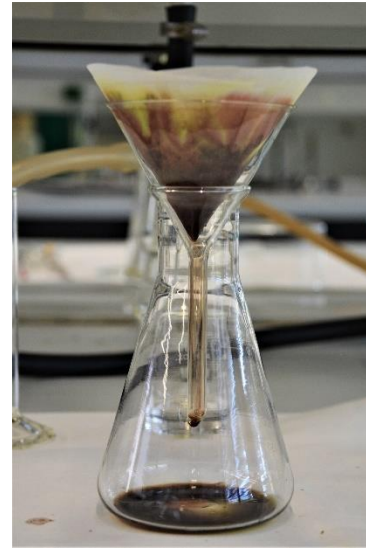


Figura 17. Filtració fulles vermelles.
(Font: pròpia)

En la part de l'experiment on el paper absorbeix la mostra, per a un millor contacte líquid-sòlid, s'ha traslladat el líquid obtingut a la filtració a un vas de precipitats per poder deixar en remull un tros rectangular de paper de filtre per a cromatografia durant dues hores, com podem veure a la figura 18. Finalment, per obtenir millors resultats, s'ha deixat assecat el paper durant 24 h. Veurem els resultats a l'apartat 5.3.1 més endavant.

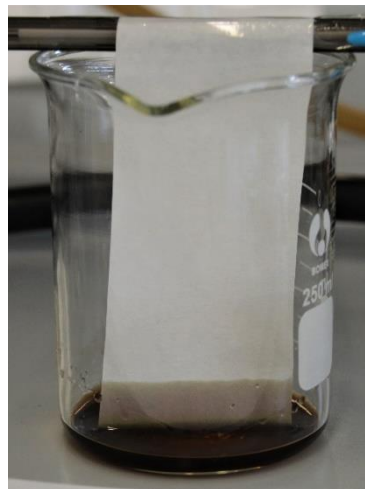


Figura 18. Paper cromatogràfic en remull sobre el líquid filtrat de les fulles vermelles. (Font: pròpia)

Per altra banda, en el cas de l'adsorció, sobre un tros rectangular de paper de filtre s'ha dibuixat una línia a dos centímetres de distància des d'un dels extrems, i una altra paral·lela a aquesta a la meitat del paper, anomenant com a P el punt on intercepten.

Amb l'ajuda d'un tub capil·lar, s'ha agafat mostra líquida i amb cura s'ha anat afegint sobre el punt P unes 15 gotes, deixant assecat entre gota i gota. Obtenint un resultat com el que mostrem a la figura 19.

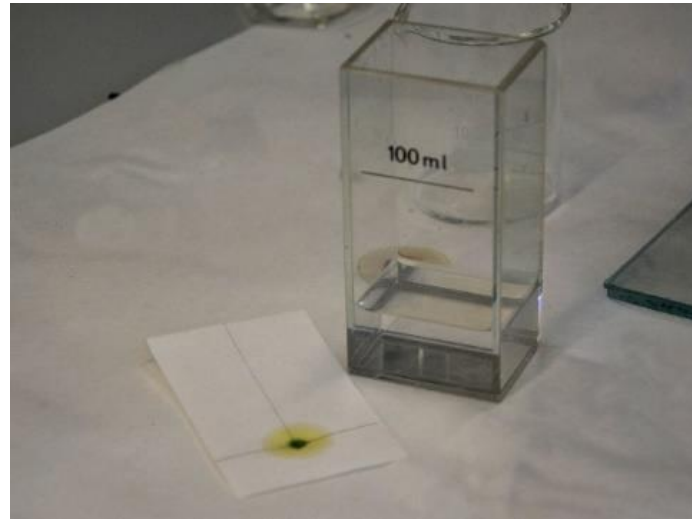


Figura 19. Punt P on afegim gotes del líquid filtrat. (Font: pròpia)

Aquest paper de filtre s'ha introduït després en recipient amb tapa, on prèviament s'ha dissolt alcohol isopropílic amb aigua, de manera que el paper ha d'estar en contacte amb aquesta dissolució per la banda més propera al punt P però sense sobrepassar-la, a un màxim de 1 cm de distància. S'ha deixat reposant el paper dintre el recipient tapat durant un matí i després s'ha deixat assecat, traient la dissolució d'alcohol isopropílic i sense la tapa.

4.2.2. Efecte de la llum a la fotosíntesi

Les plantes, mitjançant el procés de fotosíntesi, capten el diòxid de carboni i, junt amb les molècules d'aigua, generen carbohidrats.

Aquest procés no seria possible si les plantes no poguessin tenir una font de llum i, per demostrar-ho s'ha realitzat un experiment al laboratori amb l'ajuda d'una planta aquàtica i un indicador de pH, el blau de bromotimol, que en funció del pH de la dissolució adquireix diferent coloració, com veiem a la figura 20. (ref vídeo)



Groc: pH àcid

Verd: pH neutre

Blau: pH bàsic

Figura 20. Colors que presenta l'indicador de blau de bromotimol segons el seu pH. (Font. Ref. X)

El material emprat en aquest experiment ha estat el que s'indica a la taula 2.

Taula 3. Material emprat a l'experiment d'efecte de la llum a la fotosíntesi. (Font. pròpia)

Material	Quantitats
Planta aquàtica	
Proveta de 100 ml	3U
Proveta de 50 ml	1U
Vas de precipitats	1U
Blau de bromotimol o BTB	5ML
Aigua	45ML
Palleta	1U
Vareta	1U
Paper de plata	1
Làmpada en cas de no haver llum solar natural	1

Primer de tot s'han enumerat les provetes de 100 ml com a 1, 2 i 3 a les quals s'han afegit uns 90 ml d'aigua. Com s'ha comentat abans, per saber quin és el pH a cadascuna de les provetes, s'ha utilitzat un indicador, el blau de bromotimol. S'ha preparat una dissolució de bromotimol a partir 0,1 grams de bromotimol en estat sòlid amb 50 ml d'etanol, tal com s'indica en la preparació d'indicadors. (Figura 21). (Ref Xllibre)



Figura 21. Blau de bromotimol en estat líquid.
(Font. pròpia)

Un cop s'ha obtingut el blau de bromotimol en dissolució, s'han afegit 10 ml d'aquest indicador a cada proveta, observant com canvia de color a un to verdós, fet que indica que l'aigua es trobava en un pH neutre (7). La proveta 1, s'ha deixat com a blanc per contrastar el resultat amb les altres i, a la proveta 2 i 3, amb l'ajuda d'una palleta, s'ha bufat sobre el líquid per introduir-hi CO_2 . Aquest gas reacciona amb l'aigua formant àcid carbònic i, per tant, canvia de color a un to groguenc, és a dir pH àcid, com veiem a la figura 22.



Figura 22. Les 3 provetes d'assaig contaminades amb CO₂. (Font: pròpia)

Dintre de la proveta 2 i 3, hi hem afegit un tros de la planta aquàtica *Microsorum*, com veiem a la figura 23, de manera que aquesta ja té tot el necessari per poder portar a terme la fotosíntesi: l'aigua, la llum i el CO₂.



*Figura 23. Provetes amb la planta aquàtica *microsorum* per comprovar l'efecte de la llum a la fotosíntesi. (Font: pròpia)*

Per tal de comparar els resultats i demostrar la importància de la llum en aquest procés, s'ha cobert la tercera proveta amb paper de plata evitant qualsevol contacte amb la llum. Finalment, s'han deixat reposar les 3 provetes durant 24 hores. Els resultats s'indicaran en l'apartat 5.3.2.

4.2.3. Flotació fotosintètica

Com ja hem comentat anteriorment, les plantes capturen l'energia del Sol i el CO_2 de l'aire per produir els aliments que necessiten i l'oxigen que respirem. En aquest experiment, es pretén demostrar la producció de l'oxigen per part de les plantes. Aquest procés farà que els discs d'una fulla d'espínacs surin com bombolles a l'aigua. (27)

Per aquest experiment s'ha utilitzat el material llistat a la taula 4:

Taula 4. Material emprat a l'experiment de la flotació fotosintètica. (Font: pròpia)

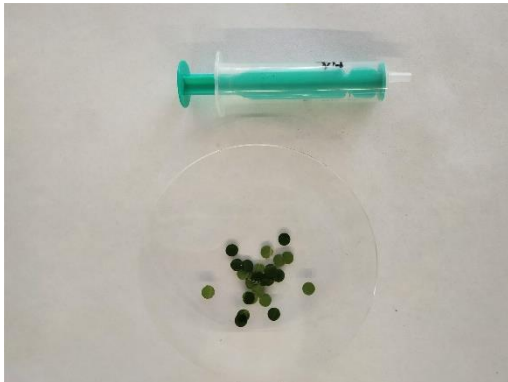
Material	Quantitats
Fulles d'espínacs	
Bicarbonat de sodi	5gr
Bàscula	1u
Vidre de rellotge	1u
Espàtula	1u
Aigua	500 ml
Sabó líquid	
Erlenmeyer	1u
Palleta	1u
Xeringa sense agulla	1u
Vas de precipitats	1u
Làmpada	1u
Suport	1u
Cronòmetre	1u
Gel	

S'ha començat l'experiment preparant una dissolució al 0,1% de bicarbonat de sodi que s'utilitzarà per veure com evoluciona la producció d'oxigen en la reacció. Per fer-ho, s'han mesurat 5 grams de bicarbonat de sodi que posteriorment s'han diluït en 500 mil·lilitres d'aigua (Figura 24). A més a més, s'han afegit unes poques gotes de sabó líquid, ja que aquest ajuda al bicarbonat de sodi a travessar la superfície de la fulla que repel·leix l'aigua. Un cop ho tenim tot, s'ha mesclat amb cura per no crear escuma.



Figura 24. Preparació de la dissolució al 0.1% en bicarbonat de sodi. (font: pròpia)

Per obtenir els discs de les fulles, s'han agafat un parell de fulles d'espínacs i, amb l'ajuda d'una palleta, s'han anat trencant en forma de discs petits, com veiem a la figura 26. Seguidament, s'ha extret l'èmbol de la xeringa sense agulla i s'han introduït els discs en el tub. Tonant a posar, amb cura, l'èmbol, s'ha pressionat fins on s'ha pogut sense fer malbé els discs. Després, s'han introduït a la xeringa uns 8 ml aproximadament de la mescla de bicarbonat de sodi. Observem a la figura 25 com els discs suren per sobre la mescla, això és a causa que encara contenen oxigen aquests discs.

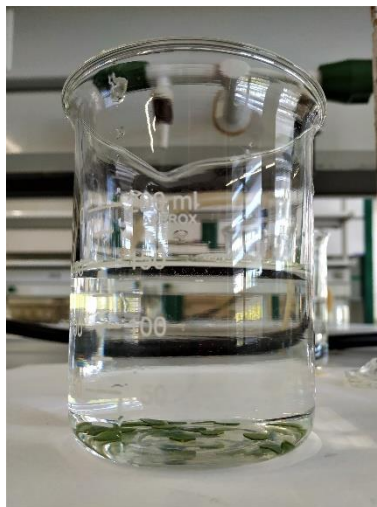


*Figura 25. Discs de les fulles d'espínacs.
(Font: pròpia)*



*Figura 26. Disposició dels discs de les fulles d'espínacs
dintre la xeringa amb la mescla de bicarbonat amb
presència d'oxigen. (Font: pròpia)*

A continuació, s'ha abocat una part de la mescla inicial de bicarbonat a un vas de precipitats, on s'hi ha afegit el líquid de la xeringa junt amb els discs. Veiem a la figura 27 com aquests s'han dipositat a la part inferior del vas.



*Figura 27. Discs dintre la mescla al 0.1% de
bicarbonat de sodi amb sabó. (Font: pròpia)*

Finalment, s'ha deixat el vas sota un llum incandescent per afavorir el procés de la fotosíntesi, com veiem a la figura 28, esperant que aquests discs tornin a surar en la mescla per la producció d'oxigen. Veurem els resultats a l'apartat 5.3.3.

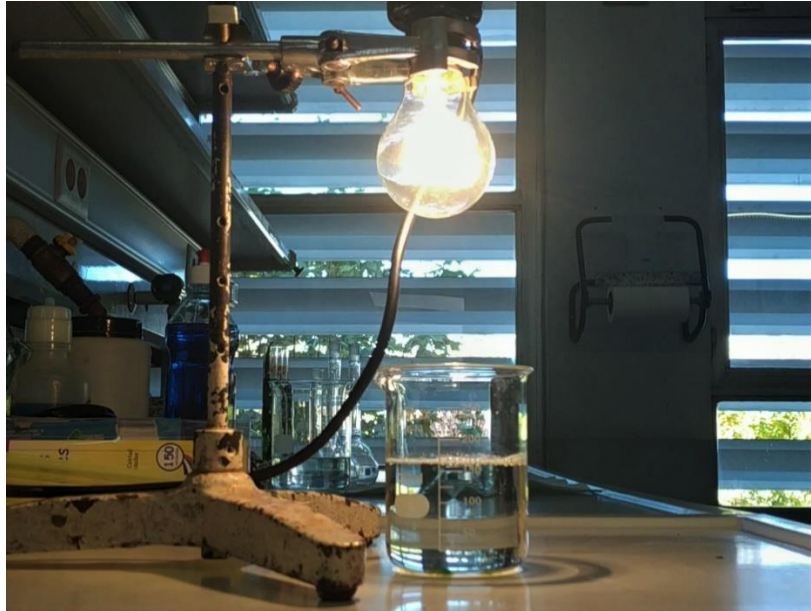


Figura 28. Vas de precipitats amb els discs de les fulles d'espinaçs en contacte amb la llum. (Font: pròpia)

5. Resultats

En primer lloc s'avaluaran els resultats propis comparant-los amb el dels participants en el Projecte i s'analitzarà l'estat en el que es troba la zona de la Catalunya central, on resideixo.

Per avaluar els resultats dels manuals realitzats pels participants de Secundària, ens centrarem en els apartats més rellevants i els que ens aporten més informació, com les emissions de CO₂ provocades pel consum d'energia, pel transport i pel consum d'aigua, la petjada de carboni i la petjada hídrica. Veurem quines són aquelles zones amb un llindar més alt de contaminació de l'aire per poder contrastar els resultats amb el percentatge de terrenys forestals. D'aquesta manera, podrem veure com es tracta d'un procés dependent, és a dir, a millor qualitat d'aire i aigua, més possibilitat de tenir un percentatge més elevat de vegetació. En conseqüència, amb el procés de la fotosíntesi, es contribuirà a la bona qualitat de l'aire, eliminant el CO₂ i proporcionant O₂.

Finalment, es mostraran els resultats obtinguts a les pràctiques de laboratori sobre el procés de la fotosíntesi.

5.1. Resultats propis

5.1.1. Manual 1. Estudi de la qualitat de l'aire

Bloc I. Estudi de la qualitat de l'aire

Com s'ha comentat al apartat 4.1.1.1, en aquest primer bloc coneixerem la composició de l'aire de la zona de residència. En el meu cas, visc a Manresa que correspon amb la zona de qualitat de l'aire de la Catalunya Central. Anant a la pàgina web de la qualitat de l'aire actual, m'he adreçat a l'estació de mesurament trobada a Manresa. Aquí he pogut veure quins eren els contaminants en aquesta zona, tal com s'indica a la figura 29.

I.1. Quina qualitat té l'aire a la zona on jo visc?			
Dia	04-ago	Municipi	Manresa
Hora	10:00	Altitud	238
SO2	1	ZQA	Catalunya Central
O3	25	Grau d'urbanització	Urbanes
PM10	31	Principal font d'emissió	Trànsit
NO2	11	Contaminant	NO2
CO			CO
CL2			O3
HCL			SO2
C6H6			PM10
H2S			
			NO
			NOX

Figura 29. Resultats del primer bloc de l'apartat de l'estudi de la qualitat de l'aire. (Font: pròpia)

La concentració de diòxid de sofre (SO₂), ozó (O₃), petites partícules sòlides i líquides (PM10) i diòxid de nitrogen (NO₂) mesurats en µg/m³ per al dia estudiat, el 4 d'Agost de 2020, indicaven una qualitat de l'aire bona, ja que és trobaven per sota de la concentració límit, que serien de 50 µg/m³ per a les PM10 per dia, 350 µg/m³ pel SO₂ per hora, 180 µg/m³ pel O₃ per hora i 200 µg/m³ de NO₂ per hora. (REF aire)

Bloc II. Càlcul de la reducció d'emissions de CO₂ associada a l'estalvi energètic

Descarregant la calculadora GEH i amb l'ajuda d'una factura de gas pròpia, he omplert la pestanya de combustibles fòssils per saber les tones de CO₂ emeses (Figura 30). En el meu cas, a casa utilitzem gas natural i a l'última factura hem consumit 11kWh.

CONSUM DE COMBUSTIBLES FÒSSILS (ABAST 1)				
Entrada de dades de l'usuari				
Dades per defecte				
Resultats de càlculs				
Resultat final				
Unicació on es produeix el consum (p. ex.: oficines, magatzems...) *1	GAS NATURAL			
	Consum de combustible		Factor d'emissió de CO ₂	Emissions de CO ₂
	unitat (Nm ³ o kWh) *2	valor	kgCO ₂ /unitat	tones de CO ₂
Lloc 1	kWh	11,00	0,18	0,00200
Lloc 2				0,00
Lloc 3				0,00

Figura 30. Pestanya de combustibles fòssils (ABAST 1) (Font: (22))

A la pestanya d'electricitat, ens ajudem amb un rebut de consum elèctric, en el meu cas, utilitzem la xarxa general i hem consumit 139kWh (Figura 31).

CONSUM ELÈCTRIC (ABAST 2)							
Aquí pots calcular les emissions del consum d'electricitat segons diverses casuístiques:							
1. Consum d'electricitat de la xarxa que no disposa d'un certificat de GdO							
1.1. Si s'aplica el mix elèctric de la comercialitzadora: El factor d'emissió de CO ₂ cal introduir-ho manualment d'acord amb la informació que publica habitualment la CNMC al seu web a partir del 31 de març de l'any següent. Quan aquesta informació estigui disponible, l'OCCC publicarà el llistat amb aquests valors en el seu web.							
1.2. Si s'aplica el mix elèctric general de la xarxa: El factor d'emissió de CO ₂ serà per defecte el mix elèctric publicat per l'OCCC							
2. Consum d'electricitat de la xarxa, provinent de fonts renovables i que disposa d'un certificat de GdO: El factor d'emissió de CO ₂ és 0.							
3. Consum d'electricitat d'una instal·lació pròpia per autoconsum. Només cal indicar els kWh per autoconsum. El factor d'emissió de CO ₂ és 0.							
4. Consum d'electricitat provinent d'una instal·lació no pròpia no connectada a xarxa: El factor d'emissió de CO ₂ cal introduir-ho manualment d'acord amb el tipus d'instal·lació de la qual es consumeix l'electricitat. Recomanem utilitzar els factors d'emissió de la Guia (veure pestanya Factors emissió de la Calculadora)							
Lloc on es produeix el consum (p. ex: oficines, magatzems...) *1	Tipus d'electricitat consumida *2		Xarxa convencional general o Mix de comercialitzadora concreta *3		Consum d'electricitat (valor)	Factor d'emissió de CO ₂	Emissions de CO ₂ (tones)
	De xarxa	Convencional (sense GdO)	Xarxa general o Comercialitzadora	Comercialitzadora			
					kWh	g CO ₂ /kWh	tones de CO ₂
Lloc 1	De xarxa	Convencional (sense GdO)	General (sense GdO)	No empleneu	139,00	241,000	0,03350
Lloc 2							0,00000
Lloc 3							0,00000

Figura 31. Pestanya consum elèctric (ABAST 2) (Font: (22))

Bloc III. Càlcul de la reducció d'emissions de CO₂ associada a l'estalvi energètic que suposaria l'ús de transport públic enlloc de vehicles privats.

Continuant treballant amb la calculadora, he pogut veure les emissions de CO₂ utilitzant el transport privat. Per això he buscat el model del meu vehicle a la base de dades IDAE, un turisme de la marca Volkswagen que té un factor d'emissió de 95 g CO₂/km per poder afegir-lo a la calculadora GEH amb un trajecte de 14,8 km que realitzo normalment. Veiem a la figura 32 que per cada viatge l'emissió és de 0.00141 tones de CO₂.

3. Mètode: distància recorreguda (si es disposa de la marca i model del turisme)					
Mode de transport	Descripció	Model	Distància *3	Factor d'emissió CO ₂ *4	Emissions de CO ₂
			km	g CO ₂ /km	(tones)
	Vehicle 1	Turismos POLO Polo Advance 1.6 TDI 70	14,80	95,00	0,00141
	Vehicle 2				0,00000
	Vehicle 3				0,00000

Figura 32. Pestanya Transport per Carretera, transport privat (ABAST 1). (Font: (22))

Una alternativa per aquest trajecte seria l'ús d'un autobús, per tant a l'apartat d'autobusos urbans de la calculadora, he introduït la mateixa distància que faria amb transport privat. Cal tenir en compte que aquest valor s'hauria de dividir pel número de persones presents en l'autobús.

Autobusos urbans (independentment del tipus de combustible)					
Mètode: distància recorreguda					
Mode de transport	Descripció	Distància *6	Factor d'emissió de CO ₂ *7	Emissions de CO ₂	
		km	g CO ₂ /km	(tones)	
	Autobús urbà 1	14,80	72,220	0,00107	
	Autobús urbà 2			0,00000	
	Autobús urbà 3			0,00000	

Figura 33. Pestanya Transport per Carretera, transport públic (ABAST 1). (Font: (22))


A la figura 34 veiem que el valor de les tones de CO₂ en utilitzar el transport públic és més alt que el de emissions de CO₂ amb transport privat, això es deu a que aquest valor encara l'hem de dividir entre el número de passatgers que ocupen l'autobús. D'aquesta manera obtindrem el valor d'emissió reduït (Figura 17).

III.1. Trajecte amb automòbil privat	
Km del trajecte escollit	14,8
Emissió resultat del càlcul amb la calculadora (tones)	0,00141
Quantitat de persones que ocupen el vehicle normalment	2
Emissió per persona (tones)	0,000705
III.2. Alternativa mitjançant transport públic	
Emissió amb autobús (tones)	0,00107
Quantitat de persones a l'autobús	15
Emissió amb transport ferroviari (tones)	
Quantitat de persones al transport ferroviari	
III.3. Reducció de CO₂ emès	
Diferència d'emissió entre autobús i cotxe (tones)	0,0006337
Diferència d'emissió entre transport ferroviari i cotxe (tones)	

Figura 34. Resultats del bloc III de l'apartat de l'estudi de la qualitat de l'aire.(Font: Pròpia)

Bloc IV. Càlcul de la reducció d'emissions de CO₂ associada a l'estalvi en el consum d'aigua.

Amb l'ajuda d'una factura de consum d'aigua omplim la taula de la pestanya de l'aigua de la calculadora GEH. En el meu cas, el consum del mes passat va ser de 18 m³ el que equival a 0,0071 tones de CO₂, com veiem a la figura 35.

AIGUA (ABAST 3) 

Entrada de dades de l'usuari
Dades per defecte
Resultats de càlculs
Resultat final

Lloc on es consumeix l'aigua de les xarxes urbanes (p. ex.: oficines, magatzems...)*1	Consum d'aigua (m ³)	Factor d'emissió de CO ₂ eq	Emissions de CO ₂ eq
	valor	kg CO ₂ eq/m ³	tones CO ₂ eq
Lloc 1	18,00	0,39500	0,0071
Lloc 2			0,00000
Lloc 3			0,00000
Lloc 4			0,00000
Lloc 5			0,00000

Figura 35. Pestanya de l'aigua (ABAST 3).) (Font: (22))

Bloc V. Càlcul de la teva Petjada de Carboni.

Com hem comentat a l'apartat 4.1.1.1, la petjada de carboni mitjana per persona a Espanya està al voltant de 5,03 T/any, la qual es troba per sota de la mitjana Europea que és de 6,4 T/any. En el meu cas al calcular-la em surt que el valor de la meva petjada de carboni és al voltant de 2,52 T/any. (Figura 36)

Tot i ser menor tant de la mitjana espanyola com de l'europea, no és suficient, ja que per combatre el canvi climàtic, l'objectiu mundial és de 2 T/any per persona.

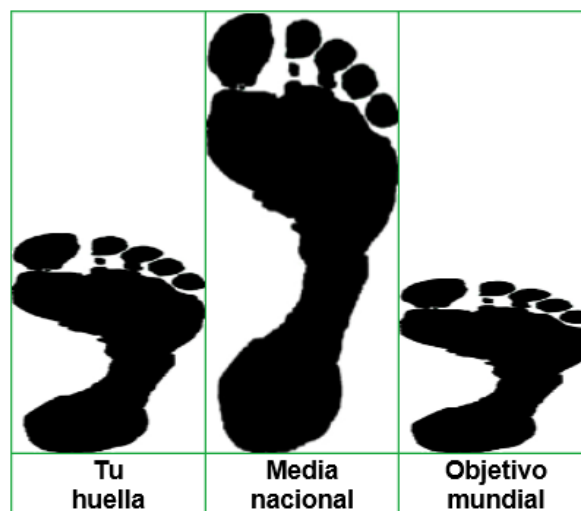


Figura 36. Petjada de Carboni calculada. (Font: Pròpia)

5.1.2. Manual 2. Estudi de la qualitat i consum de l'aigua

Mitjançant el visor cartogràfic de la Generalitat de Catalunya, puc centrar-me en la meua zona de residència i veure quines són les masses d'aigua que afecten. A Manresa trobem sobretot masses d'aigua de Rius i algunes de subterrànies.

A la pàgina web del ACA, podem veure l'estat en el que es troben les diferents masses d'aigua que hi ha al voltant de Manresa, com per exemple la Riera de Rajadell, la qual presentava un estat general bastant dolent. (Figura 37).

2. Estat de les masses d'aigua a estudiar

En aquest apartat escriu els resultats que t'han anat sortint a l'estudiar les masses d'aigua del teu municipi (molt bo, bo, mediocre...)

Massa d'aigua 1	El Llobregat entre riera Gavarresa i el Cardener	Massa d'aigua 3	Riera de Rajadell
Estat general	Dolent amb incertesa	Estat general	Dolent amb incertesa
Estat químic	Dolent	Estat químic	Bo
Estat ecològic	Mediocre	Estat ecològic	Dolent
Q. biològica	Dades parcials	Q. biològica	dades parcials
Q. fisicoquímica	Dades parcials	Q. fisicoquímica	dades parcials
Q. hidromorfològica	Dades parcials	Q. hidromorfològica	dades parcials
Massa d'aigua 2	Riera de Santa Creu	Massa d'aigua 4	
Estat general	Bo	Estat general	
Estat químic	Bo	Estat químic	
Estat ecològic	Bo	Estat ecològic	
Q. biològica	Dades parcials	Q. biològica	
Q. fisicoquímica	Dades parcials	Q. fisicoquímica	
Q. hidromorfològica	Dades parcials	Q. hidromorfològica	

Figura 37. Respostes de l'estat de les masses d'aigua. (Font: Pròpia)

Seguint a la mateixa pàgina web, també podem saber quina és la capacitat dels embassaments a les conques internes de Catalunya, i, amb un mapa interactiu, veurem que, a les diferents masses d'aigua, s'hi troben unes estacions que ens donen informació del cabal, nivell o volum d'embassat. Per exemple, a la Riera Gavarresa, hi ha un pluviòmetre que calcula la intensitat de precipitacions en la zona. (Figura 38)

4. Coneixem més dades de la zona

Data

1. Estat de la gota d'aigua (reserves actuals de les conques internes de Catalunya). %

2. Quants hm³ són? hm³

3. A la teua zona hi ha dades d'embassaments, rius o pluviòmetres? Escriu a continuació les dades. Si tens diverses opcions, selecciona només un de cada tipus.

Data Zona

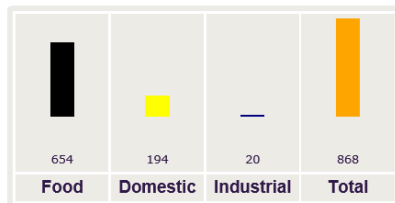
Embassament	Aforament	Pluviòmetre
Riu	Riu Llobregat	Riera Gavarr
Provincia	Barcelona	Barcelona
Comarca	Berguedà	Bages
Terme municipal	Cercs	Artés
Conca	El Llobregat	El Llobregat
Subconca	Alt Llobregat	Llobregat Ml
Capacitat màx.	Superfície conca drenada	Superfície conca drenada
Nivell absolut	628,63	Cabal del riu
Volum embassat	97.564	Nivell del riu
% volum embassat	89,16	452,56
		1085
		21.214
		Intensitat precipitació
		0

Figura 38. Respostes de coneixement de més dades de la zona. (Font: Pròpia)

L'última activitat del manual 2 ens demana que calculem la petjada hídrica a la pàgina web de Waterfootprint.

En aquesta pàgina vaig haver d'omplir un qüestionari obtenint el resultat que es mostra a la figura 39:

Components of your total water footprint



Categories within the food component of your water footprint

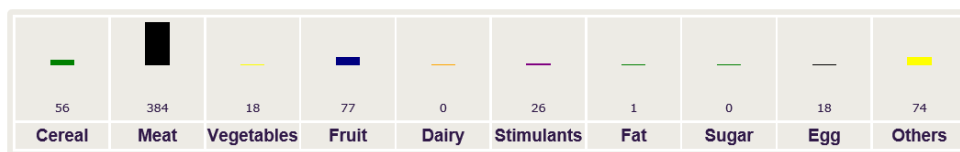


Figura 39. Resultats Petjada Hídrica. (Font. Ref. Pròpia)

Així doncs, la meua petjada hídrica és al voltant de 868 m³/any la qual es troba per sota de la mitjana global que és d'uns 1240 m³/any per persona.

5.1.3. Manual 3. Estudi de l'arbrat

Per a la realització d'aquest manual m'he familiaritzat amb l'aplicació oberta del Mapa de cobertes del sòl de Catalunya (MCSC) i el Lector Universal de Mapes del MiraMon. Amb el MCSC he seleccionat la meua zona de residència descarregant-me-la i amb el lector he pogut treure unes taules resum de les cobertes presents a la zona de Manresa que es veuen a la figura 40.

Taula de nivell 1		Taula de nivell 2	
CLAUSIMBOL	HECTAREES	CLAUSIMBOL	HECTAREES
Terrenys forestals	835,52	Arbrat dens	4277,055394
Aigües continentals	64,62	Arbrat clar	928,948091
Conreus	2.044,37	Matollars	4096,71238
Improductiu artificial	1.680,21	Aiguamolls	0
Superfície Total	4624,72	Prats i herbassars	359,7022542
		Improductiu natural	
		Aigües continentals	10,1804963
		Conreus	2849,684215
		Improductiu artificial	
Representació terrenys forestals (%)	18,07	Representació arbrat (%)	112,57

Figura 40. Resultats del manual pera l'estudi de l'arbrat. (Font. Pròpia)

El nivell 1, 2 i 5 són els que ens interessen, corresponents a la representació de terrenys forestals, la representació de l'arbrat i la de parcs urbans respectivament.

Com veiem a la figura 40, el nivell 5 no el representem, ja que a la zona de Manresa, el seu valor és 0 per la poca presència de parcs urbans.

5.2. Resultats del cas d'estudi

En primer lloc, mostrarem un estudi general de les 3 implementacions que permetrà fer un estudi més complet de les dades i de més zones de Catalunya. Seguidament s'estudiarà una a una les tres implementacions per veure-les amb més detall.

Per poder fer l'estudi comptem amb un total de 77 participants, 16 per la primera implementació, 29 a la segona implementació i 32 en la tercera implementació. Però, per a la realització dels gràfics que veurem a continuació, algunes dades que han proporcionat els participants s'han desestimat ja es consideraven errònies. Per tant, prèviament a extreure les conclusions s'ha fet un estudi de les dades per cometre el menor error possible.

A la figura 40 un apartat del Excel on s'han treballat aquestes dades d'emissions per la calefacció on veiem que les dades que s'han desestimat són marcades amb groc, ja sigui per que presentaven valors incoherents o sortien del rang en el que es trobaven la gran majoria.

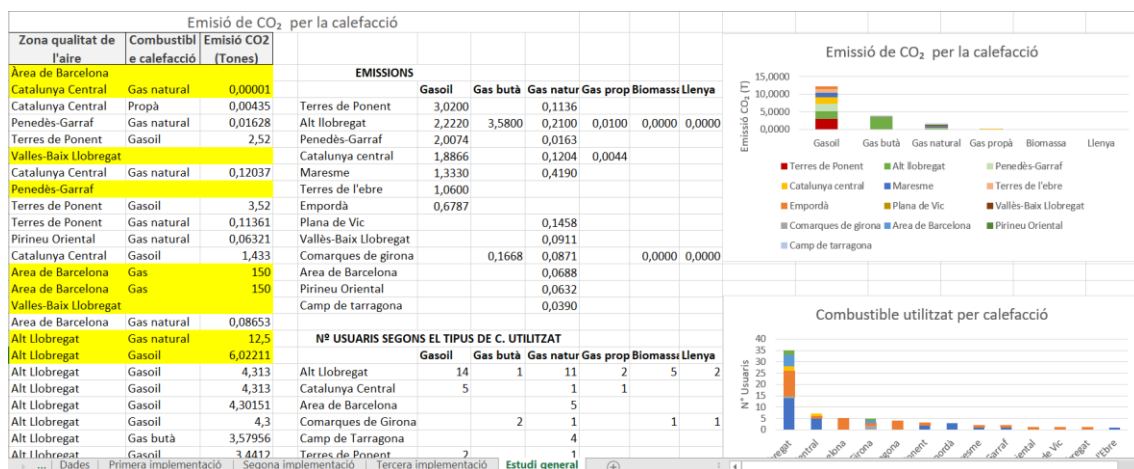


Figura 41. Representació d'una part de l'Excel on s'han treballat les dades dels participants. (Font: Pròpia)

Cal remarcar que de les activitats dels manuals, es treballarà amb aquella informació més rellevant que ens permeti relacionar l'arbrat amb la qualitat de l'aire i de l'aigua. Per tant del manual de l'aire farem un estudi de les emissions de CO₂ segons el tipus de combustible fòssil, el tipus de xarxa elèctrica utilitzada, mitjà de transport, i la petjada de carboni. Aquestes emissions són efecte d'activitats que realitzem dia a dia els humans i l'objectiu d'estudiar aquests punts és veure com afecten aquestes activitats quotidianes a la qualitat de l'aire.

Respecte al manual de l'aigua, mostrarem els resultats de la petjada hídrica, ja que són les dades lligades a l'activitat humana i, finalment en quant al manual de l'estudi del bosc, ens centrarem en el nivell 1, 2 i 5, corresponents a la presència de terrenys forestals, la presència de l'arbrat i la de parcs urbans respectivament, com s'ha comentat abans al punt 5.1.3.

5.2.1. Estudi general

En el cas general, on s'hi inclouen les tres implementacions, en l'estudi de la qualitat de l'aire, obtenim el gràfic de la figura 42 on es representa l'emissió de CO₂ en Tones segons el combustible utilitzat per a la calefacció en les diferents zones d'estudi.

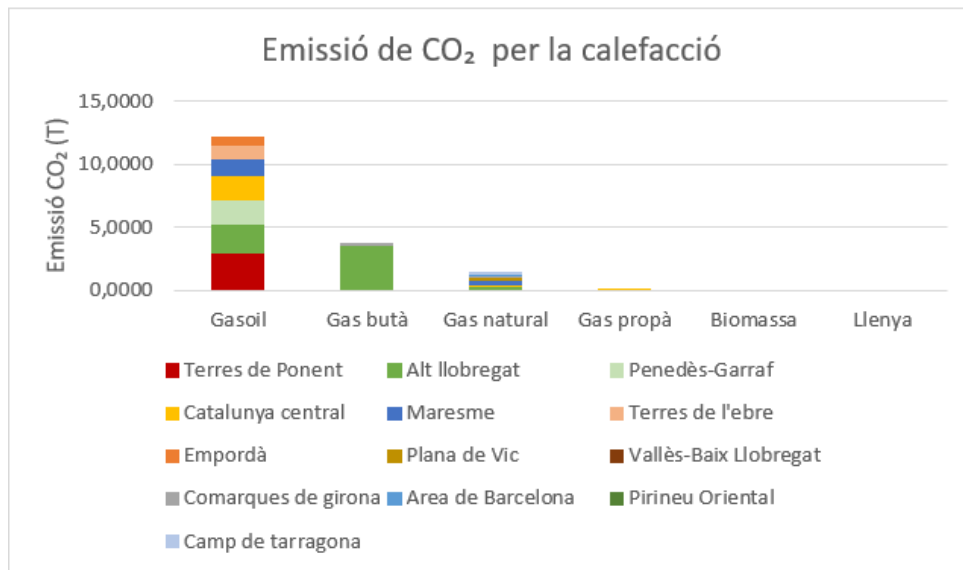


Figura 42. Emissió de CO₂ per calefacció segons el tipus de combustible fòssil utilitzat. (Font. Pròpia)

Podem comprovar clarament, que el gasoil és el combustible fòssil amb més emissions seguit del gas butà i del gas natural. Les zones de qualitat de l'aire amb més emissions en aquest cas serien les Terres de Ponent, l'Alt Llobregat i el Penedès-Garraf.

Com la barra d'emissions del gasoil és major a la resta, s'ha realitzat un segon gràfic només indicant els altres combustibles, poder apreciar millor quines zones es decanten més al consum de gas natural.

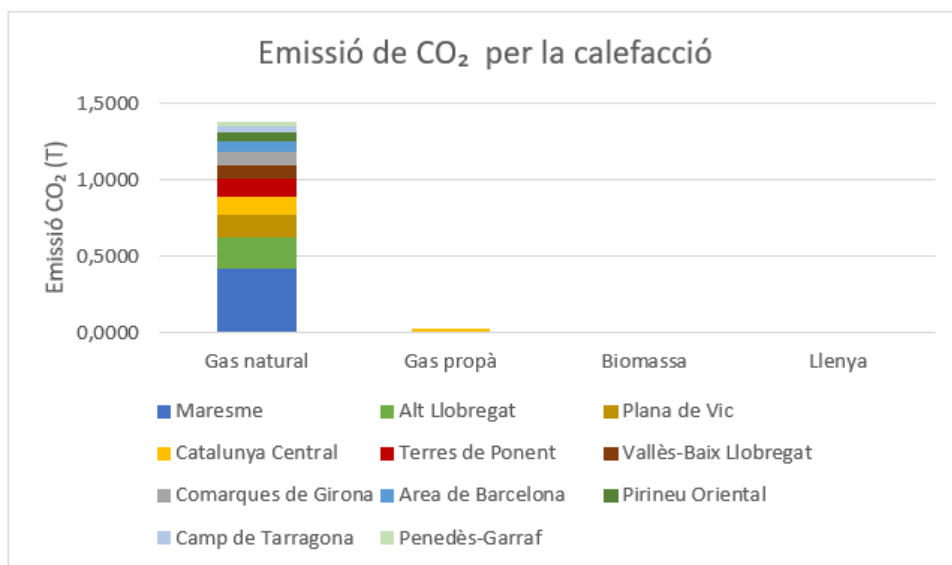


Figura 43. Emissió de CO₂ per calefacció segons el tipus de combustible fòssil utilitzat II. (Font. Pròpia)

A la figura 43 apreciem millor les emissions degudes a la utilització del gas natural com a combustible fòssil. La major consumició és troba a la zona del Maresme, seguit per l'Alt Llobregat i la Plana de Vic en tercer lloc.

En aquests gràfics, no podem veure les emissions de CO₂ per biomassa o per llenya, ja que el seu valor és nul en quant a emissions. Però si que hi ha zones on aquestes fonts d'energia és fan servir. A continuació apreciem a la figura 44 el número d'usuaris que hi ha per a cada tipus de combustible.

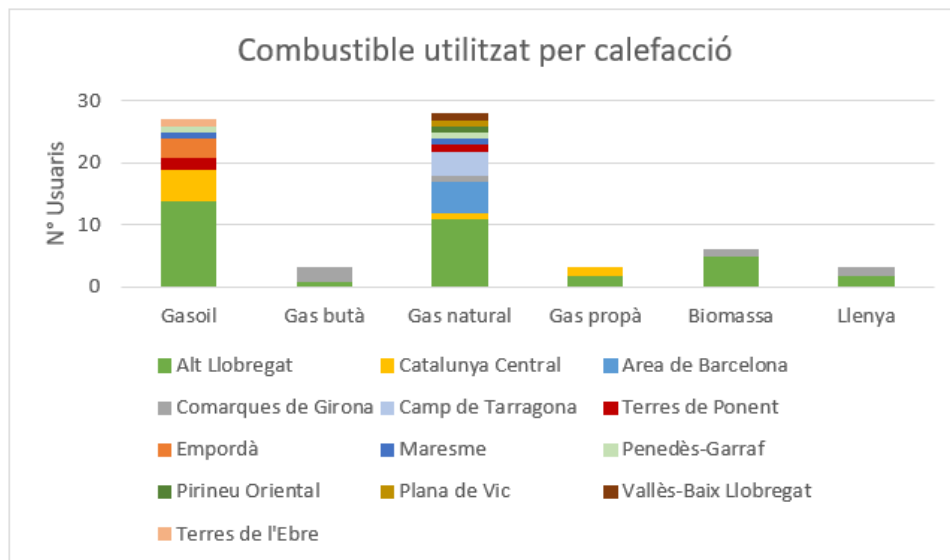


Figura 44. Número d'usuaris segons el combustible utilitzat per a la calefacció. (Font. Pròpia)

Observem que l'Alt Llobregat i les Comarques de Girona són les zones que més es decanten per a la utilització d'aquestes fonts d'energia amb emissió 0.

En quant a l'emissió de CO₂ per electricitat, obtenim la figura 45 relacionant les emissions amb el tipus de xarxa que es fa servir, ja sigui la general o una xarxa verda.

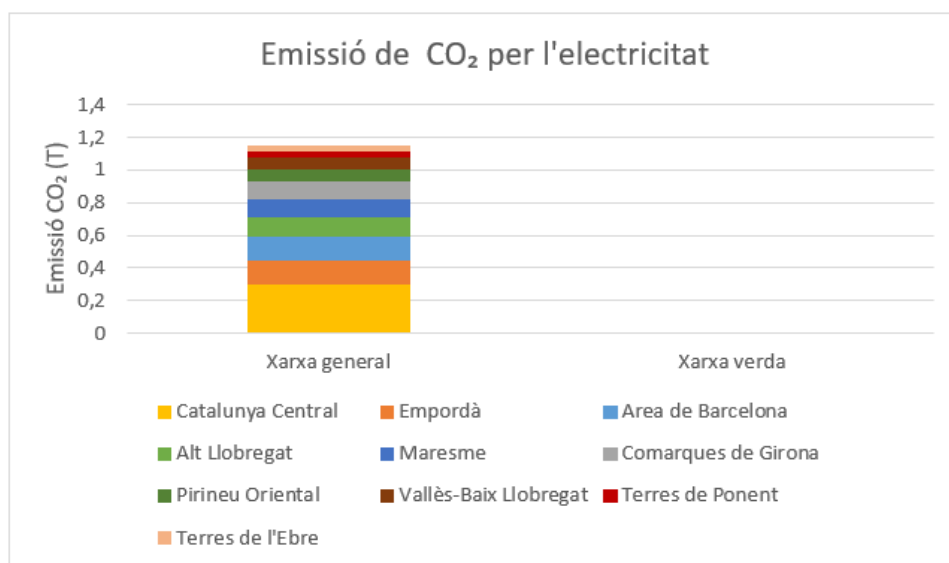


Figura 45. Emissió de CO₂ per l'electricitat segons la xarxa utilitzada. (Font. Pròpia)

Novament, en el cas de la xarxa verda, les emissions són nul·les, el que no vol dir que aquest tipus de xarxa no s'utilitzi. Veurem a la figura 46 quines zones és decanten més per la xarxa verda. D'altra banda, La Catalunya Central, l'Empordà i l'Àrea de Barcelona són les zones d'emissió més destacades amb la utilització de la xarxa general.

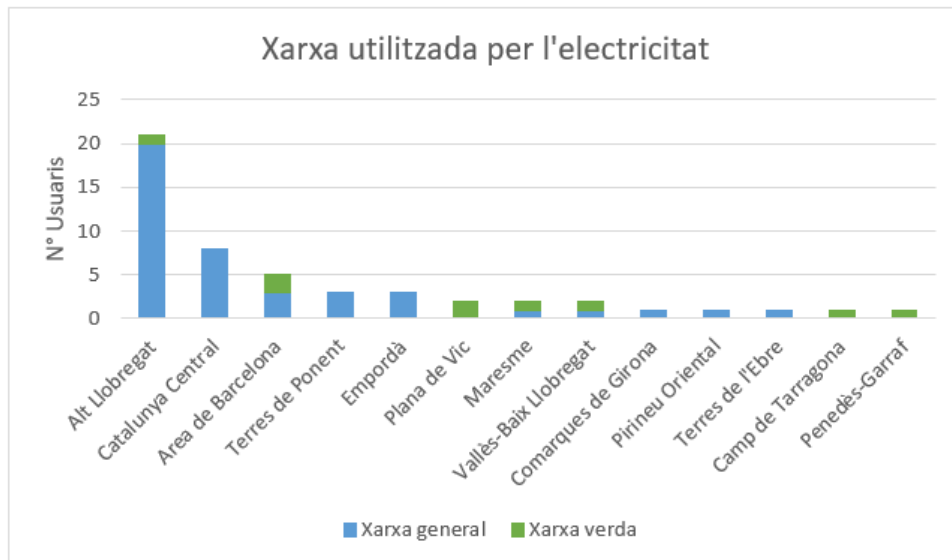


Figura 46. Número de persones segons el tipus de xarxa utilitzat.(Font. Pròpia)

Com veiem, la xarxa més utilitzada és la general, no obstant, a 7 de les 13 zones estudiades, també s'utilitza la xarxa verda.

Per poder avaluar les emissions de CO₂ amb transport privat enfront del públic i el percentatge de reducció que suposaria la substitució del primer pel segon, hem realitzat el mapa que podem veure a la figura 47 amb les emissions de les diferents zones d'estudi.

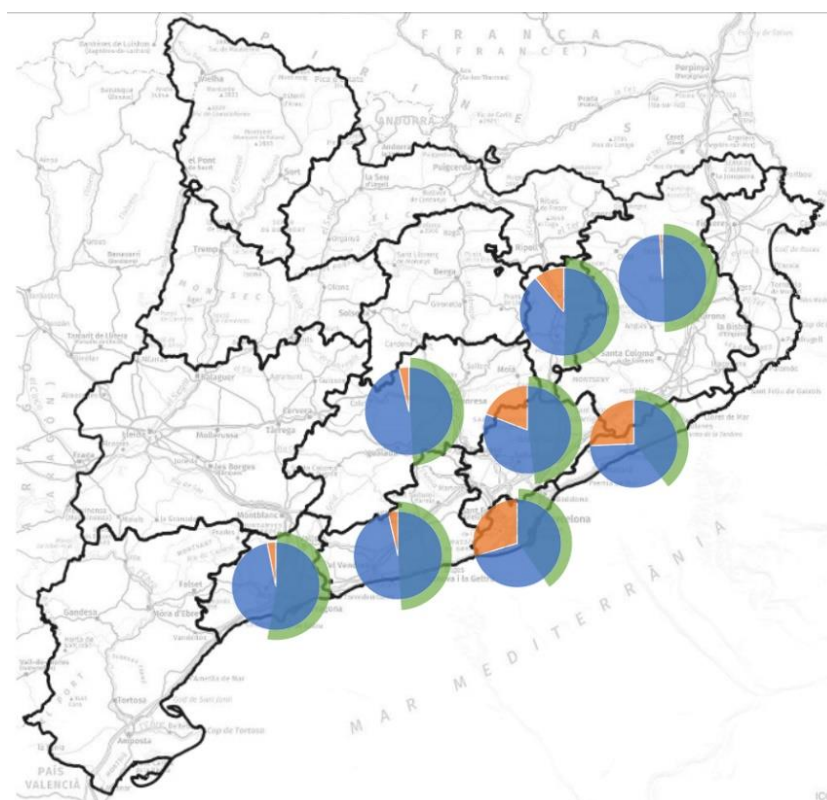


Figura 47. Representació de les emissions de CO₂ amb transport públic (taronja) enfront al transport privat (blau) i les seves reduccions(verd). (Font: pròpia)

Aquest apartat ha sigut un dels més complexos a avaluar, ja que en el manual s'indiquen 4 maneres diferents de calcular les emissions de CO₂ amb transport privat (per la distància recorreguda, pel consum de combustible en litres per any, per la despesa en euros per any, la marca del vehicle i la distància recorreguda).

Per poder fer-ho de la millor manera, s'han agafat les emissions de CO₂ i s'han dividit per km recorregut i per persona. Com a resultat tenim l'emissió per 1 km de recorregut per persona a les diferents zones d'estudi.

Podem observar que l'Àrea Metropolitana de Barcelona i els seus voltants pròxims, el Vallès-Baix Llobregat i Maresme, tenen una emissió més alta en transport públic que la resta de zones, això pot ser degut a que en aquestes zones trobem més serveis públics que, per exemple, a la Catalunya Central on una gran majoria és mou amb transport privat per la falta de connexions amb transport públic amb altres zones del voltant.

Generalment, veiem que les reduccions de CO₂ estarien al voltant de la meitat del que s'emeta amb transport privat. Per tant, en fer un canvi de transport reduiríem aproximadament un 50 % les nostres emissions.

A continuació, veiem a la figura 48 les emissions de CO₂ provocades pel consum d'aigua:

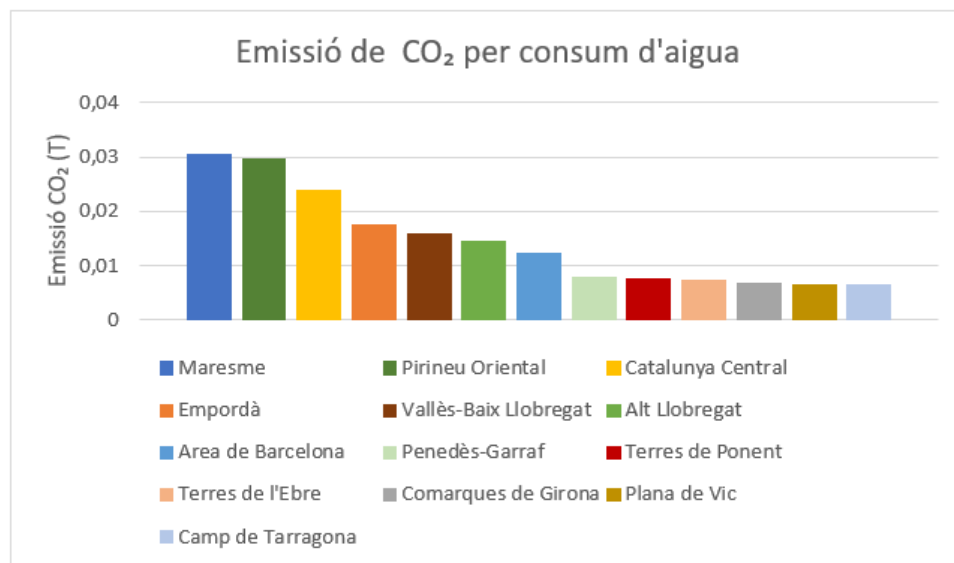


Figura 48. Emissions de CO₂ per consum d'aigua. (Font: pròpia)

Veiem que les zones amb més emissions són el Maresme, el Pirineu Oriental i amb un valor una mica més baix, la Catalunya Central. Aquests valors estan directament relacionats amb el consum d'aigua de cada zona. Per a la resta de zones, l'emissió és més baixa generalment.

Com s'ha comentat anteriorment, l'objectiu global de la petjada de carboni és de 2 Tones/any per persona. A continuació veurem a la figura 49 les mitjanes de la petjada de carboni, per a cada zona estudiada.

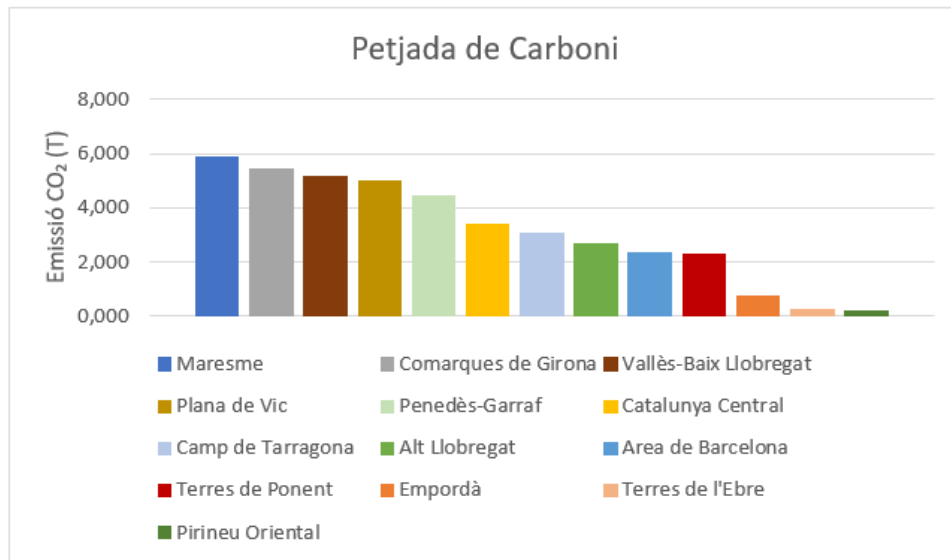


Figura 49. Petjada de Carboni. (Font. pròpia)

La gran majoria de zones, supera les 2 Tones de CO₂, només l'Empordà, les Terres de l'Ebre i el Pirineu Oriental es troben sota aquest valor. Pel contrari, el Maresme, les Comarques de Girona i el Vallès-Baix Llobregat van per davant en quant a les emissions. La mitjana espanyola es troba al voltant de les 5 Tones, per tant les primeres 5 zones de la gràfica es troben al voltant d'aquest valor. Per tal d'assolir el valor objectiu de 2 Tones, hem de treballar molt en reduir el nostre consum i contribuir així a reduir les conseqüències del canvi climàtic.

En quant a la petjada hídrica, el valor global mitjà és de 1240 m³/any per persona. Al gràfic de la figura 50, observem que per sota d'aquest valor hi ha bastantes zones com la Catalunya Central, l'Àrea de Barcelona, la Plana de Vic, el Maresme, les Terres de l'Ebre i encara amb valors inferiors el camp de Tarragona, les Comarques de Girona, el Penedès – Garraf, l'Empordà i amb un valor molt més baix, el Pirineu Oriental. Les zones que segueixen al capdamunt amb una petjada hídrica més elevada, són el Vallès-Baix Llobregat, l'Alt Llobregat i les Terres de Ponent.

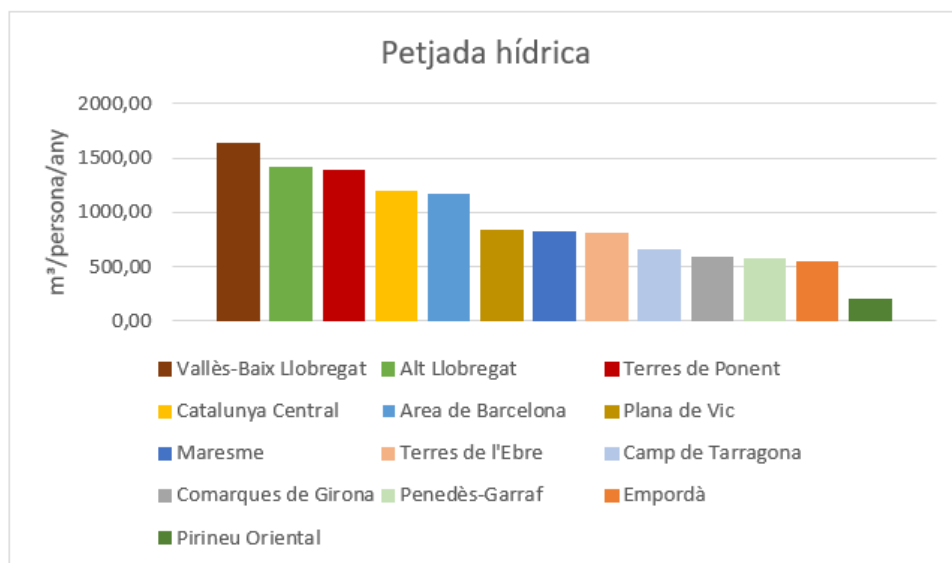


Figura 50. Petjada Hídrica. (Font. pròpia)

Tots aquests valors d'emissions de CO₂, i en conseqüència la contaminació produïda per l'activitat humana, ara es contrastaran amb el percentatge de terrenys forestals, la presència d'arbrat i les zones de parcs urbans.

A la figura 53 veiem un mapa on es representa en color verd el percentatge de terrenys forestals per a les zones indicades. Les zones de la Catalunya més Oriental, contenen un percentatge més elevat, que, per exemple les zones de Lleida o les Terres de l'Ebre.

D'aquesta quantitat de Terrenys forestals, al mapa de la figura 52 veiem el percentatge d'arbrat, dins del total de terrenys forestals. Per últim en el mapa de la figura 51, veiem el percentatge de parcs urbans dins del total de zones amb arbrat.

El percentatge de parcs urbans és molt escàs a la majoria del territori, a excepció de la zona de l'Àrea de Barcelona. Això és deu a que aquesta zona està tan urbanitzada que per això hi ha més zones de parcs urbans per complementar la poca presència d'arbrat a l'entorn.

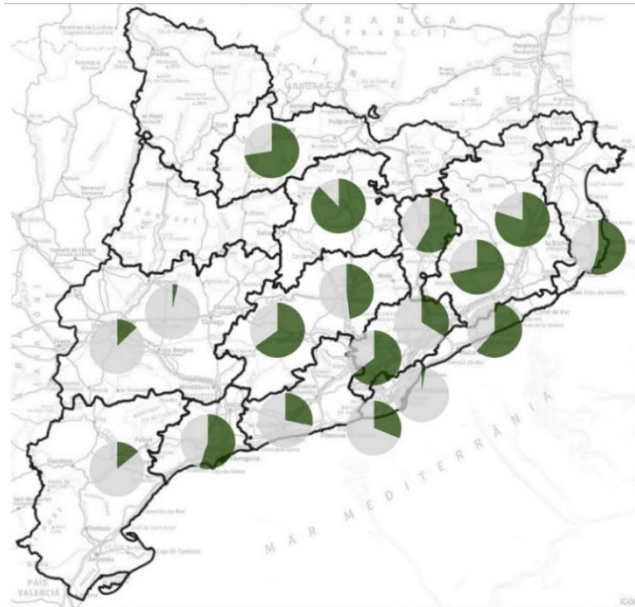


Figura 51. Representació dels Terrenys Forestals. (Font. pròpia)

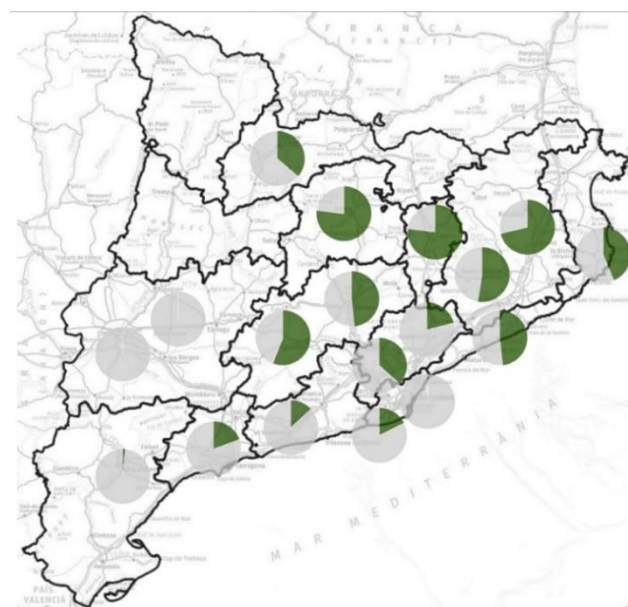


Figura 53. Representació de l'arbrat. (Font. pròpia)



Figura 52. Representació dels parcs urbans. (Font. pròpia)

Aquestes dades les podem contrastar amb el mapa de qualitat de l'aire de Catalunya realitzat el 2015 pel Departament del Territori i Sostenibilitat (28)



Figura 54. Zones de Qualitat de l'aire (2015) (Font: (28))

Si observem la figura 54, podem veure les zones amb una qualitat d'aire pitjor marcades en un vermell més ponent. Estudiem una de les zones crítiques, per exemple el Vallès-Baix Llobregat, el qual coincideix amb ser una de les zones on s'ha destacat valors d'emissions de CO₂ alts. A més, a la figura 51, aquesta zona mostra un percentatge d'arbrat més escàs que les zones del seu voltant. Per tant entre les emissions que és produeixen i la seva mala qualitat de l'aire, amb una presència pobre d'arbrat, és més notable la mala qualitat de l'aire.

5.2.2. Primera implementació

En aquesta primera implementació, les zones d'estudi se centren en l'Àrea de Barcelona, el Penedès-Garraf, la Catalunya Central, l'Alt Llobregat, Les Terres de Ponent i el Pirineu Oriental. Veiem a la figura 55, les localitats d'aquesta implementació.



Figura 55. Mapa de localitzacions. 1ra Implementació. (Font: pròpia)

Encara que es disposava de dades de 6 zones de qualitat d'aire, s'ha desestimat aquelles dades que anaven fora de rang i per tant feien variar els resultats.

En quant a l'emissió de CO₂ segons el tipus de combustible per a la calefacció s'han agafat dades de les zones de Terres de Ponent, Catalunya Central, Pirineu Oriental i el Penedès-Garraf. Veiem el contrast de resultats a la figura 56.

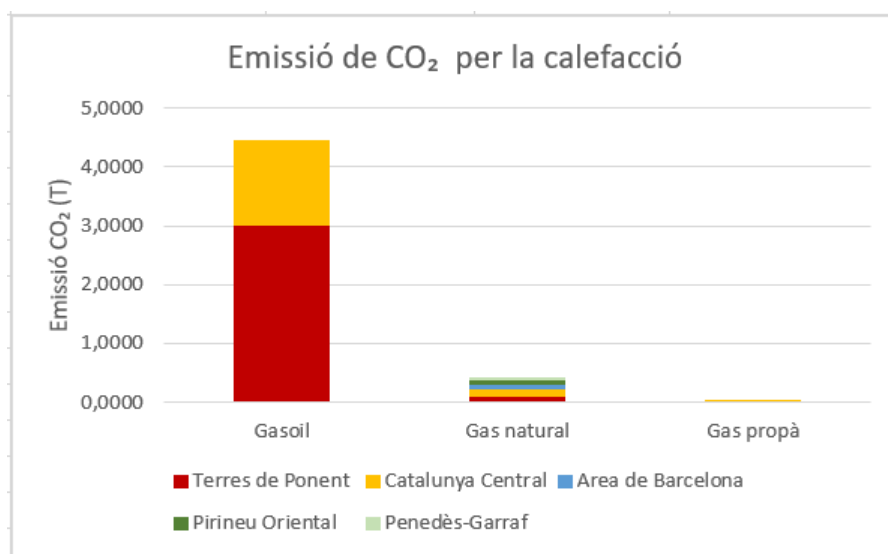


Figura 56. Emissió de CO₂ per calefacció segons el tipus de combustible fòssil utilitzat. 1ra Implementació. (Font: Pròpia)

El gasoil al ser el combustible fòssil que més CO₂ emet fa que les quantitats emeses pel gas natural i el gas propà no siguin gaire apreciades. Per tant elaborem la figura 57 amb la representació del gas natural i el gas propà.

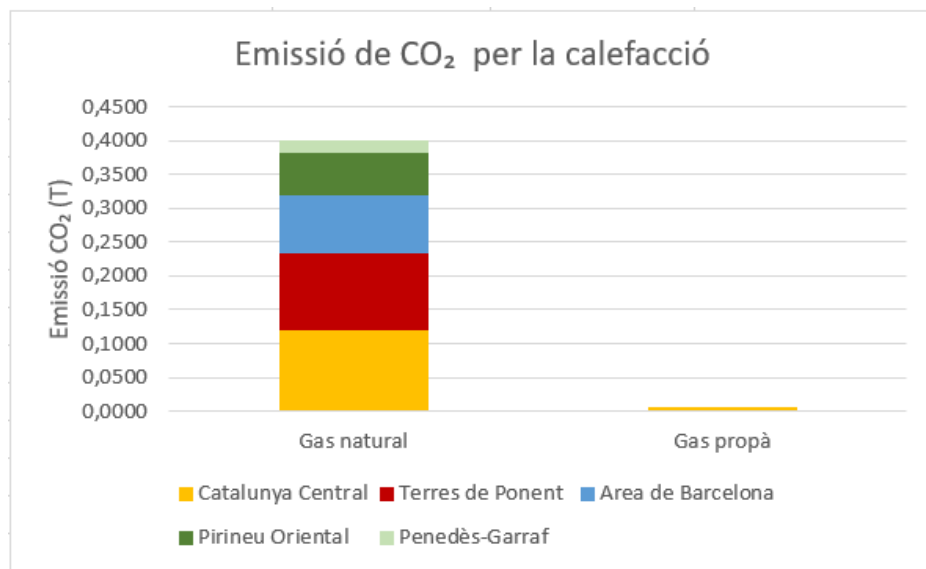


Figura 57. Emissió de CO₂ per calefacció segons el tipus de combustible fòssil utilitzat. 1ra Implementació II. (Font: Pròpia)

Amb aquestes dues figures, la 56 i la 57, podem veure que les Terres de Ponent i la Catalunya Central són les zones de qualitat d'aire que més CO₂ emeten. A més, la majoria de zones d'aquesta implementació veiem que utilitzen com a font d'energia el gas natural.

Seguim amb l'estudi d'emissions per electricitat a la primera implementació. A la figura 58 veiem que la zona de l'Àrea de Barcelona és la que emeten més CO₂ i les terres de ponent en segon lloc.

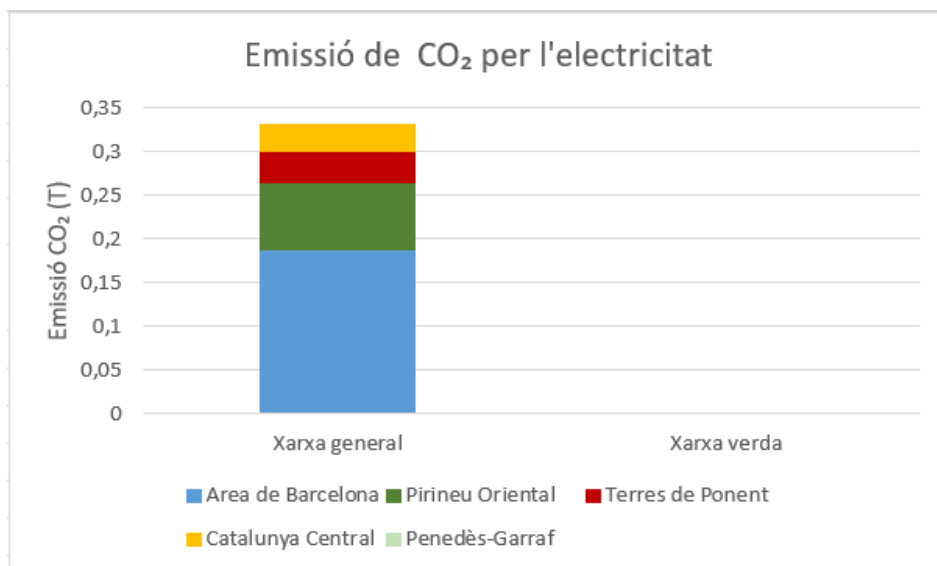


Figura 58. Emissió de CO₂ per l'electricitat segons la xarxa utilitzada. 1ra Implementació. (Font: Pròpia)

Les emissions per xarxa verda tornen a ser nul·les, la qual cosa no vol dir que en aquestes zones d'estudi no hi hagin usuaris.

A la figura 59 veiem com l'ús de la xarxa general és més popular que no pas la xarxa verda. Al Penedès- Garraf és l'única zona on els usuaris s'han decantat per l'energia verda.

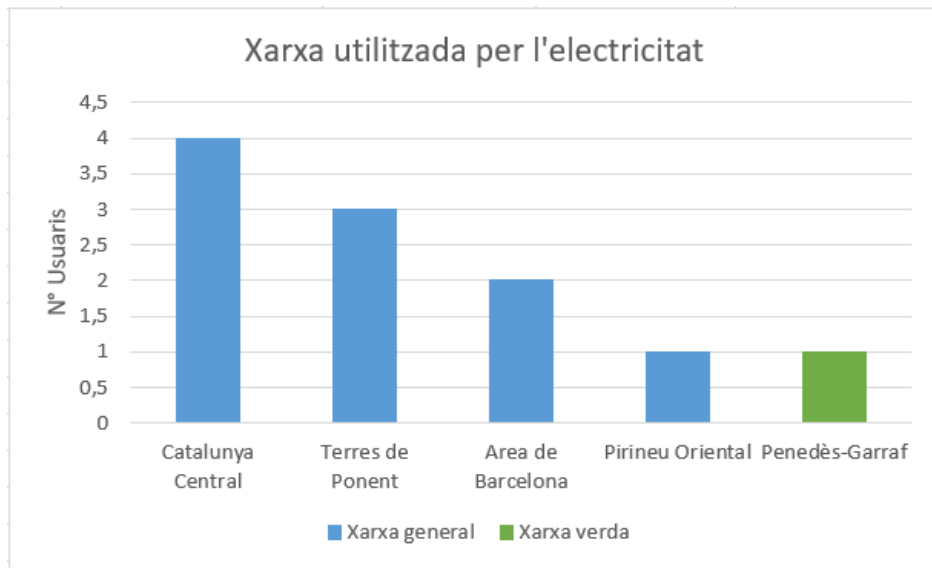


Figura 59. Número de persones segons el tipus de xarxa utilitzat. 1ra Implementació. (Font. Pròpia)

En quant a les emissions segons el tipus de transport utilitzat, veiem a la figura 60 que novament que les emissions són més altes al moure's amb transport privat. En aquest cas, també és mostren les dades d'emissions per km recorregut. S'observa quin seria el percentatge de disminució d'emissions si substituïssim el transport privat pel públic.

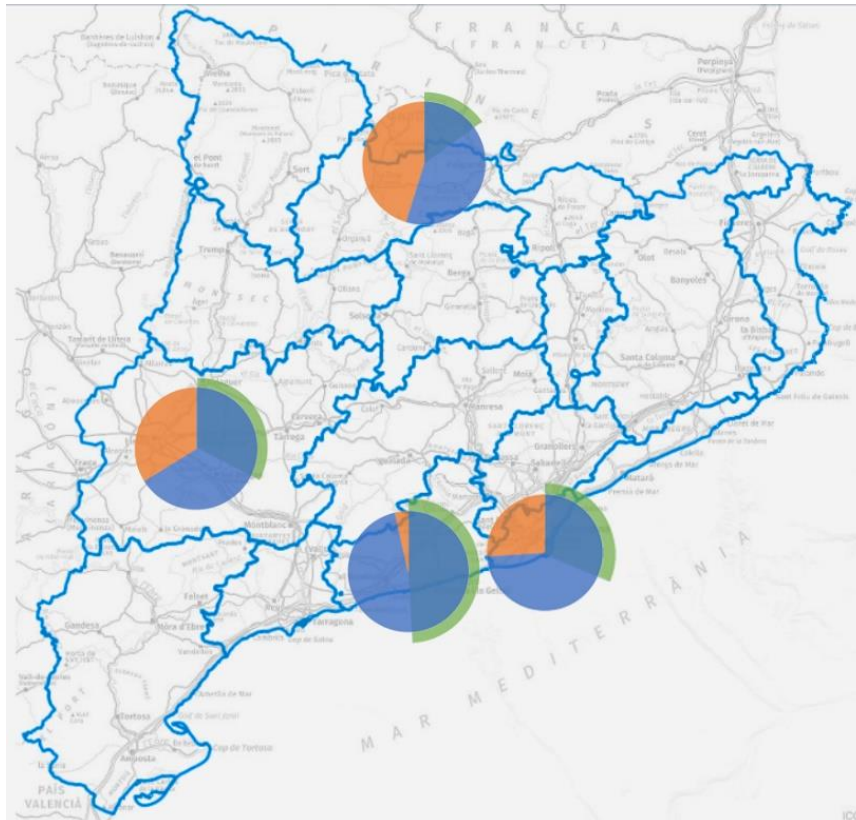


Figura 60. Representació de les emissions de CO₂ amb transport públic (taronja) enfront al transport privat (blau) i les seves reduccions (verd). 1ra Implementació (Font: pròpia)

Les emissions per consum d'aigua les podem veure a la figura 61 on veiem que la zona del Pirineu Oriental es troba al capdavant en emissions, seguida per la Catalunya Central i l'Àrea de Barcelona.

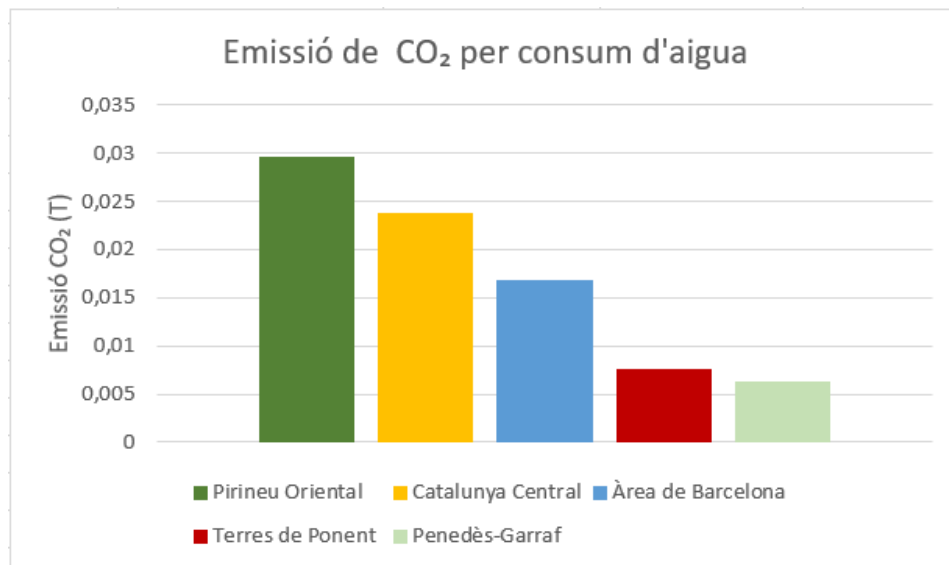


Figura 61. Emissions de CO₂ per consum d'aigua. 1ra Implementació. (Font: pròpia)

A la figura 62 veiem representat com la petjada de Carboni és molt més alta a l'Àrea de Barcelona amb un valor proper a 4,5 Tones i a la Catalunya central amb aproximadament 3,3 Tones d'emissió de CO₂. En canvi veiem l'emissió més baixa Penedès-Garraf que no arriba ni a 0,5 Tones de CO₂.

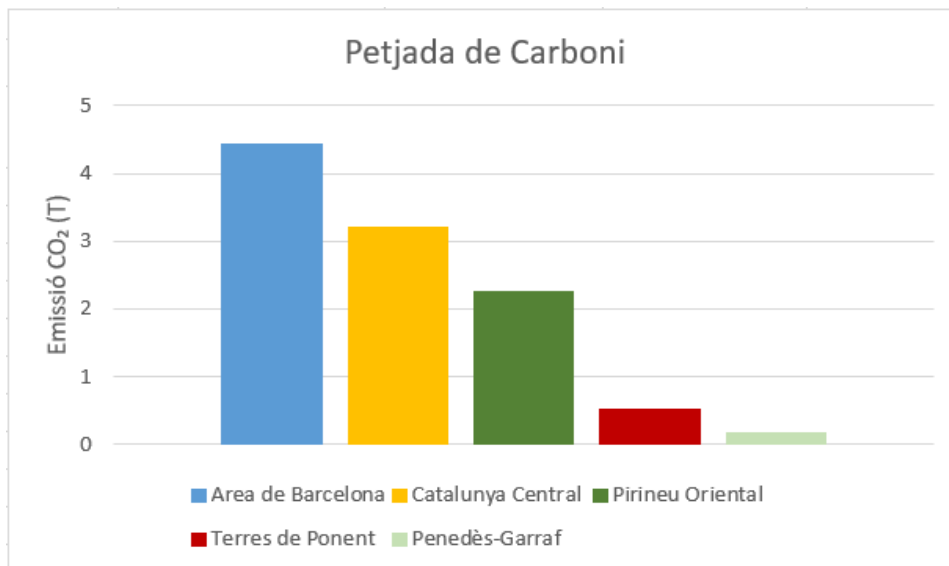


Figura 62. Petjada de Carboni. 1ra Implementació. (Font: pròpia)

La petjada hídrica de les zones estudiades, és mostra amb valors més alts al Vallès-Baix Llobregat amb 2300 m³ per persona a l'any i amb valors una mica més baixos a les Terres de Ponent, la Catalunya Central i l'Àrea de Barcelona però que no baixen dels 1000 m³ per persona a l'any. (Figura 63)

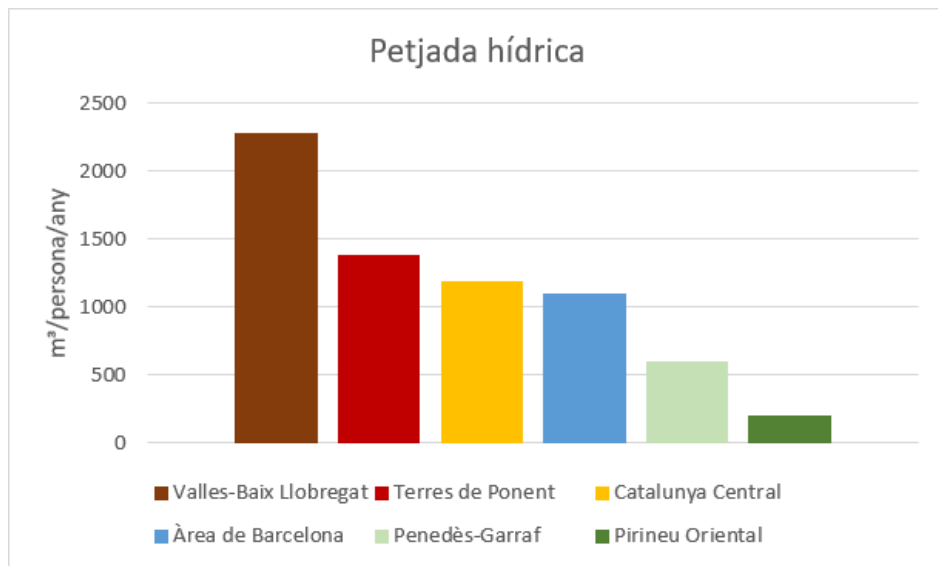


Figura 63. Petjada Hídrica. 1ra Implementació. (Font. pròpia)

Sobre l'estudi de l'arbrat, s'han efectuat uns mapes, que veiem a les figures 64, 65 i 66, amb les representacions del percentatge de Terrenys forestals, boscos i parcs urbans de les zones de la primera implementació.

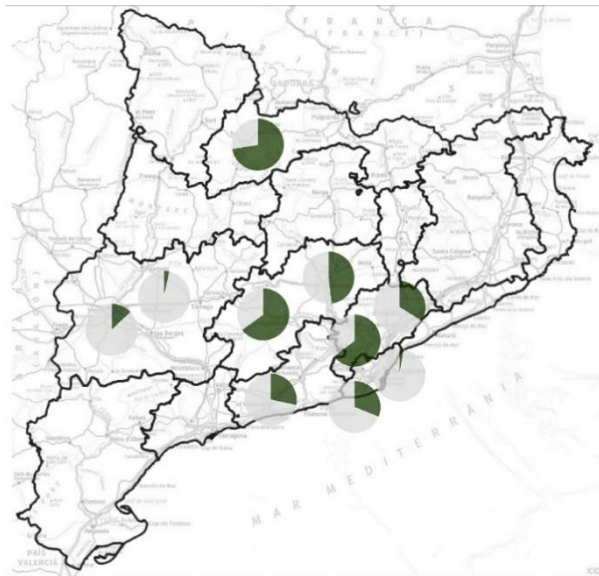


Figura 66. Representació dels Terrenys Forestals. 1ra Implementació. (Font: Pròpia)

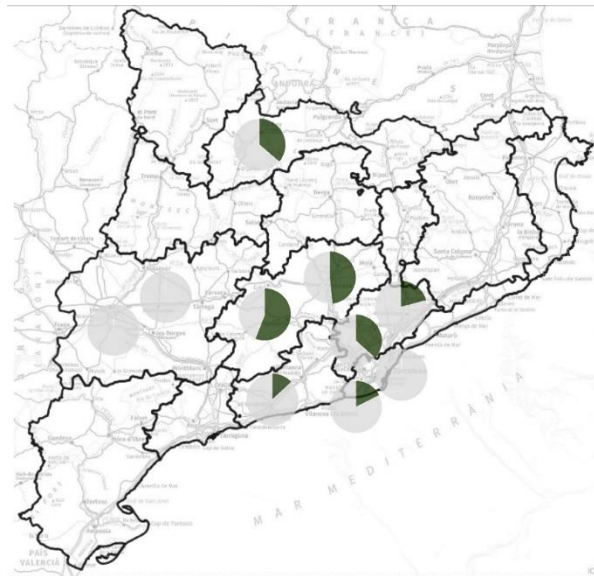


Figura 65. Representació de l'arbrat. 1ra Implementació. (Font: pròpia)



Figura 64. Representació dels parcs urbans. 1ra Implementació. (Font: pròpia)

5.2.3. Segona implementació

A la segona implementació, les activitats només es van poder realitzar en una zona, la del Alt Llobregat (figura 67) per aquesta raó fem un estudi només del tipus de combustible fòssil utilitzat i del tipus de xarxa elèctrica en la mateixa zona.



Figura 67. Mapa de localitzacions. 2na Implementació. (Font: pròpia)

Aquesta implementació ens ajudarà a conèixer quina és la variabilitat de fonts d'energia que s'utilitzen en la mateixa zona i els seus usuaris.

Com veiem a la figura 68, a la zona de l'Alt Llobregat, el combustible fòssil amb més emissions utilitzat és el gas butà, seguit del gasoil i amb menor quantitat el gas natural.

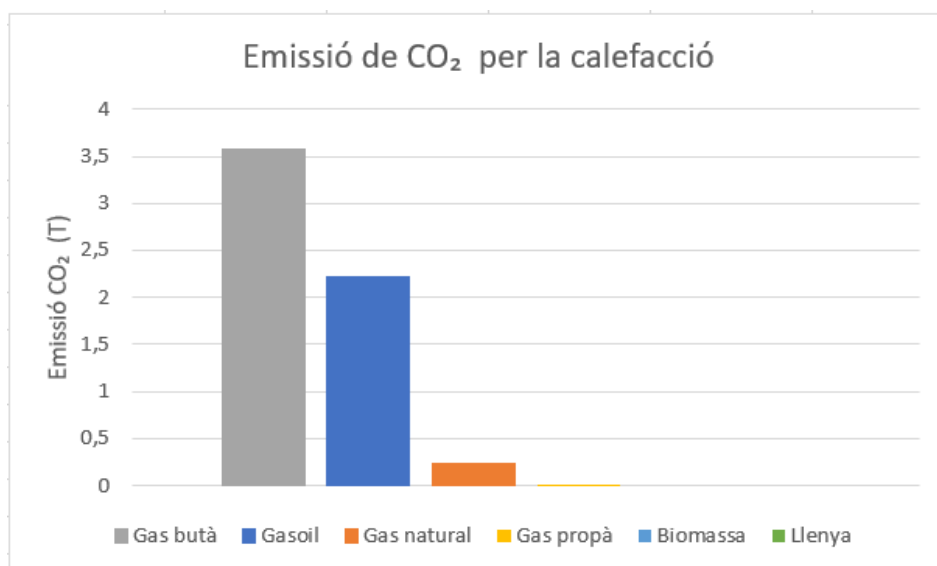


Figura 68. Emissió de CO₂ per calefacció segons el tipus de combustible fòssil utilitzat. 2na Implementació.

Encara que les emissions siguin més altes pel gas butà, veiem que el número d'usuaris per aquest combustible és molt baix, per tant emet molt CO₂. El combustible més utilitzat en aquesta zona és el Gasoil seguit del gas natural, però també veiem que hi han usuaris de Biomassa i Llenya, els quals no emeten CO₂. (Figura 69)

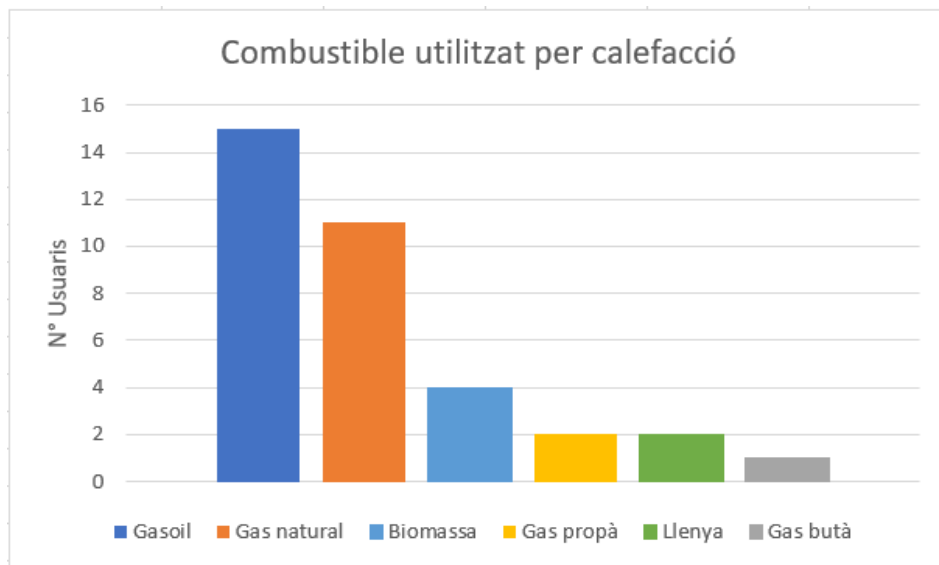


Figura 69. Número de persones segons el tipus de combustible fòssil utilitzat. 2na Implementació. (Font. Pròpia)

Les emissions per l'electricitat en la mateixa zona veiem que van fins poc abans del 0,12, aquesta dada no la podem contrastar en la segona implementació, però sí que es veu contrastat en l'estudi general amb altres zones de Catalunya. (Figura 70)

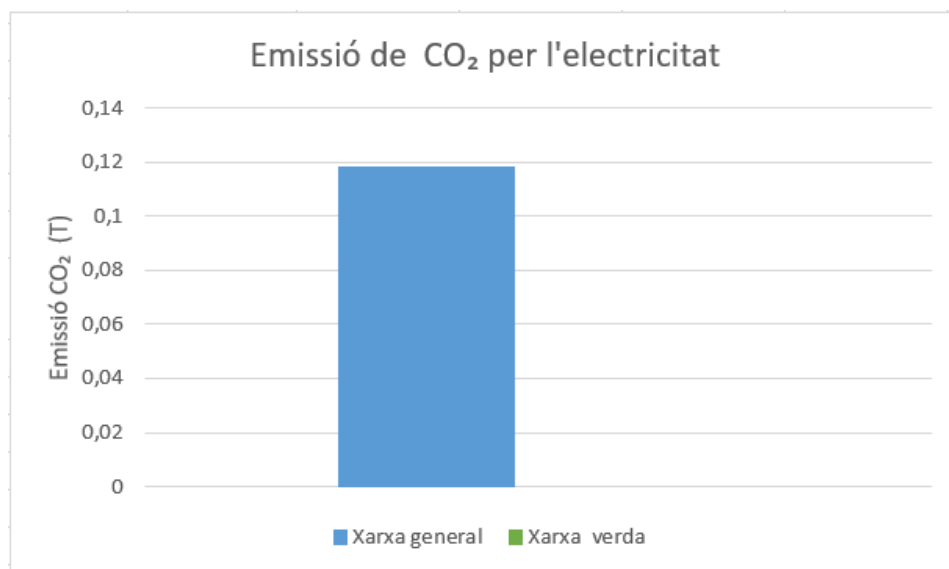


Figura 70. Emissió de CO₂ per l'electricitat segons la xarxa utilitzada. 2na Implementació. (Font. Pròpia)

El que sí que podem avaluar és la quantitat d'usuaris que utilitzen la xarxa general i la xarxa verda en una mateixa zona. Com veiem a la figura 71, a l'Alt- Llobregat la gran majoria obté l'electricitat per la xarxa general i els usuaris de la xarxa verda són molt escassos.

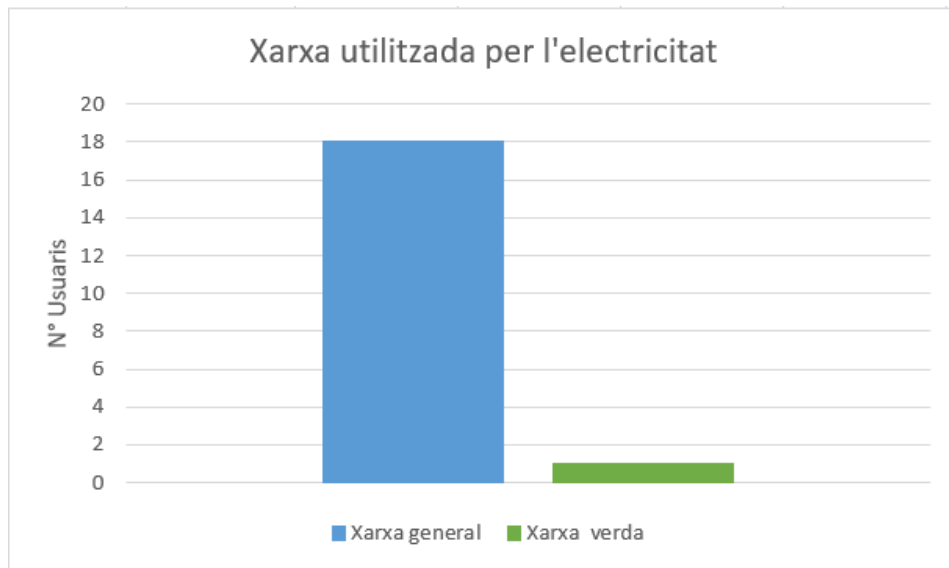


Figura 71. Número de persones segons el tipus de xarxa utilitzat. 2na Implementació. (Font. Pròpia)

5.2.4. Tercera implementació

Aquesta implementació és va poder realitzar en més zones de Catalunya, com l'Empordà, les Comarques de Girona, la Plana de Vic, el Maresme, l'Alt Llobregat, la Catalunya Central, l'Àrea de Barcelona, el Penedès-Garraf i el camp de Tarragona. (Figura 72)

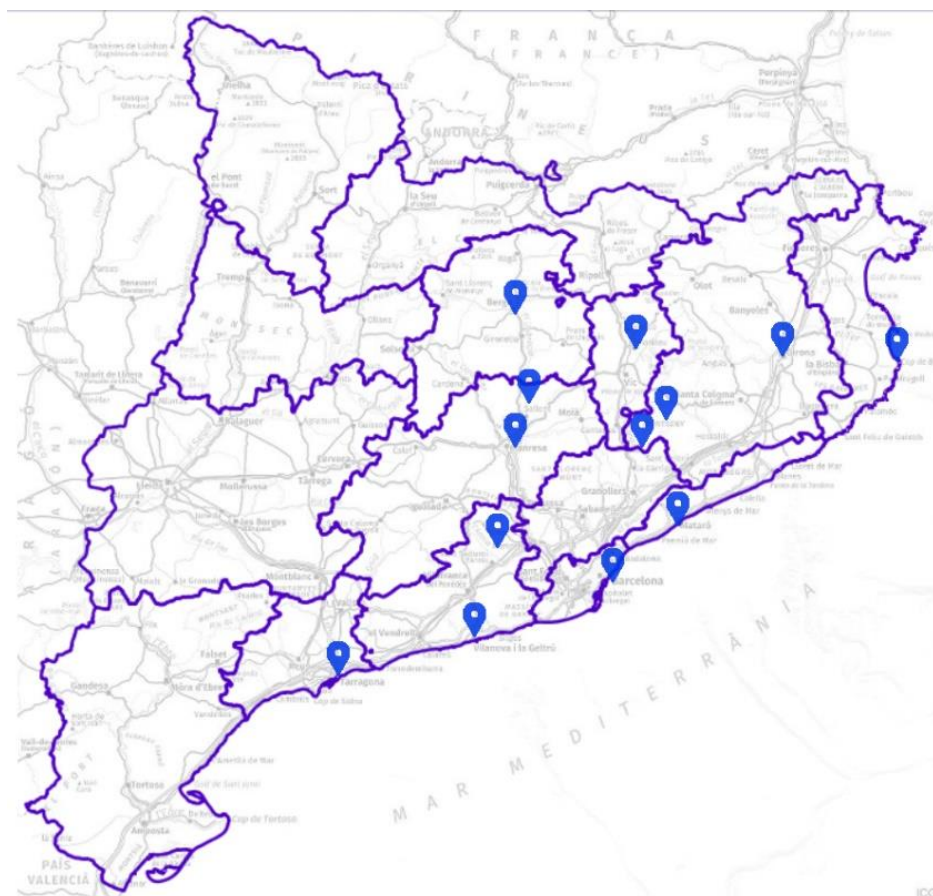


Figura 72. Mapa de localitzacions. 3ra Implementació. (Font: pròpia)

A la figura 73 veiem les emissions de CO₂ per la calefacció segons el combustible fòssil utilitzat i veiem que el Gasoil, al igual que en la primera implementació i l'estudi general, és el combustible que més emet. El següent a aquest seria el gas natural, del qual no s'acaben de veure clars, ja que la seva barra en el gràfic és veu molt petita a causa de la grandària de la del gasoil. Per això, més a sota veiem la figura 74, on ometem els valors de Gasoil i podem veure millor els de gas natural.

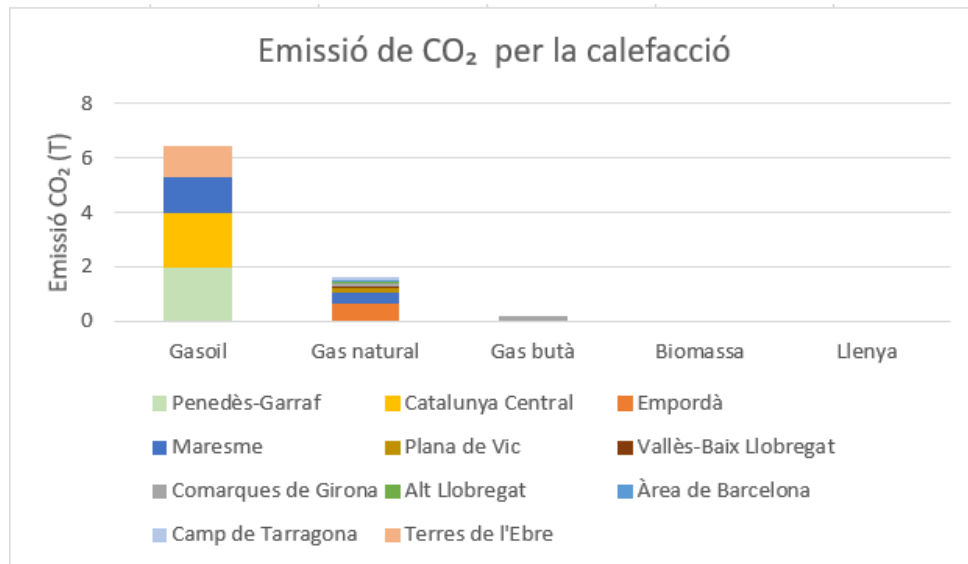


Figura 73. Emissió de CO₂ per calefacció segons el tipus de combustible fòssil utilitzat. 3ra Implementació. (Font: Pròpia)

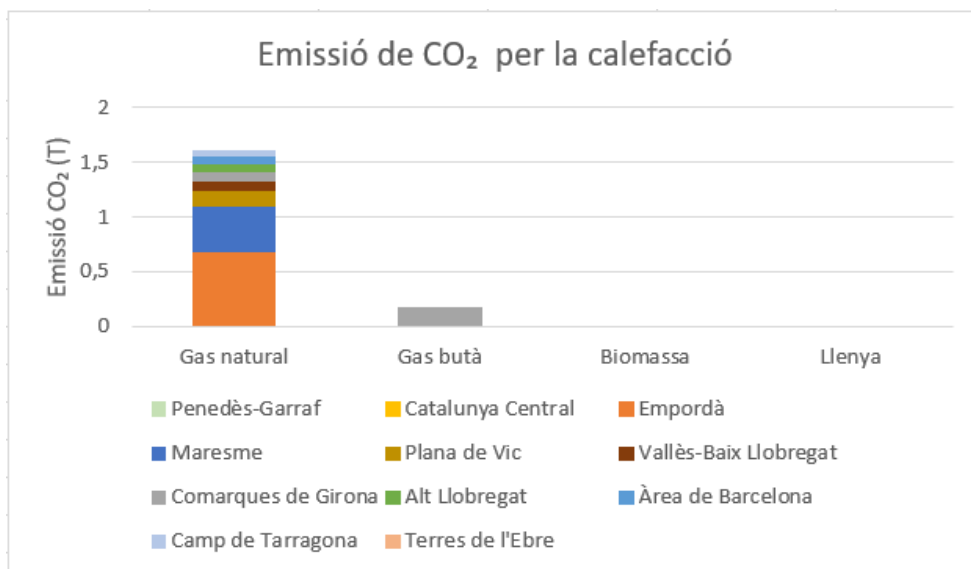


Figura 74. Emissió de CO₂ per calefacció segons el tipus de combustible fòssil utilitzat II. 3ra Implementació. (Font: Pròpia)

Novament, veiem a la figura 75 que el combustible fòssil més utilitzat en les diferents zones de la tercera implementació és el gas natural, seguit del gasoil i del gas butà. Però també veiem que les zones de l'Alt Llobregat i les Comarques de Girona es decanten per la biomassa i la llenya.

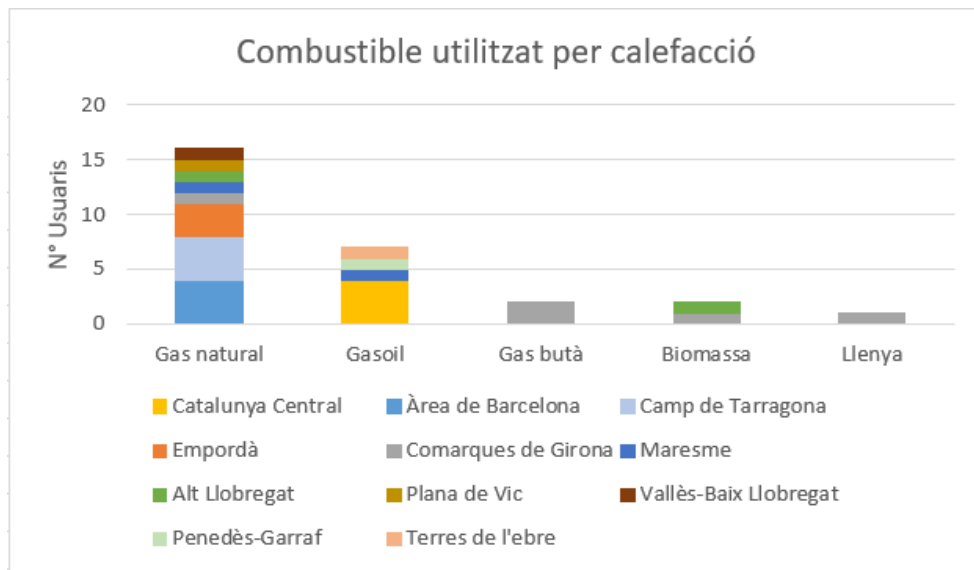


Figura 75. Número de persones segons el tipus de combustible fòssil utilitzat. 3ra Implementació. (Font. Pròpia)

En les emissions per electricitat trobem al capdavant a la Catalunya Central, com podem veure a la figura 76, seguit de les Comarques de Girona, Empordà i l'Alt Llobregat, i en menys quantitat el Maresme, el Vallès-Baix Llobregat, l'Àrea de Barcelona, Les Terres de l'Ebre i el Camp de Tarragona.

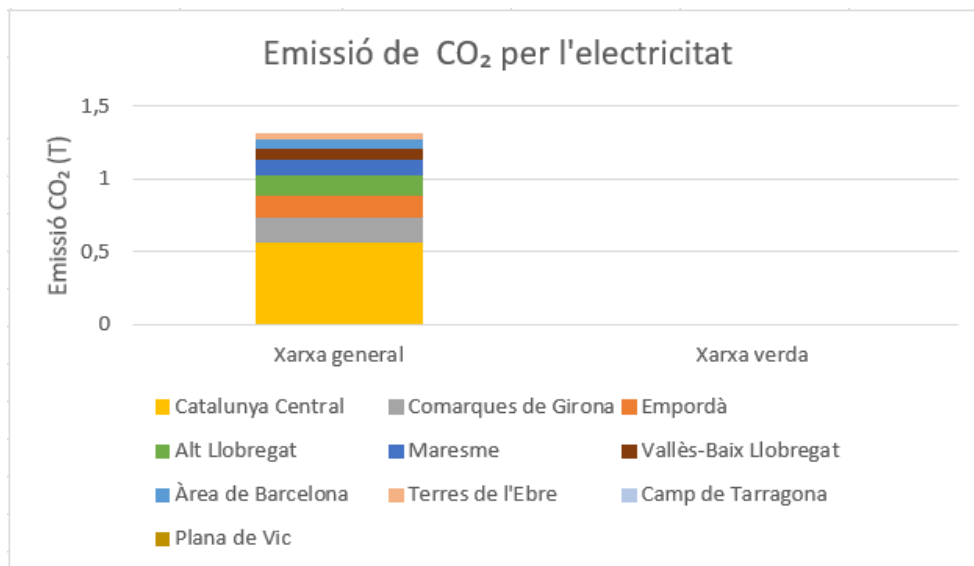


Figura 76. Emissió de CO₂ per l'electricitat segons la xarxa utilitzada. 3ra Implementació. (Font. Pròpia)

En aquesta implementació, hem vist que els usuaris també fan ús de les xarxes verdes. De les 10 zones de qualitat de l'aire 5 d'aquestes tenen usuaris de xarxa verda. (Figura 77)

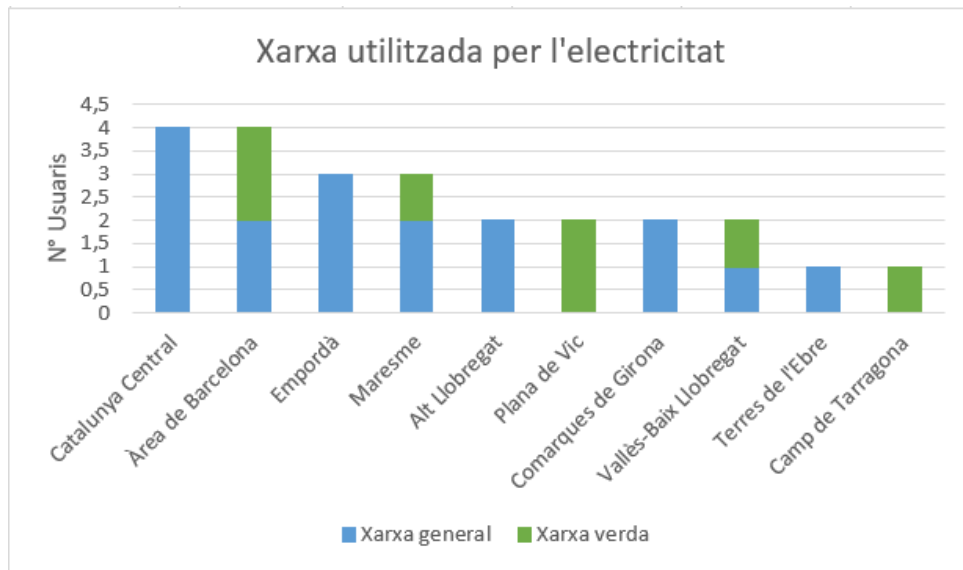


Figura 77. Número de persones segons el tipus de xarxa utilitzat. 3ra Implementació. (Font. Pròpia)

En quant a les emissions segons el tipus de transport, s'ha realitzat un mapa que podem veure a la figura 78, on veiem, novament, les emissions de CO₂ en utilitzar transport privat en front al transport públic i quina seria la reducció d'emissions.

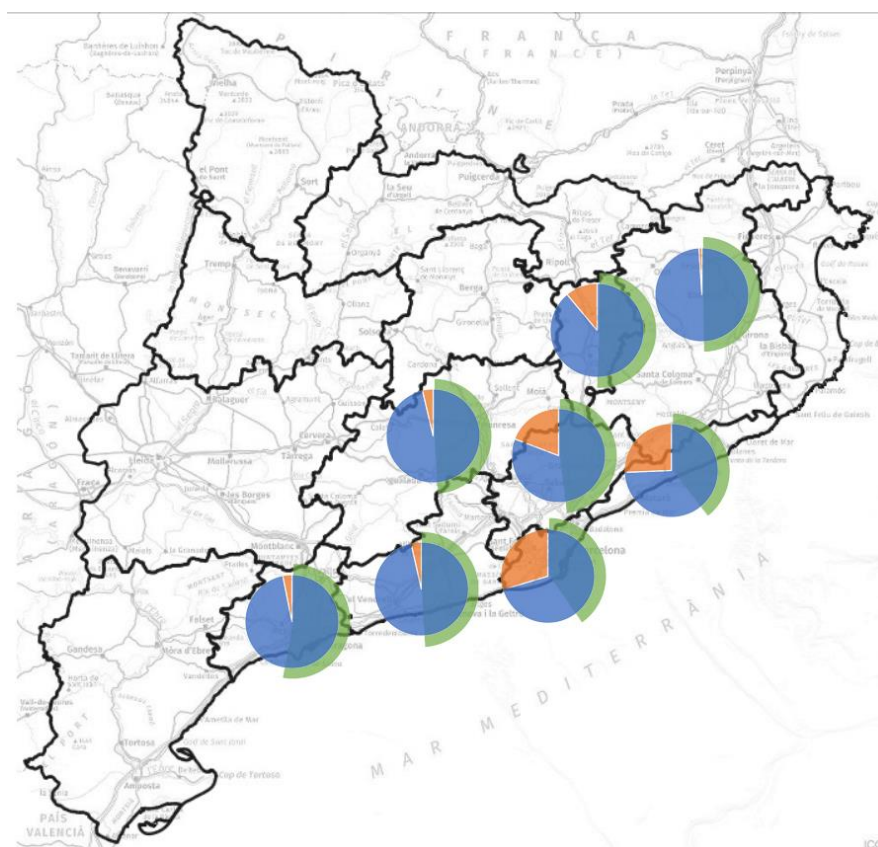


Figura 78. Representació de les emissions de CO₂ amb transport públic (taronja) enfront al transport privat (blau) i les seves reduccions (verd). 3ra Implementació (Font: pròpia).

En quant a les emissions de CO₂ per consum d'aigua trobem a la figura 79 que la zona de la tercera implementació amb més emissions és el Maresme, seguit de l'Alt Llobregat i amb una menor quantitat l'Empordà i el Vallès-Baix Llobregat. Les altres zones d'estudi presenten valors més baixos que no superen les 0.01 Tones de CO₂.

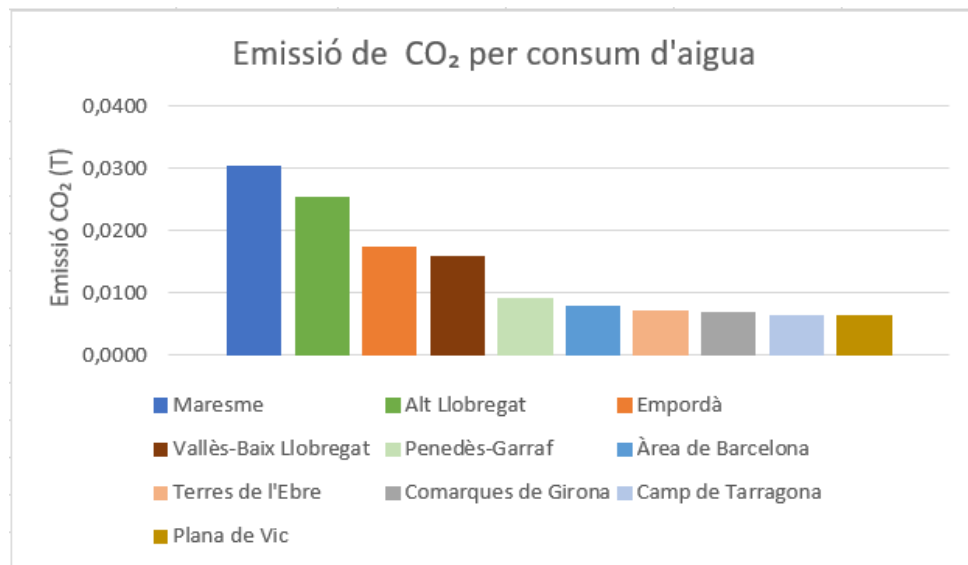


Figura 79. Emissions de CO₂ per consum d'aigua. 1ra Implementació. (Font: pròpia)

La petjada de Carboni en la tercera implementació mostra valors molt elevats per a les zones del Penedès-Garraf, el Maresme, les Comarques de Girona, el Vallès- Baix Llobregat i la Plana de Vic, situant-los en més de 4 Tones emeses per persona i any. Com s'ha comentat a l'apartat 5.1.1 la mitjana espanyola volta els 5,03 Tones/any, per tant totes aquestes zones anomenades abans és trobarien vora aquest valor o per sobre. Les comarques de Catalunya Central, Camp de Tarragona es troben més a munt que l'objectiu marcat de 2T/any i les zones de l'Àrea de Barcelona, l'Empordà i les Terres de l'Ebre, es troben per sota aquestes 2 tones. Cal destacar que la zona de Barcelona Metropolitana dona valors molt baixos, això pot ser degut a la falta de dades, ja que al tractar-se d'una zona amb molta activitat, d'espera que els seus valors siguin més alts. (Figura 80)

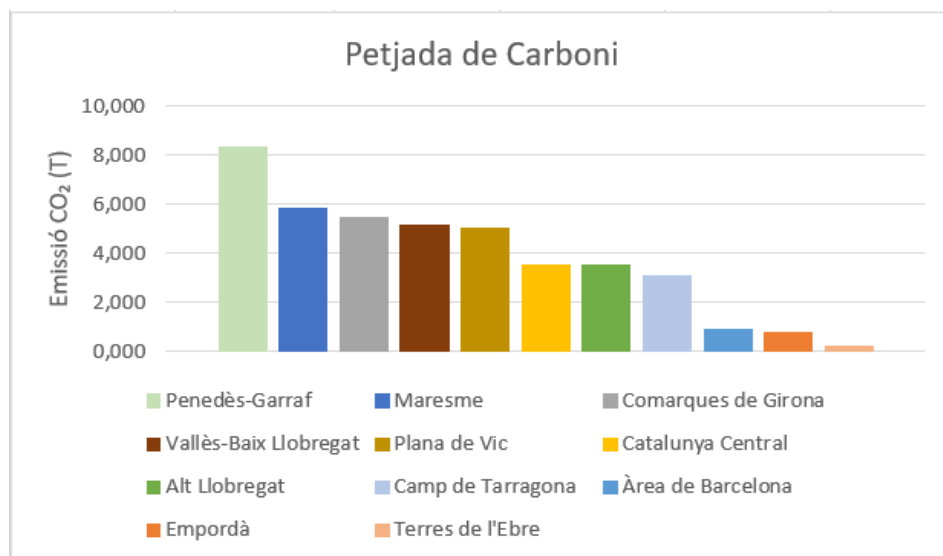


Figura 80. Petjada de Carboni. 3ra Implementació. (Font: pròpia)

La petjada hídrica d'aquesta implementació és superior a les zones de l'Àrea de Barcelona i la de la Catalunya central, situant-los per sobre dels 1000m³. La resta de zones, com veiem a la figura 81, es troben entre els 500 i els 1000 m³. La mitjana global és de uns 1240 m³/any per persona, per tant veiem a la figura que en el cas de l'Àrea de Barcelona i la Catalunya central es troben al voltant d'aquest valor i la resta per sota.

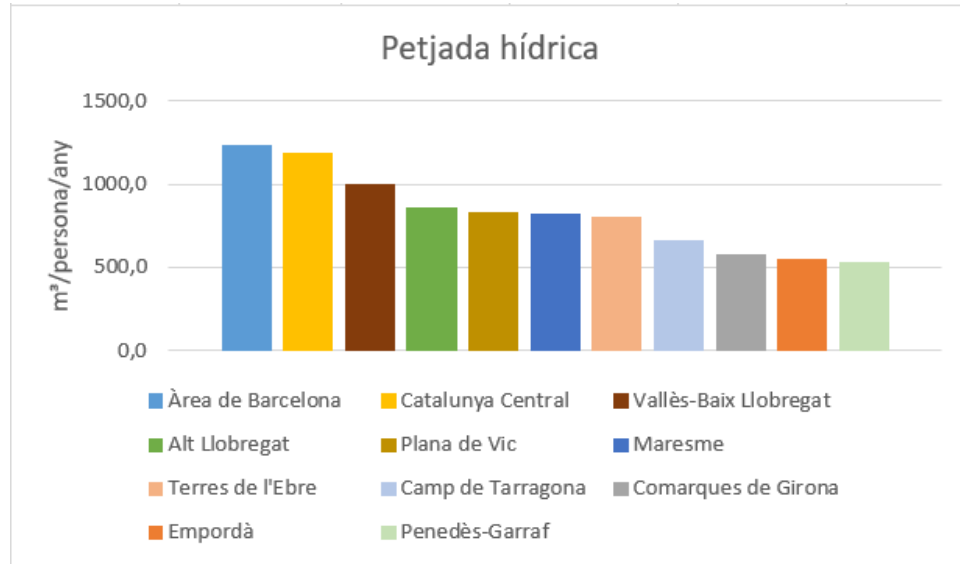


Figura 81. Petjada Hídrica. 3ra Implementació. (Font. pròpia)

Per aquesta tercera implementació, veiem a les figures 82, 83 i 84, els mapes corresponents a les dades del manual per a l'estudi de l'arbrat. La representació dels terrenys forestals, arbrat i la de parcs urbans.

Podem veure que les zones amb parcs urbans als llocs estudiats en aquesta tercera implementació presenten un percentatge molt baix i, en alguns casos, nuls. Això és deu a que no hi ha presència d'aquestes zones ja que ja es troben en zones amb percentatges rellevants de territori forestal. Al contrari, el valor és elevat en l'Àrea de Barcelona, ja que degut a la poca presència de vegetació, requereix d'aquests parcs urbans per compensar.

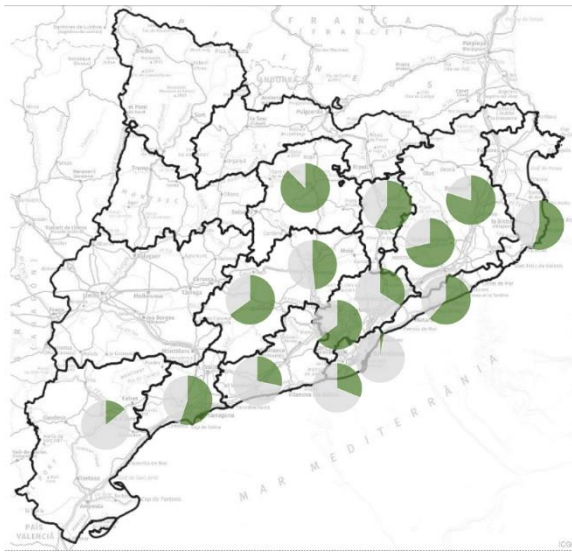


Figura 84. Representació dels Terrenys Forestals. 3ra Implementació. (Font. pròpia)

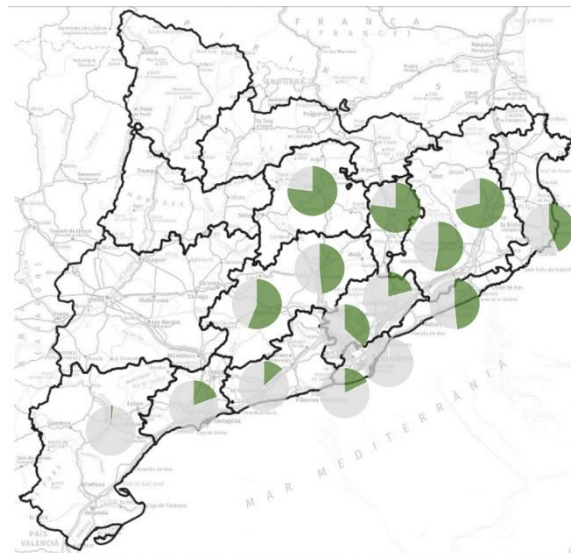


Figura 83. Representació de l'arbrat. 3ra Implementació. (Font. pròpia)



Figura 82. Representació dels parcs urbans. 3ra Implementació. (Font. pròpia)

5.3. Resultats experiments fotosíntesis

5.3.1. Cromatografia en paper dels pigments de les fulles

A la Figura 85, veiem els resultats de la cromatografia en paper per absorció de la fulla verda i a la figura 86 la de la fulla vermella, indicant en ambdós casos quins pigments s'han trobat.

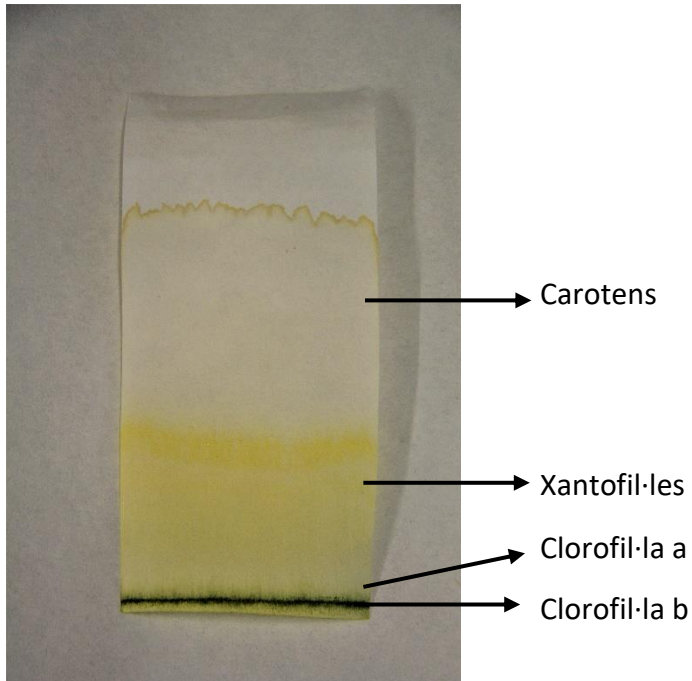


Figura 85. Resultats cromatografia en paper per absorció de fulles verdes (Font: Pròpia)

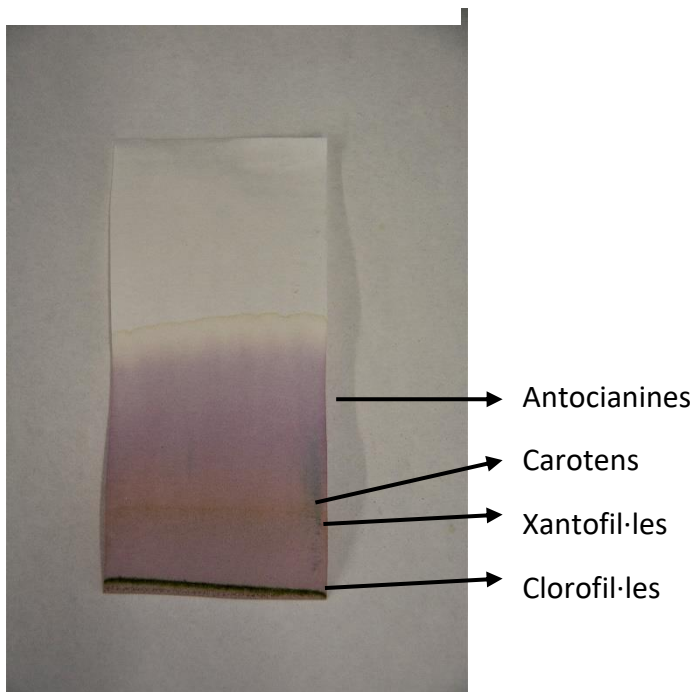


Figura 86. Resultats cromatografia en paper per absorció de fulles vermelles. (Font: Pròpia)

En quant als resultats de la cromatografia de adsorció, s'indiquen els diferents pigments a la figura 87 i 88.

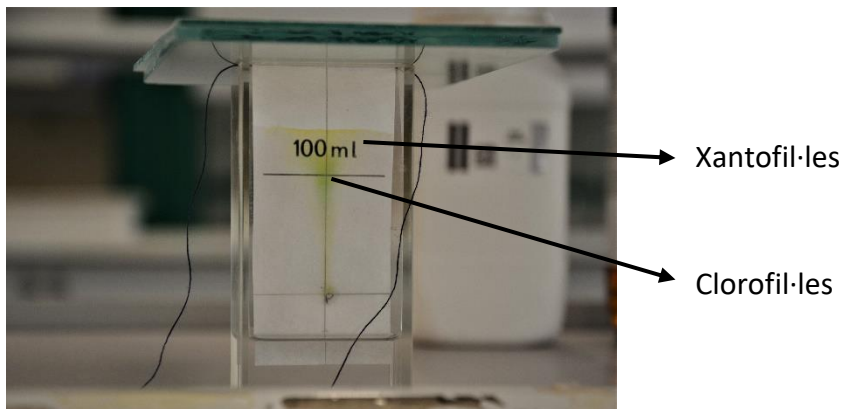


Figura 87. Resultats cromatografia en paper per adsorció de fulles verdes (Font: Pròpia)

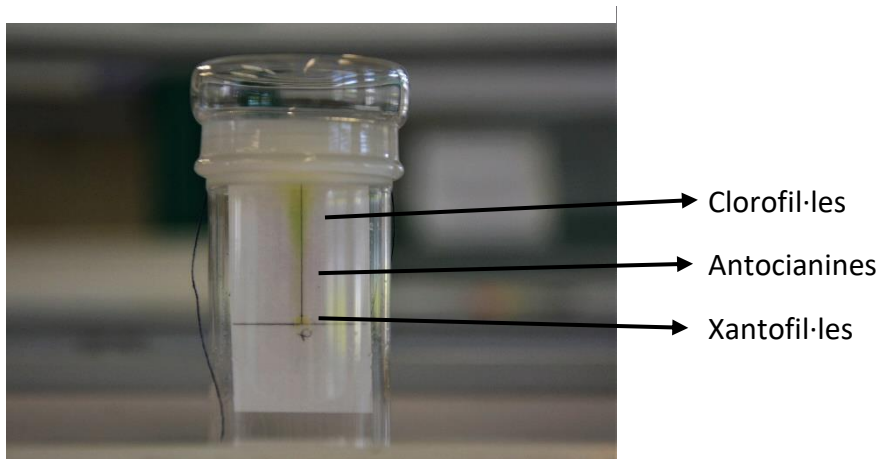


Figura 88. Resultats cromatografia en paper per adsorció de fulles vermelles (Font: Pròpia)

5.3.2. Efecte de la llum a la fotosíntesis

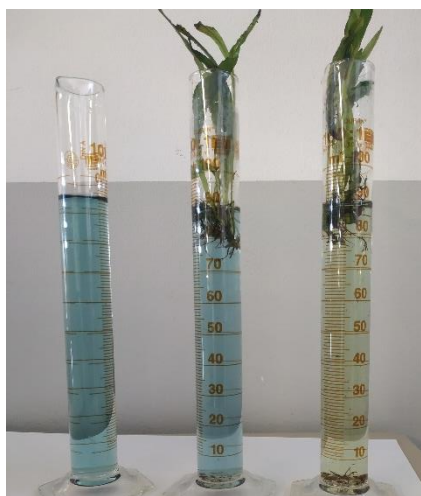


Figura 89. Resultat de l'efecte de la llum a la fotosíntesis. (Font: pròpia)

A la figura 89, veiem els resultats de l'experiment sobre l'efecte de la llum a la fotosíntesi, com veiem, la proveta que estava en contacte amb la planta aquàtica i sota el Sol, ha canviat del color groc, medi àcid, al blau, medi bàsic. Això és degut a la funció de la fotosíntesis que ha tingut lloc.

En canvi a la proveta aïllada del Sol (tapada amb paper d'alumini), veiem que inclús tenint la planta aquàtica en el seu medi, sense la font lluminosa, no ha pogut efectuar cap canvi en el seu entorn i per tant, el seu medi ha continuat sent àcid, s'ha mantingut de color groc.

5.3.3. Flotació fotosintètica

En aquest experiment, hem pogut comprovar que al cap de pocs segons d'haver deixat el vas de precipitats amb els discs dipositats al final, aquests han començat a flotar i han anat pujant un a un tots ells. Aquest fet ha estat provocat pel fet que amb el llum incandescent ha tingut lloc la reacció de la fotosíntesi i l'oxigen generat ha provocat que els discs pugessin a la superfície. Fins i tot a les figures 90 i 91 es veu clarament la generació d'aquest gas amb les bombolles que s'observen.



Figura 91. Figura 88. Resultats dels discs de la flotació fotosintètica II. (Font: Pròpia)

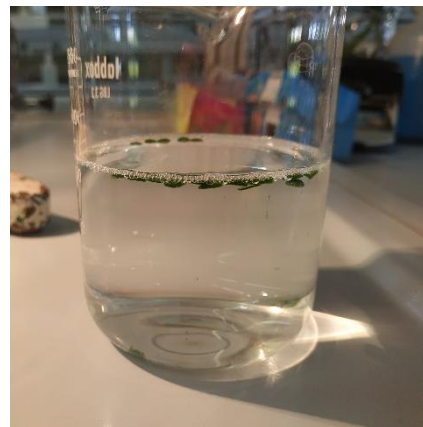


Figura 90. Resultats dels discs de la flotació fotosintètica. (Font: Pròpia)

6. Conclusions

En el procés de la fotosíntesi s'han de tenir en compte molts factors que intervenen en les seves reaccions. D'entre aquests hem destacat la qualitat de l'aire, l'aigua i el percentatge de presència vegetal. Aquest procés també està lligat al canvi climàtic, de manera que el procés de la fotosíntesi utilitza com a reactiu el CO₂ de l'aire i genera oxigen, imprescindible per a la vida animal. El canvi climàtic afecta a molts factors a tenir en compte per al desenvolupament de les plantes (qualitat de l'aire i de l'aigua, temperatura, humitat...) i en conseqüència al procés de la fotosíntesi.

L'estudi realitzat a les diferents zones de qualitat de l'aire a Catalunya permet comprovar que les zones amb més emissions tenen una mala qualitat de l'aire i a més a més la presència d'arbrat és menor. Aquest fet provoca que la poca presència arbrada no contribueixi a capturar el CO₂ i per tant es continua amb una mala qualitat de l'aire, entrant en una espècie de cicle viciós, que provoca encara més augment dels gasos d'efecte hivernacle.

Aquest estudi s'ha pogut dur a terme gràcies a les dades obtingudes a partir dels manuals del projecte Bosc i Sostenibilitat. Aquestes dades, dividides en tres implementacions ja que es van realitzar en períodes diferents de la prova pilot, s'han estudiat en conjunt per tal d'obtenir un major número de dades de diferents llocs i poder comparar-les.

En primer lloc, realitzant els manuals a nivell personal, s'ha pogut observar que:

- El valor de la petjada de carboni obtinguda està per sota de la mitjana Espanyola i Europea no obstant, està per sobre del valor marcat com a objectiu mundial per reduir les emissions de CO₂.
- En quant a la petjada hídrica, el resultat obtingut és menor al valor de la mitjana global.
- L'ús de transport públic és més limitat per arribar a algunes zones del voltant, per tant a causa de la facilitat per arribar als llocs, és més còmode i habitual l'ús de transport privat, però causa més emissions de CO₂.
- Avaluant la zona de Manresa que pertany a la zona de qualitat de l'aire de la Catalunya central s'observa un percentatge d'arbrat mitjanament alt comparant-lo amb altres territoris, com per exemple les Terres de ponent o les Terres de l'Ebre, però més escàs que, per exemple, el Pirineu Oriental.

En quant a l'estudi general del participants del projecte:

- S'ha pogut observar que el combustible fòssil amb emissions més altes i un dels més utilitzats és el gasoil, seguit del gas natural, el qual és igual de popular entre els consumidors, però la seva emissió de CO₂ és menor.
- L'ús de la xarxa general per a la electricitat també és més utilitzada entre els participants, tot i així alguns es decanten més per les xarxes verdes, encara que siguin amb menor proporció.
- L'ús de transport públic en comptes del transport privat comportaria una reducció en les emissions properes al 50%. També, s'ha observat les zones de l'Àrea metropolitana de Barcelona, el Maresme i el Vallès-Baix Llobregat, són zones amb més mitjans de transport públic i per tant tenen més facilitat per utilitzar aquest tipus de transport.

- El valor de la petjada de carboni de la majoria dels participants és menor al de la mitjana Espanyola i Europea, no obstant, també són valors superiors al de l'objectiu mundial.
- La petjada hídrica de la majoria dels participants, també és troba per sota del valor mitjà, a excepció d'algunes zones, com el Vallès-Baix Llobregat, l'Alt Llobregat i les Terres de ponent.
- Si comparem les figures 50, 51 i 52, on es representa el percentatge d'arbrat a les diferents zones, amb la figura 53, on es representa quines són les zones amb qualitat de l'aire més crític, veiem que les zones amb menys presència vegetal, coincideixen amb les zones amb pitjor qualitat de l'aire.

Gràcies als experiments realitzats al laboratori sobre la fotosíntesi, hem observat que:

- El color i canvi de color de les fulles de les plantes ve donat pel tipus de pigment present i la quantitat d'aquest que depèn de les condicions ambientals en les que es trobi la planta.
- L'energia lluminosa és necessària pel procés de la fotosíntesi, sense aquesta el procés no es podria dur a terme.

Per tant, podem concloure que la fotosíntesi és una reacció necessària i de gran importància per a l'existència dels éssers vius, per mantenir la vegetació i la qualitat de l'aire i aigua, però sobretot és un procés fonamental per a la lluita, en la que ens trobem actualment, contra el canvi climàtic. La conservació de la vegetació, especialment dels boscos, pot ser vital per amorti-guar la magnitud d'aquest canvi climàtic en un món futur amb una concentració elevada de CO₂.

7. Bibliografia

1. Bibliografía

1. **Foundation, Aquae.** Fundación Aquae. [En línea] 2020. [Data: 25 / Agost / 2020.] https://www.fundacionaquae.org/wiki-explora/38_fotosintesis/index.html#fotogaleria.
2. **EdPlace.** [En línea] [Citado el: 18 de Setembre de 2020.] https://www.edplace.com/worksheet_info/science/keystage3/year9/topic/674/3131/the-role-of-the-leaf-in-photosynthesis.
3. **Antonio Jimeno Fernández, Manuel Ballesteros Vázquez y Santiago Rodríguez Rodríguez.** *Biología*. s.l. : Santillana. ISBN 9788491310327.
4. **Vecteezy.** [En línea] [Citado el: 28 de Setembre de 2020.] <https://www.vecteezy.com/vector-art/372957-diagram-showing-chloroplast-in-plant-leaf>.
5. **Bonet, Laia.** Academia. [En línea] [Citado el: 18 de Setembre de 2020.] https://www.academia.edu/35202075/LANABOLISME_AUTOTROF.
6. **National Geographic.** [En línea] [Citado el: 11 de Novembre de 2020.] <https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/photosynthesis/>.
7. **Canto, Francisco González Ríos i Iván Alberto Patiño.** *La contaminación y el proceso de la fotosíntesis*. Coacalco Estado de México : s.n., 2014. CIN2014A10220.
8. **CanviClimatic.** *Generalitat de Catalunya*. [En línea] 2017. [Citado el: 11 de Novembre de 2020.] <https://canviclimatic.gencat.cat/ca/actualitat/noticies/Noticia/Informe-progres-2017>.
9. **Fotosíntesis: Sol, agua, tierra y aire.** Miguel A. de la Rosa, Miguel G. Guerrero i Manuel Losada. 138, s.l. : Mundo Científico, 1993, Vol. 3.
10. **Flis, Andrej.** Severe Weather Europe. [En línea] 16 de Març de 2020. [Citado el: 5 de Novembre de 2020.] <https://www.severe-weather.eu/global-weather/rare-ozone-hole-arctic-polar-vortex-fa/>.
11. **Talón, Joaquín Azcón-Bieto i Manuel.** *Fundamentos de Fisiología vegetal*. s.l. : McGraw-Hill, 2008. ISBN 9788448151683.
12. **Alering, Alisa.** Sciencenode. [En línea] 2018. [Citado el: 11 de Novembre de 2020.] <https://sciencenode.org/feature/Worried%20about%20climate%20change.php>.
13. **Unidas, Naciones.** Objetivos de Desarrollo Sostenible. [En línea] 2019. [Citado el: 5 de Setembre de 2020.] <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>.
14. **Exploratori.** Projecte BOSC i sostenibilitat. [En línea] 2019. [Citado el: 5 de Setembre de 2020.] <https://www.exploratori.org/index.php/component/sppagebuilder/133-projecte-bosc-i-sostenibilitat>.
15. **Gencat.** Hipermapa. [En línea] [Citado el: 4 de Agost de 2020.] <https://sig.gencat.cat/visors/hipermapa.html#param=param&color=vermell&background=t>

opo_ICC_grisos&BBOX=192627.205882,4485000,601372.794118,4752000&layers=ATMOSFERA_ZONES_QUALITAT_AIRE.

16. Agencia Catalana Aigua. Dades de control de la quantitat i qualitat de l'aigua al medi. [En línia] [Citado el: 4 de Agost de 2020.] <http://aca-web.gencat.cat/sdim21/inici.do>.

17. —. Estat de les masses d'aigua a Catalunya. [En línia] [Citado el: 4 de Agost de 2020.] <http://aca-web.gencat.cat/WDMA/>.

18. Gencat. Agència Catalana de l'Aigua. *Estat de les reserves de l'aigua*. [En línia] [Citado el: 4 de Agost de 2020.] <http://aca.gencat.cat/ca/laigua/estat-del-medi-hidric/recursos-disponibles/estat-de-les-reserves-daigua-als-embassaments/>.

19. CREAf. [En línia] [Citado el: 5 de Agost de 2020.] <http://www.opengis.uab.cat/MCSC/index.htm>.

20. —. Lector Universal de Mapes del MiraMon. [En línia] [Citado el: 5 de Agost de 2020.] <http://www.creaf.uab.cat/miramon/mmr/cat/>.

21. —. Mapa de Cobertes i de Sòl de Catalunya. [En línia] [Citado el: 5 de Agost de 2020.] <https://www.creaf.uab.es/mcsc/>.

22. Calculadors d'emissions d'una activitat. [En línia] 2020. https://canviclimatic.gencat.cat/ca/actua/calculadora_demissions/.

23. CarbonFootPrint. Carbon calculator. [En línia] [Citado el: 4 de Agost de 2020.] <https://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx>.

24. waterfootprint. [En línia] <https://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/personal-water-footprint-calculator/personal-calculator-extended/>.

25. Compoundchem. The Chemical Behind the Colours of Autumn Leaves. [En línia] 2014. [Citado el: 23 de Setembre de 2020.] <https://www.compoundchem.com/tag/autumn/>.

26. Quimicafacil. Introducció a la cromatografia. [En línia] 2020. [Citado el: 24 de Setembre de 2020.] <https://quimicafacil.net/tecnicas-de-laboratorio/introduccion-a-la-cromatografia/>.

27. Exploratorium. [En línia] <https://www.exploratorium.edu/snacks/photosynthetic-floatation>.

28. Garde, Joan Gasull i Cristina. Departament de Territori i Sostenibilitat. [En línia] 2015. [Citado el: 11 de Novembre de 2020.]

29. Wikipedia. [En línia] [Citado el: 18 de Setembre de 2020.] https://en.wikipedia.org/wiki/Chlorophyll#/media/File:Chlorophyll_d_structure.svg.

30. WaterfootPrintNetwork. [En línia] [Citado el: 4 de Agost de 2020.] <https://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/personal-water-footprint-calculator/personal-calculator-extended/>.

31. IDAE. [En línia] Març de 2020. [Citado el: 4 de Agost de 2020.] <http://coches.idae.es/pdf/Guiasemestre12020.pdf>.

32. study. Bromothymol Blue: Preparation & Safety. [En línia] [Citado el: 24 de Setembre de 2020.] <https://study.com/academy/lesson/bromothymol-blue-preparation-safety.html>.

33. canviclimatic. Calculadora GEH. [En línia] 2020. [Citado el: 4 de Agost de 2020.]

http://canviclimatic.gencat.cat/ca/actua/calculadora_demissions/.

34. mediambient. Qualitat de l'aire actual. [En línia] 2020. [Citado el: 4 de Agost de 2020.]

http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/atmosfera/qualitat_de_laire/vols-saber-que-respires/.

35. Gencat. Visor ACA. [En línia] [Citado el: 4 de Agost de 2020.]

http://sig.gencat.cat/visors/VISOR_ACA.html.