



Treball de fi de màster

Títol:

Sistema d'hivernacles mediterranis amb cultius hidropònics en cobertes d'habitatges plurifamiliars existents.

Cognoms: Carcereny Suriñach

Nom: Albert

Titulació: Màster en Sostenibilitat

Director/a: Albert Cuchí

Data de lectura: 4 de Febrer 2015



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Institut Universitari de Recerca en Ciència
i Tecnologies de la Sostenibilitat



Treball de fi de màster

Resum (250/500 paraules)

Sistema d'hivernacles mediterrànies amb cultius hidropònics en cobertes d'habitatges plurifamiliars existents.

Tot i l'existència d'alguns casos d'agricultura urbana integrada en edificis, i en concret d'hivernacles hidropònics en cobertes (per ex. Gotham Greens a Brooklyn, N.Y i Local Garden a Vancouver), no hi ha encara recerca específica que permeti caracteritzar aquesta tipologia. Fins al moment s'han desenvolupat diferents estudis en relació als anomenats eco-hivernacles en cobertes d'edificis per ciutats Mediterrànies d'Europa; d'una banda, sota la idea d'establir sinergies entre l'hivernacle i l'edifici a nivell energètic, hídic i carbònic, amb la finalitat d'analitzar les barreres i les oportunitats de la seva implantació i de l'altre, a través de l'anàlisi ambiental de la producció agrícola a nivell logístic en aquestes zones urbanes, respecte el sistema de subministrament actual. Si bé en aquest segon cas, s'han obtingut resultats quantificables significatius, el primer representa encara una aproximació inicial sobre les possibilitats qualitatives de la seva implementació.

El present estudi vol ser un pas endavant en la investigació per a la implementació dels hivernacles hidropònics en cobertes d'edificis i en concret, per edificis d'habitatges plurifamiliars a la ciutat de Barcelona. En aquest sentit el document aspira a ser un exercici de realisme que posa sobre la taula l'estat de la qüestió des d'una perspectiva ambiental, tècnica i social.

L'actual tesina s'estructura en cinc capítols; el primer, l'estat de l'art, és un compendi d'aquella informació més rellevant sobre l'hivernacle mediterrani, els cultius hidropònics, l'impacte ambiental d'ambdós segons l'anàlisi del cicle de vida, i la reducció d'aquest, sota la perspectiva logística en el sistema d'hivernacles en cobertes per a zones urbanes. Es pretén recopilar i reunir aquesta informació en un únic document, ara escampada en diferents articles i tesis, per tal d'analitzar i comparar les dades més interessants i establir un ordre de magnitud que permeti fer visibles els objectius expressats en cadascuna de les definicions teòriques sobre els temes esmentats inicialment.

El segon capítol, sota la perspectiva ambiental, analitza la viabilitat de la simbiosi edifici-hivernacle, en aquest cas de manera unidireccional per la major facilitat d'aplicació i execució, conseqüència de l'intercanvi de fluxos entre els considerats residus de l'edifici (diòxid de carboni i aigües grises) però matèria primera pels vegetals produïts a l'hivernacle.

El tercer capítol examina la viabilitat tècnica per a la implementació del sistema d'hivernacles amb conreus hidropònics en les cobertes dels edificis de Barcelona, sota la perspectiva del planejament urbanístic, dels condicionants estructurals de cadascun i de les qüestions logístiques que els hi afecten.



El quart capítol proposa un retrat social concret, una mirada entre dos models innovadors d'agricultura urbana integrada en edificis, però conscientment contraposats; un, l'estudiat en aquest document, els hivernacles amb conreus hidropònics en les cobertes d'habitatges plurifamiliars, l'altre, definit com agricultura vertical ecològica i caracteritzat sota la idea d'apilar horts en alçada, a partir d'una infraestructura auxiliar de nova planta adossada als habitatges plurifamiliars aïllats existents.

Finalment, l'últim capítol correspon a les conclusions, on s'estableix una vinculació entre la informació inicial i les noves dades obtingudes en les successives recerques especificades en cada capítol.

Paraules clau

Hivernacles hidropònics	Simbiosi
Cobertes d'edificis d'habitatges	Viabilitat tècnica
Impacte ambiental	Retrat social



INTRODUCCIÓ

0. OBJECTIUS I METODOLOGIA

- A. General
- B. Específics
- C. Metodologia

1. ESTAT DE L'ART

- A. L'hivernacle mediterrani
- B. Cultius hidropònics
- C. Impacte ambiental
- D. Conreus hidropònics en cobertes d'edificis vs sistema de subministrament actual

2. SIMBIOSI

- A. Edifici - Hivernacle

3. VIABILITAT TÈCNICA EN EL CONTEXT DE BARCELONA

- A. Planejament
- B. Estructura
- C. Logística

4. RETRAT SOCIAL

- A. Enquesta

5. CONCLUSIONS

BIBLIOGRAFIA

ANNEX

INTRODUCCIÓ

L'agricultura suposà la primera gran revolució per a la humanitat (passant de nòmada a sedentària) alhora que esdevingué, i així continua sent, una de les principals causes del canvi climàtic; desforestació, contaminació en rius, llacs i agües subterrànies, erosió, esgotament i desertització del sòl, etc.

Al mateix temps, tot el sistema alimentari està governat per les demandes i exigències urbanes, fet que anirà en augment degut al creixement de la població urbana. En els propers anys (2030) es preveu que el 60% de la població mundial, al voltant de 5.000 milions de persones, visqui en zones urbanes. En el cas de les ciutats en països en vies de desenvolupament, serà el 80% de la població urbana del món. A més, l'efecte del "peak oil", malgrat la conjuntura actual, pot provocar un encariment del transport d'aliments (d'aquí al 2020 la producció de petroli caurà en un 40% i només la Xina i l'Índia absorbiran totes les exportacions), i en un món com l'actual, on el sistema alimentari depèn de les xarxes de transport, suposaria no només un problema econòmic, sinó també de subministrament d'aliments.

Les ciutats són els entorns més afectats, doncs són espais agrícolament improductius i altament densificats, responsables del 67% del consum d'energia i del 70% de la generació de residus, contribuint en més del 75% a les emissions de gasos efecte hivernacle del planeta, tot i ocupar només el 2% de la superfície terrestre, però també formen part de la solució.

Les possibilitats d'una agricultura integrada a la ciutat, identificada amb els hivernacles i els edificis com artefactes representatius de cada context, suposa un potencial instrument de renaturalització periurbana i territorial, així com de regeneració urbana, alhora que permet aprofundir en la idea de ciutat com a proveïdora de recursos en el marc del metabolisme social.

D'un temps ençà, l'agricultura urbana ha esdevingut una alternativa per introduir canvis en l'actual model urbà cap a un altre més sostenible, quasi be sempre sota la perspectiva de l'espai urbà i periurbà, localitzada en espais buits, sovint residuals, amb una clara vocació social i de reconversió de l'espai públic fomentada sota un cert activisme social, escassament emparada per l'administració.

El present estudi, no entra en contradicció amb aquest tipus d'agricultura urbana, sinó que n'aborda un de nou, amb la voluntat d'implementar sinergies entre els hivernacles i els edificis, en una mena de simbiosi entre ambdós (intercanvi de fluxos energètics, hídrics, residuals i d'emissions), amb l'objectiu de contribuir a la sostenibilitat local/global i, en la mesura de les seves possibilitats, a la mitigació del canvi climàtic.

0. OBJECTIUS I METODOLOGIA

A. General

Més enllà de l'oportunitat d'aprenentatge sobre qüestions no específiques a la professió, com suposa la realització d'una tesina final de màster (sobretot en un màster de sostenibilitat) i a més de la possibilitat d'un entrenament previ pel desenvolupament i execució d'un doctorat, un dels objectius més importants d'aquesta tasca a nivell personal, si no el principal, es contribuir i aportar aspectes nous sobre el tema a tractar amb voluntat d'utilitat.

Tot i l'existència d'alguns casos d'agricultura urbana integrada en edificis, i en concret d'hivernacles hidropònics en cobertes (per ex. Gotham Greens a Brooklyn, N.Y i Local Garden a Vancouver), no hi ha encara recerca específica que permeti caracteritzar aquesta tipologia. Fins al moment s'han desenvolupat diferents estudis en relació als anomenats eco-hivernacles en cobertes d'edificis per ciutats Mediterrànies d'Europa; d'una banda, sota la idea d'establir sinergies entre l'hivernacle i l'edifici a nivell energètic, hídric i carbònic, amb la finalitat d'analitzar les barreres i les oportunitats de la seva implantació i de l'altre, a través de l'anàlisi ambiental de la producció agrícola a nivell logístic en aquestes zones urbanes, respecte el sistema de subministrament actual. Si bé en aquest segon cas, s'han obtingut resultats quantificables significatius, el primer representa encara una aproximació inicial sobre les possibilitats qualitatives de la seva implementació.



Imatge 0.1
Gotham Greens. Brooklyn, New York.



Imatge 0.2
Local Garden. Vancouver.

El present estudi vol ser un pas endavant en la investigació per a la implementació dels hivernacles hidropònics en cobertes d'edificis i en concret, per edificis d'habitatges plurifamiliars a la ciutat de Barcelona. En aquest sentit el document aspira a ser un exercici de realisme que posa sobre la taula l'estat de la qüestió des d'una perspectiva ambiental, tècnica i social.

B. Específics

L'actual tesina s'estructura en cinc capítols; el primer, l'estat de l'art, es un compendi d'aquella informació més rellevant sobre l'hivernacle mediterrani, els cultius hidropònics, l'impacte ambiental d'ambdós segons l'anàlisi del cicle de vida, i la reducció d'aquest, sota la perspectiva logística en el sistema d'hivernacles en cobertes per a zones urbanes. Es pretén recopilar i reunir aquesta informació en un únic document, ara escampada en diferents articles i tesis, per tal d'analitzar i comparar les dades més interessants i establir un ordre de magnitud que permeti fer visibles els objectius expressats en cadascuna de les definicions teòriques sobre els temes esmentats inicialment. De manera general, s'ha pres el tomàquet com la unitat funcional bàsica en aquells emplaçament considerats mes representatius pel seu estudi; el Maresme, Almeria i Wageningen (Holanda).

El segon capítol, sota la perspectiva ambiental, analitza la viabilitat de la simbiosi edifici-hivernacle, en aquest cas de manera unidireccional per la major facilitat d'aplicació i execució, conseqüència de l'intercanvi de fluxos entre els considerats residus de l'edifici (diòxid de carboni i aigües grises) però matèria primera pels vegetals produïts a l'hivernacle. Específicament, es quantifica el nivell de fertilització carbònica¹ que es capaç d'assolir l'hivernacle, segons les emissions de diòxid de carboni produïdes per les calderes que proporcionen calefacció i aigua calenta sanitària als habitatges d'un edifici plurifamiliar concret de Barcelona, i la seva repercussió en la captura de CO₂ pel conreu de l'hivernacle, així com la reutilització de les aigües grises provinents del desguàs de la dutxa/banyera i el lavabo del mateix edifici, pel reg de l'hivernacle, segons els diferents escenaris de consum hídric (ineficient i eficient).

El tercer capítol examina la viabilitat tècnica per a la implementació del sistema d'hivernacles amb conreus hidropònics en les cobertes dels edificis de Barcelona, sota la perspectiva del planejament urbanístic, dels condicionants estructurals de cadascun i de les qüestions logístiques que els hi afecten. En concret, en el primer cas s'analitza la regulació urbanística que li es d'aplicació segons el planejament vigent (Pla General Metropolità) i les diferents possibilitats d'execució d'aquest, es descriuen, seguidament, les virtuts i mancances de la nova llei de Regeneració, Rehabilitació i Renovació Urbanes (la triple "R") que ha de garantir el desenvolupament sostenible del medi urbà, com a exemple a considerar, i finalment, es posa de manifest l'oportunitat de futur que representa el nou Pla Director Urbanístic Metropolità de Barcelona, amb l'objectiu de convertir la ciutat en un espai productiu que desdibuixi definitivament la dualitat camp-ciutat.

El segon apartat, avalua la viabilitat estructural d'aquest tipus d'hivernacles sobre les esmentades cobertes en el context de Barcelona, quantificant el pes genèric dels primers considerant la sobrecàrrega d'ús admissible per les segones, en relació a les diferents normatives d'aplicació des del segle XX fins a l'actualitat.

Per últim, el tercer apartat d'aquest capítol analitza la viabilitat logística, a partir de la capacitat de producció d'un d'hivernacle concret i les possibilitats d'abastament d'aquest en el context de Barcelona. En segon lloc, quantifica les necessitats d'emmagatzematge de la collita com a mercaderia i la càrrega i descàrrega d'aquesta segons la capacitat de diverses tipologies d'ascensors, així com el sistema de distribució realitzat per diferents vehicles. Finalment, s'analitzen les possibilitats dels diferents edificis de Barcelona, segons la disponibilitat d'ascensor i en cas de la seva absència.

El quart capítol proposa un retrat social concret, una mirada entre dos models innovadors d'agricultura urbana integrada en edificis, però conscientment contraposats; un, l'estudiat en aquest document, els hivernacles amb conreus hidropònics en les cobertes d'habitatges plurifamiliars, l'altre, definit com agricultura vertical ecològica² i caracteritzat sota la idea d'apilar horts en alçada, a partir d'una infraestructura auxiliar de nova planta adossada als habitatges plurifamiliars aïllats existents.

Es pretén, a través d'una enquesta realitzada als veïns d'un edifici d'habitatges susceptible d'implementar qualsevol de les dues solucions, una anàlisi social que tipifiqui i relacioni les característiques dels veïns (nivell de renda, d'estudis, hàbits alimentaris, energètics, etc.) i la ubicació de l'edifici en el context de Barcelona, amb el posicionament adoptat majoritàriament segons les dues possibilitats esmentades.

Finalment, l'últim capítol correspon a les conclusions, on s'estableix una vinculació entre la informació inicial i les noves dades obtingudes en les successives recerques especificades en cada capítol, deixant entreveure noves investigacions al respecte.

¹ Tècnica d'enriquiment carbònic que consisteix en augmentar el nivell ambiental de CO₂, per obtenir una millora en la producció i el rendiment de la collita.

² Aquest sistema es d'aplicació únicament en edificis d'habitatges plurifamiliars aïllats, situats majoritàriament en aquelles àrees extensives de la ciutat conegudes com a polígons urbans. Per contra, l'àmbit d'aplicació dels primers es susceptible d'afectar tota la ciutat sense restriccions aparents respecte la morfologia urbana.

C. Metodologia

La metodologia del treball compren cinc fases diferents, a partir d'un índex inicial (modificat) i una definició d'objectius, si bé el desenvolupament d'aquestes no segueix un ordre del tot lineal, doncs sovint es sobreposen i repeteixen en el temps, fet que permet un procés evolutiu constant i una millor construcció del treball.

La primera fase implica la recopilació d'informació sobre els temes essencials de l'estudi i en tots els àmbits que estructuraven el treball; ja sigui l'estat de l'art (sistema d'hivernacles amb cultius hidropònics, impacte ambiental, logística d'hivernacles en cobertes, etc.), la simbiosi (cicle del carboni i de l'aigua) o la viabilitat tècnica (planejament, estructures i logística), per tal d'adquirir el coneixement previ necessari, sobretot en aquells aspectes més desconeguts.

La segona fase suposa la lectura exhaustiva d'aquells documents més rellevants i la síntesi i comparació d'aquests en una mena de base de dades, amb més intensitat en el primer capítol, però igual de necessari en el altres.

La tercera fase inclou entrevistes i visites a diferents experts, per tal d'accelerar el procés, contrastar opinions, aconseguir bibliografia més precisa, alhora que permet dissipar dubtes i depurar la investigació. Aquesta pràctica es manté, fins i tot en aquelles parts del treball més "accessibles" (viabilitat tècnica), donat el perfil tècnic personal, amb la intenció general d'aprofundir i dinamitzar la recerca.

La quarta fase implica la quantificació a partir d'un cas concret i el corresponent *feed-back* amb els especialistes per la interpretació dels resultats.

Finalment, una enquesta per conèixer la opinió de la gent en el cas que ens ocupa tanca tot el procés i completa les cinc fases per assolir els objectius plantejats.

1. ESTAT DE L'ART

A. L'hivernacle mediterrani

Un hivernacle es aquella construcció que, a més de protegir el conreu de la pluja i el vent, permet el pas de la radiació solar dificultant la pèrdua de calor. El grau de modificació climàtica però, dependrà del nivell tecnològic dels materials utilitzats en la seva construcció i dels equips complementaris (calefacció, humidificació, ventilació, fertilització carbònica, il·luminació artificial, etc.). Aquesta modificació climàtica permet augmentar rendiments, conrear fora d'època i avançar collites, objectius principals d'un hivernacle (Antón, 2004).

Entre els aspectes positius d'un hivernacle destaca la millor utilització dels recursos naturals (llum, aigua i sòl), així com l'estalvi d'aigua. En el cas del conreu de tomàquet, aquest estalvi pot arribar a ser el 45% respecte el conreu exterior (Pérez Parra i col., 2002 i Antón, 2004). Per contra, els hivernacles impliquen una major inversió en infraestructura, la generació i acumulació de residus (principalment plàstics) i una pèrdua dels valors paisatgístics en certs entorns considerats naturals.

Específicament, l'hivernacle mediterrani es aquell propi de regions càlides o temperades, caracteritzat per presentar tancaments de plàstic (polietilè de baixa densitat per la coberta i policarbonat en façanes), estructura metàl·lica d'acer galvanitzat i que normalment no disposa de calefacció. Se l'anomena així per diferenciar-lo de l'hivernacle original de les regions europees més fredes, que acostumen a tenir tancaments de vidre (coberta i façanes), estructura també metàl·lica i disposen de calefacció, entre d'altres instal·lacions auxiliars (sistemes de cogeneració, fertilització carbònica, etc.). Tècnicament se'ls coneix com a hivernacles multitúnel (els més industrialitzats), els primers i hivernacles tipus Venlo, aquests últims. El principal problema que afecta als hivernacles mediterranis, es el llarg període estiuenc, amb elevades temperatures que dificulten el conreu i el treball interior. Les tècniques de refrigeració passen per l'optimització de la ventilació natural, la utilització de sistemes de refrigeració i en casos extrems la ventilació forçada (Montero i col., 2002)

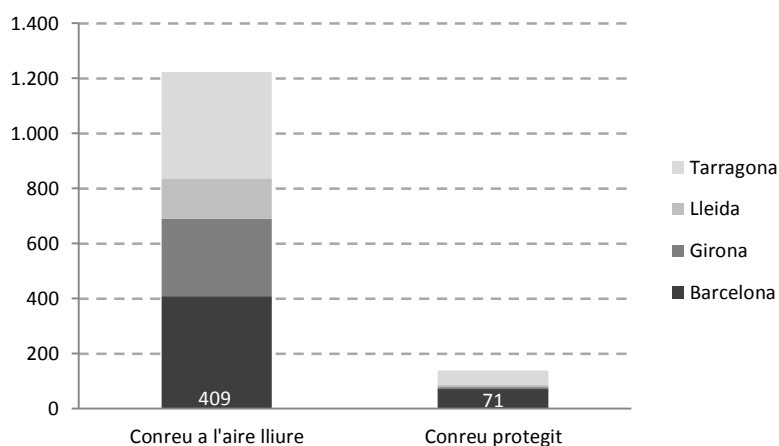
Aquest primer capítol s'acompanya de diferents dades i gràfics, per tal de fer visibles els objectius expressats en les definicions teòriques i tenir, en tot moment, un ordre de magnitud. En tot el treball s'ha pres com a referència i fil argumental, les dades de Barcelona i Almeria (i per extensió, Catalunya i Andalusia), tant pel que respecte al conreu general d'hortalisses com del tomàquet en particular, donat que aquesta es l'hortalissa mes consumida arreu del mon (també a Catalunya i España) després de la patata i la de major producció a Catalunya i España, a més de ser una important font de vitamines i minerals en la dieta mediterrània. A Catalunya representa més del 20% de les hortalisses consumides pels seus habitants (17,5kg per persona es van consumir l'any 2012), així com el 20% del volum total produït. Andalusia es la principal zona de producció a l'estat espanyol, amb un 40% del volum total, concentrant Almeria, el 23% de tota España (any 2012).

L'any 2012 la superfície destinada al conreu d'hortalisses a Catalunya en zones a l'aire lliure era de 10.783ha i 347ha les destinades al conreu protegit (Barcelona amb 228ha, el 65%); representant els hivernacles un 3,12% del total. Respecte Espanya, 249.103ha eren conreus a l'aire lliure i 70.749 de caràcter protegit (Andalusia amb 54.983ha i Almeria amb 37.662 representen quasi el 80 i el 55% respectivament), en aquest cas la superfície d'hivernacles s'incrementava fins el 20,9% del total (MAGRAMA, 2012).

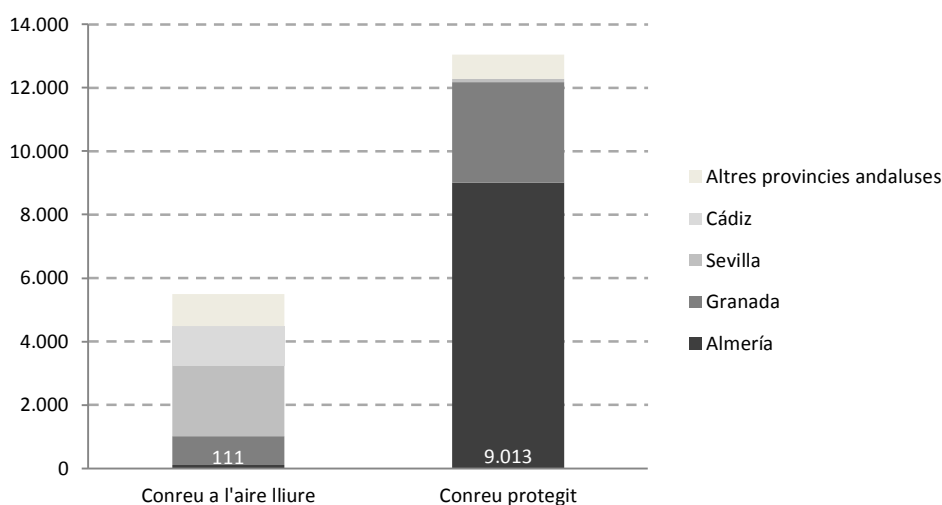
Cal esmentar aquí que el terme agricultura protegida, abraça des d'encoixinats (protecció contra les males herbes i un lleuger efecte tèrmic amb plàstic al terra), túnels baixos (conreu de la maduixa), túnels i els hivernacles multitúnels.

Si analitzem el cas del tomàquet també per l'any 2012, la superfície destinada al seu conreu en zones a l'aire lliure era de 409ha a Barcelona (d'aquestes, 177,65ha corresponien al Maresme; el 43,43%) i de 111ha a Almeria. Respecte els conreus protegits, Barcelona comptava amb 71ha (61,15ha pertanyien al Maresme; el 86,12%) i Almeria amb 9.013ha, la xifra mes gran de tota España amb diferencia (Gràfics 1 i 2). Per tant, en el cas de Barcelona els conreus protegits representen el 14,80% del total, essent a Almeria quasi be la totalitat; el 98,8%.

La producció total de tomàquet l'any 2012 va ser de 20.658t a Barcelona, 7.691t en conreu protegit, un 37,23% (la producció del Maresme va ser de 12.143t, representant un 58,78 del conreu de Barcelona, sent 6.636t en conreus protegits) i 929.835t a Almeria, 925.743t en conreus protegits; el 99,5% del total, conseqüència de la gran quantitat d'hectàrees destinades aquest tipus de conreu en aquesta ciutat d'Andalusia.



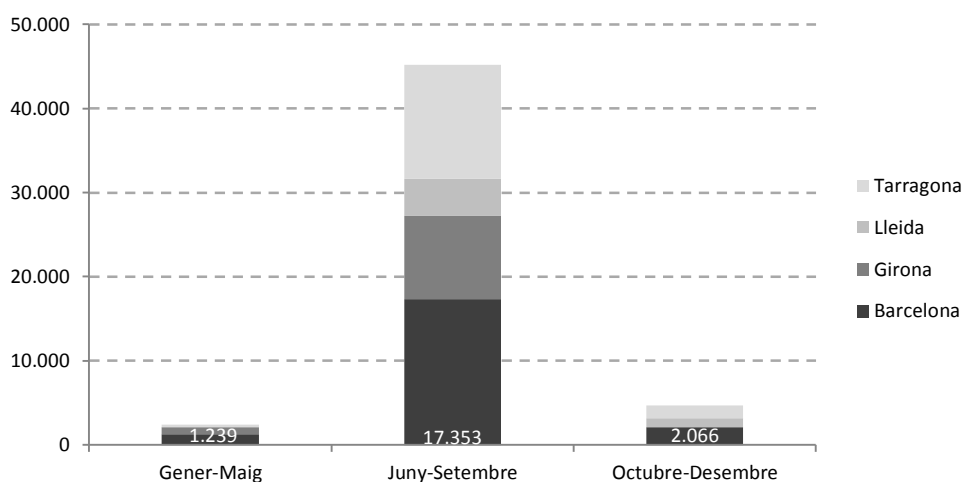
Gràfic 1.1 Conreu de tomàquet a les províncies de Catalunya. Any 2012. Superfície en hectàrees, per tipus de conreu (Elaboració pròpia a partir de les dades del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente)



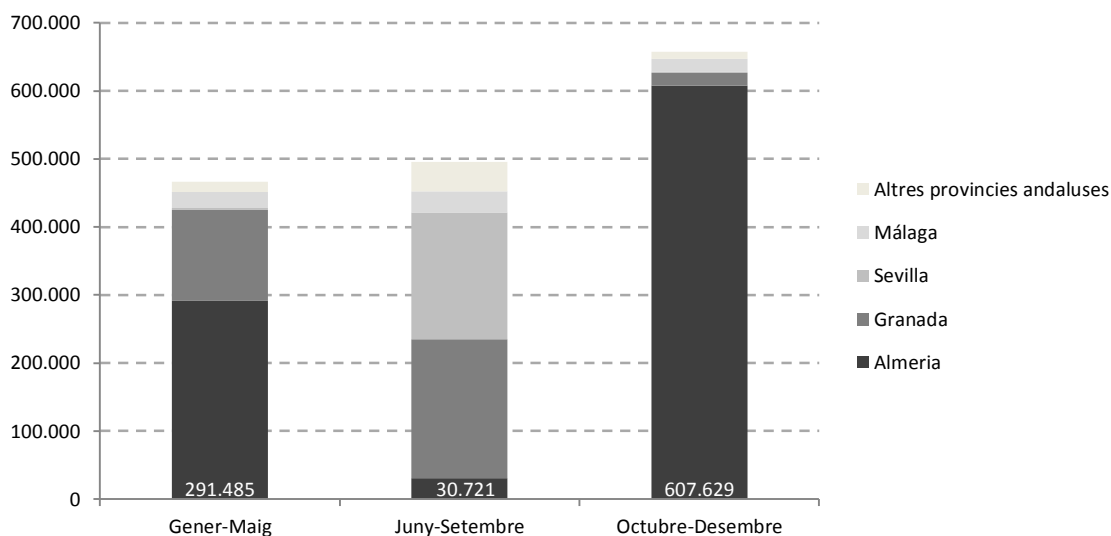
Gràfic 1.2 Conreu de tomàquet a les províncies d'Andalusia. Any 2012. Superfície en hectàrees, per tipus de conreu (Elaboració pròpia a partir de les dades del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente)

Atenent als rendiments per a cadascuna de les zones, les dades són les següents: per àrees a l'aire lliure, 36.892kg/ha (3,7kg/m²) a Almeria i 31.000kg/ha (3,1kg/m²) a Barcelona/Maresme. Respecte als conreus protegits: 102.712kg/ha (10,27kg/m²) a Almeria i 108.524kg/ha (10,85kg/m²) al Maresme (Barcelona es lleugerament inferior, 108.325kg/ha). Això significa un augment del rendiment entre el conreu protegit respecte a l'aire lliure de 3,5 vegades al Maresme i de 2,8 a Almeria. És important fer nota aquí la puntualització inicial sobre l'amplitud del terme agricultura protegida.

Analitzem ara el conreu de tomàquet per temporada (protegit + a l'aire lliure), segons les dades de Barcelona i Almeria l'any 2012. S'han considerat tres èpoques de collita (gener/maig, juny/setembre i octubre/desembre), tot i que en el cas de Catalunya, sobretot en les zones litorals i prelitorals, el període de collita natural per conreus a l'aire lliure té lloc entre principis de juny i finals de setembre.



Gràfic 1.3 Producció de tomàquet per temporada a Catalunya. Any 2012. Tones per província (Elaboració pròpia a partir de les dades del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente)



Gràfic 1.4 Producció de tomàquet per temporada a Andalusia. Any 2012. Tones per província (Elaboració pròpia a partir de les dades del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente)

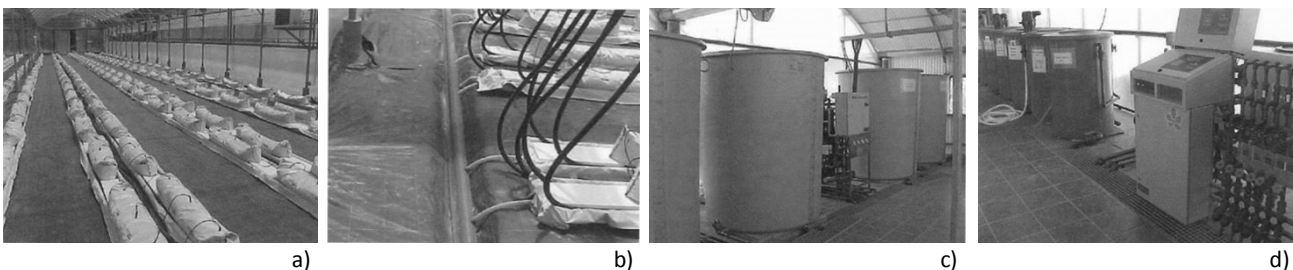
Tal i com s'aprecia en els gràfics 3 i 4, la producció de tomàquet es màxima a Barcelona en temporada alta (juny/setembre: 17.353t en 445ha) i mínima a Almeria, tot i ser superior (30.721t en 301ha). En el cas de Barcelona, la producció en aquesta època representa el 84% de tot l'any, si bé a Almeria només es del 3,3% (la menor productivitat en el cas de Barcelona, tot i tenir més superfície, s'explica per la menor dotació de conreus protegits). Per contra, la màxima producció a Almeria esdevé en el que s'anomena fora de temporada; entre gener i maig i octubre i desembre, amb collites de 291.485t en 2.860ha (Barcelona obté 1.239t en 32ha) i 607.629t en 5.962ha (en el cas de Barcelona: 2.066t en 53ha), respectivament.

B. Cultius hidropònics

El cultiu en substrat també conegut com a hidropònic, es una tècnica que utilitza solucions minerals (torba) o substrats inerts (perlita, fibra de coco, llana de roca, sorra rentada, grava volcànica, etc.) com a substitut del sòl agrícola. Les arrels de la planta reben una solució nutritiva dissolta en l'aigua amb tots els components necessaris pel seu desenvolupament. Es tracta d'un mètode profusament utilitzat al nord d'Europa, però menys estes a la zona mediterrània, tot i el seu creixement. Com alternativa al conreu tradicional, redueix significativament les limitacions del creixement vegetal relacionades amb les característiques del sòl (gran part dels virus, bacteries i plagues provenen de la terra) i permet una nutrició controlada, on la dissolució nutritiva (nutrients i aigua) es pot dissenyar a la *carta*, segons les necessitats de la planta, tot i la difícil coincidència entre la dinàmica d'absorció de nutrients de les plantes i l'aportació de la solució nutritiva. L'absència de sòl (terra) proporciona, a més, una considerable lleugeresa (menys pes) respecte els conreus tradicionals.

De manera general, els mètodes hidropònics requereixen menys aigua per unitat de producció (l/kg), amb estalvis entre el 30 i quasi el 50% si el sistema fa recircular l'aigua, menys aportacions químiques, essent aquestes més efectives al estar dissoltes a l'aigua, i aporten una major productivitat, que pot variar considerablement entre els diferents tipus de vegetals, respecte els conreus de sòl (Rieradevall i col., 2012). Per contra, el cost de producció es mes alt, donat que requereixen fertilitzants totalment hidrosolubles (els més costosos de produir), mà d'obra especialitzada (cal un cert *entrenament* previ) i un cert grau de tecnificació. Tot això afavoreix una necessitat principalment enfocada cap a la rendibilitat, objectiu màxim d'aquest tipus de cultius.

La majoria de les tècniques utilitzades en els conreus sense sòl constitueixen sistemes oberts on els lixiviats de les solucions nutritives s'aboquen al sòl i el contaminen. Anualment i en condicions mediterrànies, el volum de solució lixiviada pot representar fins a 3.000m³/ha (Widen, 1988 i Antón, 2004), on prop del 50% dels nutrients aportats es perd. Aquesta pèrdua, tant d'aigua com de nutrients, pot reduir-se pràcticament a zero amb sistemes de recirculació¹ (Stangheillini i col., 2003 i Antón 2004). La recirculació en conreus sense sòl consisteix en la recollida i reutilització de lixiviats sobrants de la fertirrigació establint un circuit tancat. El procés preveu safates col·lectores sota el substrat que conduiran el drenatge sobrant cap als dipòsits de recollida, filtratge d'aquest eliminant sòlids en suspensió, desinfecció (opcional) i recomposició de la solució nutritiva. Es aconsellable en els conreus hidropònics amb recirculació, un 50% de drenatge per evitar al màxim l'excessiva concentració de sals en el substrat i en l'aigua de drenatge (25% per drenatge lliure).



Imatge 1.1

a) Substrat i safates de drenatge; b) Tubs de recollida de lixiviats; c) Dipòsit de magatzem de lixiviats i d) Dipòsit d'adob i màquina de reg

S'analitza ara, segons les dades de diferents estudis, els trets principals del conreu hidropònic; rendiment, consum d'aigua, elèctric, climàtic i ús de nutrients i substrats entre d'altres. Seguint el fil conductor inicial prenem com a referència les dades corresponents al conreu del tomàquet en hivernacle, tant en substrat com en sòl natural en el cas del Maresme (Barcelona) i només en substrat per Almeria. Aquest apartat inclou també la consideració del cas d'Holanda, com a màxim exponent dels conreus en substrat (el 2013 va ser el primer exportador mundial de tomàquets, per davant de Mèxic) i representant dels hivernacles en regions europees.

En tots els casos s'ha considerat com a unitat funcional de l'hivernacle la producció de tomàquets, entenent aquesta com la principal funció del sistema analitzat (en els casos d'Almeria i Holanda s'ha considerat una producció de 1.000kg de tomàquet).

B.1. Maresme

Es considera la producció de tomàquet en un hivernacle del tipus multitúnel (mediterrani) amb l'ús de calefacció a l'hivern (únicament els mesos de desembre i mig gener, a una temperatura de 15°) i ventilació natural (obertura de finestres durant 10 minuts al dia).

La superfície total es de 1.920m² (6 naus de 8x40m), 7.200m³ de volum i una superfície de ventilació aproximada de 240m² (12,5%).

S'analitzen en aquest mateix apartat, cultius en sòl convencional amb una densitat de plantació de 1,7plantes/m² i conreus hidropònics (substrat de perlita) amb i sense recirculació, segons una densitat de 2,2plantes/m². S'estableixen dos cicles de cultiu a l'any (primavera-estiu) en qualsevol dels casos anteriors.

Aquest son els consums i rendiments segons els diferents tipus de cultiu:

- Consum d'aigua de reg per un cicle de conreu (180 dies; 6 mesos): 348,5l/m² o 29,04l/kg tomàquet pels cultius de sòl, 407,9l/m² o 27,19l/kg tomàquet per conreus en substrat amb drenatge lliure i finalment, 326,3l/m² o 21,75l/kg tomàquet per conreus en substrat amb recirculació¹.
- Consum elèctric: únicament es considera aquí el consum necessari pel sistema de reg (bomba de distribució de 2,2Kw de potencia) segons un cicle de conreu. El valor total pels conreus de sòl es de 157,95kWh, 104,60kWh per conreus en substrat amb drenatge lliure (mateix tipus de bomba) i 282,63kWh per conreus en substrat amb recirculació (necessitat d'altres bombes amb potencies diverses). Això representa un consum de 0,082kWh/m² (822,65kWh/ha) o també 6,83kWh/t tomàquet en el cas dels cultius de sòl, 0,054kWh/m² (544,80kWh/ha) o 3,60kWh/t tomàquet per substrat amb drenatge lliure i 0,14kWh/m² (1.472,03kWh/ha) o 9,33kWh/t tomàquet pels conreus amb recirculació¹.
- Consum climàtic (producció de tomàquet): s'estima aquí el consum d'energia elèctrica degut a la calefacció (0,195MJ per planta) i la ventilació (obertura i tancament durant 10 minuts al dia de 6 finestres, cadascuna equipada amb un motor de 0,56Kw). El valor total per l'ús de la calefacció en cultius de sòl es de 178,21kWh; això representa 0,093kWh/m² (928,20kWh/ha) o 7,73kWh/t tomàquet. Respecte als cultius hidropònics el consum total es de 230,63kWh, que vol dir 0,12kWh/m² (1.201,20kWh/ha) o 8,00kWh/t tomàquet.
El consum elèctric per la ventilació (obertura i tancament de finestres) es de 102,40kWh per cicle de cultiu (204,80kWh any). Això representa 4,44kWh/t tomàquet respecte als cultius de sòl i 3,55kWh/t tomàquet respecte als cultius hidropònics.
- Consum de fertilitzants²: la quantitat de fertilitzants necessaris pels conreus hidropònics es determinen segons les necessitats ja conegudes d'aigua i nutrients, això significa 1.190,78kg pels conreus amb drenatge lliure i 898,75kg per conreus amb recirculació. Respecte als conreus de sòl, es pren com a referencia una finca representativa de la zona amb un consum total de 908,93kg. Això vol dir; 6.202kg/ha o 41,34kg/t tomàquet pels conreus en substrat amb drenatge lliure, 4.681kg/ha o 31,20kg/t tomàquet pels cultius amb recirculació i 4.734kg/ha o 39,45kg/t tomàquet pels cultius en sòl.
- Consum de substrat (perlita) en el cas de cultius hidropònics: la quantitat total de perlita que utilitza l'hivernacle es de 7.610,8kg. Considerant una vida útil del substrat de tres anys, això suposa 13.213,20kg/ha any o l'equivalent 88,09kg/t tomàquet.
- Producció: 12kg/m² pels conreus de sòl i 15kg/m² per conreu hidropònic per cada cicle de cultiu.

- Residus: 2.100kg/ha de residus plàstics totals procedents; del material de coberta (900kg/ha), de la distribució del reg (700kg/ha; el doble per conreus amb recirculació) i altres residus plàstics (500kg/ha). Residu verd de biomassa no productiva (considerant un pes sec de la planta de 297g i un contingut d'humitat del 87%); 653g/m² de residu sec i 5.023g/m² de residu fresc per cultius hidropònics. Per conreus en sòl: 522g/m² de residu sec i 4.018g/m² de residu fresc.

Unitat funcional: producció de tomàquet	Conreus de sòl	Hidropònics drenatge lliure	Hidropònics amb recirculació ¹
Producció (kg/m ²)	12,00	15,00	15,00
Consum aigua (l/m ²)	348,50	407,90	326,30
(l/kg tomàquet)	29,04	27,19	21,75
Consum elèctric Bomba reg (kWh)	157,95	104,60	282,63
(kWh/ha)	822,65	544,80	1.472,03
(kWh/t tomàquet)	6,83	3,60	9,33
Consum climàtic Calefacció (kWh)	178,21	230,63	230,63
(kWh/ha)	928,20	1.201,20	1.201,20
(kWh/t tomàquet)	7,73	8,00	8,00
Ventilació (kWh)	102,40	102,40	102,40
(kWh/t tomàquet)	4,44	3,55	3,55
Consum fertilitzants² (kg)	908,93	1.190,78	898,75
(kg/ha)	4.734,00	6.202,00	4.681,00
(kg/t tomàquet)	39,45	41,34	31,20
Consum de substrat (kg)	-	7.610,80	7.610,80
(kg/ha)	-	13.213,20	13.213,20
(kg/t tomàquet)	-	88,09	88,09
Residu verd Biomassa seca (kg/ha)	5.220,00	6.530,00	6.530,00
Biomassa fresca (kg/ha)	40.180,00	50.230,00	50.230,00

Taula 1.1 Comparació de consums entre els diferents tipus de conreus a l'àrea del Maresme (Elaboració pròpia segons dades de la tesi doctoral de M^a. A. Antón)

¹ El sistema de recirculació, a més de la bomba comú a tots els sistemes (B1), que aporta la solució nutritiva, necessita un seguit de bombes per permetre la recirculació; una segona bomba (B2) s'encarrega d'impulsar el lixiviat fins a l'inici del reg, la tercera bomba (B3) impulsa el drenatge cap a les operacions de filtrat, la quarta (B4) abasteix aigua neta que caldrà barrejar amb l'aigua provinent dels lixiviats, fet que requerirà d'una cinquena i última bomba (B5). Així doncs, el cabal gestionat per la bomba inicial (B1) correspon al total de l'aigua aportada segons una fracció de drenatge del 50% (impulsat per B2 i B3). D'aquest cabal total el 30% prové de la fracció lixivada (B5) i el 70% restant es aigua neta (B4). Reutilitzar al màxim el 50% de l'aigua drenada dependrà de la qualitat de l'aigua d'entrada (òptim utilitzar aigua de pluja) i de la necessitat de nutrients. Això pot provocar que al final del cultiu tinguem un dipòsit amb aigua inutilitzable ($\pm 20\%$). S'han considerat valors mitjos doncs aquests no son constants en el temps.

² En aquest cas s'han considerat els següents fertilitzants: àcid nítric, fosfat monopotàsic, nitrat potàssic, nitrat amònic, nitrat càlcic, nitrat magnèsic i microelements.

De l'anàlisi comparativa a partir dels diferents consums determinats segons els tres tipus de conreus; de sòl, hidropònic amb drenatge lliure i hidropònic amb recirculació, per la zona específica del Maresme (taula 1.1), se'n deriven les següents conclusions immediates:

- La producció per unitat de superfície (kg/m^2) en conreus hidropònics es un 25% superior respecte els conreus de sòl. Aquest fet no es aliè a la major densitat de plantació dels primers ($2,2\text{plantes}/\text{m}^2$) respecte els segons ($1,7\text{plantes}/\text{m}^2$), en quasi un 30%.
- El menor consum d'aigua per la producció de tomàquets (l/kg) correspon als conreus hidropònics amb recirculació ($21,75\text{l}/\text{kg}$), seguit dels hidropònics amb drenatge lliure ($27,19\text{l}/\text{kg}$), sent els conreus de sòl els de major consum ($29,04\text{l}/\text{kg}$). D'acord amb això, l'estalvi d'aigua per quilo de tomàquet dels conreus hidropònics amb recirculació respecte els cultius de sòl es superior al 25% ($7,3\text{l}/\text{kg}$), el dels hidropònics amb drenatge lliure també respecte els de sòl, representa al voltant del 6,5% ($1,85\text{l}/\text{kg}$) i pel que fa als hidropònics amb recirculació respecte als de drenatge lliure, l'estalvi es d'un 20% ($5,45\text{l}/\text{kg}$). Això suposa una màxima reducció del consum d'aigua (entre el 20 i el 25%) dels cultius hidropònics amb recirculació respecte els altres dos tipus de conreus, convertint-se en mínim (6,5%) l'estalvi d'aigua dels conreus hidropònics amb drenatge lliure respecte els conreus de sòl. Si a l'anterior li afegim el fet que un 30% de l'aigua dels conreus hidropònics amb recirculació es aigua recuperada (filtrada i desinfectada) provinent dels lixiviats ($6,5\text{l}/\text{kg}$) i la resta, el 70%, es aigua neta ($15,25\text{l}/\text{kg}$), l'estalvi real respecte els conreus de sòl i hidropònics amb drenatge lliure es del 47,5% ($13,8\text{l}/\text{kg}$) i 43,9% ($11,9\text{l}/\text{kg}$) respectivament.

En canvi, si analitzem el consum d'aigua per unitat de superfície (l/m^2), el menor consum d'aquesta continua sent pels cultius hidropònics amb recirculació ($326,3\text{l}/\text{m}^2$), modificant en aquest cas les posicions entre els conreus de sòl ($348,5\text{l}/\text{m}^2$) i els conreus hidropònics amb drenatge lliure ($407,9\text{l}/\text{m}^2$), sent aquest últim el de major consum. Les raons d'això son; d'una banda, l'administració exacte de l'aigua necessària per la planta segons les condicions de transpiració (prèviament calculades) en el cas dels conreus hidropònics amb recirculació (amb aigua que es reutilitza) i de l'altre, la necessitat d'incrementar en un 25% l'aigua de reg per tal d'evitar l'excessiva concentració de sals en el substrat i en la mateixa aigua, en els conreus hidropònics amb drenatge lliure (amb aigua que es perd), considerant a mes que la planta en substrat es desenvolupa més i per tant consumeix més aigua que la de sòl. En aquest cas els conreus hidropònics amb drenatge lliure consumeixen un 17% ($59,4\text{l}/\text{m}^2$) més d'aigua per unitat de superfície respecte els cultius de sòl.

- Per contra, es en el consum elèctric on els cultius hidropònics amb recirculació assoleixen el màxim consum ($282,63\text{kWh}$), seguit dels conreus de sòl ($157,95\text{kWh}$) i assumint els conreus hidropònics amb drenatge lliure el menor consum ($104,6\text{kWh}$). Això vol dir que els cultius hidropònics amb recirculació consumeixen quasi tres vegades més electricitat (2,7) que els conreus amb drenatge lliure i gairebé el doble (1,8) que els conreus de sol. Per aquests darrers el consum elèctric es 1,5 vegades superior respecte els cultius hidropònics amb drenatge lliure, fet que respon a la necessitat d'engegar més vegades la bomba ja que el sistema de distribució es mes petit, hi ha un menor nombre de sectors i menys cabal als degoters. Les proporcions abans esmentades es mantenen si analitzem el consum elèctric per unitat de superfície (kWh/ha) i es modifiquen lleugerament quan es quantifica el consum segons la producció (t de tomàquet). En aquest cas, el consum elèctric en els conreus de sòl esdevé quasi el doble respecte dels cultius hidropònics amb drenatge lliure (1,9) i baixa a 1,4 vegades (abans 1,8) en els conreus hidropònics amb recirculació respecte els cultius de sòl.

- El consum climàtic degut a la calefacció es un 30% superior en els conreus hidropònics respecte els de sòl, tant en valor total (kWh) com per unitat de superfície (kWh/ha), conseqüència de la major densitat de plantació i desenvolupament dels conreus hidropònics. En canvi, aquest percentatge es redueix fins al 3,5% quan es considera la producció (kWh/t tomàquet).
- Finalment, respecte el consum de fertilitzants i en tots els casos (kg totals, kg/ha i kg/t tomàquet), els conreus hidropònics amb recirculació són els que aconseguen un menor consum, sent els hidropònics amb drenatge lliure els de major despesa. Segons les dades, l'estalvi que es produeix tant en els conreus hidropònics amb recirculació, com en els cultius de sòl respecte els de drenatge lliure, és molt similar ($\pm 24\%$), això implica un estalvi mínim (1,1%) entre els dos primers, considerant el consum total (kg) i aquest per unitat de superfície (kg/ha). Quan es quantifica el consum segons la producció, es manté l'estalvi dels conreus hidropònics amb recirculació respecte els de drenatge lliure, però en canvi augmenta fins al 21% (abans 1,1%) l'estalvi dels conreus hidropònics amb recirculació respecte els de sòl i disminueix al 4,5% (abans 24%) l'estalvi dels conreus de sòl respecte els hidropònics amb drenatge lliure. Les raons de tot plegat són les mateixes que les exposades en el consum d'aigua.

B.2. Almeria

Es considera la producció de tomàquet en un hivernacle també del tipus multitúnel (mediterrani), sense calefacció, amb ventiladors (dos per nau) i amb mínima despesa energètica, únicament pel sistema de fertirrigació (reg i adob).

La superfície total es de 19.440m², quasi 2ha (18 naus de 8x135m), 104.679m³ de volum i una superfície de ventilació de 7.776m²(40%).

Els cultius son del tipus hidropònic amb drenatge lliure (substrat de perlita), amb una densitat de plantació de 1,3 plantes/m² i una campanya de conreu de 9 mesos (el període real son 12 mesos, amb plantació al setembre, recol·lecció de gener a juny i tres mesos de repòs sense collita).

Aquests son els diferents consums i el rendiment resultant per al cas d'Almeria:

- Consum d'aigua: representat pel sistema de reg i considerant l'aigua pel conreu i un excedent del 25% dels lixiviats. La quantitat total d'aigua utilitzada es de 474,8l/m² (4.748m³/ha) o també, 28,81l/kg tomàquet.
- Consum elèctric: únicament es considera aquí el consum necessari pel sistema de reg (bombes d'extracció i distribució d'aigua). El valor total anual es de 16.492kWh, això representa un consum de 0,85kWh/m² any (8.484kWh/ha) o 51,48kWh/t tomàquet (0,05kWh/kg).
- Consum climàtic: s'estima aquí el consum anual d'energia elèctrica, necessari per a l'ús durant 20 minuts al dia dels ventiladors, considerant que no hi ha calefacció. Això suposa un consum total de 97kWh i representa 50kWh/ha any o 0,30kWh/t tomàquet.
- Consum de fertilitzants: la quantitat total per l'hivernacle considerant conjuntament els diferents nutrients (N, P₂O₅ i K₂O) es de 5.572kg. Això representa 2.866,3kg/ha (N: 798,4kg/ha, P₂O₅: 505,7kg/ha i K₂O: 1.562,2kg/ha) així com 17,39kg/t tomàquet (N: 4,84kg/t, P₂O₅: 3,07kg/t i K₂O: 9,48kg/t).
- Tractament fitosanitari: 3,77kg/ha any per insecticides (0,02kg/t tomàquet) i 28,45kg/ha any per fungicides (0,17kg/t tomàquet).
- Consum de substrat (perlita): la quantitat total de perlita necessària per l'hivernacle es de 36.696kg. Considerant una vida útil del substrat de tres anys, això suposa 6.292,2kg/ha any o l'equivalent 38,18kg/t tomàquet.
- Producció: 16,48kg/m² per campanya.



Imatges 1.2 i 1.3

Hivernacle multitúnel a Almeria amb fileres de conreu per tomàquets i cobertura de plàstic al sòl.

B.3. Wageningen (Holanda)

Es considera, en aquest cas, la producció de tomàquet en un hivernacle del tipus Venlo, diferent dels dos casos anteriors al tenir tancaments de vidre (coberta i façana), utilitzar calefacció, sistema de cogeneració i fertilització carbònica.

La superfície total es de 40.000m², exactament 4ha (25 naus de 8x200m), 255.200m³ de volum i una superfície de ventilació de 3.776m² (9,5%).

Els cultius son també del tipus hidropònic (substrat amb llana de roca), en aquest cas però amb sistema de distribució d'aigua tancat i recirculació del drenatge. La densitat de plantació es de 1,25plantes/m² per una campanya de conreu de 49 setmanes (±12 mesos).

Els consums i el rendiment en el cas d'Holanda son els següents:

- Consum d'aigua: la quantitat total d'aigua per la collita amb sistema de recirculació es de 794,4l/m² (7.944m³/ha), sent aquesta respecte la producció de tomàquet 14,06l/kg.
- Consum climàtic: es comptabilitza aquí tant el consum degut al sistema de calefacció, com el sistema de cogeneració (producció d'energia elèctrica i tèrmica al mateix temps), l'equipament de distribució, el sistema d'emmagatzematge de calor i l'enriquiment amb CO₂, a més del consum elèctric de tot l'hivernacle (ventilació, sistema d'il·luminació, etc.). A diferència d'Almeria, la despesa elèctrica i en concret la relativa al sistema de reg, també s'incorpora al consum climàtic. Així doncs, el valor total anual degut al consum elèctric de l'hivernacle es de 400.000kWh, que venen a ser 10kWh/m² any (177kWh/t tomàquet). L'ús del sistema de cogeneració produeix 178kWh/m² any (3.150kWh/t tomàquet), molt més del que l'hivernacle necessita, fet que permet descarregar aquest excés d'energia elèctrica a la xarxa. Finalment, el sistema de calefacció afecta directament al consum de gas natural, amb un valor total de 14.779.219kWh (52.782.927MJ), representant 369,5kWh/m² any (6.539,4kWh/t tomàquet).
- Consum de fertilitzants: la quantitat total per l'hivernacle considerant conjuntament els diferents nutrients (N, P₂O₅ i K₂O) es de 15.794kg anuals, això representa 3.949kg/ha anys (N: 1688kg/ha, P₂O₅: 406kg/ha i K₂O: 1855kg/ha), així com 6,99kg/t tomàquet (N: 2,99kg/t, P₂O₅: 0,72kg/t i K₂O: 3,28kg/t).
- Tractament fitosanitari: 3kg/ha any per insecticides (0,005kg/t tomàquet) i 7kg/ha any per fungicides (0,012kg/t tomàquet).
- Consum de substrat (llana de roca): la quantitat total de substrat utilitzat a l'hivernacle es de 17.905kg. Això suposa anualment 4.463,9kg/ha o l'equivalent 7,9kg/t tomàquet.
- Producció: 56,50kg/m² tomàquet per campanya.



Imatges 1.4 i 1.5

Hivernacle tipus Venlo a Holanda amb tubs de calefacció seguint les fileres de tomàquets.

B.4. Taula comparativa (resum)

Comparem seguidament la producció i els consums segons les característiques específiques de cadascun dels tres emplaçaments diferents. S'han emprat en el cas del Maresme, les dades corresponents als cultius hidropònics amb recirculació, així com les de drenatge lliure (entre parèntesi a la taula 1.2), descartant les relatives als conreus de sòl, doncs s'ha considerat més convenient comparar només cultius del mateix tipus (hidropònic), tot i ser conreus de drenatge lliure en el cas d'Almeria i de recirculació a Wageningen.

Unitat funcional: producció de tomàquet	Maresme (Cicle de cultiu: 6mesos)	Almeria Cicle de cultiu anual	Wageningen Cicle de cultiu anual
Producció (kg/m ²)	15,00	16,48	56,50
Consum substrat ³ (kg/m ²)	1,32 (1,32)	0,63	0,44
(kg/t tomàquet)	88,09 (88,09)	38,18	7,90
Consum aigua (l/m ²)	326,30 (407,90)	474,80	794,40
(l/kg tomàquet)	21,75 (27,19)	28,81	14,06
Consum fertilitzants ⁴ (kg/ha)	4.681,00 (6.202,00)	2.866,30	3.949,00
(kg/t tomàquet)	31,20 (41,43)	17,39	6,99
Tractament fitosanitari ⁵ (kg/ha)	-	32,22	10,00
(kg/t tomàquet)	-	0,19	0,02
Consum elèctric (kWh/m ²)	0,20 (0,11)	0,85	10,00
Reg + ventilació (kWh/t tomàquet)	12,88 (7,15)	51,78	177,00
Consum calefacció ⁶ (kWh/m ²)	0,12 (0,12)	0,00	369,50
(kWh/t tomàquet)	8,00 (8,00)	0,00	6.539,40
Total consum energètic (kWh/m ²)	0,32 (0,23)	0,85	379,50
(kWh/t tomàquet)	20,88 (15,15)	51,78	6.716,40

Taula 1.2 Comparació de producció i consums segons els diferents emplaçaments analitzats (Elaboració pròpia segons dades de la tesi doctoral de M^a. A. Antón i el document Euphoros. Deliverable 5)

³ Cal esmentar que el substrat utilitzat al Maresme i a Almeria es la perlita, però el de Wageningen es la llana de roca.

⁴ Aquí també existeixen algunes diferències entre els fertilitzants utilitzats segons l'emplaçament. Al Maresme s'ha utilitzat: àcid nítric, fosfat monopotàsic, nitrat potàssic, nitrat amònic, nitrat càlcic, nitrat magnèsic i microelements.

En el cas d'Almeria i Wageningen: N, P₂O₅ i K₂O.

⁵ Inclou insecticides i fungicides. Sense dades concretes al Maresme.

⁶ No s'ha considerat en aquesta taula el sistema de cogeneració utilitzat a Wageningen.

(Equivalències; 1MJ=0,28kWh, 1kWh=3,6MJ, 1m³=1.000l, 1ha=10.000m², 1t=1.000kg)

De la comparació anterior, segons la taula 1.2, se'n poden extraure les següents consideracions:

- La producció de tomàquets (kg/m²) d'un hivernacle altament tecnificat, amb tancaments de vidre (tipus Venlo) i propi de les regions europees, es més de tres vegades superior (en concret 3,4) respecte l'hivernacle mediterrani tradicional, amb tancaments de plàstic (tipus multitúnel) i característic de la zona amb major producció d'Espanya. Respecte el Maresme, considerant dos cicles de conreu anuals (30kg/m²), la producció de Wageningen es gairebé el doble. Idèntica duplicat que es repeteix en la producció del Maresme (amb dos cicles de conreu a l'any) respecte la d'Almeria.
- El grau de tecnificació dels hivernacles, segons els diferents emplaçaments, té implicacions directes en el consum energètic, tal com evidencia l'elevat consum climàtic i elèctric en el cas de Wageningen, tot i no considerar el sistema de cogeneració.

Per contra, la despesa energètica d'Almeria (gairebé el 100% conseqüència del sistema de reg) es troba molt allunyada del cas holandès i amb valors molt propers respecte l'hivernacle del Maresme amb dos cicles de conreu anuals. En concret, el consum energètic d'aquest últim es troba entre 1,8 i 1,7 vegades inferior respecte el d'Almeria, tant per unitat de superfície com per unitat de producció, segons el sistema de drenatge lliure per ambdós.

- Respecte el consum d'aigua, l'hivernacle holandès és el que millor optimitza el seu consum per unitat productiva (l/kg tomàquet), conseqüència de la recirculació i l'alta productivitat. L'estalvi d'aquest respecte els cultius de les mateixes característiques del Maresme (segons dos cicles de conreu anuals) és gairebé del 70% (29,4l/kg). Si es consideren els conreus amb drenatge lliure, també per unitat de producció, el consum d'aigua d'Almeria representa quasi la meitat respecte el del Maresme, aquest amb dos cicles de conreu anuals.

Ara bé, segons el consum d'aigua per unitat de superfície (l/m²), és el cas holandès el de major despesa hídrica, seguit ben a prop del Maresme (segons dos cicles de conreu a l'any). En aquest cas, el consum holandès és aproximadament un 20% (141.8l/m²) superior respecte el Maresme, pels cultius de recirculació. En el cas dels conreus amb drenatge lliure d'Almeria i el Maresme es manté una proporció similar segons el consum determinat per unitat produïda.

- Finalment, el consum de fertilitzants per quilo de tomàquet és mínim en l'hivernacle holandès i màxim al Maresme, tant per recirculació com per drenatge lliure (encara més gran en aquest últim). L'hivernacle del Maresme consumeix entre 4,5 (recirculació) i 6 (drenatge lliure) vegades més fertilitzants que el de Wageningen i més del doble (2,5 vegades) el d'Almeria respecte el mateix, considerant un cicle de conreu en tots els casos.

En canvi quan es quantifica per unitat de superfície (kg/ha) és l'hivernacle d'Almeria el de menor consum i màxim el del Maresme. Això suposa un increment del 37,8% en el cas de Wageningen i d'un 63,3% pel que fa al Maresme (més del doble amb drenatge lliure) respecte Almeria, també per un cicle de conreu en tots els casos.

C. Impacte ambiental

Diferents estudis han determinat l'impacte ambiental dels cultius hidropònics per la producció de tomàquet (unitat funcional) en hivernacles mediterranis i centreeuropeus, a través de l'anàlisi del cicle de vida (ACV). En un anàlisi complet d'aquest tipus s'atribueixen als productes o les activitats, tots els efectes ambientals derivats del consum de les matèries primeres i de les energies necessàries per la seva manufactura, les emissions i els residus generats en el procés de producció, així com els efectes ambientals procedents del final de vida del producte quan aquest es consumeix o no es pot utilitzar. L'anàlisi del cicle de vida consisteix, per tant, en un tipus de comptabilitat ambiental, on es carreguen als productes o a les activitats els efectes ambientals adversos, degudament quantificats, generats al llarg del seu cicle de vida.

La metodologia adoptada en aquests estudis es basa en l'adaptació dels primers treballs en desenvolupament de metodologia per ACV, així com la ISO 14040, i ve definida per una llista de categories d'impacte classificades en tres grups segons l'obligatorietat o no d'incloure-les en l'ACV (inclouen l'ús de recursos, la salut humana i les conseqüències ecològiques):

- a. Categories d'impacte obligatòries (utilitzades en la majoria d'ACV).
 - Esgotament dels recursos abiòtics (AR); disminució en la disponibilitat de recursos naturals. S'inclouen els recursos abiòtics i l'energia (kg Sb eq).
 - Energia (E); energia utilitzada, directa o indirectament en el cicle de vida de productes i serveis (MJ eq).
 - Canvi climàtic (CCI); relatiu a les emissions de gasos d'efecte hivernacle a l'aire (kg de CO₂ eq).
 - Acidificació (AI); deposició d'àcids resultants de l'alliberació d'òxids de nitrogen i sulfur a l'atmosfera, el sòl i l'aigua, modificant l'acidesa del medi i afectant a la flora i la fauna (kg SO₂ eq).
 - Eutrofització (EI); impacte degut a l'alt nivell de macronutrients; nitrogen i fòsfor (kg PO₄ eq).
 - Formació de foto-oxidants (POI); formació de substàncies reactives, nocives per la salut humana i els ecosistemes (kg etilè).
 - Toxicitat (HTI/ATI/TTI); efectes sobre els humans i els ecosistemes aquàtics i terrestres de les substàncies tòxiques existents a l'ambient.
 - Esgotament de l'ozó estratosfèric (ODI); disminució de la capa d'ozó i increment de la radiació.
 - Ús del sòl.
- b. Categories d'impacte addicionals (existeixen indicadors però de vegades no son considerats):
 - Pèrdua de suport de vida, de biodiversitat i olor.
- c. Altres categories d'impacte (no disposen d'indicadors que permetin quantificar l'impacte i per tant, no incloses en els ACV).
 - Dessecació (m³) i soroll.

S'analitza, tot seguit, la càrrega ambiental associada al conreu hidropònic en hivernacle, a partir dels sistemes considerats en l'anàlisi del cicle de vida per la producció de tomàquet. Els sistemes son: infraestructura de l'hivernacle (inclou l'estructura metàl·lica, els tancaments i el procés de fabricació i transport d'ambdós), equipament auxiliar (inclou el material, la fabricació i el transport del sistema de reg i el substrat, així com el consum d'aigua i electricitat pel mateix reg), sistema climàtic (inclou el material, la fabricació i el transport del sistema climàtic, ja sigui per calefacció, ventilació, il·luminació i fertilització carbònica i el consum energètic corresponent; gas i/o electricitat), fertilitzants (considera el procés de fabricació i les emissions produïdes en la seva aplicació), tractament fitosanitari (inclou el material i la maquinària per la seva aplicació) i gestió de

residus (només es considera el transport i les emissions dels materials traslladats a la planta de compostatge, abocador i incineradora).

Seguint el mateix criteri dels apartats anteriors es pren com a referència la producció de tomàquets d'un hivernacle del tipus multitúnel al Maresme, en substrat i per recirculació, un altre hivernacle també multitúnel a Almeria, només per conreus hidropònics sense recirculació, i finalment, un hivernacle del tipus Venlo, situat a Wageningen (Holanda) també amb cultius hidropònics, en aquest cas amb recirculació.

Es determinen, de manera general i per cadascun dels emplaçaments, els principals contribuents a l'impacte ambiental d'acord amb els sistemes considerats i segons les sis primeres categories d'impacte obligatòries, quantificant de manera més concreta, els efectes en la categoria de canvi climàtic (kg de CO₂ eq), entenent aquesta com un dels principals indicadors per als capítols posteriors.

C.1. El Maresme

Es considera un hivernacle del tipus multitúnel (mediterrani) amb calefacció a l'hivern (un mes i mig) i ventilació natural, de les següents característiques generals; estructura metàl·lica, coberta de film plàstic i tancaments de policarbonat, conreu en substrat amb sistema de recirculació, control fitosanitari integrat, compostatge del residu verd i dipòsit en abocador de la resta de residus (plàstics, acer, etc.). Les dades adoptades per avaluar l'impacte ambiental, segons les categories especificades al paràgraf anterior, són les mateixes de l'apartat B.1.

Aquests són els principals impactes⁷:

- Els anomenats equips complementaris són els principals contribuents a l'impacte ambiental en la majoria de categories, excepte en l'eutrofització, amb percentatges entre el 30,9% i el 76,8%. El substrat (perlita) és l'element de major impacte amb un 67,3% a la categoria d'esgotament de recursos, conseqüència del procés de fabricació amb gas natural, seguit dels materials plàstics, degut a la instal·lació de recirculació (sacs, tubs, etc.). Respecte la categoria de canvi climàtic l'equipament auxiliar suposa 46,7kg de CO₂ eq/t tomàquet (0,70kg CO₂/m²).
- El segon sistema amb major càrrega ambiental correspon als fertilitzants, amb percentatges entre el 15,6% i el 57,2% respecte les diferents categories, excepte en la formació de foto-oxidants amb un percentatge del 5,8%. Les causes són les emissions a l'aire en l'aplicació de nitrats (amònic i potàssic) i el procés de fabricació. Respecte la categoria de canvi climàtic aquest sistema genera un impacte valorat en 46,5kg de CO₂ eq/t tomàquet (0,70kg CO₂/m²), molt similar a l'anterior.
- La infraestructura és el tercer sistema amb més impacte ambiental amb percentatges del 19,1% (eutrofització) al 39,5% (canvi climàtic) entre les respectives categories. El menor impacte però, es produeix en la categoria d'esgotament de recursos amb un percentatge del 5,4%. El ferro en primer lloc i el plàstic a continuació són els responsables d'aquest impacte, en les categories de canvi climàtic el primer i acidificació i formació de foto-oxidants els segons. El valor d'aquest sistema en la categoria de canvi climàtic és de 32,1kg de CO₂ eq/t tomàquet (0,48kg CO₂/m²).
- A certa distància dels tres sistemes anteriors es troba el sistema climàtic, amb percentatges entre el 5,9% (eutrofització) i el 19,2% (formació foto-oxidants) respecte les diferents categories, constituint l'esgotament de recursos el mínim valor (2,8%). Això suposa 18,8kg de CO₂ eq/t tomàquet (0,28kg CO₂/m²) en la categoria de canvi climàtic.
- La gestió dels residus és el següent sistema a considerar amb els percentatges més importants en les categories d'eutrofització (21,4%) i canvi climàtic (20,6%). Això és conseqüència del trasllat a l'abocador dels residus plàstics i metàl·lics i de la biomassa a la planta de compostatge. El valor en la categoria de canvi climàtic és de 16,8kg de CO₂ eq/t tomàquet (0,25kg CO₂/m²).
- Finalment, els tractaments fitosanitaris tenen un valor quasi inapreciable en totes les categories; el més gran és un 1,5% a la categoria de canvi climàtic, fet que implica un valor mínim de 1,2kg de CO₂ eq/t tomàquet (0,02kg CO₂/m²).

En conjunt, el valor total respecte la categoria de canvi climàtic és de 162,1kg de CO₂ eq/t tomàquet (2,43kg CO₂/m²).

⁷ No s'ha considerat en aquest apartat la categoria corresponent a l'energia utilitzada per la manca de dades en els diferents sistemes.

C.2. Almeria

Es pren com a referència un hivernacle també del tipus multitúnel, sense calefacció, amb ventiladors i amb mínima despesa energètica (només pel sistema de fertirrigació), de les mateixes característiques que l'anterior, en aquest cas però amb conreu hidropònic sense recirculació i reciclatge d'una part dels residus (sense consideració en la gestió de residus). Es determina l'impacte ambiental segons les categories ja descrites i a partir de les mateixes dades especificades a l'apartat B.2.

Aquests són els principals impactes per al cas d'Almeria:

- La infraestructura de l'hivernacle és l'element de major impacte ambiental en totes les categories, excepte en l'eutrofització, amb percentatges entre el 35,2% i el 50,2% del total. La gran quantitat de ferro contribueix majoritàriament aquest impacte en quasi totes les categories (entre el 48,7% i el 71,8%), on el plàstic és l'altre protagonista i màxim exponent en l'esgotament de recursos i la demanda energètica (entre el 53,7% i el 55,6%), dels materials que formen l'hivernacle. Específicament, el conjunt de l'estructura suposa 88kg de CO₂ eq/t tomàquet en la categoria de canvi climàtic (1,45kg CO₂/m²); 39kg corresponen al ferro, 36kg al plàstic, aportant el transport i el formigó la resta.
- Els equips complementaris constitueixen la segona causa d'impacte ambiental amb percentatges entre el 31,2% i el 41,2% per les categories d'esgotament de recursos, acidificació i demanda energètica. Això és conseqüència del consum elèctric pel sistema de reg i la producció de perlita, principalment. El primer amb percentatges del 39,2% al 66,3% en les categories d'acidificació, eutrofització i demanda energètica i el segon, entre el 36,8% i el 41,2% respecte les categories d'esgotament de recursos i canvi climàtic. En concret, l'equipament auxiliar suposa 77kg de CO₂ eq/t tomàquet respecte la categoria de canvi climàtic (1,27kg CO₂/m²); 39kg corresponen a la perlita, 26kg són produïts pel consum elèctric i 11,9kg provenen de la fabricació i utilització del plàstic.
- El tercer agent amb més impacte ambiental és degut a l'ús de fertilitzants, tant en el procés de fabricació com en les emissions per la seva aplicació. Ells sols contribueixen al 100% en la categoria d'eutrofització i entre el 10,9% i el 34,0% a la resta de categories. El nitrogen és el principal responsable entre els fertilitzants, amb percentatges des del 52,3% fins al 66,0% respecte totes les categories, a excepció de l'eutrofització representada en un 95,2% per les pròpies emissions. La contribució total en la categoria de canvi climàtic és de 82kg de CO₂ eq/t tomàquet (1,35kg CO₂/m²), on 44kg corresponen al nitrogen, 28kg són conseqüència de les emissions i 10kg pertanyen a la resta de fertilitzants.
- La gestió dels residus genera un impacte molt allunyat dels casos anteriors. Es considera aquí el transport a la planta de residus i les emissions segons els tractaments específics de cada material. No es comptabilitza el reciclatge total de l'estructura de ferro i els tancaments de plàstic. Segons això, és el transport de biomassa qui té un major impacte en totes les categories, donat que aquest es recicla anualment al final de la collita i no depèn del seu cicle de vida com la resta de materials i residus (normalment superior a un any). El seu valor en la categoria de canvi climàtic és de 3,1kg de CO₂ eq/t tomàquet (0,05kg CO₂/m²), on 2,2kg corresponen a la biomassa.
- Per últim, els tractaments fitosanitaris i el sistema climàtic tenen un impacte molt baix, inexistent el segon. Presenten 2,0kg de CO₂ eq/t tomàquet (0,03kg CO₂/m²) i 0,15kg de CO₂ eq/t tomàquet (0,002kg CO₂/m²) respectivament, en la categoria de canvi climàtic.

En conjunt, el valor total respecte la categoria de canvi climàtic és de 252,25kg de CO₂ eq/t tomàquet o l'equivalent 4,15kg CO₂/m².

C.3. Wageningen (Holanda)

Es considera un hivernacle del tipus Venlo, d'estructura metàl·lica, tancaments de vidre (coberta i façanes), amb calefacció, sistema de cogeneració i fertilització carbònica, conreu hidropònic de recirculació, compostatge del residu verd, reciclatge d'una part dels residus (sense consideració en la seva gestió) i dipòsit en abocador de la resta. Es determina l'impacte ambiental utilitzant les mateixes dades especificades a l'apartat B.3, sense la consideració del sistema de cogeneració utilitzat en aquest cas, donat que, tot i compensar amb escriu el consum de gas per la calefacció, aquest sistema té una finalitat diferent a les activitats pròpies d'un hivernacle.

Aquests són els principals impactes per al cas holandès:

- El sistema climàtic, sense considerar el sistema de cogeneració, és el principal causant de l'impacte ambiental en la majoria de categories (esgotament de recursos, demanda energètica, eutrofització i canvi climàtic), amb percentatges entre el 44% i el 95% de l'impacte total. La gran quantitat de gas utilitzat per la calefacció i el consum elèctric pel sistema climàtic és la raó fonamental d'aquest impacte. Això suposa en la categoria de canvi climàtic 1.900kg de CO₂ eq/t tomàquet (107,34kg CO₂/m²), dels quals 1.700kg corresponen al consum de gas natural i 120kg al consum elèctric, com a principals contribuents.
- La infraestructura de l'hivernacle és aquí el segon element de major impacte, amb percentatges entre el 42,0% i el 43,4%, per les categories de foto-oxidació i acidificació, respectivament. El ferro i l'alumini són els principals motius en totes les categories (percentatges entre el 55,6% i el 72,4%), però també ho és el vidre (entre el 20,4% i el 41,0%). L'impacte total de l'estructura en la categoria de canvi climàtic és de 53kg de CO₂ eq/t tomàquet (3,00kg CO₂/m²), on 32kg provenen dels metalls i 17kg del vidre, entre els màxims exponents.
- El tercer agent amb més impacte ambiental són els fertilitzants, també aquí degut al procés de fabricació i a les emissions en la seva aplicació, sobretot en les categories de canvi climàtic, eutrofització i esgotament de recursos (percentatges del 13,0% al 15,8%). El nitrogen és el principal responsable en totes les categories, amb percentatges entre el 65,9% i el 88,3%, seguit de lluny per les emissions produïdes, amb un 26,7% en la categoria de canvi climàtic. Això representa per aquesta categoria un total de 48kg de CO₂ eq/t tomàquet (2,71kg CO₂/m²), 27kg provinents del nitrogen i 17kg de les emissions, entre els més importants.
- Els equips complementaris són els següents en l'ordre d'impacte ambiental, a certa distància però dels tres anteriors, on la màxima contribució es produeix en la categoria de foto-oxidació (10,9%) i on el principal causant és el substrat (percentatges del 43,0 al 58,0%, deguts a la fabricació de la llana de roca, el més important, la fabricació de bosses de plàstic i el transport a l'hivernacle). La repercussió total en la categoria de canvi climàtic és de 14kg de CO₂ eq/t tomàquet (0,80kg CO₂/m²), on 10kg són conseqüència de la llana de roca.
- La gestió dels residus genera un impacte molt allunyat dels casos anteriors. La causa principal és el transport de biomassa a la planta de compostatge, que afecta entre un 49,2% i un 71,6% de totes les categories, a excepció del canvi climàtic, on és la incineració de plàstics el major contribuent, amb un percentatge del 79,7%. La repercussió total en la categoria de canvi climàtic és de 2,1kg de CO₂ eq/t tomàquet (0,12kg CO₂/m²), on 1,7kg prové de la incineració de plàstics i 0,27kg del transport de la biomassa.
- Finalment, es considera inapreciable la contribució dels tractaments fitosanitaris en l'impacte ambiental. El seu valor en la categoria de canvi climàtic és de 0,2kg de CO₂ eq/t tomàquet.

En conjunt, el valor total respecte la categoria de canvi climàtic és de 2.017,30kg de CO₂ eq/t tomàquet o l'equivalent 113,97kg CO₂/m².

C.4. Taula comparativa (resum)

Comparem, tot seguit, l'impacte ambiental produït en cadascun dels tres emplaçaments, segons les característiques corresponents i els diferents sistemes considerats en l'anàlisi del cicle de vida per la producció de tomàquet en hivernacle. S'estableix un ordre (rànkning) d'impacte ambiental (IAT) i es quantifiquen les emissions a l'aire de gasos efecte hivernacle (CO₂) per unitat de superfície (m²), així com per unitat de producció (t tomàquet) per cadascun dels sistemes descrits i en total.

Impacte ambiental	Maresme ⁸			Almeria			Wageningen		
	IAT	CCI ⁹		IAT	CCI		IAT	CCI	
		(kg CO ₂ /m ²)	(kg CO ₂ /t tom)		(kg CO ₂ /m ²)	(kg CO ₂ /t tom)		(kg CO ₂ /m ²)	(kg CO ₂ /t tom)
Infraestructura	3r	0,48	32,10	1r	1,45	88,00	2n	2,99	53,00
Equips complementaris	1r	0,70	46,70	2n	1,27	77,00	4t	0,79	14,00
Fertilitzants	2n	0,70	46,50	3r	1,35	82,00	3r	2,71	48,00
Gestió residus	5è	0,25	16,80	4t	0,05	3,10	5è	0,12	2,10
Tractament fitosanitari	6è	0,02	1,20	5è	0,03	2,00	6è	0,01	0,20
Sistema climàtic	4t	0,28	18,80	6è	0,002	0,15	1r	107,34	1.900,00
Total CCI		2,43	162,10		4,15	252,25		113,97	2.017,30
Superfície (m ²)			1.920			19.440			40.000
Producció (kg/m ²)			15,00			16,48			56,50

Taula 1.3 Comparació segons l'impacte ambiental de cada emplaçament analitzat (Elaboració pròpia segons dades de la tesi doctoral de M^a. A. Antón i el document Euphoros. Deliverable 5)

IAT, Impacte Ambiental Total: disposició ordenada de l'impacte ambiental en els diferents sistemes segons el conjunt de les categories analitzades.

CCI, Categoria de canvi climàtic: còmput de les emissions de gasos d'efecte hivernacle a l'aire per unitat de superfície (kg CO₂/m²) i per unitat de producció (kg CO₂/t tomàquet).

⁸ Els resultats obtinguts son per un cicle de conreu de 6 mesos en el cas del Maresme i de 12 pels altres dos, amb 3 mesos de repòs sense collita a Almeria.

⁹ En el cas del Maresme s'ha considerat un temps d'integració IPCC a 20 anys i de 100 en els altres casos. Això significa emissions més baixes en el primer cas.

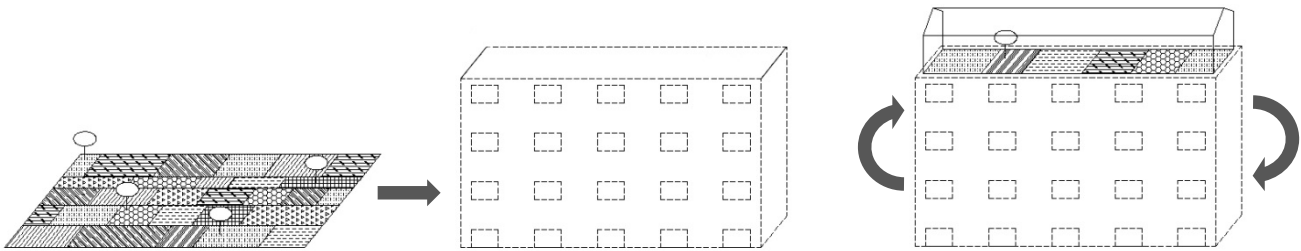
De les consideracions relatives a cada emplaçament i la comparació anterior (taula 1.3), se'n poden extraure les següents conclusions:

- En els hivernacles mediterranis (Maresme i Almeria) es distingeixen dos grans grups respecte l'impacte ambiental global, més enllà de les posicions concretes per a cadascun dels sistemes que formen aquests grups; el primer, de major impacte, es el format per la infraestructura, els equips complementaris i els fertilitzants, que superen amb escreix el segon grup integrat per la resta de sistemes; residus, tractament fitosanitari i sistema climàtic (inapreciables els dos últims al Maresme i Almeria, respectivament). Per contra, l'hivernacle centreeuropeu te en el sistema climàtic el màxim exponent de l'impacte ambiental, seguit de la infraestructura i més allunyat, els fertilitzants. L'equipament auxiliar despunta entre els tres últims sistemes, però tots ells amb molt menys impacte que els primers. Així, les causes del major impacte en l'hivernacle mediterrani son el ferro, el plàstic i el substrat (perlita), a més dels nitrats. En el segon cas (Holanda), son els consums energètics (gas i electricitat) la raó fonamental de l'impacte.
- La categoria de canvi climàtic manifesta de manera evident la consideració anterior, on la diferencia entre els dos grups es molt més exagerada a Almeria que no pas al Maresme, representant el primer grup el 98% de les emissions a Almeria i el 77% al Maresme. Respecte Wageningen el sistema climàtic es responsable de gairebé el 95% de les emissions.

- En nombre d'emissions (CO₂), Wageningen (2.017,3kg CO₂/t tom.) supera de llarg el Maresme, (324,2kg CO₂/t tom., amb dos cicles de conreu) i aquest Almeria (252,2kg CO₂/m²) amb valors propers els dos últims, però amb un estalvi de més del 20% d'Almeria respecte el Maresme.
- Finalment, descartant les excessives emissions del sistema climàtic a Wageningen, la resta de valors per unitat de producció, son superiors al Maresme (considerant dos cicles de conreu); un 20,0% més en infraestructures, quasi el doble en fertilitzants i gairebé set vegades més en els equips complementaris, entre d'altres.

D. Conreus hidropònics en cobertes d'edificis vs sistema de subministrament actual

La producció agrícola en àrees allunyades de les ciutats provoca una elevada despesa energètica i considerables emissions de gasos efecte hivernacle, com a conseqüència de l'actual procés de distribució lineal; es produeix en un lloc determinat i es consumeix a l'altre punta. Per tal de reduir aquest impacte ambiental a les ciutats, es necessari transformar la logística urbana de la mercaderia agrícola en un sistema circular, on els productes puguin ser produïts i consumits a la mateixa ciutat. Incorporar hivernacles amb conreus hidropònics a les cobertes dels edificis es una innovadora estratègia per assolir aquest objectiu i contribuir a la reducció de la càrrega ambiental i l'autosuficiència alimentària, a més dels beneficis pels propis edificis (increment de l'aïllament i reducció del consum energètic).



Imatges 1.6 i 1.7

Sistema lineal; producció al camp, consum a la ciutat / Sistema circular; producció als edificis, consum a la ciutat.

Aquest sistema té avantatges considerables en la reducció de les necessitats de transport pel subministrament d'aliments, eliminant i/o modificant significativament la distància entre les àrees de conreu i les ciutats i estimulando altres sistemes de transport més sostenibles. També, la reutilització de l'envàs representa una oportunitat, com a conseqüència d'un procés menys intensiu que permet reduir la quantitat de material a utilitzar i incrementar-ne el seu ús. Per últim, la pèrdua de mercaderia que es produeix durant el transport i la comercialització, degut a les condicions d'aquest i el major recorregut, disminuirà, augmentant el producte fresc de caràcter local. Tot plegat representa un canvi del actual model urbà a la recerca d'una sinergia entre l'activitat agrícola i urbana.

S'analitza ara l'impacte ambiental del sistema logístic, entre l'actual sistema de subministrament d'aliments (lineal) i el sistema d'hivernacles amb conreus hidropònics en cobertes d'edificis (circular), segons l'anàlisi del cicle de vida, tal com s'ha fet en els apartats anteriors. Es consideren per ambdós casos les etapes habituals en el sistema d'abastament d'aliments; producció agrícola, envasat, distribució i comercialització.

Seguint el mateix criteri dels apartats previs, s'adopta pel sistema d'hivernacles en cobertes, la producció de tomàquets¹⁰ en un edifici situat a la ciutat de Barcelona, segons les mateixes condicions d'un hivernacle amb cultius hidropònics al Maresme (apartat B.1). Respecte el sistema de subministrament actual, es pren com a referència la producció de tomàquets en hivernacle, també per conreus hidropònics, a Almeria (apartat B.2), distribuït a Mercabarna (centre logístic agroalimentari situat a Barcelona) i comercialitzat a la ciutat de Barcelona. Per ambdós casos es considera l'impacte ambiental de la producció agrícola, a partir dels resultats especificats en el cas d'Almeria (apartat C.2). La unitat funcional considerada es un quilo de tomàquets.

¹⁰El tomàquet es una de les hortalisses, entre d'altres, que permet ser conreat amb el sistema hidropònic d'hivernacles en cobertes.

D.1 Impacte ambiental del sistema de subministrament actual

L'actual sistema de subministrament de tomàquets produïts a Almeria i comercialitzats a Barcelona, te les següents característiques, segons les diferents etapes esmentades a l'apartat previ:

- La producció agrícola es situa en 16,48kg/m² de tomàquet per campanya (apartat B.2).
- La distribució del tomàquet d'Almeria fins a Barcelona, es realitza en tres fases; de l'hivernacle al magatzem (situat a Almeria), del magatzem a Mercabarna, i d'aquest al comerç. Durant la segona fase es produeix una pèrdua de producte del 6% (es comptabilitza en aquesta etapa, el consum energètic originat a Mercabarna per la venda del tomàquet).
- Comercialització: en aquesta etapa es produeix una pèrdua d'un 10% de la mercaderia, residu que es converteix en compost a la planta de compostatge (s'inclou el transport i el tractament de compostatge).
- El sistema d'envasat més utilitzat per la comercialització son les safates de plàstic (en un 80%), respecte les caixes de cartró i fusta (menys del 50%). Es considera aquí, el procés de fabricació complet per les safates de plàstic.

Per tant, de l'anterior es desprèn que per consumir 1kg de tomàquets a Barcelona, es necessari produir a Almeria 1,16kg dels mateixos, donat que en el trajecte i la comercialització hi ha una pèrdua total del 16% de tomàquets.

A partir de les característiques i els consums previs es determina el grau de contribució a l'impacte ambiental de les diferents etapes, per l'actual sistema de subministrament i segons les cinc primeres categories obligatòries en l'anàlisi del cicle de vida. L'ordre es el següent:

- L'envasat es el principal causant de l'impacte ambiental en la majoria de categories (canvi climàtic, acidificació, esgotament de recursos i demanda energètica), amb percentatges entre el 44,9% i el 64,5% de l'impacte total. El consum elèctric per la fabricació dels motlles i l'ús de dissolvents en son els motius principals. La càrrega ambiental d'aquesta etapa en la categoria de canvi climàtic es de 320,0kg de CO₂ eq/t tomàquet.
- La producció agrícola es el segon sistema amb major impacte, primer en la categoria d'eutrofització (64,3%), i amb percentatges entre el 28,7% i el 42,0% per la resta. El seu valor respecte la categoria de canvi climàtic es de 294,1kg de CO₂ eq/t tomàquet.
- La distribució, amb percentatges menors (entre el 3,8% i el 10,2%), es la tercera càrrega ambiental, produïda en la seva majoria pel transport de la mercaderia entre el magatzem situat a Almeria i el centre de distribució de Barcelona (Mercabarna). L'impacte en la categoria de canvi climàtic es de 62,3kg de CO₂ eq/t tomàquet.
- Finalment, la comercialització es el menor contribuent a l'impacte ambiental (percentatges del 1,3% al 16,8%), on la categoria d'eutrofització es la màxima representant, conseqüència del compostatge de la pèrdua de producte. La repercussió en la categoria de canvi climàtic es de 30,15kg de CO₂ eq/t tomàquet.

En conjunt, l'impacte total de l'actual sistema de subministrament en la categoria de canvi climàtic es de 706,55kg de CO₂ eq/t tomàquet. Respecte l'energia necessària per la seva producció, aquesta es 16,30MJ/t tomàquet (4,56kWh/t tomàquet). Això vol dir, 20,5 vegades mes calories que l'energia continguda en un quilo de tomàquet (190kcal/kg tomàquet).

D.2 Impacte ambiental del sistema d'hivernacles en cobertes d'edificis

El sistema d'hivernacles en cobertes d'edificis, per la producció i consum de tomàquets a Barcelona, té en compte les següents consideracions segons les etapes esmentades:

- La producció agrícola es situa en 15,00kg/m² de tomàquet per campanya (apartat B.1).
- Es preveu que no existeixen necessitats de transport (considerant una escala de barri), ni pèrdua de mercaderia en el sistema de distribució.
- La comercialització es produeix hores després de la collita i per tant no hi ha tampoc pèrdua de producte en aquesta etapa, evitant a més les corresponents tècniques de preservació.
- Es preveu la reutilització del sistema d'envasat amb safates de plàstic reforçades (900g de pes), amb una vida útil de 50 usos.

En aquest cas l'impacte ambiental d'un quilo de tomàquet produït i consumit a la ciutat de Barcelona, només afecta a la producció agrícola i al sistema d'envasat, doncs no cal transport i no hi ha residus a compostar per la inexistent pèrdua de producte. Segons les cinc categories obligatòries utilitzades en l'anàlisi del cicle de vida, la producció agrícola es la principal contribuent a l'impacte ambiental amb percentatges superiors al 92% en totes elles. Respecte la categoria de canvi climàtic, es pren el mateix valor obtingut en un hivernacle amb conreu hidropònic a Almeria, 252,25kg de CO₂ eq/t tomàquet (veure apartat C.2)

En conjunt, l'impacte ambiental total pel sistema d'hivernacles en cobertes d'edificis, respecte la categoria de canvi climàtic es de 266,25kg de CO₂ eq/t tomàquet, on el valor degut a l'envasat es mínim; 14,00kg de CO₂ eq/t tomàquet (5,25% del total). En aquest cas l'energia necessària per la producció total són 4,31MJ/t tomàquet (1,20kWh/t tomàquet), 4,00MJ corresponen a la producció agrícola i 0,31MJ a l'envasat. Aquí la despesa energètica representa 4,5 vegades més calories que l'energia continguda en un quilo de tomàquet (190kcal/kg tom).

D.3. Taula comparativa (resum)

Es compara ara, l'impacte ambiental produït en els dos sistemes, segons les diferents etapes considerades i a partir de les categories utilitzades en l'anàlisi del cicle de vida per la producció de tomàquet en hivernacle. Es quantifiquen els valors concrets d'emissions a l'aire de gasos efecte hivernacle (CO₂), l'energia utilitzada en cadascun dels sistemes (ambdós per unitat de producció), així com els estalvis entre ambdós (parcials i totals per unitat de producció i percentatges, i totals per unitat de superfície).

Impacte ambiental	Sistema actual		Hivernacle cobertes		Estalvi	
	CCI	ED	CCI	ED	CCI	ED
	(kg CO ₂ /t tom)	(MJ/t tom)	(kg CO ₂ /t tom)	(MJ/t tom)	(kg CO ₂ /t tom)	(MJ/t tom)
Producció agrícola	294,10	4,66	252,25	4,00	(14,2%) 41,85	(14,1%) 0,66
Envasat	320,00	10,50	14,00	0,31	(95,6%) 306,00	(97,0%) 10,19
Distribució	62,30	0,90	-	-	62,30	0,90
Comercialització	30,15	0,20	-	-	30,15	0,20
Total (per unitat de producció)	706,55	16,26	266,25	4,31	(62,3%) 440,30	(73,5%) 11,95
	(Kg CO ₂ /m ²)	(MJ/m ²)	(Kg CO ₂ /m ²)	(MJ/m ²)	(Kg CO ₂ /m ²)	(MJ/m ²)
Total (per unitat de superfície)	10,60	0,24	4,00	0,06	6,60	0,18

Taula 1.4 Comparació de l'impacte ambiental entre el sistema actual i hivernacles en cobertes (Dades de l'article *Anàlisi ambiental de la logística de productes agrícoles provinents d'hivernacles en cobertes en àrees urbanes Mediterrànies*)

CCI, Categoria de canvi climàtic: còmput de les emissions a l'aire de gasos efecte hivernacle, parcials i total per unitat de producció (kg CO₂/t tomàquet) i total per unitat de superfície (kg CO₂/m²).

ED, Categoria d'energia demandada: còmput de l'energia utilitzada en el cicle de vida del producte i/o servei, parcial i total per unitat de producció (MJ/t tomàquet) i total per unitat de superfície (MJ/m²).

De la comparació anterior, segons la taula 1.4, se'n poden extraure les següents consideracions:

- El sistema d'hivernacles en cobertes d'edificis per a la producció i consum de tomàquets a la ciutat de Barcelona, suposa un estalvi del 73,5% (11,95MJ/t tom o 0,18MJ/m²) en l'energia utilitzada, respecte el sistema de subministrament actual amb producció a Almeria i consum a Barcelona.
- Respecte la categoria de canvi climàtic, el sistema d'hivernacles en cobertes també comporta un estalvi del 62,3% (440,30kg CO₂/t tom o 6,60kg CO₂/m²) en relació a l'actual sistema de producció i consum.
- Els motius dels estalvis anteriors son conseqüència de la reutilització de les safates de plàstic en el sistema d'envasat, tant en la reducció energètica (97,0%) com en les emissions de CO₂ (95,6%), a més de l'inexistent transport de mercaderies respecte els tomàquets produïts a Barcelona. En menor grau, la producció agrícola en cobertes, tot i que el sistema actual es més productiu, representa un menor impacte energètic i d'emissions de CO₂ (±14%), donat que es més efectiva i no hi ha pèrdua de producte, ni en la distribució ni en la comercialització.
- En resum, el fet de produir 150 tones de tomàquets en una hectàrea d'hivernacles situats en diferents cobertes d'edificis de Barcelona, generaria un estalvi de 66,0t CO₂ eq. i 1.785MJ d'energia consumida, respecte el sistema de subministrament actual des d'Almeria.
- Finalment, considerant la sinergia potencial entre edificis i hivernacles en cobertes, l'aprofitament del calor residual de l'edifici produït per la calefacció, podria incrementar la producció a nivells d'Holanda (56,5kg/m²), generant un estalvi potencial de 248,6 tones de CO₂ eq. per hectàrea (3,76 vegades superior a l'inicial: 66,0t CO₂).

2. SIMBIOSI

A. Edifici - Hivernacle

El desenvolupament industrial ha suposat que la concentració dels anomenats gasos “efecte hivernacle” hagi augmentat més d'un 40% des del segle XIX (s'ha passat de les 280ppm d'aleshores a les 400ppm actuals), limitant a la pròpia naturalesa com a reguladora de l'equilibri a l'atmosfera. De tots aquest gasos, el CO₂ té una especial rellevància ja que el seu excés modifica el balanç final del cicle de carboni, influint de manera decisiva sobre les condicions climàtiques del planeta. Això es degut a que es un gas de llarga permanència, es a dir, es un gas que roman actiu a l'atmosfera durant molt de temps. Així, per exemple, del CO₂ emès a l'atmosfera, al voltant del 50% trigarà 30 anys a desaparèixer, un 30% romandrà diversos segles i el 20% que resta durarà alguns milions d'anys (Solomon et al., 2007).

Malgrat tot, i mes enllà del seu efecte negatiu, el CO₂ representa una de les dues matèries primeres, l'altre es l'aigua, amb la que les plantes fabriquen la seva pròpia matèria (biomassa). L'exposició d'aquestes a ambients amb una elevada concentració de diòxid de carboni (1.000-2.000ppm en el cas del tomàquet), generalment estimula el creixement i la fixació fotosintètica del mateix. Es per això que els hivernacles destinats a conreus hortícoles intensius utilitzen la tècnica de l'enriquiment carbònic, anomenada fertilització carbònica i que consisteix en augmentar el nivell ambiental de CO₂, per obtenir una millora en la producció i el rendiment de la collita. Es tracta d'una tècnica agronòmica utilitzada des de ja fa anys en països del centre i nord d'Europa, cada vegada més estesa entre els productors mediterranis, tot i la difícil combinació entre la injecció de CO₂ i la mínima ventilació (controlant temperatura i humitat ambiental, principalment) en un cicle de conreu anual, però fàcilment aplicable en un cicle primavera-hivern de mig any.

Al mateix temps, les formacions vegetals actuen com embornals de carboni gracies a la seva funció vital principal, la fotosíntesi. Aquesta funció compensa tant les pèrdues de CO₂ que es produeixen en la respiració, com les emissions en altres processos naturals (descomposició de matèria orgànica i perturbacions de diferent naturalesa), convertint-se el sòl en un medi eficaç d'immobilització¹ de CO₂ a llarg termini (Lal, 1997). A escala mundial la biosfera terrestre fixa al voltant de 2.000.000t/any (UNESA, 2005), en el que es coneix com a producció neta de la biosfera (PNB), quantitat a llarg termini emmagatzemada a l'embornal. Però res d'això produiria el seu efecte si no fos per l'altre matèria primera indispensable, l'aigua, sobretot tenint en compte que aportacions hídriques adequades, incrementen la biomassa agrícola.

Definitivament, si el que es pretén es incrementar l'índex de captura de CO₂, es inevitable afavorir una major extensió de la coberta vegetal a traves de l'agricultura, doncs es un mecanisme efectiu per mitigar l'augment del CO₂ atmosfèric.

La incorporació d'hivernacles amb conreus hidropònics a les cobertes del edificis d'habitatges plurifamiliars existents promou aquest objectiu, alhora que permet generar una simbiosi entre ambdós, amb avantatges recíprocs segons el metabolisme de cadascun. S'estudia només en aquest capítol el potencial intercanvi unidireccional edifici-hivernacle, on els residus de l'edifici (el diòxid de carboni emès en la combustió de les calderes que proporcionen calefacció i aigua calenta sanitària als habitatges i les aigües grises provinents del desguàs de la dutxa/banyera i el lavabo),

esdevenen les abans esmentades matèries primeres de l'hivernacle. Aquest fet posa de manifest, a més, la valorització del diòxid de carboni, així com de les aigües grises.

El desenvolupament d'ambdós sistemes es tècnicament viable, tot i que serà necessari un projecte específic per l'execució de cada cas, segons els condicionants de l'edifici, a més d'un estudi més acurat al respecte, sobretot en el primer cas (no objecte d'aquesta tesina). S'exposa a continuació la proposta a implementar, a partir del concepte funcional genèric de cada sistema:

- Valorització del diòxid de carboni: un conducte vertical per façana o interiorment, segons la facilitat d'execució, connectarà els tubs existents d'evacuació de fums de les calderes fins a l'hivernacle de coberta. En aquest punt es produirà un procés d'absorció de CO₂ per la captura d'aquest (la resta de gasos seran expulsats a l'exterior) i un altre de desorció², on a través d'una vàlvula s'enviarà el CO₂ a l'hivernacle, utilitzant aire de gas portador de manera periòdica. Sensors de CO₂ ajudaran a gestionar el procés. Addicionalment, un reservori pot permetre emmagatzemar el CO₂ no utilitzat en el moment de la fertilització.
- Valorització d'aigües grises: també aquí un conducte vertical connectarà els diferents desguassos existents del lavabo i la banyera/dutxa, separant aigües grises d'aigües residuals, fins al dipòsit, previsiblement de la planta baixa o el soterrani, on es depurarà l'aigua a reutilitzar. Aquest únic dipòsit facilitarà totes les etapes del tractament de les aigües grises (filtratge de les partícules sòlides, desgreixat i dessorrat, degradació biològica i decantació, emmagatzematge, desinfecció, cloració i coloració de l'aigua reciclada), des d'on a través d'una bomba d'aspiració i el grup de pressió corresponent es distribuirà al punt de subministrament fixat (reg hivernacle).

Malgrat les complexitats tècniques que puguin apareixer, consideracions de tipus econòmic poden representar el major inconvenient a superar, davant d'altres opcions més accessibles i que no requereixen d'una inversió inicial, sobretot en la valorització del diòxid de carboni (per ex. enriquiment amb bombones de CO₂ pur).

S'avalua en els següents apartats, la fertilització carbònica, la captura de CO₂ i la reutilització d'aigües grises d'un hivernacle amb conreus hidropònics per la producció de tomàquets, situat a la coberta d'un edifici concret de la ciutat de Barcelona, amb l'objectiu d'incrementar i/o avançar la producció a través de la valorització del CO₂ i de les aigües grises de l'edifici.

¹ Un any després d'afegir residus vegetals a la terra, la major part del carboni torna a l'atmosfera en forma de CO₂, tot i que entre una cinquena i una tercera part del mateix roman al sòl, ja sigui com a biomassa o com a humus (Brady i Weil, 2004).

² La desorció es l'operació inversa i continua a l'absorció, on es produeix l'extracció de la fracció volàtil d'una dissolució per recuperar material.

A.1 Fertilització per CO₂

Es considera un hivernacle situat a la coberta d'un edifici plurifamiliar d'habitatges de Barcelona, amb condicions climàtiques similars a les del Maresme i destinat al conreu hidropònic amb recirculació d'aigua per la producció de tomàquets. Es pretén utilitzar el CO₂ provinent de les calderes per la calefacció i l'aigua calenta dels habitatges, per tal d'incrementar la producció fins a valors propers al cas analitzat de Wageningen (Holanda), segons la tècnica de la fertilització carbònica. La producció actual per un cicle de conreu (6 mesos) al Maresme es de 15kg/m² i 56,5kg/m², en el cas de Wageningen, també per un cicle de conreu (aquí 12 mesos).

S'adopten les mateixes característiques del cas estudiat al Maresme; substrat amb perlita, densitat de plantació de 2,2 plantes/m² i ús de calefacció a l'hivern (nomes els mesos de desembre i mig gener, a una temperatura de 15°).

L'hivernacle es del tipus multitúnel (mediterrani), d'una sola nau (6,40m d'ample i 52,00m de llargada) amb una superfície total de 332,80m² (superfície útil de plantació 250m²), 1.265,00m³ de volum i una superfície de ventilació de 50,00m² (15,00%). L'alçada sota canaló es de 3,00m i 4,60m sota carener, amb pilars d'acer galvanitzat (80x50x2mm), col·locats cada 2,00m en façana i arcs de coberta (Ø50x1,5mm) també cada 2,00m, cobrint tota l'amplada de la nau.

L'edifici es un bloc plurifamiliar aïllat (bloc allargat amb una relació 1 a 5 entre els seus costats), de planta baixa i cinc plantes pis, que conté 56 habitatges, accessibles a través de cinc nuclis d'escala i ascensor, amb dos habitatges per replà.



Imatge 2.1
Vista general de l'edifici de referència

Les calderes son de gas natural i amb les següents característiques tècniques:

- Caldera mural mixta a gas de càmera estanca amb microacumulació per calefacció i ACS (model DIVAtech micro LN 24 D, Classe 5).
- Potència útil màxima: 24 Kw
- Rendiment en potència nominal (80-60°): 93%
- Temperatura gasos cremats (80-60°C): 119°C
- Cabal gasos cremats: 53,4 kg/h
- Consum màxim gas natural: 2,73 m³/h
- Rang de treball per calefacció: 30-85°C
- Rang de treball per ACS: 40-65°C

De l'anàlisi de la combustió s'obtenen els següents resultats³ (combustible; GN):

- CO₂: 3,34% (33.400 ppm)
- CO₂ màx⁴: 11,9% (119.000 ppm)
- CO: 46 ppm (0,0046%)
- CO corregit⁵: 164 ppm (0,0164%)
- O₂: 15,1% (151.000 ppm)
- O₂ ref.: 3,0% (30.000 ppm)
- Lambda⁶: 3,56
- qA: 10,0%
- TA: 21,9°C
- Temperatura gasos combustió: 102,1°C
- Rendiment: 90%

Es determinen, tot seguit, les condicions necessàries per incrementar el nivell de CO₂ de l'hivernacle, provinent de les calderes dels habitatges i suposant un funcionament permanent d'aquestes (nivell òptim de CO₂ pel conreu de tomàquets; entre 1.000 i 2.000ppm).

Consideracions prèvies:

- 1- Consum mitjà de la caldera: 5.050kWh/any.
- 2- Concentració de CO₂ en el gas emès per la combustió de la caldera: 33.400ppm.
- 3- Concentració actual de CO₂ a l'atmosfera: 400ppm.
- 4- Conversió en condicions normals (25°C i 760torr) → 1ppm = 1,80mg/m³; 1mg/m³ = 0.556ppm.
- 5- Factor d'emissió de CO₂ per gas natural, segons l'IDAE → 1kWh de gas natural = 204g CO₂.

Càlcul:

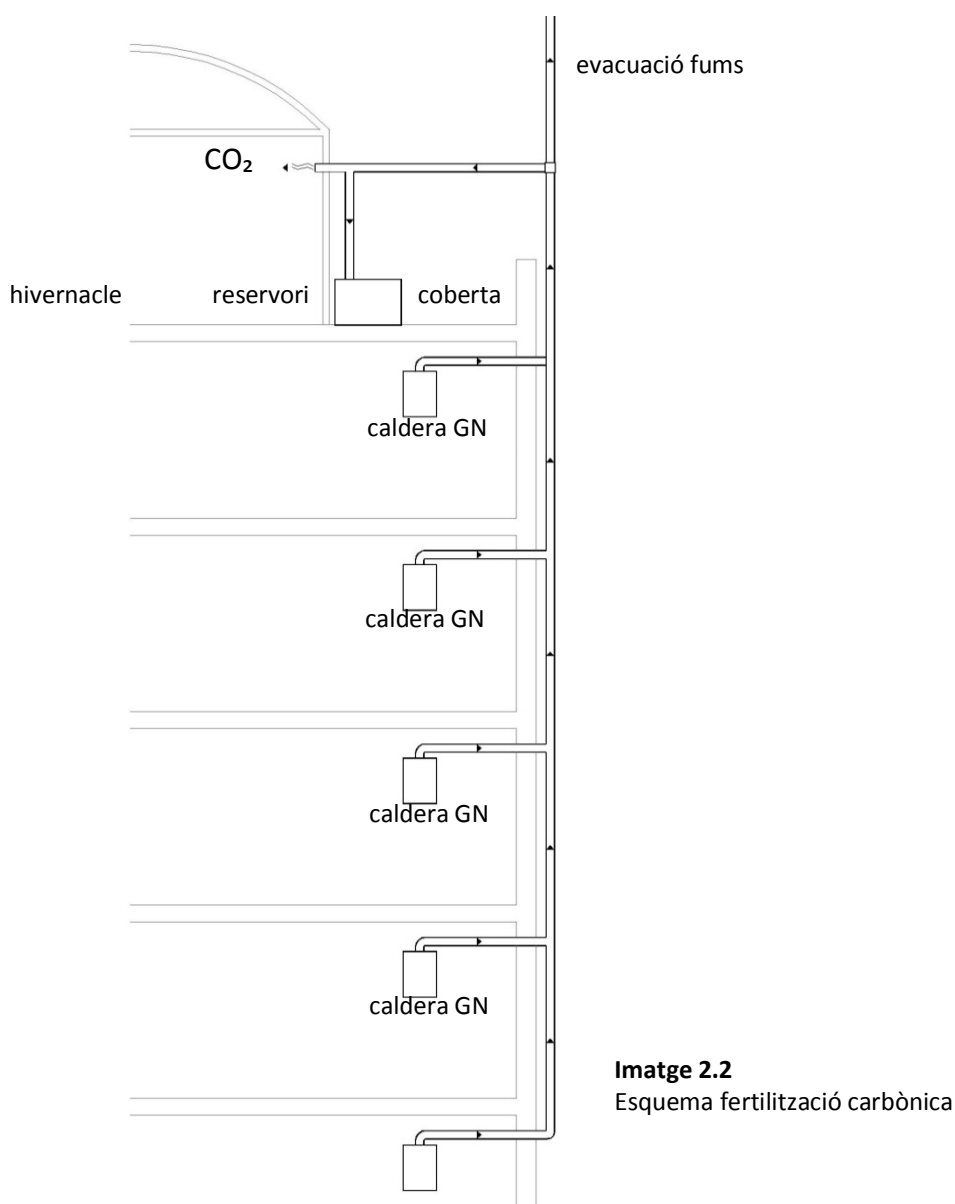
- Determinació de l'aire de l'hivernacle amb una concentració de CO₂ de 400ppm, a partir del seu volum (1.265,00m³) i considerant 1 renovació/hora durant 12 hores/dia a l'any (mitjana d'hores de llum diàries: 12).
El resultat son 5.540.700,00m³/any d'aire amb una concentració de CO₂ de 400ppm, segons les condicions esmentades.
(1.265,00m³ x 1ren/h x 12h/dia x 365dia/any = 5.540.700,00m³/any).
- Gas emès per la caldera en la combustió amb una concentració de CO₂ de 33.400ppm, considerant el consum anual de la caldera (5.050kWh).
La caldera produeix en la combustió 33.400ppm de CO₂, això representen (1ppm = 1,80mg/m³) 60.120mg CO₂/m³ o 60,12g CO₂/m³ (1g = 1.000mg).
Aleshores, si 1m³ son 60,12g de CO₂ i 1kWh son 204g de CO₂; 1kWh son 3,39m³. Considerant un consum anual de la caldera de 5.050kWh, en conseqüència aquesta emet 17.135,73m³/any de gas amb una concentració de CO₂ de 33.400ppm.
(5.050kWh/any x 3,39m³/kWh = 17.135,73m³/any).
- Segons càlculs reiteratius, per aconseguir un aire amb una concentració de CO₂ de 1.150ppm a partir de la barreja d'un gas amb una concentració de CO₂ de 33.400ppm i l'aire de l'atmosfera (400ppm de CO₂), es necessària una proporció entre aquest dos d'aproximadament 1 a 5,5. D'acord amb això, el volum d'aire necessari amb una concentració de CO₂ de 400ppm es de 94.246,50m³/any.
(5,5 x 17.135,73m³/any = 94.246,50m³/any).

- Per tant, per produir anualment un aire amb una concentració de CO₂ de 1.150ppm, a partir de l'aire de l'hivernacle i segons les condicions especificades inicialment, es necessària l'aportació de 59 calderes.

(5.540.700,00m³/any : 94.246,50m³/any = 58,80).

Ajustant les renovacions/hora a 0,95, el nombre de calderes necessàries es exactament 56, coincidint amb les mateixes de l'edifici (una per habitatge). Aquest nombre de renovacions/hora es factible per un hivernacle molt hermètic, fet que suposaria l'aplicació d'aquest sistema només pel cycle de cultiu d'hivern, quan es requereix menys ventilació i la calefacció està activada.

En resum, les calderes dels habitatges (56 unitats) poden incrementar el nivell de CO₂ a l'hivernacle situat a la coberta de l'edifici, fins a una concentració de 1.150ppm, considerant gairebé una renovació d'aire per hora (0,95ren/h) durant les hores de llum (12h) i amb l'objectiu d'augmentar i/o avançar la producció de tomàquet (més renovacions requeriran més calderes).



³ Dades extretes directament del control de combustió efectuat per empresa de control oficial.

⁴ CO₂ màxim: per cada combustible existeix un contingut en els gasos de CO₂ màxim, determinat per la composició química del combustible i que en la pràctica es impossible arribar-hi (G.N. 11,9% vol. de CO₂).

⁵ CO corregit: contingut de CO no diluït en els demés productes de la combustió (exempt d'aire i vapor d'aigua, λ=1).

⁶ Lambda: per aconseguir una combustió complerta, es necessari disposar d'un excés d'aire respecte el teòricament necessari (el rati de l'excés d'aire de combustió per l'aire teòricament necessari s'anomena excés d'aire lambda).

A.2 Captura de CO₂

S'analitza ara, a partir del CO₂ introduït a l'hivernacle, quina es la quantitat que fixen els tomàquets conreats en funció de la superfície útil de plantació (250,00m²).

Considerant, segons les dades inicials, el cabal de gasos cremats de la caldera (53,40kg/h) i el percentatge corresponent al CO₂ (3,34%), es dedueix un cabal de CO₂ de 1,78kg/h. Per tant, 56 calderes produeixen anualment 873,20t de CO₂, suposant que aquestes estiguin sempre en funcionament.

$(1,78\text{kg/h} \times 24\text{h/dia} \times 365\text{días/any} \times 56\text{calderes} \times 1\text{t}/1.000\text{kg} = 873,20\text{t/any})$.

Si només s'injecta CO₂ durant les hores de llum (12 hores de mitjana al dia), això representa 436,60t CO₂/any, i si només es considera un cicle de conreu (6 mesos) el CO₂ introduït son 218,30t CO₂.

Investigacions⁷ prèvies han determinat la captació de CO₂ en els cultius més representatius; el tomàquet, en concret, fixa 1,59kg de CO₂ per planta⁸. D'acord amb això, i tenint en compte la densitat de plantació prevista (2,2plantes/m²), 1m² de tomàquet en aquestes condicions fixa 3,50kg de CO₂. Considerant la superfície útil de plantació (250,00m²), l'hivernacle en conjunt captura 875,00kg de CO₂ en un cicle de conreu (6 mesos) i 1.750,00kg de CO₂ anualment (dos cicles de conreu).

En una hectàrea d'hivernacles situats en diferents cobertes d'habitatges de Barcelona i amb la mateixa densitat de plantació, el cultiu fixarà 35,00t de CO₂ en un cicle de conreu (6 mesos) i 70,00t de CO₂ anualment; valor, aquest últim, gairebé idèntic a les emissions de CO₂ eq. anuals produïdes per 30 ciutadans de Barcelona (2,36t CO₂ eq/any per habitant, 2010).

En definitiva i en qualsevol cas, el CO₂ fixat per l'hivernacle situat a la coberta de l'edifici d'habitatges, tant en un cicle de conreu (6 mesos) com anualment, representa un 0,4% del CO₂ injectat provinent de les calderes.

⁷ Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos. Departamento de Nutrición Vegetal. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. M. Carvajal, C. Mota, C. Alcaraz-López, M. Iglesias, M.C. Martínez-Ballesta.

⁸ Valor mitjà de captació de CO₂ anual considerant un cicle de conreu anual. La present tesina adopta aquest valor identificat a cicle de conreu, independentment del temps d'aquest (6, 9 o 12 mesos).

A.3 Reutilització aigües grises.

Considerant el mateix hivernacle situat a la coberta del mateix edifici plurifamiliar d'habitatges de Barcelona, s'analitzen ara, les diferents possibilitats de reutilització de les aigües grises provinents de la dutxa/banyera i lavabo, segons un consum habitual d'aigua o un consum més eficient d'aquesta, pel seu ús tant en el cultiu hidropònic amb recirculació com amb drenatge lliure, per una producció similar a la del Maresme (15,00kg/m²), així com la de major rendiment a Wageningen (56,50kg/m²); el primer cas amb un cicle de conreu de 6 mesos i de 12 el segon.

Es prenen de referència les següents dades:

- 1- Consum d'aigua habitual per un edifici d'habitatges plurifamiliar: 126,00l per persona i dia (lpd).
- 2- Distribució per usos del consum domèstic d'aigua, en habitatges plurifamiliars: dutxa 33%, lavabo 18%, cuina 4%, vàter 21%, rentadora 11%, rentavaixelles 5% i altres 8%.
- 3- Consum d'aigua introduint mesures d'estalvi pel mateix tipus d'edifici: 93,20lpd.
(No s'han considerat mesures d'estalvi específiques respecte els electrodomèstics).
- 4- Distribució per usos del consum domèstic d'aigua, aplicant mesures d'estalvi: dutxa 18%, lavabo 12%, cuina 3%, vàter 20%, rentadora 25%, rentavaixelles 12% i altres usos 10%.
- 5- Consum d'aigua considerant les mesures d'estalvi prèvies i la reutilització de les aigües grises pel vàter: 74,40lpd.
- 6- Consum d'aigua segons la producció dels diferents hivernacles considerats al primer capítol:
 - Hivernacle situat al Maresme per cultius hidropònics amb recirculació: 21,75l/kg tom o 326,0l/m².
 - Ídem que l'anterior amb drenatge lliure: 27,19l/kg tom o 407,00l/m² (1 cicle de conreu: 6 mesos).
 - Hivernacle situat a Holanda per cultius hidropònics amb recirculació: 14,06l/kg tom o 794,40l/m².
- 7- Superfície útil de l'hivernacle destinada al conreu de tomàquets: 250,00m² (±75%)
- 8- Nombre d'habitatges del bloc plurifamiliar aïllat: 56 habitatges.
- 9- Nombre mitjà de persones per habitatge, segons les dades estadístiques de l'Ajuntament de Barcelona corresponents al barri de Vallcarca, on s'ubica l'edifici, l'any 2013: 2,4 persones.

Escenari 1

Reutilització de les aigües grises de l'edifici pel reg de l'hivernacle, segons un consum habitual d'aigua (ineficient):

- Consum anual d'aigua de l'edifici en qüestió: 6.181,05m³/any.
(126,00l/pd x 2,4p/hab x 56hab x 365d/any x 0,001m³/l = 6.181,05m³/any).
- El percentatge corresponent a les aigües grises a reutilitzar (dutxa + lavabo) es del 51,00%, això representa: 3.152,33m³/any.

Per una producció de 15,00kg/m² en cultius hidropònics amb recirculació d'aigua:

- Consum anual d'aigua per l'hivernacle: 163,00m³/any (dos cicles de conreu); això es un 5,17% respecte el total de les aigües grises.
(326,00l/m² x 250,00m² x 0,001m³/l x 2cicles = 163,00m³/any).

Per una producció de 15,00kg/m² en cultius hidropònics amb drenatge lliure:

- Consum anual d'aigua per l'hivernacle: 203,50m³/any (dos cicles de conreu); això es un 6,45% respecte el total de les aigües grises.
(407,00l/m² x 250,00m² x 0,001m³/l x 2cicles = 203,50m³/any).

Per una producció de 56,50kg/m² en cultius hidropònics amb recirculació d'aigua:

- Consum anual d'aigua per l'hivernacle: 198,60m³/any (un cicle de conreu); això es un 6,30% respecte el total de les aigües grises.
(794,40l/m² x 250,00m² x 0,001m³/l = 198,60m³/any).

La reutilització de les aigües grises pel reg d'un hivernacle situat a la coberta d'un edifici d'habitatges plurifamiliar intensiu (56 habitatges i relació 1 a 5 entre els seus costats), segons un consum d'aigua habitual (ineficient), representa un valor molt petit respecte el total; entre el 5,2% i el 6,5%. Es continua malbaratant quasi el 95% de les aigües grises, conseqüència d'un ús ineficient.

Incrementar la productivitat més d'un 85,0%, gairebé el doble (de 30kg/m² a 56kg/m²), suposa un increment del 1,1% (35,6m³/any o 35.600l/any) en la reutilització d'aigües grises (per cultius hidropònics amb recirculació), segons un consum d'aigua ineficient.

Escenari 2

Reutilització de les aigües grises de l'edifici pel subministrament del vàter i el reg de l'hivernacle, considerant un consum d'aigua eficient en els habitatges:

- Consum anual d'aigua de l'edifici en qüestió: 4.572,02m³/any.
(93,20l/pd x 2,4p/hab x 56hab x 365d/any x 0,001m³/l = 4.572,02m³/any).
- El percentatge corresponent a les aigües grises a reutilitzar (dutxa + lavabo) es del 30,00%, això representen: 1.371,60m³/any.
- El percentatge d'aigua necessària pel vàter es del 20,00%, això suposa: 914,40m³/any (dos terços de les aigües grises).
- Per tant, l'aigua disponible pel reg de l'hivernacle provinent de les aigües grises es: 457,20m³/any (un terç de les aigües grises).

Per una producció de 15,00kg/m² en cultius hidropònics amb recirculació:

- Consum anual d'aigua per l'hivernacle: 163,00m³/any (dos cicles de conreu); això representa un 35,65% de les aigües grises disponibles.
(326,00l/m² x 250,00m² x 0,001m³/l x 2cicles = 163,00m³/any).

Per una producció de 15,00kg/m² en cultius hidropònics amb drenatge lliure:

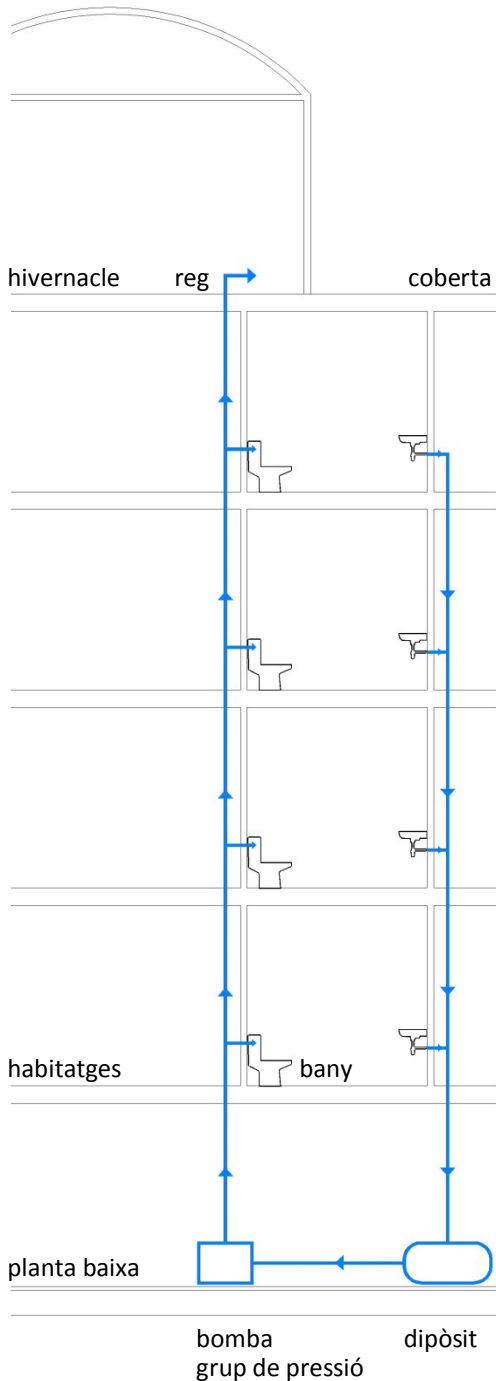
- Consum anual d'aigua per l'hivernacle: 203,50m³/any (dos cicles de conreu); això es el 44,51% de les aigües grises disponibles.
(407,00l/m² x 250,00m² x 0,001m³/l x 2cicles = 203,50m³/any).

Per una producció de 56,50kg/m² en cultius hidropònics amb drenatge lliure:

- Consum anual d'aigua per l'hivernacle: 198,60m³/any (un cicle de conreu); això suposa el 43,44% de les aigües grises disponibles.
(794,40l/m² x 250,00m² x 0,001m³/l = 198,60m³/any).

La reutilització de les aigües grises pel reg d'un hivernacle situat a la coberta d'un edifici d'habitatges plurifamiliar aïllat (56 habitatges i relació 1 a 5 entre els seus costats), segons un consum d'aigua eficient (introduint mesures d'estalvi i aprofitant també les aigües grises pel subministrament del vàter), representa entre el 35,6% i quasi la meitat (44,5%) de les aigües grises disponibles. Encara es perd entre el 55% i el 65% d'aquestes aigües grises.

Incrementar la productivitat més d'un 85,0%, quasi el doble (de 30kg/m² a 56kg/m²), suposa un increment del 7,8% (35,6m³/any o 35.600l/any) en la reutilització d'aigües grises (per cultius hidropònics amb recirculació), segons un consum d'aigua eficient; set vegades més que en el cas d'un consum ineficient.



Imatge 2.3

Esquema reutilització d'aigües grises

3. VIABILITAT TÈCNICA EN EL CONTEXT DE BARCELONA

A. Planejament

Ja des de la pròpia definició de ciutat, entesa segons Gideon Sjoberg¹ com *una comunitat de considerable magnitud i elevada densitat de població que conté una gran varietat d'individus especialitzats en tasques no agrícoles incloent entre aquests una elit culte*, s'exclou l'activitat agrícola com una funció pròpia de la ciutat, tot i ser aquesta un dels requisits indispensables per a l'anomenada revolució urbana²; la producció d'un excedent acumulable d'aliments i d'altres matèries primes per part d'un sector de la societat a fi de mantenir les activitats dels individus especialitzats.

Sorprèn però, que encara avui es defineixi amb la mateixa concepció el terme de ciutat (R.A.E.); *conjunt d'edificis i carrers, regits per un ajuntament, amb població densa i nombrosa que es dedica a activitats no agrícoles*. També el concepte camp insisteix en aquesta idea, doncs es considera una *peça de terra fora poblat destinada al conreu*, segons l'Institut d'Estudis Catalans.

Es potser per això que tradicionalment el planejament no ha reconegut els vincles entre el sistema alimentari i altres sistemes urbans, com el transport, l'ús del sol, l'economia, la salut pública i l'ambient, fet que ha produït que s'ignorin les formes d'integració del sistema alimentari a la vida de les ciutats. La major part de planificadors considera que el sistema alimentari no es un aspecte urbà, i que la producció d'aliments incumbeix exclusivament a l'àmbit rural, donant per fet que la producció d'aliments no només es troba fora de la ciutat, sinó que a més està en ubicacions desconegudes i, per tant, sense importància pel planejament urbà. De manera que en la gran majoria de casos, aquests espais de cultiu estant mancats de qualsevol protecció legal, com a conseqüència de l'estructura legal i normativa de les ciutats, abandonant l'agricultura urbana a l'àmbit il·legal, fora de les polítiques del sol.

S'analitzen, tot seguit, les possibilitats del sistema d'hivernacles amb conreus hidropònics en cobertes d'habitatges plurifamiliars existents a la ciutat de Barcelona, en el marc del planejament actual, examinant algun exemple i considerant les oportunitats de futur, tot plantejant la transformació de l'actual model urbà cap a un metabolisme social sostenible.

¹ Sociòleg suec (1949-2009), el treball més conegut del qual fou l'obra *La ciutat preindustrial: passat i present*.

² Concepte utilitzat pel professor Gordon Childe per caracteritzar un període determinat del Neolític.

A.1 La realitat actual

El marc d'actuació urbanística vigent que regula la ciutat de Barcelona es el Pla General Metropolità d'Ordenació Urbana (P.G.M.), aprovat el 14 de juliol de 1976, i que té per objecte l'ordenació urbanística del territori que integrava l'antiga Entitat Municipal Metropolitana de Barcelona, formada per 27 municipis. Aquest pla d'ordenació urbana estableix les qualificacions i zonificacions urbanístiques, el conjunt de normes, també urbanístiques, que li són d'aplicació, entenent aquestes com la reglamentació detallada dels paràmetres que determinen, amb caràcter general, les característiques de l'edificació, i determina les circumstàncies que poden produir la seva modificació o revisió. També són d'aplicació les Ordenances metropolitanas de l'edificació, reguladores en sòl urbà dels aspectes constructius, tècnics, sanitaris, de seguretat i del règim dels serveis no previstos en les anteriors normes urbanístiques de l'esmentat Pla General Metropolità.

Aquest planejament doncs, defineix els hivernacles com a construccions auxiliars, únicament per al tipus d'ordenació en edificació aïllada³, ajustant-se als paràmetres que regulen aquesta zona (sostre edificable, ocupació en planta baixa, alçada màxima i separacions mínimes als límits de la parcel·la) i sense esmentar res respecte a la seva ubicació. En aquest sentit, són les Ordenances metropolitanas les que determinen la possibilitat d'ocupar part de la superfície destinada a jardí, sense envair la franja de terreny lliure immediata a les alineacions oficials. Sota aquesta perspectiva no té sentit el concepte de construcció auxiliar i per tant, d'hivernacle, en els altres tipus d'ordenació i qualificacions de sòl urbà. Es per això que no hi ha cap referència respecte al paràmetre de construcció auxiliar a la resta d'ordenacions (ordenació de l'edificació segons alineació a vial, ordenació en volumetria específica, etc.). Així doncs, no existeix regulació específica en el planejament actual que permeti implementar els hivernacles en cobertes per una actuació immediata en l'àmbit metropolità.

Segons diferents converses mantingudes amb tècnics de l'Àrea de Planejament de l'Ajuntament de Barcelona, un hivernacle no constitueix per si mateix sostre, en canvi sí que compleix les característiques d'obres lleugeres. Si el que es pretén es una actuació immediata per incorporar un hivernacle a la coberta d'un edifici, el procediment passaria per una llicència del districte per a la implantació com un element tècnic o similar. En última instància hi hauria la possibilitat d'entendre l'element a través d'una llicència d'usos i obres provisionals, donat el seu caràcter de construcció lleugera, fàcilment desmuntable. La qüestió és que l'atorgament d'aquest tipus d'autoritzacions són potestatives i inclou, tant la renúncia a les inversions efectuades als efectes de plusvàlues a consolidar, com a la cessació de l'activitat quan l'Administració ho requereixi.

Ara bé, si el que es persegueix es permetre una implantació generalitzada dels hivernacles hidropònics en les cobertes dels edificis de l'àmbit metropolità, o concretament de la ciutat de Barcelona, com seria el cas, la qüestió es podria enfocar des d'una ordenança reguladora de les característiques i les condicions d'implantació en el marc del planejament vigent. Es citen alguns requisits a mode d'exemple, com a diferents possibilitats a considerar:

- Consideració de l'hivernacle en qualsevol tipus d'ordenació, com a element tècnic de les instal·lacions, permès per damunt de l'alçada reguladora màxima i no computable en termes d'edificabilitat.
- Hivernacle com a construcció auxiliar en coberta, d'ús exclusiu per al conreu hidropònic d'hortalisses, impedit altres usos no admissibles i/o fraudulents.
- Composició arquitectònica conjunta amb tot l'edifici, tenint cura de la volumetria general, garantint un cert control per part de l'administració local.

A.2 L'exemple de la "triple R"

Un dels instruments més significatius per millorar l'eficiència del cicle de l'aigua, de l'energia, dels materials i dels residus urbans, és donar prioritat quasi exclusiva a la reforma del teixit existent (Magrinyà i Herce, 2007). En aquest sentit, la promoció de la rehabilitació i la renovació urbana son la resposta més adequada a les pretensions anteriors. Es per això que la nova Llei 8/2013, de rehabilitació, regeneració i renovació urbanes (de caràcter estatal), amb l'objectiu general de regular les condicions bàsiques per garantir un desenvolupament sostenible, competitiu i eficient del medi urbà, mitjançant l'impuls i el foment de les actuacions que condueixin a la rehabilitació dels edificis i a la regeneració i renovació dels teixits urbans existents, constitueix un marc d'intervenció adequat per desenvolupar i implementar en l'àmbit metropolità, les accions generals i concretes corresponents al cas que ens ocupa. Entenent, a més, la rehabilitació, com un element integrador que ha de contribuir activament a la sostenibilitat ambiental, a la cohesió social i a la millora de la qualitat de vida de tots els ciutadans.

Malgrat això, l'objecte específic de les actuacions en el medi urbà que defineix la llei (art. 7), esdevé limitat a les obres de rehabilitació de l'edificació, en situacions d'insuficiència o degradació dels requisits bàsics de funcionalitat, seguretat i habitabilitat de les edificacions, i de regeneració i renovació urbanes, que afectin tant edificis com teixits urbans. Tot i que la seva interpretació oscil·la entre la restricció i l'ambigüitat, el més interessant però, són els objectius perseguits i els fins comuns que els poders públics han de formular i desenvolupar en el medi urbà (art. 3), segons les polítiques de la seva competència (àrea metropolitana), per aconseguir l'objectiu inicial.

Es citen, tot seguit, els objectius perseguits per la llei:

- Potenciar la rehabilitació de l'edificació i la regeneració i renovació urbanes, eliminant traves existents actualment i creant mecanismes específics que la facin viable i possible.
- Oferir un marc normatiu idoni per permetre la reconversió i reactivació del sector de la construcció, i trobar nous àmbits d'actuació, en concret, en la rehabilitació de l'edificació i en la regeneració i renovació urbanes.
- Fomentar la qualitat, la sostenibilitat i la competitivitat, tant en l'edificació com en el sòl, i acostar el nostre marc normatiu al marc europeu, sobretot en relació amb els objectius d'eficiència, estalvi energètic i lluita contra la pobresa energètica.

Els tres objectius s'alineen amb la Directiva 2010/31/UE, promovent l'eficiència energètica i atenent als desafiaments provocats pel canvi climàtic.

S'especifiquen a continuació, els fins comuns coincidents amb la finalitat dels hivernacles en cobertes, com a justificació pel seu desenvolupament i implementació:

- Possibilitar l'ús residencial en habitatges constitutius de domicili habitual en un context urbà proveït de l'equipament, els serveis, els materials i productes que eliminin o, minimitzin, per aplicació de la millor tecnologia disponible al mercat a un preu raonable, les emissions contaminants i de gasos efecte hivernacle, el consum d'aigua, energia i la producció de residus, i en millorin la gestió.
- Afavorir, amb les infraestructures, dotacions, equipaments i serveis que siguin necessaris, la localització d'activitats econòmiques generadores d'ocupació estable, especialment les que facilitin l'exercici de la recerca científica i de noves tecnologies, i millorin els teixits productius per mitja d'una gestió intel·ligent.

- Integrar en el teixit urbà tots els usos que siguin compatibles amb la funció residencial, per contribuir a l'equilibri de les ciutats i dels nuclis residencials, i afavorir la diversitat d'usos, l'aproximació dels serveis, les dotacions i els equipaments a la comunitat resident, així com la cohesió i la integració social.
- Fomentar la protecció de l'atmosfera i l'ús de materials, productes i tecnologies netes que redueixin les emissions contaminants i de gasos efecte hivernacle del sector de la construcció, així com de materials reutilitzats i reciclats que contribueixin a millorar l'eficiència en l'ús dels recursos.
- Contribuir a un ús racional de l'aigua, fomentant una cultura d'eficiència en l'ús dels recursos hídrics, basada en l'estalvi i la reutilització.

Es determinen, ara, les regles bàsiques que especifica la llei per a l'ordenació i execució de les actuacions (art. 10), tant per al procediment a seguir com pel reconeixement dels casos on es susceptible de ser aplicada:

- Les actuacions de rehabilitació de l'edificació i les de regeneració i renovació urbanes que impliquin la necessitat d'alterar l'ordenació urbanística vigent han d'observar els tràmits procedimentals requerits per la legislació aplicable per dur a terme la modificació corresponent.
- Es possible ocupar les superfícies d'espais lliures o de domini públic que siguin indispensables per a la instal·lació d'ascensors o altres elements, així com les superfícies comunes d'ús privatiu, com ara vestíbuls, replans, sobrecobertes, etc., quan no sigui viable, tècnica o econòmicament, cap altra solució per garantir l'accessibilitat universal i sempre que asseguri la funcionalitat dels espais lliures, dotacions públiques i altres elements del domini públic. A aquests efectes, els instruments d'ordenació urbanística han de garantir l'aplicació d'aquesta regla, be permeten que aquelles superfícies no computin a efectes de volum edificable, ni de distàncies mínimes a llindes, altres edificacions o a la via pública o alineacions, be aplicant qualsevol altre tècnica que, de conformitat amb la legislació aplicable, aconseguixi la mateixa finalitat. El que disposa aquest apartat, també es aplicable als espais que requereixen la realització d'obres que aconseguixin reduir almenys en un 30% la demanda energètica anual de calefacció o refrigeració degut, entre d'altres; a la disposició de dispositius bioclimàtics adossats a les façanes o cobertes, a la implantació de les instal·lacions necessàries per a la centralització o dotació d'instal·lacions energètiques comunes a les façanes o cobertes quan aconseguixin reduir el consum anual d'energia primària no renovable de l'edifici, almenys, en un 30%, així com en aquells casos on la realització d'obres en zones comunes aconseguixin reduir, també com a mínim en un 30%, el consum d'aigua en el conjunt de l'edifici.

Val a dir que, si be les regles bàsiques no son exactament coincidents en la seva aplicació pel cas que ens ocupa, o si mes no, son interpretables, el més interessant però es el model a seguir, segons la fórmula convenient al planejament corresponent.

Finalment, ressaltar la possibilitat que dona la llei de subscriure convenis entre les parts implicades per facilitar el finançament, la gestió i l'execució de les actuacions (art. 17), ja sigui amb contractes de cessió, amb facultat d'arrendament o atorgament de dret d'explotació a tercers, de finques urbanes o d'elements d'aquestes per un temps determinat a canvi del pagament per l'arrendatari de les despeses de conservació, obres de rehabilitació, etc., o fins i tot, l'explotació conjunta de l'immoble o de parts d'aquest.

A.3 L'oportunitat del nou Pla Director Urbanístic Metropolità

El 1976, un any després de la dissolució del règim franquista i l'inici de la transició política s'aprova el Pla General Metropolità de Barcelona. Avui, amb gairebé 40 anys en funcionament i centenars de modificacions, el PGM es ja un instrument obsolet, superat per les necessitats canviants de la societat i el territori, i les transformacions actuals, malgrat haver estat una eina molt útil pel desenvolupament urbanístic de la ciutat.

El nou Pla Director Urbanístic que el pretén substituir, impulsat per l'Àrea Metropolitana de Barcelona i encapçalat per Joan Busquets⁴, es una gran oportunitat per assolir els reptes i el canvi de paradigma del context actual. En aquest sentit, el nou planejament ha de complementar l'anterior, mantenint i millorant l'eficàcia normativa, i ha d'esdevenir un marc obert, dinàmic i flexible que permeti articular estratègies, més enllà de reglaments concrets, preservant els grans buits i els límits de creixement, amb l'objectiu de minimitzar l'ús dels recursos i la generació de residus, tot convertint la ciutat existent en un espai productiu (proveïdora de recursos materials, hídrics i energètics) cap a un model sostenible i autosuficient, que desdibuixi definitivament la dualitat camp-ciutat ("...ruralizar lo urbano". Cerdà, 1867).

La llei de la triple R, i en concret, els esmentats fins comuns que les administracions públiques han de formular i desenvolupar en el medi urbà, son un bon exemple a seguir, en un marc d'actuació més ampli que el definit per la pròpia llei i a partir de la interpretació personal de com ha de ser, genèricament, el nou Pla Director Urbanístic.

Sota aquesta perspectiva i de manera més detallada, es imprescindible cercar una relació més interactiva, on es planifiqui de manera articulada i adequada, tant l'espai residencial com de serveis, amb les xarxes de les activitats de producció i les xarxes de les activitats de distribució i consum de forma conjunta, minimitzant les distàncies dels desplaçaments en transport (Magrinyà, 2010).

El projecte d'hivernacles amb conreus hidropònics en cobertes dels edificis existents, aspira a ser una realitat, sota el paraigües d'aquest nou planejament, i un instrument més per a la transformació ambiental, econòmica i social de la ciutat, alhora que pot representar, entre d'altres opcions, la incorporació del sistema alimentari al planejament urbà (veure apartat D).

El procés que s'està duent a terme per a la redacció del PDU, estableix sessions de treball en format taller, com a eina de reflexió i debat sobre els aspectes fonamentals que el nou pla hauria d'incloure. Específicament, el taller número cinc, conduït per F. Ximeno⁵ i que dur per títol, *Innovació urbana, mobilitat i metabolisme metropolitana*, ja contempla els espais per producció d'energia i aliments entre les estratègies a integrar en la planificació urbana metropolitana.

Finalment, en un territori com l'àrea metropolitana de Barcelona, amb un balanç hídric ajustadíssim, amb un model de gestió de residus en procés de reflexió, amb una alta dependència energètica i un baix nivell d'eficiència, amb una alta contaminació de l'aire... el nou model urbà ha de permetre millorar la qualitat de vida i reduir dràsticament els costos derivats de les externalitats ambientals per tal de dedicar recursos al progrés en comptes de dedicar-los a pal·liar els efectes nocius derivats de la manca de "projecte metabòlic" (Ximeno, 2014).

⁴ Arquitecte i urbanista català, catedràtic d'urbanisme de la UPC i la Harvard University.

⁵ Biòleg i Tècnic Urbanista, soci director d'ERF-Estudi Ramon Folch.

B. Estructura

La implantació d'hivernacles pel conreu d'hortalisses en les cobertes dels edificis d'habitatges existents, té implicacions directes en l'estructura d'aquests, doncs s'incrementa la càrrega que ha de suportar l'últim sostre (el terrat), tot i la utilització de cultius considerats lleugers com són els hidropònics.

Per tal d'analitzar la seva viabilitat és del tot imprescindible donar resposta a la pregunta concreta; quan pesa un hivernacle hidropònic? De la mateixa manera, és també necessari establir les sobrecàrregues d'ús admissibles, considerades en les cobertes dels edificis segons les normatives d'aplicació corresponents.

Els següents apartats avaluen un estat de càrregues genèric al qual es sotmet la coberta d'un edifici d'habitatges qualsevol de la ciutat de Barcelona, sense restriccions pel que fa a la morfologia urbana i a partir de les característiques materials d'un hivernacle comercial tipus amb conreu hidropònic, considerant les diferents normatives d'obligat compliment respecte les sobrecàrregues d'ús, des de l'any 1900 fins a l'actualitat. Es pretén determinar un ordre de magnitud general que permeti establir les consideracions estructurals bàsiques per la seva viabilitat i el plantejament de les solucions adequades per la seva operativitat, segons les diferents dificultats existents.

D'acord amb l'anterior i a partir de l'any de construcció dels edificis i els habitatges de Barcelona, s'identifiquen el nombre potencial d'aquests on es factible implementar els hivernacles hidropònics en les seves cobertes, així com els districtes amb majors possibilitats d'aplicació.

B.1 Quant pesen els hivernacles amb conreus hidropònics?

Es defineixen les càrregues a tenir en compte per la implantació del sistema d'hivernacles amb cultius hidropònics per la producció d'hortalisses, tant amb drenatge lliure com amb recirculació d'aigua, en cobertes d'habitatges plurifamiliars existents, sense restriccions respecte la morfologia urbana. Les dades utilitzades com a referència corresponen a la tesi doctoral de M^a. A. Antón, per a un hivernacle comercial del tipus multi-túnel (mediterrani) situat al Maresme, tal i com especifica l'apartat B.1 del primer capítol.

S'han considerat les càrregues permanents pròpies de la infraestructura de l'hivernacle, segons estructura d'acer galvanitzat i coberta semicircular, amb dues possibilitats com a materials de coberta (film plàstic, tricapa de polietilè de baixa densitat amb tractament UV i etilvinilacetat, amb una duració de tres campanyes i placa de policarbonat amb una durada de 12 anys), les càrregues de les instal·lacions, tant amb drenatge lliure com amb recirculació d'aigua, així com les càrregues del cultiu, permanents (substrat) i variables (pes fresc de les plantes) i finalment, les anomenades càrregues accidentals relatives a la sobrecàrregues de neu i vent.

1- Càrregues permanents de l'estructura (CPE):

- Estructura de l'hivernacle: 8,35kg/m²

(Inclou pilars, corbes, tirants, omegues, estructura per finestres laterals i zenitals, canaló i baixants. No s'ha considerat la fonamentació).

- Material de coberta: 0,47kg/m² (film de LDPE) 1,67kg/m² (placa de policarbonat)

(Inclou la coberta, les portes de policarbonat i les barres de subjecció de la coberta amb polietilè).

- Material per tutors: 0,10kg/m²

(Inclou cables de subjecció i tensors d'acer, cordes de ràfia i pinces de polietilè)

Pes subtotal 1 (CPE): 8,92kg/m² (film de LDPE) 10,12kg/m² (placa de policarbonat)

2- Càrregues permanents de les instal·lacions (CPI):

Segons el material necessari pel sistema de distribució d'aigua i els fertilitzants (fertirrigació), s'han considerat unes càrregues uniformement repartides (material general per unitat de superfície) i d'altres puntuals (bombes i dipòsits), tant pels elements comuns, com pels específics del sistema de recirculació.

Ara be, respecte les càrregues puntuals dels dipòsits a utilitzar, s'ha establert una equivalència proporcional entre el nombre i la capacitat d'aquests i la superfície a cultivar, amb l'objectiu d'obtenir una estimació de les càrregues aïllades per un hivernacle de les mateixes característiques a l'especificat al capítol 2 (apartat A.1), situat a la coberta d'un edifici d'habitatges de Barcelona (superfície de l'hivernacle: 332,80m²).

Malgrat que el nombre i la capacitat dels diferents dipòsits a utilitzar depèn del nombre i el tipus d'hortalisses a conrear i les seves necessitats de fertirrigació, s'ha considerat adequat establir aquesta equivalència, donat que la unitat funcional (producció de tomàquets) i la densitat de plantació (2,2p/m²) es la mateixa en l'hivernacle de referència i l'hivernacle a avaluar. El mateix raonament es pot fer per les respectives bombes a utilitzar, tot i que en aquest cas el seu reduït pes en l'hivernacle de referència no genera cap problema en l'hivernacle de la coberta.

Càrregues a considerar:

a. Distribució general del reg (elements comuns, tant pel sistema de drenatge lliure com de recirculació):

- Material general: 0,51kg/m²
(Inclou conductes, degoters, espaguetis, aixetes i taps, tot de polietilè).

Càrregues puntuals:

- Bomba de reg (2,2Kw): 24,60kg
- Dipòsit de fertilitzant concentrat (500l): 1 dipòsit cada 385m² (1,30l/m²)
- Dipòsit d'àcid concentrat (500l): 1 dipòsit cada 1.900m² (0,26l/m²)
- Dipòsit de subministra d'aigua (500l): 1 dipòsit cada 1.900m² (0,26l/m²)
(pes dipòsit 500l buit: 42,5kg)

b. Sistema amb recirculació d'aigua (elements específics d'aquest sistema):

- Material general: 0,52kg/m²
(Inclou canalitzacions de PVC, banquetes de poliestirè expandit i plàstic per cobrir el sòl i les banquetes).

Càrregues puntuals:

- Bomba d'aigua (1,5kW): 14,20kg
- Bomba de lixiviats (1,1kW): 14,20kg
- Bomba impulsió drenatges (0,37kW): 5,20kg
- Bomba desinfecció (0,37kW): 5,20kg
- Dipòsit de drenatge (30l): 1 dipòsit cada 1.900m²(0,015l/m²)
(pes dipòsit 30l buit 13,60kg)
- Dipòsit de solució desinfectada (3.000l): 1 dipòsit cada 960m² (3,10l/m²)
- Dipòsit de magatzem de drenatge (3.000l): 1 dipòsit cada 960m² (3,10l/m²)
(pes dipòsit 3.000l buit 203,9kg).

**Pes subtotal 2 (CPE+CPI): 9,43kg/m² (Sistema amb drenatge lliure) 10,63kg/m²
9,95kg/m² (Sistema amb recirculació d'aigua) 11,15kg/m²**

Càrregues puntuals dels diferents dipòsits a utilitzar, aplicades a l'hivernacle en coberta especificat, segons la proporció anterior:

a. Distribució general del reg:

- Fertilitzant concentrat necessari: 435,00l
- Àcid concentrat necessari: 90,00l
- Subministra d'aigua: 90,00l

b. Sistema amb recirculació d'aigua:

- Drenatge: 5,00l
- Solució desinfectada: 1.000l
- Magatzem de drenatge: 1.000l

3- Càrregues permanents del cultiu (CPC):

Es consideren aquí els materials que componen el substrat, comuns al conreu hidropònic amb i sense recirculació:

- Substrat: 4,13kg/m²
(Inclou els sacs de polietilè amb perlita i tacs de llana de roca).

**Pes subtotal 3 (CPE+CPI+CPC): 13,56kg/m² (Sistema amb drenatge lliure) 14,76kg/m²
14,08kg/m² (Sistema amb recirculació d'aigua) 15,28kg/m²**

Fins aquí l'anomenat pes propi de la infraestructura (kg/m^2 i kg), material permanent indispensable per desenvolupar l'objectiu d'un hivernacle amb conreus hidropònics. Futures recerques, no objectes d'aquesta tesina, podrien aprofundir en materials i sistemes per reduir-ne el pes amb criteris d'ecodisseny (materials més lleugers com l'ETFE i l'alumini, amb sistemes de menor impacte ambiental segons la prefabricació i la industrialització, entre d'altres).

Es determina ara el pes del material variable, que es desenvolupa i creix, considerant el moment més desfavorable; el final del cicle de cultiu. Seguint el criteri dels capítols anteriors es pren el tomàquet com a cultiu de referència, tot i que també s'esmenta el pes d'altres vegetals habituals d'aquest sistema de conreu.

4- Càrregues variables del cultiu (CVC):

S'adopta el valor del pes fresc⁷ de la planta a conrear, doncs ja inclou el contingut d'aigua, carboni i fertilitzants al final del cicle de cultiu (moment de màxim desenvolupament):

- Tomàquet ($2,2\text{p}/\text{m}^2$): $12,82\text{kg}/\text{m}^2$
- Pes subtotal 4 (CPE+CPI+CPC+CVC):** $26,38\text{kg}/\text{m}^2$ (Sistema amb drenatge lliure) **$27,58\text{kg}/\text{m}^2$**
 $26,90\text{kg}/\text{m}^2$ (Sistema amb recirculació d'aigua) **$28,10\text{kg}/\text{m}^2$**

Altres hortalisses:

- Carxofa ($0,7\text{p}/\text{m}^2$): $3,49\text{kg}/\text{m}^2$ **$17,57\text{kg}/\text{m}^2$** (Sistema amb recirculació d'aigua) **$18,77\text{kg}/\text{m}^2$**
- Pebrot ($2,2\text{p}/\text{m}^2$): $3,77\text{kg}/\text{m}^2$ **$17,85\text{kg}/\text{m}^2$** (Sistema amb recirculació d'aigua) **$19,05\text{kg}/\text{m}^2$**
- Coliflor ($3,5\text{p}/\text{m}^2$): $8,28\text{kg}/\text{m}^2$ **$22,36\text{kg}/\text{m}^2$** (Sistema amb recirculació d'aigua) **$23,56\text{kg}/\text{m}^2$**
- Enciam ($6,5\text{p}/\text{m}^2$): $8,92\text{kg}/\text{m}^2$ **$23,00\text{kg}/\text{m}^2$** (Sistema amb recirculació d'aigua) **$24,20\text{kg}/\text{m}^2$**

La norma UNE-EN 13031-1 pel disseny i la construcció d'hivernacles per la producció comercial de plantes i conreus, estableix com a càrrega de vegetació pels tomàquets, una càrrega vertical mínima de $15\text{kg}/\text{m}^2$ ($0,15\text{kN}/\text{m}^2$). D'acord amb això, l'anterior pes (subtotal 4) s'incrementarà fins als següents valors (opció més desfavorable):

- Pes subtotal 4' (CPE+CPI+CPC+CVC):** $28,56\text{kg}/\text{m}^2$ (Sistema amb drenatge lliure) **$29,76\text{kg}/\text{m}^2$**
 $29,08\text{kg}/\text{m}^2$ (Sistema amb recirculació d'aigua) **$30,28\text{kg}/\text{m}^2$**

5- Càrregues accidentals (CA):

Son les càrregues que afecten a l'estructura de l'hivernacle, conseqüència de la neu i el vent. Es consideren per al seu càlcul tant la normativa pròpia dels hivernacles (UNE-EN 13031-1), com la que afecta als edificis (Codi Tècnic de l'edificació), per preveure la més desfavorable d'ambdues.

Segons la norma UNE-EN 13031-1, pel disseny i la construcció d'hivernacles:

- Sobrecàrrega de neu (s): **$20,00\text{kg}/\text{m}^2$** ($0,2\text{kN}/\text{m}^2$)
 $s = \mu_i \times s_k = 2 \times 0,1\text{kN}/\text{m}^2 = 0,2\text{kN}/\text{m}^2$, on μ_i es el coeficient de forma de la càrrega de neu per a un hivernacle amb coberta cilíndrica i s_k el valor característic de la carrega de neu a nivell del terreny, en aquest cas per Barcelona. Per la seva situació geogràfica s'ha considerant la sobrecàrrega de neu com una situació excepcional amb acumulacions excepcionals, on la neu es l'acció accidental.
- Sobrecàrrega de vent: **veure consideració en el resum d'aquest apartat.**
 $F_w = A C_{pw}$, on F_w es la càrrega de vent, A la superfície de la paret sota la influència del vent, C el coeficient aerodinàmic o de pressió del vent i p_w la pressió dinàmica del vent.

Segons el Codi Tècnic de l'edificació; Document Bàsic de Seguretat Estructural, Accions en l'Edificació (DB-SE-AE):

- Sobrecàrrega de neu (q_n): **40,00kg/m²** (0,4kN/m²)

En cobertes planes d'edificis d'habitatges situats a una alçada inferior a 1.000m, es considera suficient una càrrega de neu de 100kg/m² (1,0kN/m²). Ara be, en el cas d'estructures lleugeres la sobrecàrrega es la següent:

$q_n = \mu \times s_k = 1 \times 0,4\text{kN/m}^2 = 0,4\text{kN/m}^2$, on μ es el coeficient de forma de la coberta de l'hivernacle i s_k el valor característic de la càrrega de neu sobre un terreny horitzontal, també per Barcelona. Es pren $\mu = 1$, doncs el canaló pot suposar un impediment pel lliscament de la neu. Si no hi ha canaló el coeficient de forma ve determinat per la pendent de la coberta, en aquest cas 45° i per tant $\mu = 0,5$, reduint-se la càrrega a la mitat. En cas de zones molt exposades al vent, el valor de la sobrecàrrega s'incrementarà en un 20% (8,00kg/m²)

- Sobrecàrrega de vent: **veure consideració en el resum d'aquest apartat.**

$q_e = q_b \times c_e \times c_p$, on q_b , es la pressió dinàmica del vent (de manera simplificada es considera 0,5kN/m² a qualsevol punt del territori espanyol), c_e es el coeficient d'exposició (en edificis urbans de fins a 8 plantes es pren el valor constant de 2,0, independentment de l'alçada) i c_p , es el coeficient eòlic o de pressió.

Càrregues		Permanents (kg/m ²)	
CPE	Estructura	8,35	8,35
	Material coberta	Film LDPE 0,47	Policarbonat 1,67
	Material tutors	0,10	0,10
	Pes subtotal 1	8,92	10,12
CPI	Material gral. reg	0,51	0,51
	Pes subtotal 2a	Drenatge lliure 9,43	Drenatge lliure 10,63
	Material recirc.	0,52	0,52
	Pes subtotal 2b	Recirculació 9,95	Recirculació 11,15
CPC	Substrat	4,13	4,13
	Pes subtotal 3a	Drenatge lliure 13,56	Drenatge lliure 14,76
	Pes subtotal 3b	Recirculació 14,08	Recirculació 15,28
CVC	Tomàquet	12,82	12,82
	Pes subtotal 4a	Drenatge lliure 26,38	Drenatge lliure 27,58
	Pes subtotal 4b	Recirculació 26,90	Recirculació 28,10
CVC'	Normativa	15,00	15,00
	Pes subtotal 4a'	Drenatge lliure 28,56	Drenatge lliure 29,76
	Pes subtotal 4b'	Recirculació 29,08	Recirculació 30,28

Taula resum 3.1 Quantificació de les càrregues permanents i variables del cultiu en hivernacles amb conreus hidropònics. (Elaboració pròpia).

En resum, d'aquest apartat se'n poden extraure les següents consideracions:

- La càrrega uniforme com a pes total dels hivernacles hidropònics (considerant l'opció més desfavorable) varia entre 28,56kg/m² i 30,28kg/m², segons els diferents sistemes de cultiu (amb drenatge lliure, el primer i recirculació d'aigua, el segon) i les dues possibilitats en l'acabat de la coberta (amb film de plàstic, el primer i placa de policarbonat, el segon), per a un hivernacle del tipus multitunel amb les característiques esmentades inicialment.
- Les càrregues puntuals produïdes per bombes i dipòsits, varien entre 5,50kg i 24,60kg en les primeres i entre 5,00kg i 1.000,00kg en els segons⁸. Respecte les bombes, tot i tractar-se de l'hivernacle de referència (sis vegades més gran que el de coberta), el seu pes no es significatiu pel terrat de qualsevol edifici, tal i com s'ha esmentat abans. Quant als dipòsits, sens dubte la seva càrrega es prou important com per considerar-la específicament en cada cas, per això cal triar adequadament la seva ubicació en coberta, d'acord amb els elements resistents de l'edifici i/o estudiar solucions alternatives.
- Respecte les càrregues accidentals, el valor de la sobrecàrrega de neu s'estima entre 20,00kg/m², segons la norma d'aplicació pel disseny i construcció d'hivernacles (UNE EN 13031-1) i 40,00kg/m², segons el Codi Tècnic de l'Edificació aplicat a estructures lleugeres.
Pel que fa al vent, donada la dificultat d'establir un caràcter genèric a la càrrega d'aquest, doncs en naus i construccions diàfanies com els hivernacles, sense forjats que connectin les façanes, la seva acció cal individualitzar-la en cada element de superfície exterior en funció de múltiples factors, s'ha optat per definir el problema general i planteja una solució al respecte. Les estructures dels hivernacles transmeten els esforços de vent a la base dels pilars, per tal d'evitar la incidència en les estructures existents d'esforços puntuals (axils i moments) es proposa l'adició d'una biga de descàrrega a la base d'aquest per tal de repartir els esforços sobre l'estructura existent (veure el següent apartat B.3 d'aquest capítol).

⁶ Malgrat el nombre dels diferents dipòsits a utilitzar dependrà del nombre i el tipus d'hortalisses a conrear i les seves necessitats de fertirrigació, s'ha proposat una equivalència proporcional entre el nombre de dipòsits i la superfície a cultivar, segons una determinada densitat de plantació (2,2p/m²) i una unitat funcional concreta (producció de tomàquets).

⁷ Pes considerat en un cicle de conreu anual (tres collites anuals en el cas de l'enciam).

⁸ Per simplificar s'ha adoptat l'equivalència 1l=1kg, tot i tractar-se de substàncies líquides diferents.

B.2 Sobrecàrrega d'ús

La sobrecàrrega d'ús d'un edifici es el pes de tot allò que pot gravitar sobre el mateix per raó del seu ús. Generalment, els efectes de la sobrecàrrega d'ús poden simular-se per l'aplicació d'una càrrega distribuïda uniformement, d'acord amb l'ús específic de cada zona considerada, en aquest cas, les cobertes (terrats) dels habitatges. Els valors d'aquesta sobrecàrrega inclouen tant els efectes deguts a l'ús normal de persones, mobiliari, estris, mercaderies habituals, contingut dels conductes i maquinaria, com aquelles derivades d'una utilització més excepcional; acumulació de persones o de mobiliari conseqüència d'un trasllat, etc.

S'estudien en aquest apartat les diferents normatives d'aplicació en matèria d'estructures, per tal de determinar quines han estat les sobrecàrregues considerades a les cobertes dels habitatges i a partir de quin moment son d'obligat compliment. Es pren com a referència el període successiu a la Guerra Civil Espanyola (1939) fins l'actualitat, doncs abans d'aquest no existeix reglamentació o normativa espanyola específica que reguli les accions a tenir en compte, ni tampoc normativa general sobre estructures (durant el primer terç del segle es recorre a l'estimació de pesos i, en general, a l'estimació comparativa amb l'experiència prèvia, només en comptats cercles de major vinculació científica s'utilitzen reglaments europeus, com les prescripcions de la Comissió Alemanya del Formigó Armat, entre d'altres).

S'especifiquen tot seguit i per ordre cronològic (de la norma més recent i actualment vigent a la norma més antiga), les diferents normatives d'aplicació, l'any de la seva publicació i entrada en vigor i el valor de les diferents sobrecàrregues (ús en cobertes/terrats, neu, aïllada en element resistent i ús en qualsevol forjat per les habitacions dels habitatges) pel cas que ens ocupa:

- 1- CTE DB-SE-AE. Codi Tècnic de l'Edificació. Document Bàsic Seguretat Estructural. Accions en l'Edificació (Reial Decret 314/2006). Valors característic:
 - Sobrecàrrega d'ús en cobertes transitables accessibles només privadament: $100\text{kg}/\text{m}^2$ ($1,0\text{kN}/\text{m}^2$).
 - Sobrecàrrega d'ús en cobertes accessibles només per conservació (pendent $\leq 20^\circ$): ídem anterior.
 - Càrrega concentrada⁹: 200kg ($2,0\text{kN}$).
 - Sobrecàrrega de neu¹⁰ en coberta plana (altitud inferior a 1.000m): $100\text{kg}/\text{m}^2$ ($1,0\text{kN}/\text{m}^2$).
 - Sobrecàrrega d'ús en habitatges: $200\text{kg}/\text{m}^2$ ($2,0\text{kN}/\text{m}^2$).
- 2- NBE-AE/88. Norma Bàsica de l'Edificació. Accions en l'Edificació (Reial Decret 1370/1988). Valors característics:
 - Sobrecàrrega d'ús en terrats accessibles només privadament: $150\text{kg}/\text{m}^2$ ($1,5\text{kN}/\text{m}^2$).
 - Sobrecàrrega d'ús en terrats accessibles només per conservació: $100\text{kg}/\text{m}^2$ ($1,0\text{kN}/\text{m}^2$).
 - Sobrecàrrega aïllada en element resistent: 100kg ($1,0\text{kN}$) en la posició més desfavorable.
 - Sobrecàrrega de neu en coberta plana (altitud entre 0 i 200m): $40\text{kg}/\text{m}^2$ ($0,4\text{kN}/\text{m}^2$).
 - Sobrecàrrega d'ús en les habitacions dels habitatges: $200\text{kg}/\text{m}^2$ ($2,0\text{kN}/\text{m}^2$).
- 3- NTE-ECG/76. Normes Tecnològiques de l'Edificació. Estructures Càrregues: Gravitatòries. (Ordre del 10 de Juny de 1976). Valors característics:
 - Sobrecàrrega d'ús superficial en terrats privats: $150\text{kg}/\text{m}^2$ ($1,5\text{kN}/\text{m}^2$).
 - Sobrecàrrega d'ús superficial en terrats per conservació: $100\text{kg}/\text{m}^2$ ($1,0\text{kN}/\text{m}^2$).
 - Sobrecàrrega d'ús puntual en element resistent: 100kg ($1,0\text{kN}$) en la posició més desfavorable.
 - Sobrecàrrega de neu en coberta plana (altitud topogràfica entre 0 i 200m): $40\text{kg}/\text{m}^2$ ($0,4\text{kN}/\text{m}^2$).
 - Sobrecàrrega d'ús en les habitacions dels habitatges: $200\text{kg}/\text{m}^2$ ($2,0\text{kN}/\text{m}^2$).

4- MV 101/62. Norma del Ministerio de la Vivienda. Accions en l'Edificació (Decret 195/1963).

Valors característics:

- Sobrecàrrega d'ús uniforme en terrats accessibles només privadament: 150kg/m² (1,5kN/m²).
- Sobrecàrrega d'ús uniforme en terrats accessibles només per conservació: 100kg/m² (1,0kN/m²).
- Sobrecàrrega d'ús puntual en element resistent: 100kg (1,0kN) en la posició més desfavorable.
- Sobrecàrrega de neu en coberta plana (altitud topogràfica entre 0 i 200m): 40kg/m² (0,4kN/m²).
- Sobrecàrrega d'ús en les habitacions dels habitatges econòmics: 150kg/m² (1,5kN/m²).
- Sobrecàrrega d'ús en les habitacions d'altres habitatges: 200kg/m² (2,0kN/m²).

5- UNE 24003/1953. Sobrecàrregues mínimes, pel càlcul d'estructures d'edificis i les seves peces:

- Sobrecàrrega d'ús en cobertes: 60kg/m² (0,6kN/m²), inclou el pes de la possible neu acumulada (valor considerat per altituds superiors a 500m i inferiors a 1.000m sobre el nivell del mar).
- Sobrecàrrega d'ús en les habitacions dels habitatges econòmics: 150kg/m² (1,5kN /m²).
- Sobrecàrrega d'ús en les habitacions dels habitatges particulars: 200kg/m² (2,0kN /m²).

6- NORMES-41. Normes pel càlcul i execució d'estructures metàl·liques, formigó armat i forjats de maó armat (Decret sobre les restriccions del ferro en l'edificació, 1941). Sobrecàrregues a considerar en el càlcul d'estructures metàl·liques:

- Terrats: 150kg/m² (1,5kN/m²).
- Habitatges: 150 a 200kg/m² (1,5 a 2,0kN/m²).
- Sobrecàrrega de neu: entre 0 i 70kg/m² (segons la situació de la localitat).

Normativa	Sobrecàrrega			
	Ús cobertes	Puntual ¹¹	Neu	Ús habitatges
	(kg/m ²)	(kg)	(kg/m ²)	(kg/m ²)
CTE DB-SE-AE	100	200	100	200
NBE-AE/88	150	100	40	200
NTE-ECG/76	150	100	40	200
MV 101/62	150	100	40	150-200
UNE 24003/53	60	-	Inclusa en cob.	150-200
NORMES-41	150	-	0-70	150-200

Taula 3.2 Comparació de les diferents sobrecàrregues segons les normatives d'aplicació (període 1939-actualitat)
(Elaboració pròpia).

En conseqüència, de l'anterior es desprèn el següent:

- La sobrecàrrega d'ús en cobertes o terrats accessibles només privadament, es sempre de 150kg/m² en totes les normatives analitzades, amb les excepcions de la Norma UNE 24003, d'aplicació a partir de l'any 1953 fins el 1963 quan ja regeix la MV 101/62, amb un valor de 60kg/m² (inclouent el pes de la possible neu) i el més recent Codi Tècnic de l'Edificació, amb un pes màxim de 100kg/m². Per tant, tots els edificis construïts entre els anys 1941 i 2006 admeten una càrrega uniforme en coberta de 150kg/m², a excepció del període entre l'any 1953 i el 1963 on aquesta disminueix a 60kg/m². A partir de l'any 2006, els edificis construït aleshores i els de futura execució, redueixen el pes admissible com a sobrecàrrega de la coberta en 50kg/m² respecte l'anterior NBE-AE788, amb l'esmentat valor final de 100kg/m².
- Respecte el valor de la sobrecàrrega puntual de l'element resistent en la posició més desfavorable, aquesta es sempre de 100kg, en aquelles normatives que la consideren (a partir de l'any 1962) i fins a 200kg en qualsevol punt de la coberta, segons el Codi Tècnic de l'Edificació.

Per tant, els edificis construïts a partir de l'any 1962 admetran una càrrega puntual de 100kg, situada únicament en aquells elements considerats resistents (bigues, corretges, etc.), convertint-se en 200kg i en qualsevol punt de la coberta, en els edificis executats a partir de l'any 2006.

- La sobrecàrrega de neu es de 40kg/m² en totes les normatives estudiades, a excepció del CTE amb un valor general de 100kg/m² per edificis de pisos amb cobertes planes situats en localitats amb una altitud inferior als 1.000m. Malgrat que en el cas de Barcelona, el valor de la sobrecàrrega de neu en un terreny horitzontal continua sent 40kg/m².
- Finalment, s'han afegit també les sobrecàrregues d'ús en els forjats dels habitatges, com a mostra de la seva evolució. S'ha passat de la distinció entre habitatges econòmics i particulars amb sobrecàrregues de 150kg/m² i 200kg/m², respectivament (des de l'any 1941 fins al 1976), a la unificació en un valor únic de 200kg/m² a partir de la NTE i actualment vigent.

⁹ El CTE també considera per comprovacions locals de capacitat portant, una càrrega concentrada actuant en qualsevol punt de la coberta (sobre el paviment acabat i en un àrea de 50mm de costat) de manera independent i no simultània a la sobrecàrrega uniformement distribuïda.

¹⁰ Valor considerat segons el CTE per cobertes planes en habitatges de pisos situats en localitats d'altitud inferior a 1.000m.

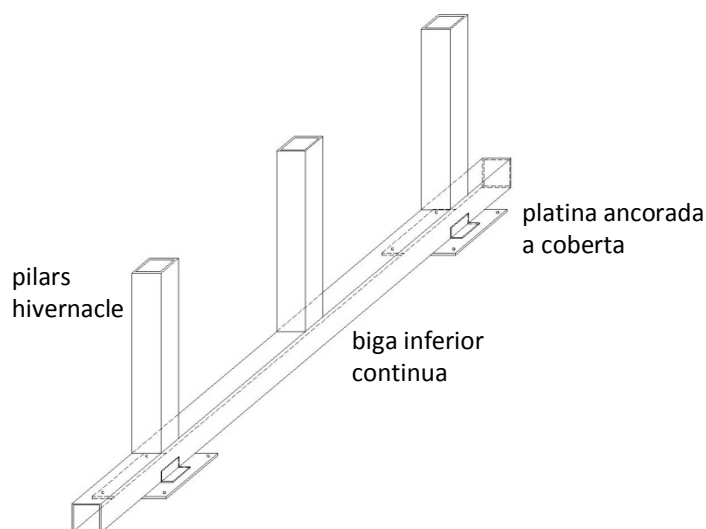
¹¹ En tots els casos es considera la sobrecàrrega puntual de l'element resistent actuant de manera no simultània a la sobrecàrrega d'ús de la coberta.

B.3 Viabilitat estructural

Segons les dades definides en els apartats previs d'aquest capítol, la implantació d'hivernacles amb conreus hidropònics, considerant una càrrega variable d'aquests com a pes uniforme total entre $28,56\text{kg/m}^2$ i $30,28\text{kg/m}^2$, es factible respecte les sobrecàrregues d'ús establertes en cobertes, segons els diferents valors corresponents als edificis construïts a partir dels anys 40 i fins l'actualitat. Ara be, donat que el valor de la càrrega admissible, segons la norma UNE 24003/53, inclou el pes de la possible neu acumulada, no es pot garantir la viabilitat total en aquest cas, doncs afegint els diferents valors de les càrregues accidentals (neu i vent), tant per la norma UNE-EN 13031-1 com pel CTE, es podria superar el màxim permès. Es per això que en els edificis construïts durant el període 1953-1963 serà imprescindible realitzar una prova de càrrega i un estudi acurat d'aquestes per tal d'implementar els hivernacles en les cobertes d'aquests edificis.

Respecte a les càrregues puntuals relatives a les bombes, aquestes son perfectament assumibles per la coberta, gairebé en qualsevol edifici. En canvi, el pes dels dipòsits genera problemes complicats de resoldre, a més de la difícil ubicació d'aquests a la coberta d'acord amb els elements resistents de l'edifici. Es plantegen tres possibilitats, no exemptes d'inconvenients; reforçar l'estructura, a la mateixa coberta o traslladant les càrregues a planta baixa en la zona dels dipòsits (costós i complex en segons quins casos), repartir el pes en mes dipòsits convertint-lo en assumible pel terrat (disminueix la superfície útil de conreu i per tant, la producció) o la combinació de les dues opcions anteriors, buscant el major equilibri general, en funció de cada cas. Finalment, en determinats casos es podria estudiar la possibilitat de situar els dipòsits en planta baixa, però serien necessàries altres consideracions, que no abordarem aquí, mes enllà de les qüestions estructurals.

Menció especial requereix el tractament dels pilars de l'hivernacle, com a càrregues puntuals en la seva connexió amb la coberta de l'edifici. En aquest cas, serà gairebé inevitable una distribució de pilars d'acord amb l'estructura existent de l'edifici, fet que condicionarà sovint la disposició de l'hivernacle i de vegades en contradicció amb la orientació. Malgrat això, s'ha proposat una solució, per tal de minimitzar els efectes dels pilars o si mes no, permetre una opció menys condicionada, alhora que esdevé una possibilitat com a fonamentació i actua contra l'acció del vent. Consisteix en convertir les càrregues puntuals dels pilars en una càrrega uniformement repartida, a través d'una biga continua situada a l'extrem inferior d'aquests i ancorada mecànicament a diferents platines fixades igualment a la coberta (veure figura 3.1). També aquí serà imprescindible una anàlisi en detall de cada situació per garantir la millor solució.



Imatge 3.2
Solució biga continua

Per últim, tot i la voluntat d'establir un ordre de magnitud general respecte el pes dels hivernacles (multitunel) amb conreus hidropònics, així com de les sobrecàrregues admissibles en les cobertes dels edificis, la seva implantació requerirà, en qualsevol cas i per curar-se en salut, d'una prova de càrrega de la coberta en qüestió, a més d'aquells edificis en els que s'ha considerat imprescindible la seva realització, així com un projecte específic al respecte, per tal d'establir la millor solució.

B.4 Classificació d'edificis i habitatges

A partir dels resultats obtinguts segons les diferents normatives d'aplicació, corresponents a les sobrecàrregues d'ús en cobertes, s'estableix una classificació en quatre grups en funció de l'any de construcció dels edificis d'habitatges de Barcelona i els valors de la càrrega admissible, per tal de determinar el nombre d'aquests on es possible implementar els hivernacles hidropònics. Els grups son els següents (dades IDESCAT, any 2011):

- Edificis construïts abans del 1941: normativa inexistent, sense dades respecte la seva viabilitat.
- Edificis construïts entre el 1941 i el 1952 i entre el 1963 i el 2005: 150kg/m²; realitzable.
- Edificis construïts entre el 1953 i el 1962: 60kg/m²; viabilitat no garantida.
- Edificis construïts a partir del 2006: 100kg/m²; viable.

D'acord amb l'anterior, el nombre d'edificis d'habitatges respecte cada grup es aquest (figura 3.1):

a. Edificis construïts abans del 1941:	24.058	34,5%	(abans 1901: 7.253, 10,4%)
b. Edificis construïts entre 1941-1952 i 1963-2005:	35.656	51,1%	
c. Edificis construïts entre el 1953 i el 1962:	8.839	12,6%	
d. Edificis construïts a partir del 2006:	1.277	1,8%	(fins 2011)
- Total edificis construïts fins el 2011:	69.830		
- Nombre total d'edificis de Barcelona:	70.717		

(el 98,7% del total d'edificis son edificis destinats principal o exclusivament a habitatge)

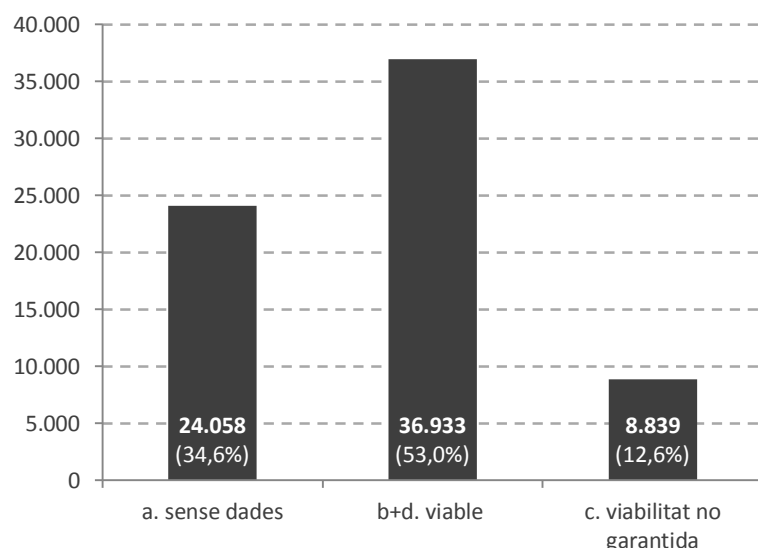


Figura 3.1 Nombre i percentatge d'edificis d'habitatges segons les possibilitats d'implementar el sistema d'hivernacles en cobertes a la ciutat de Barcelona, a partir de la càrrega admissible i l'any de construcció. (Elaboració pròpia)

Es determina ara, utilitzant el mateix criteri d'abans, el nombre d'habitatges segons els quatre períodes establerts (figura 3.2);

- a. Habitatges construïts abans del 1941: 208.324 25,5% (abans 1901: 84.247, 10,3%)
- b. Habitatges construïts entre 1941-1952 i 1963-2005: 516.276 63,2% (les dècades dels anys 60 i 70 representen el 46,7% del total dels habitatges construïts, amb 209.033 i 171.872 habitatges, respectivament i el 73,8% en aquest període).
- c. Habitatges construïts entre el 1953 i el 1962: 79.767 9,8%
- d. Habitatges construïts a partir del 2006: 11.893 1,5% (fins 2011)
- Total habitatges construïts fins el 2011: 816.326
(66 habitatges sense identificar)
- Nombre total d'habitatges familiars principals: 684.078 (en edificis destinats a habitatge)
(el 83,8% del total d'habitatges son habitatges familiars principals)

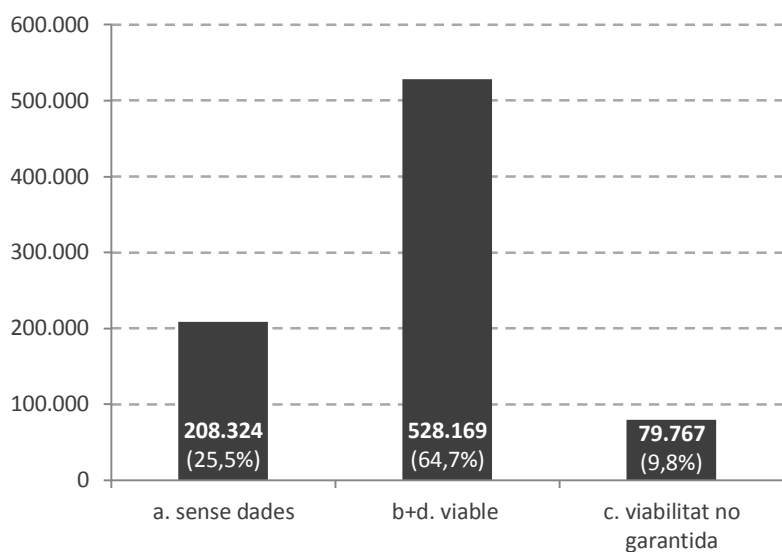


Figura 3.2 Nombre i percentatge d'habitatges segons les possibilitats d'implementar el sistema d'hivernacles en cobertes a la ciutat de Barcelona, a partir de la càrrega admissible i l'any de construcció. (Elaboració pròpia)

S'identifiquen tot seguit, el nombre d'habitatges per a cada districte de Barcelona segons els quatre períodes establerts:

- a. Ciutat Vella i l'Eixample tenen el 53% d'habitatges construïts abans del 1941 (quasi el 70% construïts abans del 1901), amb 45.608 i 64.687 habitatges respectivament, seguits de Sants-Montjuic amb el 12,8% (26.756 habitatges), Gràcia l'11,3% (23.568 habitatges), S. Martí el 8,5% (17.628 habitatges), Sarrià el 5,6% (11.798 habitatges), S. Andreu el 3,4% (7.179 habitatges), Horta-Guinardó el 3,0% (6.358 habitatges), Les Corts l'1,3% (2.791 habitatges) i finalment, Nou Barris el 0,9% (1.920 habitatges).
- b. Entre els anys 1941 i el 2005, exceptuant el període 1953-1962, tot i estar bastant repartit; S. Martí es el districte on hi ha més habitatges construïts en aquest període, amb el 15,0% (77.347 habitatges), seguit de l'Eixample amb el 13,3% (68.686 habitatges), Horta-Guinardó el 12,8% (66.026 habitatges), Nou Barris l'11,7% (60.695 habitatges), Sarrià-S. Gervasi i S. Andreu amb el 10,4% (53.591 i 53.644 habitatges, respectivament), Sants-Montjuic el 10,3% (53.378 habitatges), Gràcia el 7,6% (39.318 habitatges), Les Corts el 6,4% (33.322 habitatges) i per últim, Ciutat Vella amb el 2,0% (10.264 habitatges).

- c. Entre els anys 1953 i 1962, destaquen per sobre de la resta els districtes de Nou Barris, amb el 16,5% d'habitatges construïts en aquesta dècada (13.174 habitatges), seguit d'Horta-Guinardó amb el 15,6% (12.473 habitatges), S. Martí amb el 14,4% (11.468 habitatges), Sarrià-S. Gervasi amb el 12,9% (10.314 habitatges) i l'Eixample amb l'11,5% (9.192 habitatges). En menor quantitat hi ha, S. Andreu amb el 8,8% (6.996 habitatges), Sants-Montjuic amb el 7,1% (5.647 habitatges), Gràcia amb el 6,8% (5.470 habitatges), Les Corts amb el 4,7% (3.733 habitatges) i Ciutat Vella amb l'1,7% (1.297 habitatges).
- d. A partir del 2006, el gruix d'habitatges nous es concentra principalment a S. Andreu i S. Martí amb quasi el 40%; 13,4% i 26,4% respectivament, seguits de Sants-Montjuic amb el 10,5%, Nou Barris amb el 9,6%, l'Eixample amb el 9,1% i Horta-Guinardó amb el 8,6%, entre els més importants.

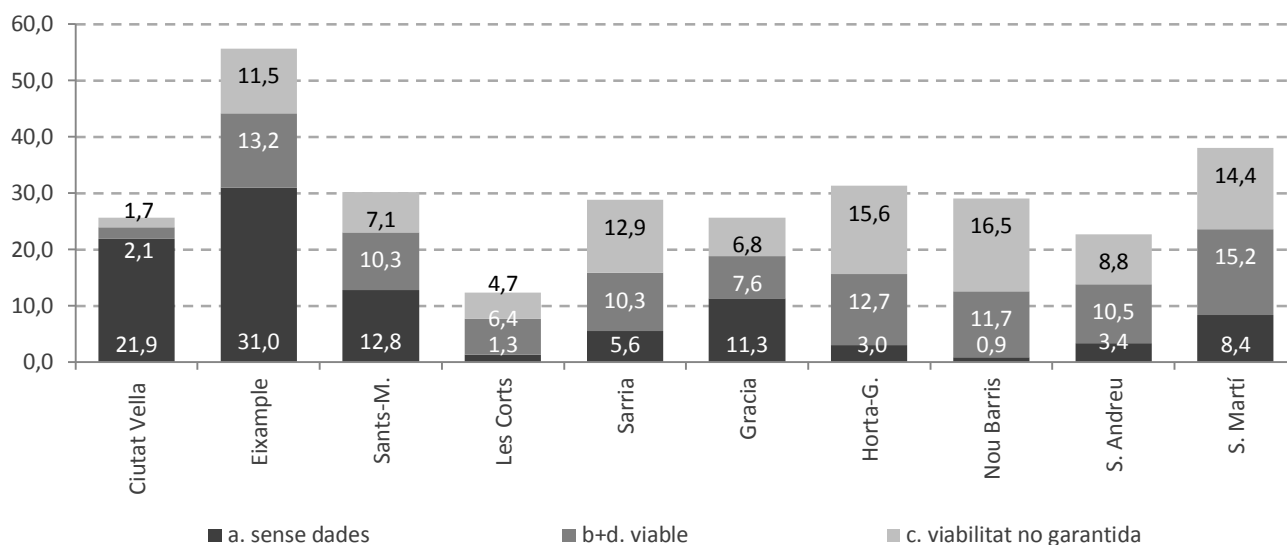


Figura 3.3 Percentatge d'habitatges per districtes de Barcelona, segons les possibilitats d'implementar el sistema d'hivernacles en cobertes, a partir de la càrrega admissible i l'any de construcció. (Elaboració pròpia)

En resum, Barcelona te gairebé un 53,0% (mes de la meitat) d'edificis d'habitatges on es factible implementar hivernacles hidropònics en les seves cobertes, segons les sobrecàrregues d'ús establertes, un 12,6% on la viabilitat no està garantida, i en la resta, aproximadament un terç (34,5%) no ho sabem. A més, es en aquest major gruix d'edificis on hi ha la major densitat d'habitatges, amb una mitjana de 14,3 habitatges per edifici, gairebé el 65,0% del total (528.169 habitatges), repartits de manera força homogènia pels diferents districtes de Barcelona, destacant S. Martí (15,2%), l'eixample (13,2%), Horta-Guinardó (12,7%) i Nou Barris (11,7%).

C. Logística

La implantació d'hivernacles pel conreu d'hortalisses en els edificis d'habitatges plurifamiliars existents, té també implicacions directes respecte la logística d'aquests, tal i com s'ha considerat en l'apartat corresponent a l'estructura. Aquest aspecte fa referència a l'organització de tot allò que es necessari per desenvolupar l'activitat, des de la capacitat de producció de l'hivernacle, fins a la distribució del producte, passant per l'emmagatzematge i la càrrega i descàrrega del mateix, així com les possibilitats que permet l'edifici per implementar-ho, tenint en compte, a més, les normatives que li són d'aplicació.

Respecte això últim, malgrat no estar identificada entre les activitats no permeses (nuclears, ramaderes i extractives o mineres) segons la normativa d'aplicació vigent (Ordenança municipal d'activitats i d'intervenció integral de l'administració ambiental de Barcelona), no es possible reconèixer-la en la mateixa norma com un altre activitat similar entre les activitats de l'indústria alimentària i del tabac o com activitat agro-industrial i ramadera, o simplement com a altres activitats. Degut això i a la manca d'informació evident després de les diferents fonts consultades, així com la manca de temps per continuar abordant aquest aspecte, es constata per ara, la impossibilitat actual de desenvolupar aquesta activitat a la ciutat de Barcelona, sense tenir clar quines han de ser les modificacions legals que s'han de produir pel seu desenvolupament futur, més enllà del canvi de l'ordenança municipal.

En els següents apartats es planteja i quantifica la capacitat de producció i les necessitats d'emmagatzematge de la collita, com sempre amb el tomàquet com unitat funcional, pel mateix hivernacle considerat al capítol 2 (apartat A.1) i situat a la coberta d'un edifici d'habitatges de Barcelona format per 56 habitatges. De la mateixa manera, s'analitza també la càrrega i descàrrega del producte, a partir de les consideracions relatives als elements de comunicació vertical dels edificis (ascensor i escales), així com el sistema de distribució més convenient al respecte.

D'acord amb l'anterior, aquí també s'identifiquen el nombre d'edificis de Barcelona que disposen d'ascensor per facilitar la càrrega i descàrrega de la collita i la posterior distribució, segons l'any de construcció d'aquests, així com els districtes que en disposen amb major percentatge. Per últim, també s'ha considerat convenient examinar el nombre d'edificis amb i sense ascensor, segons el nombre de plantes sobre rasant, per tenir un ordre de magnitud general sobre les possibilitats d'implementar el sistema d'hivernacles en els diferents casos.

C.1 Capacitat de producció i emmagatzematge

La primera part d'aquest apartat quantifica la capacitat de producció de l'hivernacle considerat inicialment (superfície útil de plantació de l'hivernacle: 250,00m²), destinat al conreu hidropònic amb recirculació d'aigua per la producció de tomàquets, segons unes condicions climàtiques similars a les del Maresme, i situat a la coberta de l'edifici d'habitatges esmentat de Barcelona. Es plantegen dos escenaris segons les produccions definides al primer capítol; en el primer s'adopta la producció dels hivernacles amb les característiques del Maresme, 15kg/m² per un cicle de conreu de 6 mesos. El segon escenari, assumeix l'increment de producció conseqüència de la fertilització carbònica proposada en aquesta mateixa tesina, així com l'ús de calefacció, amb el mateix grau que els hivernacles del Maresme, per tal d'assolir el nivell de producció de Wageningen en un cicle de conreu anual, 56,6kg/m².

- Escenari 1 (producció tipus Maresme): 3.750kg (3,75t) en un cicle de conreu (6 mesos)
7.500kg (7,50t) anuals (dos cicles de conreu)
- Escenari 2 (producció tipus Wageningen): 14.125kg (14,12t) anuals

Segons les dades del DAAM (Departament d'Agricultura Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural) de la Generalitat de Catalunya, el consum de tomàquets a les llars catalanes durant l'any 2011 va ser de 18,00kg per persona (75,80kg/persona d'hortalisses fresques anuals). D'acord amb l'anterior i a partir dels dos escenaris plantejats, la producció de l'hivernacle permet abastir al següent nombre de persones:

- Escenari 1 (producció tipus Maresme): 416 persones durant un any (dos cicles de conreu)
- Escenari 2 (producció tipus Wageningen): 785 persones durant un any (un cicle de conreu)

Si fem el mateix considerant una hectàrea de producció (l'equivalent a 40 hivernacles com l'analitzat, situats a les cobertes dels corresponents edificis), els resultats obtinguts respecte la producció total i el nombre de persones a qui abasteix, són els següents:

- Escenari 1 (producció tipus Maresme): 300,0t 16.666 persones durant un any
- Escenari 2 (producció tipus Wageningen): 565,0t 31.390 persones durant un any

Per tant, la producció d'una hectàrea, segons l'escenari 1, permetria sobradament abastir de tomàquets a la població resident del barri de Vallcarca-Penitents (15.453 persones, any 2013), on s'ubica l'actual hivernacle, i a més d'un 25% de la població resident al districte de Gracia (120.949 persones, any 2013), segons l'escenari 2.

Per abastir a tota la població de Barcelona (1.602.386 persones l'any 2014), serien necessàries:

- Escenari 1 (producció tipus Maresme): 96ha
(Gairebé la superfície equivalent a la dreta de l'Eixample, considerant el sòl qualificat com a densificació urbana; 110ha).
- Escenari 2 (producció tipus Wageningen): 51ha
(Gairebé la mateixa superfície que ocupen els barris de la Verneda i el Besos, considerant el sòl qualificat com a ordenació en volumetria específica; 58ha).

Ara be, si considerem un consum segons una dieta saludable, la quantitat mitjana d'hortalisses per persona s'incrementa fins a 110,00kg anuals. Això vol dir, augmentar el consum de tomàquet fins als 26,12kg per persona a l'any. En aquest cas, el nombre de persones abastides per l'hivernacle es:

- Escenari 1 (producció tipus Maresme): 287 persones durant un any (dos cicles de conreu)
- Escenari 2 (producció tipus Wageningen): 540 persones durant un any (un cicle de conreu)

Considerant, igual que abans, una hectàrea de producció, obtenim (producció total i persones abastides):

- Escenari 1 (producció tipus Maresme): 300,0t 11.483 persones durant un any
- Escenari 2 (producció tipus Wageningen): 565,0t 21.626 persones durant un any

En aquest cas, un consum de tomàquets segons una dieta saludable només es possible per quasi el 75% de la població resident al barri de Vallcarca-Penitents, segons l'escenari, 1 i fins gairebé el 20% de la població que viu a Gracia, segons l'escenari 2.

La segona part d'aquest apartat, analitza la distribució de la producció de l'hivernacle situat a la coberta, a través de les caixes utilitzades habitualment per la recollida d'hortalisses fresques. El mercat disposa d'una àmplia varietat de models, segons les dues tipologies fabricades en funció del material emprat: plàstic i fusta. En aquest cas, es preveu l'ús de caixes de fusta (50x30x27cm) amb una capacitat de 20kg cadascuna, fàcils d'apilar (nombre màxim de caixes apilades: 5) i totalment reciclables. El nombre de caixes a utilitzar, segons la producció dels diferents escenaris, es el següent:

- Escenari 1 (producció tipus Maresme): 3.750kg → 188 caixes (un cicle de conreu de 6 mesos)
7.500kg → 375 caixes (dos cicles de conreu anuals)
- Escenari 2 (producció tipus Wageningen): 14.125kg → 705 caixes (un cicle de conreu anual)

Es preveu, tot i que la distribució comercial del producte es suposa immediata, una reserva d'espai per l'emmagatzematge (estris, caixes, material, etc.), d'acord amb els escenaris anteriors:

- Escenari 1 (producció tipus Maresme): 188 caixes apilades de cinc en cinc ocupen estrictament 5,5m². En el cas de dos cicles de conreu, la previsió d'espai es la mateixa, doncs les collites es produeixen en períodes de temps diferents.
- Escenari 2 (producció tipus Wageningen): 705 caixes apilades de cinc en cinc ocupen 21,0m².

En el cas que fos necessari un magatzem, aquest es situaria a la planta baixa de l'edifici corresponent (sempre que l'espai existent ho permeti), fet que facilitaria el compliment de qualsevol normativa d'aplicació i evitaria sobrecarregar la coberta. Caldria però, augmentar la superfície útil d'aquest espai, més enllà de l'estricta ocupació de les esmentades caixes, per la millor operativitat. S'ha considerat suficient per aquest cas, una superfície de 10,0m² per l'escenari 1 i de 25,0m² per l'escenari 2. Això representa un 4% i 10% respectivament, de la superfície útil de l'hivernacle que caldrà afegir com espai destinat a magatzem.

Sota la perspectiva estructural i donades les càrregues previstes per l'acumulació de caixes (al voltant de 670kg/m², en qualsevol dels dos casos), es absolutament viable la implantació d'aquest magatzem en les plantes baixes d'edificis sense soterrani. En cas contrari (edificis amb soterrani), serà necessària la prova de càrrega corresponent i/o l'anàlisi acurat del mateix.

C.2 Càrrega i descàrrega i distribució

L'ascensor constitueix l'element més important per traslladar la collita produïda a la coberta de l'edifici fins al magatzem i/o l'àrea de càrrega de la planta baixa, i d'aquí al punt de comercialització corresponent. Per això la seva disponibilitat facilitarà la implementació d'aquest sistema d'agricultura, per contra la seva absència farà difícil, de vegades impossible, el seu desenvolupament.

S'analitza tot seguit, la capacitat de l'ascensor per transportar la collita, a través de les caixes prèviament quantificades, segons les dimensions i el pes màxim admissible d'aquest en el cas més desfavorable, per tal de conèixer el nombre de viatges que son necessaris realitzar. Es considera un ascensor estàndard, habitual per edificis d'habitatges, segons el model més petit, amb una cabina de dimensions interiors 85x100cm, un pes màxim admissible de 320kg i destinat a quatre persones. Es suposa que cap persona viatja a l'ascensor, fet que permetrà dipositar més caixes al seu interior i estalviar temps, i que la càrrega i descàrrega es gestionarà a través de dues persones; una situada a la coberta i l'altra a la planta baixa. Es preveu l'ús de carretons de mà amb rodes (càrrega màxima 300-350kg) per transportar la carrega fins a l'ascensor i d'aquest al vehicle de distribució. D'acord amb això, el nombre màxim de caixes admissibles en cada viatge es 16 (320kg). Aquests son el nombre de viatges necessaris per un cicle de conreu i en el cas més desfavorable, segons els dos escenaris de producció:

- Escenari 1 (producció tipus Maresme): 3.750kg → 188 caixes → 12 viatges (6 mesos)
- Escenari 2 (producció tipus Wageningen): 14.125kg → 705 caixes → 44 viatges (anual)

Considerant que el període de collita es d'aproximadament 9 setmanes pel primer escenari, això suposa 1,3 viatges per setmana. Adoptant el mateix criteri per l'escenari 2 (el més desfavorable aquí), en aquest cas implica 5,0 viatges per setmana, quanties en qualsevol d'ambdós casos totalment assumibles i en cap cas desmesurades, malgrat l'escenari 2 gairebé quadruplica el nombre de viatges respecte el primer cas. En tot cas el major "inconvenient" pels veïns vindria donat pel temps de càrrega i descàrrega i no pas per l'ús real de l'ascensor, si aquest cinc viatges es produïssin en un sol dia, fet fàcilment resoluble amb una bona organització prèvia.

Analitzem ara la capacitat d'un ascensor, considerat practicable segons el codi d'accessibilitat, amb una cabina de dimensions interiors 100x120cm, un pes màxim admissible de 450kg i destinat a sis persones. Segons l'anterior, el nombre màxim de caixes admissibles en cada viatge es 22 (440kg):

- Escenari 1 (producció tipus Maresme): 3.750kg → 188 caixes → 9 viatges (6 mesos)
- Escenari 2 (producció tipus Wageningen): 14.125kg → 705 caixes → 32 viatges (anual).

Fem el mateix per un ascensor adaptat amb una cabina de dimensions interiors 110x140cm, un pes màxim admissible de 630kg i destinat a vuit persones. Nombre màxim de caixes admissibles en cada viatge, 31 (620kg):

- Escenari 1 (producció tipus Maresme): 3.750kg → 188 caixes → 6 viatges (6 mesos)
- Escenari 2 (producció tipus Wageningen): 14.125kg → 705 caixes → 23 viatges (anual).

Per tant, un increment de la superfície de l'ascensor de l'ordre del 80% entre el primer i el tercer cas (de l'estàndard més petit a l'ascensor adaptat), implica una reducció dels viatges a la meitat.

L'anàlisi intermedi mostra com un increment de la superfície de l'ascensor al voltant del 40% permet una reducció del 25% en el nombre de viatges (1/4), entre el primer i el segon cas (de l'ascensor petit a l'accessible), i com un increment de la superfície del 30% permet una reducció del mateix percentatge en el nombre de viatges (1/3), entre el segon i tercer cas (de l'ascensor accessible a l'adaptat).

Per últim, s'estudia tot seguit el sistema de distribució de la mercaderia, quan aquesta ja es troba a la planta baixa de l'edifici, a partir de la capacitat dels diferents vehicles. Es consideren vehicles elèctrics, al tractar-se de recorreguts urbans de trajecte curt, segons dues tipologies; furgonetes ja existents al mercat, però de poca capacitat, i furgons amb més càrrega admissible però encara no comercialitzats. La capacitat dels primers es de 650,0kg i 3,0m³ de volum i de 2.640,0kg i 7,3m³ pels segons. D'acord amb aquestes dades, el nombre màxim de caixes segons la càrrega permesa a les furgonetes es de 32 (640kg) i de 132 (2.640kg) pel cas dels furgons (tots dos casos compleixen el volum admissible).

Continuant amb els escenaris de producció inicial, el nombre de viatges que haurà de realitzar cada vehicle serà, pel cas de les furgonetes:

- Escenari 1 (producció tipus Maresme): 3.750kg → 188 caixes → 6 viatges (6 mesos)
- Escenari 2 (producció tipus Wageningen): 14.125kg → 705 caixes → 22 viatges (anual).

I pel cas dels furgons:

- Escenari 1 (producció tipus Maresme): 3.750kg → 188 caixes → 2 viatges (6 mesos)
- Escenari 2 (producció tipus Wageningen): 14.125kg → 705 caixes → 6 viatges (anual).



Imatge 3.3

Furgoneta elèctrica comercialitzada (650kg)



Imatge 3.4

Furgó elèctrica d'imminent comercialització (2.640kg)

Per tant, l'ús del furgó suposa una reducció d'aproximadament el 70% en el nombre de viatges a realitzar, respecte la furgoneta.

C.3 Classificació d'habitatges amb ascensor

Tal i com s'ha fet a l'apartat relatiu a l'estructura, aquí també s'identifiquen el nombre d'edificis de Barcelona que disposen d'ascensor per facilitar la càrrega i descàrrega de la collita i la posterior distribució d'aquesta, segons els quatre grups que permeten reconèixer la viabilitat dels hivernacles, així com els districtes que en disposen amb major percentatge. Per últim, també s'ha considerat convenient examinar el nombre d'edificis amb i sense ascensor, segons el nombre de plantes sobre rasant, per tenir un ordre de magnitud general sobre les possibilitats d'implementar el sistema d'hivernacles en els diferents casos.

D'acord amb la classificació establerta en funció de l'any de construcció dels edificis d'habitatges de Barcelona i els valors de la càrrega admissible, el nombre d'aquests corresponent a cada grup amb disponibilitat d'ascensor, es el següent (dades IDESCAT, any 2011):

- a. Edificis construïts abans del 1941: 5.614 8,0% (abans del 1901: 1.563 2,2%)
- b. Edificis construïts entre 1941-1952 i 1963-2005: 19.819 28,4%
- c. Edificis construïts entre el 1953 i el 1962: 3.069 4,4%
- d. Edificis construïts a partir del 2006: 980 1,4% (fins el 2011)
- Total edificis construïts fins el 2011 amb ascensor: 29.482
(El 42,2% del total d'edificis destinats principal o exclusivament a habitatge tenen ascensor)
- Total edificis construïts fins al 2011: 69.830

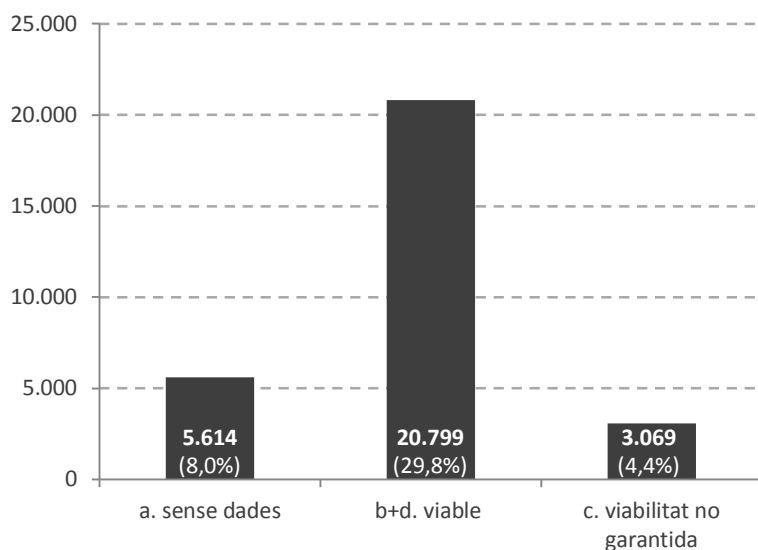


Figura 3.4 Nombre i percentatge d'edificis d'habitatges amb ascensor segons les possibilitats d'implementar el sistema d'hivernacles en cobertes a la ciutat de Barcelona, a partir de la càrrega admissible i l'any de construcció. (Elaboració pròpia)

En definitiva, gairebé un terç dels edificis d'habitatges de Barcelona (30,0%) disposen d'ascensor i permeten implementar els hivernacles en coberta. A més, de tots aquells edificis d'habitatges on es viable incorporar hivernacles hidropònics en coberta (53,0%), més de la meitat (56,3%) disposen d'ascensor. Respecte els altres casos, menys d'un 5% dels edificis d'habitatges de Barcelona disposen d'ascensor però no es possible garantir la viabilitat dels hivernacles i finalment, quasi el 10% dels edificis disposen d'ascensor però desconexem les possibilitats d'implementar-ho.

Es considera tot seguit el nombre d'edificis d'habitatges amb disponibilitat d'ascensor segons els diferents districtes:

Districte	Nombre edificis amb ascensor	Nombre total d'edificis	Percentatge districte	Percentatge Barcelona
Ciutat Vella	1.374	5.462	25,1	2,0
Eixample	5.991	7.780	77,0	8,6
Sants-Montjuic	2.838	6.916	41,0	4,1
Les Corts	1.441	2.456	58,7	2,0
Sarrià-S. Gervasi	4.125	8.252	50,0	5,9
Gràcia	2.595	7.413	35,0	3,7
H-Guinardó	2.614	9.951	26,3	3,7
Nou Barris	2.318	7.090	32,7	3,3
S. Andreu	2.487	7.068	35,2	3,6
S. Martí	3.699	7.442	49,7	5,3

Taula 3.3 Nombre d'edificis amb ascensor per districte i respecte tota Barcelona (2011)

(Elaboració pròpia a partir de les dades del Dept. Estadística Aj. Barcelona).

L'Eixample es el districte amb major nombre d'edificis amb ascensor, tant respecte els altres districtes (77,0%) com en el global de Barcelona (8,6%), seguit de Sarrià-s. Gervasi, (5,9% respecte el total dels edificis de Barcelona) i el tercer es S. Martí (5,3%). Per contra, Les Corts i C. Vella son els que en tenen menys (2,0%).

Finalment, es quantifica el nombre d'edificis d'habitatges amb i sense ascensor, segons el nombre de plantes sobre rasant, per tenir un ordre de magnitud general sobre les possibilitats d'implementar el sistema d'hivernacles en cas de no disposar d'ascensor. S'ha considerat com a límit raonable, la càrrega i descàrrega fins a tres plantes d'alçada, tot i que serà la capacitat de producció de l'hivernacle la que determinarà finalment un major o menor nombre de viatges .

Nombre d'edificis d'habitatges amb ascensor, segons el nombre de plantes sobre rasant:

- Fins a PB mes tres plantes (PB+3P): 3.562 12,1%
- De PB+4P fins a 10 o mes plantes: 25.920 87,9%

Nombre total d'edificis destinats principalment a habitatges segons el nombre de plantes sobre rasant:

- Fins a PB mes tres plantes (PB+3P): 32.611 46,7%
- De PB+4P fins a 10 o mes plantes: 37.219 53,3%

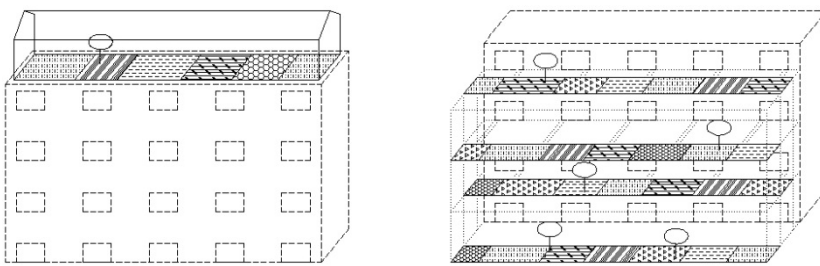
De l'anterior es dedueix que només un 10,9% dels edificis d'habitatges amb planta baixa i tres pisos tenen ascensor. Per tant, gairebé el 90% hauria de fer la càrrega i descàrrega a través de les escales amb un límit de tres plantes, es un inconvenient però es podria produir. En canvi, en els edificis a partir de quatre plantes pis, el 69,6% disposen d'ascensors, essent un 30,4% els que no en tenen.

4. RETRAT SOCIAL

A. Enquesta

L'últim capítol d'aquest document planteja, tal i com s'esmenta inicialment en els objectius del treball, un exercici de realisme sota la perspectiva social. En aquest sentit s'ha desenvolupat una enquesta de percepció, per tal de saber la opinió dels veïns d'un edifici de protecció oficial, susceptible d'incorporar un sistema d'agricultura urbana a partir de dos models innovadors, i avaluar la seva viabilitat sota aquest punt de vista. Es tracta, una vegada més, del mateix edifici que s'ha utilitzat durant tot el treball com a base per realitzar els diferents estudis (veure capítol 2, apartat A1).

L'enquesta considera dos sistemes d'agricultura urbana integrada en edificis, conscientment contraposats, posant en valor les virtuts de cadascun. El primer, l'estudiat en aquesta tesina, els hivernacles amb conreus hidropònics en les cobertes d'edificis d'habitatges plurifamiliars (opció 1 de la imatge 4.1), l'altre, definit com agricultura vertical ecològica¹ i caracteritzat sota la idea d'apilar horts en alçada, a partir d'una infraestructura auxiliar de nova planta adossada als habitatges plurifamiliars aïllats existents (opció 2), ambdós sistemes susceptibles d'implementar-se en l'edifici proposat.



Imatge 4.1

Opció 1: hivernacle en terrat

Opció 2: terrasses-hort en alçada (Elaboració pròpia)

Es suggereix, directament, una lectura de les enquestes (s'adjunten un parell amb les corresponents respostes dels veïns a l'annex), doncs s'ha fet un esforç per que aquestes siguin suficientment entenedores per a qualsevol persona i expliquen prou bé la motivació d'aquest apartat.

En definitiva, el que es persegueix aquí es una anàlisi social que vinculi les característiques dels habitants (nivell de renda familiar, estudis, hàbits alimentaris i de consum, energètics, etc.), el tipus d'edifici (habitatges de protecció oficial) i la ubicació d'aquest en el context metropolità de Barcelona, amb el posicionament adoptat majoritàriament segons les dues possibilitats esmentades. Investigacions posteriors poden desenvolupar el mateix exercici en altres barris de la geografia metropolitana (pedralbes, bellvitge, eixample, etc.) i determinar, seguint el mateix criteri, un mapa de Barcelona, segons la voluntat dels seus habitants en relació als dos models d'agricultura integrada als edificis.

¹ Aquest sistema es d'aplicació únicament en edificis d'habitatges plurifamiliars aïllats, situats majoritàriament en aquelles àrees extensives de la ciutat conegudes com a polígons urbans. Per contra, l'àmbit d'aplicació dels primers es susceptible d'afectar tota la ciutat sense restriccions aparents respecte la morfologia urbana.

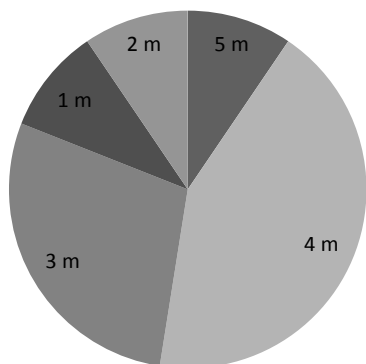
A.1 Resultats

S'han contestat 21 enquestes de les 35 lliurades (60,0%), 9 no ha estat possible lliurar-les (les enquestes es van donar en mà a cadascun dels veïns a excepció de tres habitatges que estaven buits. Nombre total d'habitatges: 44). S'esmenten aquí només aquells resultats que s'han considerat més rellevants per la seva caracterització final.

Resultats corresponents a la 1ª part de l'enquesta sobre les dades bàsiques dels habitatges i els veïns:

01. Tipologia d'habitatge: 38,0% de lloguer (8 hab.) / 62,0% de compra; dret de superfície (13 hab.)

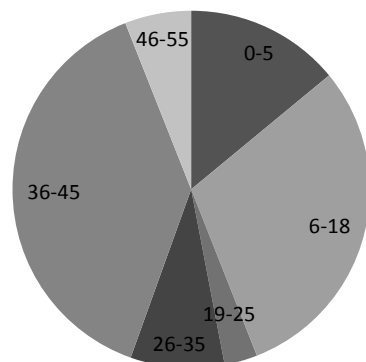
02. Nombre de persones que viuen a casa:



5 membres: 9,5% (2 adults i 3 nens)
 4 membres: 43,0% (90,0%, 2 adults i 2 nens / 10,0%, 2 adults i 2 joves)
 3 membres: 28,5% (65,0%, 2 adults i 1 nen / 35,0%, 1 adult i 2 nens)
 2 membres: 9,5% (50,0%, 1 adult i 1 nen / 50,0%, 2 adults)
 1 membre: 9,5% (1 adult)

Figura 4.1 (Elaboració pròpia)

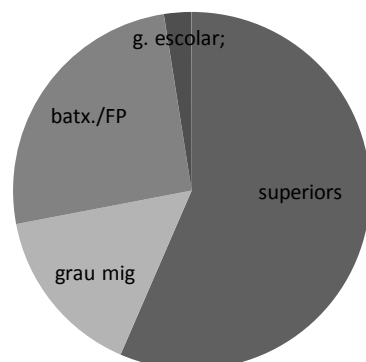
03. Edat dels ocupants dels habitatges: 53,0% adults / 47,0% nens-joves (nombre total d'ocupants: 70)



0-5 anys: 14,0%
 6-18 anys: 30,0%
 19-25 anys: 3,0%
 26-35 anys: 8,5%
 36-45 anys: 38,5%
 46-55 anys: 6,0%

Figura 4.2 (Elaboració pròpia)

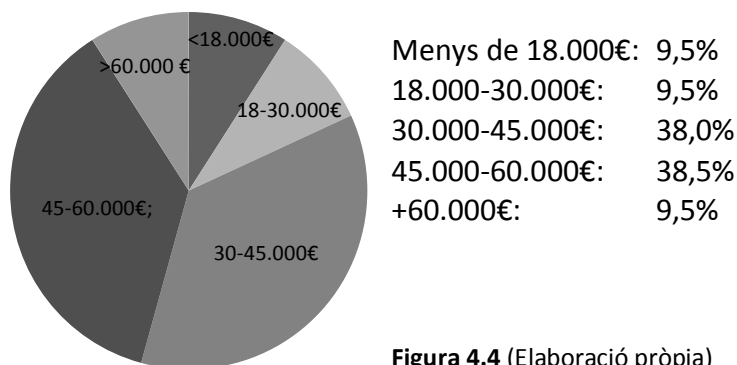
04. Nivell d'estudis de les persones adultes que viuen als habitatges:



Estudis superiors: 56,5%
 Estudis grau mig: 15,5%
 Batxillerat/FP: 25,5%
 Graduat escolar: 2,5%

Figura 4.3 (Elaboració pròpia)

05. Renda familiar total de les persones que viuen als habitatges:



Sobre els hàbits de consum dels veïns per l'adquisició d'hortalisses:

09. Establiment on es produeix habitualment la compra d'hortalisses:

Mercat:	2,5%
Supermercat:	21,5%
Fruiteria:	73,5%
Botiga ecològica:	2,5%

10. Mitjà de transport utilitzat per anar a comprar (hortalisses):

A peu:	82,5%
Cotxe:	6,5%
Ho porten a casa:	11,0%

11. Àrea de proximitat on es produeix la compra (hortalisses):

A prop de casa:	43,0%
El barri:	45,0%
Fora del barri:	9,5%
Altres:	2,5%

Sobre els hàbits energètics (caldera i calefacció) i respecte els residus:

13. Caldera encesa:

Sempre:	43,0%
Nomes a l'hivern:	14,0%
Moments puntuals:	43,0%

14. Ús de la caldera en moments puntuals:

Calefacció:	55,5%
Dutxa:	44,5%

15. Mitjana d'ús de la calefacció: 3,8 mesos/any

18. Aire condicionat:

Si:	28,5%
No:	71,5%

23. Tothom fa separació de residus.

24. Separació de la fracció orgànica del rebuig:

Si:	28,5%
No:	71,5%

25. Disposats a fer compost:

Si:	52,5%
No:	47,5% (ho farien si disposessin d'un espai exterior gran: 60,0%)

A continuació s'especifiquen els resultats de la 2ª part de l'enquesta, sobre el posicionament dels veïns respecte els dos models d'agricultura urbana integrada en edificis d'habitatges plurifamiliars:

29. Opció preferent entre els dos models presentats de manera genèrica:

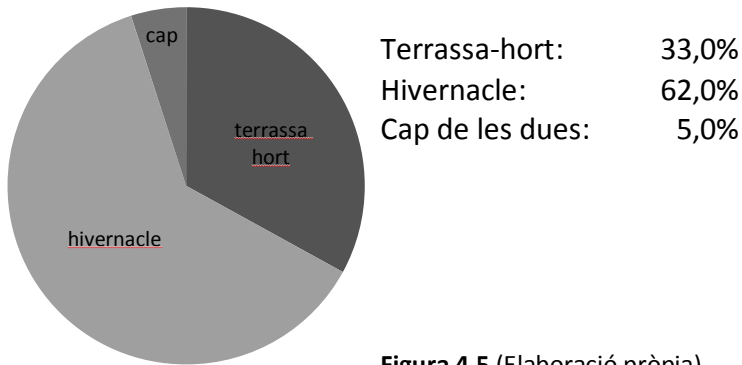


Figura 4.5 (Elaboració pròpia)

30. Opció preferent respecte la valorització del CO₂ produïda per l'hivernacle o fixació d'aquest pel sòl de l'hort:

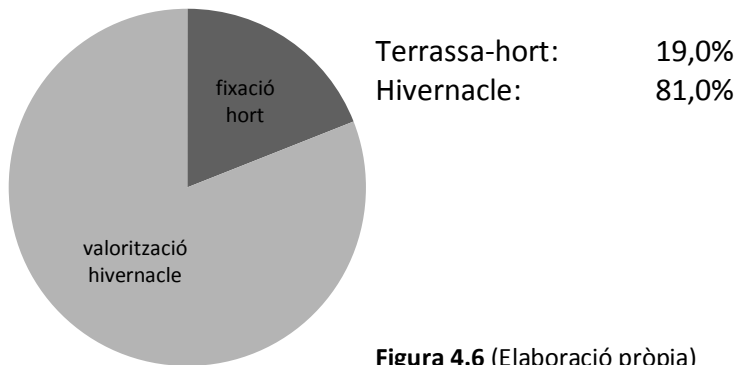


Figura 4.6 (Elaboració pròpia)

31. Preferències dels veïns com a consumidors d'hortalisses:

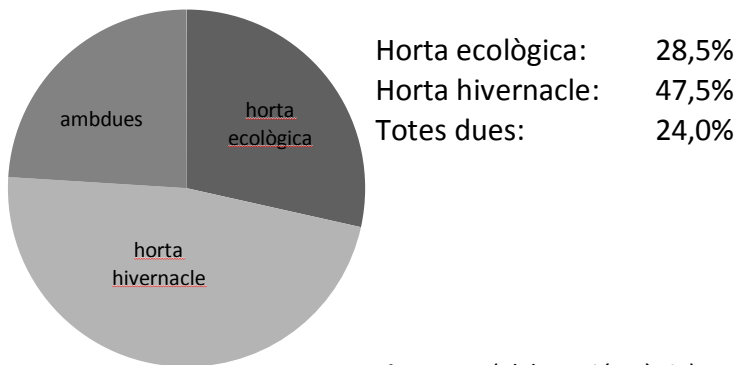


Figura 4.7 (Elaboració pròpia)

32. Preferències respecte el model de gestió de cada sistema:

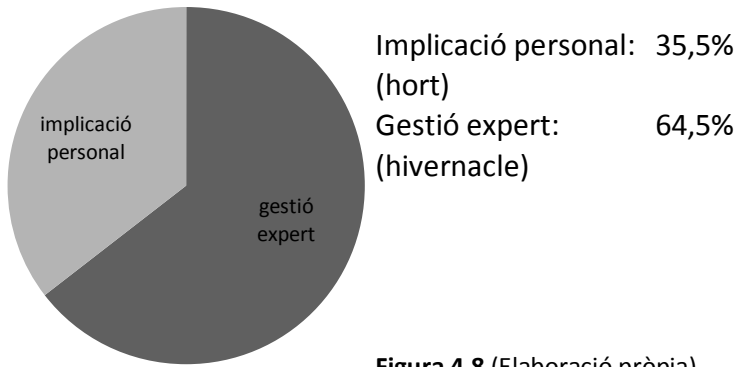


Figura 4.8 (Elaboració pròpia)

33. Preferències segons els diferents beneficis de cada model respecte el medi ambient:

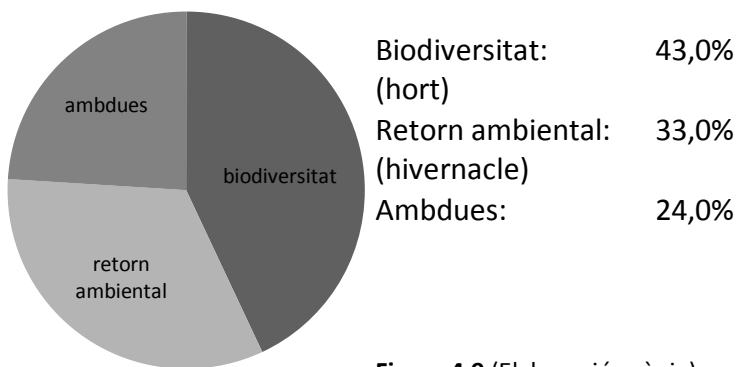


Figura 4.9 (Elaboració pròpia)

34. Preferències respecte els beneficis energètics de l'edifici segons cada sistema:

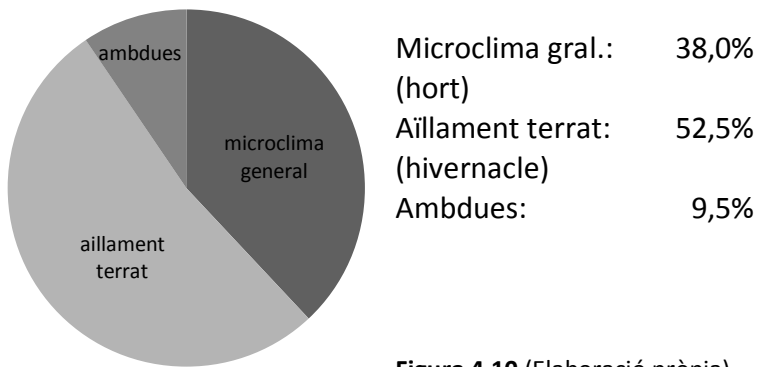


Figura 4.10 (Elaboració pròpia)

A.2 Anàlisi resultats

L'edifici és un bloc d'habitatges plurifamiliar aïllat de protecció oficial, situat al barri de Vallcarca (districte de Gràcia), de planta baixa i cinc plantes pis, accessible a través de cinc nuclis d'escala i ascensor, amb dos habitatges per replà. La majoria són habitatges en propietat, gairebé dos terços, i estant habitats principalment (en un 45%) per unitats familiars de 4 membres (parets amb dos fills petits). Les famílies de tres membres són menys d'un terç (el 65% parets amb un fill) i la resta d'habitatges es reparteixen el mateix percentatge (quasi un 10%), amb persones que viuen soles, parelles o famílies monoparentals amb un fill i famílies nombroses de tres fills.

La majoria dels adults es situa en una franja d'edat entre els 36 i els 45 anys (gairebé el 40%), amb una població adolescent, entre els 6 i 18 anys, del 30% i gairebé el 15% d'infants. La relació entre els habitants adults i els nens es aproxima del 50%.

Més de la meitat (55%) tenen estudis superiors, un 25% de batxillerat o FP i un 15% de grau mig, únicament el 2,5% només té el graduat escolar.

El nivell de renda familiar es concentra majoritàriament en dos grans grups, entre 30 i 45.000€ i 45 i 60.000€, amb gairebé el 40% cadascun. La resta participen del mateix percentatge, quasi el 10%, tant per la part baixa (menys de 18.000€), com per la part més alta (més de 60.000€) i entre els 18 i 30.000€.

Respecte als hàbits de consum en la compra d'hortalisses, la gran majoria les adquireix a la fruiteria, gairebé tres quartes parts dels veïns, i una mica més d'un 20% ho fa al supermercat. Les opcions del mercat i les botigues ecològiques són minoritàries. Més d'un 80% van a comprar a peu i acostumen a fer-ho a prop de casa (43%) o pel barri (45%).

Respecte als hàbits energètics, gairebé el 45% té sempre la caldera encesa, mentre que un altre 43% només l'encén en moments puntuals (dutxa i calefacció). La resta únicament l'utilitza a l'hivern. La mitjana d'ús de la calefacció és de 3,8 mesos a l'any.

Finalment pel que fa als residus, tothom fa tria d'aquest, però només una quarta part dels veïns separa la fracció orgànica del rebuig i quasi la meitat no estant disposats a fer compost (un 60% ho farien si disposessin d'un espai exterior gran).

Analitzem tot seguit els resultats relatius al posicionament dels veïns segons els dos models d'agricultura urbana proposats.

Gairebé dos terços han optat per la incorporació d'hivernacles industrialitzats a la coberta de l'edifici i més del 80% estan d'acord en aprofitar el CO₂ provinent de les calderes dels habitatges com a fertilització carbònica de l'hivernacle.

Com a consumidors d'hortalisses, quasi la meitat dels veïns no té cap problema en que aquestes vinguin de l'hivernacle, tot i que gairebé un 30% les prefereixen ecològiques i un 25% hi creu en totes dues opcions.

Quant a la gestió de cada model, més de dos terços prefereixen la gestió per un expert de l'hivernacle (per una qüestió de temps i confiança) i un 35% estaria disposat a implicar-se personalment en la feina de l'hort tradicional. Per contra, gairebé el 45% considera els horts en alçada com una opció adequada per incrementar la biodiversitat de la ciutat, tot i que els partidaris del retorn ambiental que generen els hivernacles en coberta suposen més del 30%. Quasi el 25% creu que no són incompatibles les dues possibilitats.

Per últim, més de la meitat prefereix els beneficis energètics que genera l'hivernacle, com aïllament de la coberta, respecte el 40% favorables al microclima general que proporcionarien els horts en alçada.

Per tant, per aquesta tipologia de veïns la opció triada majoritàriament es l'hivernacle en coberta, tant de manera general com específicament, d'acord amb les diferents característiques i virtuts considerades en aquest model. Només hi ha una excepció on els veïns prefereixen el model terrassa-hort, com a conseqüència de l'increment de l'espai natural i l'augment de la biodiversitat que aquesta opció produiria a la ciutat.

Les principals qüestions considerades pels habitants en favor de l'hivernacle han estat; el pragmatisme, esgrimint la manca de temps per la implicació personal en la gestió de l'hort tradicional, i una major confiança en el producte elaborat per un professional expert en relació a la seguretat alimentària. Per contra, l'hort tradicional produeix un cert recel, doncs suposa una alteració de les vistes dels habitatges respecte la situació actual, genera dubtes en l'elaboració del compost (argumenten la possibilitat d'olors desagradables i la proliferació d'insectes) i incomoda la gestió comunitària d'un espai relativament proper a l'habitatge.

Finalment, s'ha analitzat la preferència dels veïns en funció del règim de tinença de l'habitatge; en propietat o arrendat. En aquest sentit i tal com expressen les figures 4.11, els habitants residents en habitatges en propietat estant clarament a favor de l'opció hivernacle (tres quartes parts), en canvi els veïns llogaters son partidaris dels dos sistemes al 50,0%.

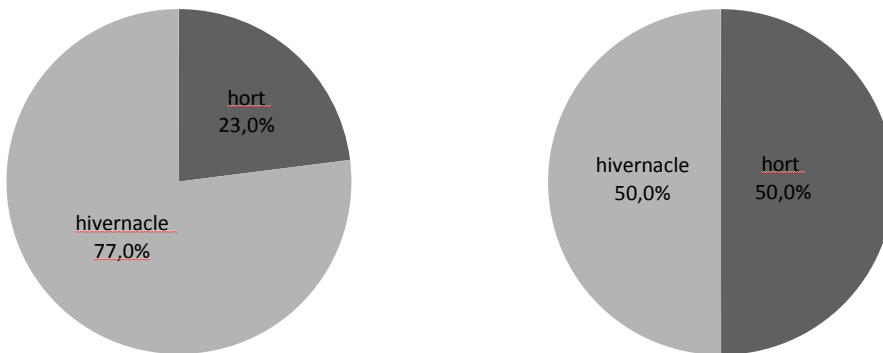


Figura 4.11 Règim de tinença de l'habitatge (Elaboració pròpia)
Propietaris / Llogaters

CONCLUSIONS

A. Resum de l'estat de l'art

- Hivernacle; construcció que permet augmentar rendiments, conrear fora d'època i avançar collites. Comparació en la producció de tomàquet entre Almeria i Barcelona:

	Almeria	Barcelona
Conreu a l'aire lliure:	3,7kg/m ²	3,1kg/m ²
Conreus protegits:	10,3kg/m ²	10,8kg/m ²
Rendiment:	2, 8 vegades superior	3,5 vegades superior
Producció* jun/set:	3,3%	84,0%
Producció* gen/mai – oct/des:	96,7%	16,0%

(*aquest producció inclou els conreus protegits i a l'aire lliure)

- Objectiu dels conreus hidropònics (conreus sense sòl); major productivitat, estalvi d'aigua per unitat de producció, així com d'aportacions químiques (fertirrigació).

Comparació entre un hivernacle mediterrani i un altre centre-europeu:

La producció de tomàquets (kg/m²) d'un hivernacle altament tecnificat, amb tancaments de vidre (tipus Venlo) i propi de les regions europees, es més de tres vegades superior (Wageningen; 56,5kg/m²) respecte l'hivernacle mediterrani tradicional, amb tancaments de plàstic (tipus multitúnel) i característic de la zona amb major producció d'Espanya (Almeria; 16,5kg/m²). Respecte el Maresme, considerant dos cicles de conreu anuals (30kg/m²), la producció de Wageningen es gairebé el doble (producció del Maresme en conreus de sòl per un cicle de conreu; 12,0kg/m²).

Respecte el consum d'aigua, l'hivernacle holandès es el que millor optimitza el seu consum per unitat productiva (14,0l/kg tom.), conseqüència de la recirculació i l'alta productivitat. L'estalvi d'aquest respecte els cultius de les mateixes característiques del Maresme (segons dos cicles de conreu anuals) es gairebé del 70% (consum Maresme 43,5l/kg tom.). Si es consideren els conreus amb drenatge lliure, també per unitat de producció, el consum d'aigua d'Almeria (28,8l/kg tom.) representa quasi la meitat respecte el del Maresme, aquest amb dos cicles de conreu anuals (consum d'aigua al Maresme en conreus de sòl per un cicle de conreu; 29,0l/kg tom.).

El grau de tecnificació dels hivernacles, segons els diferents emplaçaments, té implicacions directes en el consum energètic, tal com evidencia l'elevat consum climàtic i elèctric en el cas de Wageningen (6.716,40 kWh/t tom.), tot i no considerar el sistema de cogeneració. Per contra, la despesa energètica d'Almeria (51,8kWh/t tom.; gairebé el 100% conseqüència del sistema de reg) es troba molt allunyada del cas holandès i amb valors molt propers respecte l'hivernacle del Maresme (41,7kWh/t tom), aquest amb dos cicles de conreu anuals.

Finalment, el consum de fertilitzants per quilo de tomàquet es mínim en l'hivernacle holandès (7,0kg/t tom.) i màxim al Maresme, tant per recirculació (31,2kg/t tom.) com per drenatge lliure (41,4kg/t tom.). L'hivernacle del Maresme consumeix entre 4,5 (recirculació) i 6 (drenatge lliure) vegades més fertilitzants que el de Wageningen i més del doble (2,5 vegades) que el d'Almeria

(17,4kg/t tom.), considerant un cicle de conreu en tots el casos (consum de fertilitzants al Maresme en conreus de sòl 39,5kg/t tom.).

- L'impacte ambiental a nivell global i segons les emissions de CO₂, tant per unitat de producció com de superfície, generat per l'hivernacle de Wageningen (2.017,3kg CO₂/t tom. i 114,0kg CO₂/m²) es molt superior respecte els hivernacles d'Almeria (252,2kg CO₂/t tom. i 4,1kg CO₂/m²) i el Maresme (324,2kg CO₂/t tom. i 4,8kg CO₂/m²), aquest últim amb dos cicles de conreu anuals, conseqüència del sistema climàtic i el consum energètic (gas i electricitat).

Respecte els hivernacles Mediterranis, es el Maresme qui produeix més emissions (entre 1,3 i 1,2 vegades més, per unitat de producció i de superfície, respectivament), tot i ser propers. Les emissions tant del Maresme com d'Almeria son conseqüència, majoritàriament, de la infraestructura, els equips complementaris i els fertilitzants utilitzats.

- El sistema d'hivernacles hidropònics en cobertes d'edificis genera respecte l'actual sistema de subministrament (tomàquets produïts a Almeria i comercialitzats a Barcelona) i des del punt de vista logístic (producció, envasat, distribució i comercialització) un estalvi en les emissions de 440,3kg CO₂/t tom. o 6,6kg CO₂/m² (62,3%), conseqüència de la reutilització de l'envasat (±95,0% d'estalvi), el nul transport de mercaderies i la no pèrdua de producte (emissions totals del sistema actual, 706,5kg CO₂/t tom. i 266,2kg CO₂/t tom. pel sistema en cobertes).

Respecte el punt de vista energètic, l'estalvi generat es de 11,95MJ/t tom. o 0,18MJ/m², un 73,5% (consum energètic del sistema actual, 16,2MJ/t tom. i 4,3MJ/t tom. pel sistema en cobertes).

En resum, el fet de produir 150 tones de tomàquets en una hectàrea d'hivernacles situats en diferents cobertes d'edificis de Barcelona, generaria un estalvi de 66,0t CO₂ eq. i 1.785MJ d'energia consumida, respecte el sistema de subministrament actual des d'Almeria i evitaria una pèrdua de producte de 24,9t de tomàquet.

Finalment, considerant la sinergia potencial entre edificis i hivernacles en cobertes, l'aprofitament del calor residual de l'edifici produït per la calefacció, podria incrementar la producció a nivells d'Holanda (56,5kg/m²), generant un estalvi potencial de 248,6 tones de CO₂ eq. per hectàrea (3,76 vegades superior a l'inicial: 66,0t CO₂).

B. Conclusions

Aquestes son les principals consideracions de l'estudi desenvolupat després de l'anàlisi exhaustiu portat a terme en l'estat de l'art:

En l'estudi de l'anomenada **simbiosi**, a partir d'un edifici d'habitatges existent de la ciutat de Barcelona, es demostra la viabilitat del potencial intercanvi unidireccional edifici-hivernacle, on els residus de l'edifici (el diòxid de carboni emès en la combustió de les calderes que proporcionen calefacció i aigua calenta sanitària als habitatges i les aigües grises provinents del desguàs de la dutxa/banyera i el lavabo), esdevenen les matèries primeres de l'hivernacle.

En primer lloc, respecte la fertilització carbònica, incrementant el nivell de CO₂ de l'hivernacle situat a la coberta de l'edifici, fins a una concentració de 1.150ppm (nivell òptim pels tomàquets, entre 1.000 i 2.000ppm) a través de les 56 calderes dels habitatges, amb l'objectiu d'augmentar i/o avançar la producció de tomàquet (més renovacions requeriran més calderes). S'ha considerat aproximadament una renovació d'aire per hora (0,95ren/h) durant les hores de llum (12h) per un cicle de conreu anual.

Aquest fet suposa a més, la fixació d'una part del CO₂ introduït a l'hivernacle, pels tomàquets conreats. En aquest cas l'hivernacle fixa 0,88t CO₂ per cicle de conreu, això representa un 0,4% del CO₂ injectat provinent de les calderes. Considerant una hectàrea d'hivernacles situats en diferents cobertes d'habitatges de Barcelona i amb la mateixa densitat de plantació (2,2p/m²), el cultiu fixarà 35,0t de CO₂ per campanya. Si això li afegim (de l'anàlisi de l'estat de l'art) l'estalvi generat pel fet de produir tomàquets en les cobertes dels habitatges respecte el sistema de subministrament actual (66,0t CO₂), segons un rendiment de 15,0kg/m², l'estalvi total es de 101,0t CO₂ per campanya. Això equival a la petjada de carboni generada per 86 ciutadans de Barcelona. En el cas d'aconseguir arribar al nivell de producció d'Holanda (56,5kg/m²), l'estalvi potencial seria de 283,6t CO₂ (35,0 més els 248,6t CO₂ provinents de l'anàlisi de l'estat de l'art), l'equivalent a la petjada de carboni de 240 ciutadans de Barcelona

En segon lloc, sobre la reutilització d'aigües grises, tot i garantir la viabilitat pel reg de l'hivernacle, el primer escenari, segons un consum d'aigua habitual (126,0lpd), el reg representa un valor molt petit respecte el total; entre el 5,2% (conreus hidropònics amb recirculació i producció de 15,0kg/m²) i el 6,5% (idem amb drenatge lliure). Es continua malbaratant quasi el 95,0% de les aigües grises, conseqüència d'un ús ineficient.

El segon escenari, segons un consum d'aigua eficient (93,2lpd), introduint mesures d'estalvi i aprofitant les aigües grises pel subministrament del vàter, el reg de l'hivernacle representa entre el 35,6% (conreus hidropònics amb recirculació i una producció de 15,0kg/m²) i quasi la meitat, 44,5% (idem amb drenatge lliure) de les aigües grises disponibles. Encara es perd entre el 55,0% i el 65,0% d'aquestes aigües grises.

En relació a la **viabilitat tècnica**, es constata la inexistència d'una regulació específica en el planejament actual, que permeti implementar, de manera immediata, els hivernacles en cobertes en l'àmbit metropolità. Únicament es preveuen dos camins, de difícil justificació, per intentar-ho; inicialment, com un element tècnic de coberta i en última instància, com una obra provisional.

Ara be, si el que es persegueix es una implantació generalitzada, com seria el cas, la qüestió es podria enfocar des d'una ordenança reguladora de les característiques i les condicions d'implantació en el marc del planejament vigent.

Els següents apartats relatius al planejament, apunten, primer, l'exemple a seguir en els objectius perseguits per la llei de la "Triple R", millorant el sentit restrictiu i ambigu de la mateixa i, segon, es suggereix l'oportunitat de futur que pot representar el nou Pla Director Urbanístic Metropolità per encabir el model d'agricultura proposat en el marc del metabolisme social.

En l'àmbit **estructural**, les dades obtingudes consideren factible la implantació d'hivernacles amb conreus hidropònics (pes màxim 30,3kg/m²), respecte les sobrecàrregues establertes a les cobertes dels edificis d'habitatges construïts a partir dels anys 40 i fins l'actualitat (entre 150,0 i 100,0kg/m²). Amb l'excepció del edificis construïts durant el període 1953-1963 (sobrecàrrega d'ús 60,0kg/m² amb neu), on serà imprescindible realitzar una prova de càrrega i un estudi acurat d'aquestes per garantir la seva viabilitat.

Per contra, el pes dels dipòsits (variable entre 5,0 i 1.000,0kg) genera problemes difícils de resoldre. S'han plantejat tres possibilitats; reforçar l'estructura, a la mateixa coberta o traslladant les càrregues a planta baixa, repartir el pes en més dipòsits convertint-lo en assumible pel terrat o la combinació de les dues opcions anteriors, buscant el major equilibri general, en funció de cada cas.

Finalment, s'apunta una solució pel tractament dels pilars de l'hivernacle, per tal d'evitar les càrregues puntuals d'aquests i minimitzar l'acció del vent. S'ha proposat una biga continua situada a l'extrem inferior dels pilars, que permetrà convertir les càrregues puntuals en uniformes.

A partir dels resultats obtinguts i en funció de l'any de construcció dels edificis, es dedueix que la ciutat de Barcelona te gairebé un 53,0% (mes de la meitat) d'edificis d'habitatges on es factible implementar hivernacles hidropònics en les seves cobertes, un 12,6% on la viabilitat no està garantida, i en la resta, aproximadament un terç (34,5%) no es possible saber-ho.

L'apartat de **logística** quantifica la capacitat de producció d'un hivernacle concret, el considerat en tot el treball, i les seves possibilitats d'abastament, segons dos escenaris de producció de tomàquets; el Maresme (15,0kg/m²) i Holanda (56,5kg/m²). El primer suposa una producció de 7,5t de tomàquets (dos cicles de conreu) i el segon, 14,1t (un cicle de conreu). Això permet abastir 426 i 785 persones respectivament, segons el consum de tomàquets de les llars catalanes. Considerant una hectàrea de producció (l'equivalent a 40 hivernacles com l'analitzat), la producció anual es de 300,0t per l'escenari 1 i de 565,0t per l'escenari 2, abastin a 16.666 i 31.390 persones respectivament. Això permetria sobradament, segons l'escenari 1, subministrar tomàquets a la població resident al barri de Vallcarca-Penitents (15.453 persones, any 2013), on s'ubica l'actual hivernacle, i a més d'un 25% de la població resident al districte de Gracia (120.949 persones, any 2013), segons l'escenari 2.

L'apartat relatiu a la càrrega i descàrrega, analitza les possibilitats de l'ascensor com a eina per traslladar la collita de la coberta a la planta baixa, segons la capacitat d'aquest. Considerant un ascensor petit (cas més desfavorable; dimensions 85x100cm i 320,0kg de pes màxim admissible) i un període de collita de nou setmanes, el nombre de viatges segons els dos escenaris inicials varia entre 1,3 i 5,0 viatges/setmana; quanties perfectament assumibles pels habitants.

En el context de Barcelona, gairebé un terç dels habitatges (30,0%) disposen d'ascensor i permeten implementar els hivernacles en coberta. A més, de tots aquells habitatges on es viable incorporar hivernacles hidropònics en coberta, més de la meitat (56,3%) disposen d'ascensor.

Per últim, sota la perspectiva **social** i través d'enquestes (51% de participació), es caracteritza l'edifici de protecció oficial situat al barri de Vallcarca (districte de Gracia), susceptible d'incorporar l'hivernacle davant una alternativa més ecològica. Així doncs, per a les persones habitants de l'edifici, amb habitatges majoritàriament de propietat, principalment amb unitats familiars de 4 membres (pares amb 2 fills), amb estudis universitaris superiors en més del 50% i una renda familiar predominant entre 30 i 60.000€, la opció de l'hivernacle es la més valorada, tot i que son partidaris d'un increment de l'espai verd i la biodiversitat a la ciutat a través dels horts ecològics.

BIBLIOGRAFIA

- Ajuntament de Barcelona (2001): Ordenança municipal d'activitats i d'intervenció integral de l'administració ambiental de Barcelona.
- Alcaraz-López, C., Carvajal, M., Iglesias, M., Martínez-Ballesta, M.C., Mota, C.: Investigación sobre la absorción de CO₂ por los cultivos más representativos de la región de Murcia. Departamento de Nutrición Vegetal. CEBAS-Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Antón, A. (2004): Utilización del análisis del ciclo de vida en la evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero mediterráneo. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya.
- Antón, A., Baeza, E.J., López, J.C., Montero, J.I., Muñoz, P., Perez Parra, J., Torrellas, M. (2012): LCA of tomato crop in a multi-tunnel greenhouse in Almeria.
- Antón, A., Montero, J.I., Muñoz, P.: Tendencias en la construcción de invernaderos: normas CEN y UNE. Sistemas de control ambiental y posibilidades de mecanización de operaciones de cultivo y riego. Departament de Tecnologia Hortícola. IRTA.
- Antón, A., Montero, J.I., Ruijs, M., Torrellas, M., Vermeulen, P. (2011): Report on Environmental and Economic Profile of Present Greenhouse Productions System in Europe. Euphoros. Deliverable 5.
- Anuari Estadístic de la Ciutat de Barcelona (2014).
- B.O.E. Núm. 143. Junio 1976 (NTE-ECG/1976 "Estructuras Cargas: Gravitatorias").
- B.O.E. Núm. 035. Febrero 1963 (Norma M.V. 101-1962 "Acciones en la edificación").
- B.O.E. Núm. 214. Agosto 1941 (Reglamento sobre restricciones del Hierro en la edificación").
- Cerón-Palma, I., Montero, J.I., Oliver-Solà, J., Rieradevall J., Sanyé-Mengual, E. (2012): Environmental analysis of the logistics of agricultural products from roof top greenhouses in Mediterranean urban areas.
- Cerón-Palma, I., Montero, J.I., Oliver-Solà, J., Rieradevall J., Sanyé-Mengual, E. (2012): Barriers and Opportunities regarding the implementation of rooftop ecogreenhouses (RTEG) in Mediterranean cities of Europe.
- Chantry, O., Vargas, M. (2014): La ruta del tomate. Herramientas de reflexión hacia una nueva cultura del consumo urbano. Observatorio de la deuda en la globalización.
- Codi tècnic de l'edificació (2006). Document bàsic de seguretat estructural. Accions en l'edificació. Normativa tècnica. Enginyers Industrials de Catalunya.
- Corporació Metropolitana de Barcelona: Ordenanzas metropolitanas de edificación.
- Departament d'Agricultura Ramaderia, Pesca, Alimentació i Medi Natural. Dades de consum a Catalunya (DAAM).
- Departament de Medi Ambient i Habitatge, Fundació Abertis, Fundació Agbar i ICTA. (2004): Estudi del consum d'aigua als edificis de la regió metropolitana de Barcelona. Situació actual i possibilitats d'estalvi.
- Estévez, M. (2012): Un hort per ser feliç.
- Eurocodigo 1 (2004): Acciones en estructuras. Parte 1-3: Acciones generales. Cargas de nieve (UNE-EN 1991-1-3).
- Eurocodigo 1 (2007): Acciones en estructuras. Parte 1-4: Acciones generales. Acciones de viento (UNE-EN 1991-1-4).
- Generalitat de Catalunya (2006): Text refós i Reglament de la Llei d'Urbanisme.
- Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT).
- IRTA (2011): Manual del aplicador de CO₂ en cultivos hortícolas. Proyecto SOST-CO₂. CENIT.
- Llei de rehabilitació, regeneració i renovació urbanes (2013).
- Magrinyà, F. (2010): Planificar el àrea Metropolitana desde una lectura cerdaniana: urbanismo de redes y ecologia urbana.

- Mancomunitat de Municipis de l'Àrea Metropolitana de Barcelona (1976): Pla General Metropolità d'Ordenació Urbana.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2012): Estadísticas agrarias.
- Ministeri de Foment (1999): Norma bàsica de l'edificació NBE AE-88: accions en l'edificació. 6a reimpressió.
- Morris, A.E.J. (1984): Historia de la forma urbana desde sus orígenes hasta la Revolución Industrial. Editorial GG.
- Norma UNE-EN 13031-1, Construcció i càlcul d'hivernacles.
- Norma UNE 24003. 1953. Sobrecargas mínimas, para el cálculo de estructuras de edificios y de sus piezas.
- Parcerisa, J. (2013): El PGM en perspectiva.
- Roldan Ruíz, J. (2002): Evaluación de sobrecargas de uso de vivienda en estructuras de edificación. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València.
- Torra, C.: Tecnologies avançades en estalvi i eficiència energètica. Hivernacles agrícoles. Generalitat de Catalunya. Departament d'Indústria i Energia. Direcció General d'Energia.
- Tusón, P. (2014): L'autoproveïment d'aliments a Catalunya. Agrocultura, núm. 55. Primavera 2014.

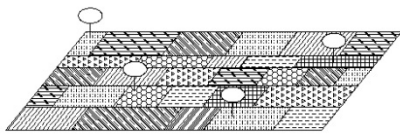
ANNEX

S'adjunten varies enquestes amb les corresponents respostes com a mostra d'aquestes:

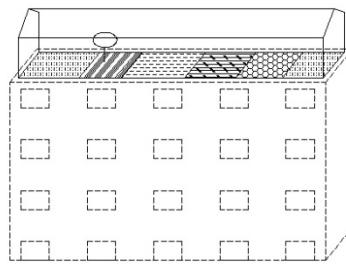
ENQUESTA GOMIS

El motiu d'aquesta enquesta es conèixer la opinió de la gent, en el marc de la recerca que estic duent a terme per al meu doctorat, sobre les possibilitats d'introduir l'agricultura mediterrània en els edificis d'habitatges existents, com una activitat productiva més de la ciutat de Barcelona amb l'objectiu de contribuir a la sostenibilitat ambiental, social i econòmica en un context local/global.

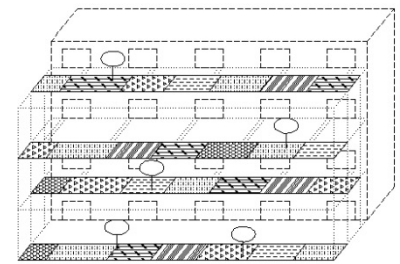
S'estudien dues possibilitats; la primera planteja la introducció d'hivernacles altament tecnificats, amb els anomenats cultius sense terra (hidropònics) per conreus vegetals (hortalisses) als terrats de les finques d'habitatges de Barcelona. La segona, proposa la construcció en alçada d'una estructura auxiliar de nova creació (sostres i pilars de formigó) com a terrasses ($\pm 45\text{m}^2$ per habitatge) adossades i separades mínimament ($\pm 1,5\text{m}$) als edificis plurifamiliars aïllats com el nostre, en tota la seva longitud de façana i en franges alternes segons cada planta (permeten una major entrada de llum), amb ús exclusiu hortícola a la manera tradicional (l'anomenada agricultura ecològica) pel conreu també d'hortalisses.



Camp de conreu tradicional



Opció 1: hivernacle en terrat



Opció 2: terrasses-hort en alçada

Específicament es pretén:

- **fomentar l'autoconsum i/o el consum de proximitat; afavorint la seguretat alimentària.**
- **disminuir la contaminació atmosfèrica; com a conseqüència de la reducció del transport de mercaderies i la reutilització del CO_2 en els hivernacles o la fixació d'aquest en el sòl dels cultius tradicionals.**
- **reutilització dels residus orgànics (per conreus tradicionals) com a compost, reduint la pressió sobre els serveis públics de recollida d'escombraries.**
- **reutilització de l'aigua de pluja i les aigües grises de l'edifici (lavabo, dutxa i rentadora) pel reg; disminuint les aigües residuals i la pèrdua d'aigua de pluja a la ciutat, així com el consum d'aigua pel reg.**
- **millorar el comportament climàtic dels edificis i suavitzar l'efecte illa de calor* de la ciutat.**
*(illa de calor: increment addicional de la temperatura de la ciutat en èpoques caloroses degut a l'excés d'edificis, la manca d'espais verds, l'augment de la contaminació, etc.).
- **promoure una major cohesió social entre veïns i ciutadans.**
- **fomentar i preservar la varietat d'espècies vegetals i animals locals (biodiversitat autòctona).**
- **potenciar l'estalvi i l'economia local.**
- **en definitiva, millorar la qualitat de vida dels ciutadans.**

L'enquesta s'estructura en dues parts: la primera pretén obtenir algunes dades bàsiques i objectives sobre els vostres habitatges, les persones que hi viuen i els vostres hàbits de consum. La segona, de caràcter més subjectiu, demana un posicionament segons les opcions especificades.

Part 1- Dades bàsiques

(Aclariment previ: algunes preguntes poden tenir diverses respostes, d'altres, tot i correspondre a varies persu impliquen una única resposta. Per ex.: varies persones en la mateixa franja d'edat o amb el mateix nivell d'estudis impliquen una única resposta/casella. En canvi, varies persones amb franges d'edat o nivells d'estudi diferents impliquen les caselles corresponents diferents).

A- De l'habitatge i les persones que hi viuen:

01- Tipologia d'habitatge:

de lloguer de compra (dret de superfície)

02- Nombre de persones que viuen a casa:

Nens: 2 Adults: 2 Persones grans: —

03- Edat de tots els ocupants de l'habitatge:

0-5 6-18 19-25 26-35 36-45 46-55 56-65 + 65 anys

04- Estudis de les persones adultes que viuen a l'habitatge:

Sense estudis Graduat escolar Batxirellat/FP Titulat grau mig Titulat superior

05- Renda familiar total (ingressos anuals) de les persones que viuen a l'habitatge:

Menys de 18.000€ 18.000-30.000€ 30.000-45.000 45.000-60.000 +60.000

06- Suma total d'hores de totes les persones que estan a casa entre les 8 del matí i les 8 de la nit durant la setmana (valor aproximat). Total dies laborables: 15 Total cap de setmana: 12

B- Dels hàbits:

Alimentaris i de consum

07- Suma total d'àpats de totes les persones que dinen habitualment a casa durant la setmana (aproximat)

Total dies laborables: — Total cap de setmana: $4 \times (1 \text{ dia}) \Rightarrow 4$

08- Suma total d'àpats de totes les persones que sopen habitualment a casa durant la setmana (aproximat)

Total dies laborables: $5 \text{ nits} \times 4 \text{ pers} \Rightarrow 20$ Total cap de setmana: $2 \times 4 \text{ pers} \Rightarrow 8$

09- On compreu normalment les hortalisses?

Mercat Supermercat Fruiteria Botiga ecològica Altres (especifiqueu on)

10- Quin mitjà utilitzeu per anar a comprar (principalment hortalisses)?

Aneu a peu En cotxe Us la porten a casa Altres (especifiqueu)

11- Quina àrea de proximitat utilitzeu per fer la compra (principalment hortalisses)?

A prop de casa El barri Fora del barri Altres (especifiqueu)

12- Què utilitzeu com a cistell de compra?

Porteu cistell/carro propi Bosses de plàstic que us donen Altres (especifiqueu)

Energètics (caldera i calefacció)

13- Teniu la caldera encesa tot el dia?

Sempre Només a l'hivern En moments puntuals Mai

14- En cas de que la utilitzis en moments puntuals, en quins casos la utilitzes?

Per dutxar-te Per cuinar Per la calefacció

15- Quants mesos a l'any utilitzeu la calefacció?

quines hores concretes utilitzeu la calefacció?

- A 1ª hora del matí Tot el matí Tota la tarda Tota la nit

17- A quina temperatura situeu el termòstat de la calefacció?

20°

18- Teniu aire condicionat?

NO

Quants mesos a l'any l'utilitzeu?

—

19- A quines hores concretes utilitzeu l'aire condicionat?

- Una estona al matí Tot el matí Una estona a la tarda Tota la tarda Tota la nit

20- A quina temperatura situes el termòstat de l'aire condicionat?

—

Aigua

21- Nombre total aproximat de rentadores que poseu a la setmana?

5

Residus

23- Feu separació de residus (rebuig/plàstic/paper/vidre)?

SÍ

24- Separeu l'orgànic del rebuig?

NO

Ho faríeu si tinguéssiu més espai o un espai exterior gran?

SÍ

25- Estaríeu disposats a fer compost? I en un dipòsit i espai exterior adequat?

SÍ

→ SÍ

26- Teniu paperera al bany?

SÍ

27- On aboqueu l'oli?

- A l'aigüera de la cuina Al vàter Altres (especifiqueu on) *recidem*

28- Utilitzeu el vàter per abocar alguna d'aquestes substàncies: burilles de cigarret, tovallolletes, preservatius, tampax, gases, medicaments, substàncies tòxiques...?

NO

Part 2- Posicionament

(podeu triar una de les dues opcions, les dues, o cap si ho creieu tot plegat innecessari)

29- Et semblaria be, que el terrat de l'edifici on vius (i molts altres de la ciutat) es convertís en un hivernacle d'última tecnologia per conrear hortalisses (per ex. tomàquets)?
O per contra, preferiries una terrassa-hort comunitària (compartida amb el veí del costat o els veïns de la teva planta), conreada amb terra a la manera tradicional i situada al davant de la teva cuina i saló ($\pm 45 \text{ m}^2$ per veí), com un espai exterior extra, tot i ser d'ús exclusiu per a l'hort?

- Hivernacle industrialitzat Terrassa-hort Comentari:

30- Els hivernacles mes industrialitzats afegixen CO_2 a l'ambient de manera controlada, per augmentar la producció i/o produir fora de temporada. En les ciutats i en edificis com el nostre, es podria utilitzar el CO_2 que emeten les calderes dels habitatges per introduir-lo a l'hivernacle. Això evitaria abocar aquest CO_2 a l'aire exterior que respirem.
L'opció terrassa-hort també fixaria el CO_2 de l'aire (contaminació) a través del sòl, tot i que en menor quantitat. Quina opció et semblaria mes adequada?

- Hivernacle industrialitzat Terrassa-hort Comentari:

31- Series consumidor de les hortalisses produïdes als hivernacles, cultivades per professionals i amb plenes garanties sanitàries?
O be preferies hortalisses de l'hort tradicional, conreades per tu mateix?
Els hivernacles optimitzen l'absorció d'aigua i nutrients, l'hort tradicional te un valor més ecològic.

Hortalisses d'hivernacle Hortalisses ecològiques

Comentari: M'agradarien més ecològiques → però com no hi ha temps per conrear pasó opció hivernacle

32- La gestió d'aquests hivernacles requereix ma d'obra especialitzada i per tant correspondria a algú/ns extern als habitatges desenvolupar-la. Alhora podria ser una oportunitat per generar llocs de treball al mateix edifici amb la formació adequada.
Per contra, les terrasses-hort es gestionarien pels propis veïns o familiars, ja siguin joves, pares amb nens, avis, amics interessats, etc.
Quina seria la teva preferència, t'agradaria implicar-t'hi (tu o algú de la família/amics) o penses que seria millor que ho gestionés un expert?

Gestió per un expert Implicació personal

Comentari: Veig un conflicte compartir horts entre veïns, és maco però utòpic.

33- Els hivernacles son construccions orientades a l'alta productivitat, la seva ubicació als terrats dels habitatges permetria reduir la necessitat d'explotar territoris naturals retornant a aquests el seu valor ambiental i paisatgístic inicial (per ex. El Maresme).
Per contra, les terrasses-horts podrien considerar-se quasi espais verds, potenciant l'augment de la biodiversitat a la ciutat i un increment de l'espai natural, tot i ser privat, davant la manca que Barcelona te d'aquest espais.
Quina opció consideraries mes adequada?

Retorn ambiental Espai verd i biodiversitat

Comentari: M'agraden totes dues opcions. M'agradaria que els pisos tinguessin també terrasses però més d'us individual i no només exclusiu per l'hort si no per jardí també.

34- Els hivernacles en terrats produïrien un benefici energètic directe als habitatges en contacte amb aquests (els últims de l'edifici) evitant pèrdues tèrmiques a l'hivern i reduint l'excessiva radiació solar a l'estiu.
Per contra, les terrasses-hort generarien un microclima a la façana sud-est de l'edifici, esmorteint el fred a l'hivern i la calor a l'estiu, on tothom ho podria gaudir. Aquest fet suposaria però una alteració de les vistes tal i com les tenim ara.
Què et semblaria més adient?

Aïllament terrat Microclima general

Comentari:

↳ per alguns blocs de Barcelona seria més positiu tindre jardí que de tapar les vistes. (En el cas on no saltres vivim, aquesta promoció en concret, seria una llàstima perdre vistes i llum → però som més una excepció en aquesta ciutat que la regla)

Consideracions personals que vulgueu afegir:

Albert Carcereny.
Mail: cmac_arqtes@coac.net

Moltes gràcies pel vostre temps!

Et felicito per l'estudi.
És molt interessant ;)

Part 1- Dades bàsiques

(Aclariment previ: algunes preguntes poden tenir diverses respostes, d'altres, tot i correspondre a varies perso. impliquen una única resposta. Per ex.: varies persones en la mateixa franja d'edat o amb el mateix nivell d'estud. impliquen una única resposta/casella. En canvi, varies persones amb franges d'edat o nivells d'estudi diferents impliquen les caselles corresponents diferents).

A- De l'habitatge i les persones que hi viuen:

01- Tipologia d'habitatge:

de lloguer de compra (dret de superfície)

02- Nombre de persones que viuen a casa:

Nens: 3 Adults: 2 Persones grans:

03- Edat de tots els ocupants de l'habitatge:

0-5 6-18 19-25 26-35 36-45 46-55 56-65 + 65 anys

04- Estudis de les persones adultes que viuen a l'habitatge:

Sense estudis Graduat escolar Batxirellat/FP Titulat grau mig Titulat superior

05- Renda familiar total (ingressos anuals) de les persones que viuen a l'habitatge:

Menys de 18.000€ 18.000-30.000€ 30.000-45.000 45.000-60.000 +60.000

06- Suma total d'hores de totes les persones que estan a casa entre les 8 del matí i les 8 de la nit durant la setmana (valor aproximat). Total dies laborables: 15,5h/dia. Total cap de setmana 5x6h/dia

Laborable [1 Adult 12hores
1 Adult 1,5h Nens 2h.

Festius 50% temps

B- Dels hàbits:

Alimentaris i de consum

07- Suma total d'àpats de totes les persones que dinen habitualment a casa durant la setmana (aproximat)

Total dies laborables: 12 àpats Total cap de setmana: 10 àpats

08- Suma total d'àpats de totes les persones que sopen habitualment a casa durant la setmana (aproximat)

Total dies laborables: 25 àpats Total cap de setmana: 10 àpats

09- On comreu normalment les hortalisses?

Mercat Supermercat Fruiteria Botiga ecològica Altres (especifiqueu on)

10- Quin mitjà utilitzeu per anar a comprar (principalment hortalisses)?

Aneu a peu En cotxe Us la porten a casa Altres (especifiqueu)

11- Quina àrea de proximitat utilitzeu per fer la compra (principalment hortalisses)?

A prop de casa El barri Fora del barri Altres (especifiqueu)

12- Què utilitzeu com a cistell de compra?

Porteu cistell/carro propi Bosses de plàstic que us donen Altres (especifiqueu)

Energètics (caldera i calefacció)

13- Teniu la caldera encesa tot el dia?

Sempre Només a l'hivern En moments puntuals Mai

14- En cas de que la utilitzis en moments puntuals, en quins casos la utilitzes?

Per dutxar-te Per cuinar Per la calefacció

15- Quants mesos a l'any utilitzeu la calefacció?

4 mesos (de desembre a març)

A quines hores concretes utilitzeu la calefacció?

A 1^a hora del matí Tot el matí Tota la tarda Tota la nit

Una estona a la tarda

17- A quina temperatura situeu el termòstat de la calefacció? *22 - 23°C*

18- Teniu aire condicionat? *NO* Quants mesos a l'any l'utilitzeu?

19- A quines hores concretes utilitzeu l'aire condicionat?

Una estona al matí Tot el matí Una estona a la tarda Tota la tarda Tota la nit

20- A quina temperatura situes el termòstat de l'aire condicionat?

Aigua

21- Nombre total aproximat de rentadores que poseu a la setmana? *7*

Residus

23- Feu separació de residus (rebuig/plàstic/paper/vidre)? *SI*

24- Separeu l'orgànic del rebuig? *SI* Ho faríeu si tinguéssiu més espai o un espai exterior gran?

25- Estaríeu disposats a fer compost? I en un dipòsit i espai exterior adequat? *SI*

26- Teniu paperera al bany? *NO*

27- On aboqueu l'oli?

A l'aigüera de la cuina Al vàter Altres (especifiqueu on)
RECICLEM

28- Utilitzeu el vàter per abocar alguna d'aquestes substàncies: burilles de cigarret, tovalloletes, preservatius, tampax, gases, medicaments, substàncies tòxiques...? *NO*

Part 2- Posicionament

(podeu triar una de les dues opcions, les dues, o cap si ho creieu tot plegat innecessari)

29- Et semblaria be, que el terrat de l'edifici on vius (i molts altres de la ciutat) es convertís en un hivernacle d'última tecnologia per conrear hortalisses (per ex. tomàquets)?
O per contra, preferiries una terrassa-hort comunitària (compartida amb el veí del costat o els veïns de la teva planta), conreada amb terra a la manera tradicional i situada al davant de la teva cuina i saló ($\pm 45 \text{ m}^2$ per veí), com un espai exterior extra, tot i ser d'ús exclusiu per a l'hort?

Hivernacle industrialitzat Terrassa-hort

Comentari:

Sembla que seria una millora directa en la qualitat de l'habitatge per poder

30- Els hivernacles mes industrialitzats afegeixen CO_2 a l'ambient de manera controlada, per augmentar la producció i/o produir fora de temporada. En les ciutats i en edificis com el nostre, es podria utilitzar el CO_2 que emeten les calderes dels habitatges per introduir-lo a l'hivernacle. Això evitaria abocar aquest CO_2 a l'aire exterior que respirem.

L'opció terrassa-hort també fixaria el CO_2 de l'aire (contaminació) a través del sòl, tot i que en menor quantitat. Quina opció et semblaria mes adequada?

Hivernacle industrialitzat Terrassa-hort

Comentari:

gaurdir d'un espai exclusiu com per

31- Series consumidor de les hortalisses produïdes als hivernacles, cultivades per professionals i amb plenes garanties sanitàries?
O be preferies hortalisses de l'hort tradicional, conreades per tu mateix?
Els hivernacles optimitzen l'absorció d'aigua i nutrients, l'hort tradicional te un valor més ecològic.

Hortalisses d'hivernacle Hortalisses ecològiques Comentari: *Hi crec en totes dues opcions*

32- La gestió d'aquests hivernacles requereix ma d'obra especialitzada i per tant correspondria a algú/ns extern als habitatges desenvolupar-la. Alhora podria ser una oportunitat per generar llocs de treball al mateix edifici amb la formació adequada.
Per contra, les terrasses-hort es gestionarien pels propis veïns o familiars, ja siguin joves, pares amb nens, avis, amics interessats, etc.
Quina seria la teva preferència, t'agradaria implicar-t'hi (tu o algú de la família/amics) o penses que seria millor que ho gestionés un expert?

Gestió per un expert Implicació personal Comentari: *M'agradaria la implicació personal però sense responsabilitats.*

33- Els hivernacles son construccions orientades a l'alta productivitat, la seva ubicació als terrats dels habitatges permetria reduir la necessitat d'explotar territoris naturals retornant a aquests el seu valor ambiental i paisatgístic inicial (per ex. El Maresme).
Per contra, les terrasses-horts podrien considerar-se quasi espais verds, potenciant l'augment de la biodiversitat a la ciutat i un increment de l'espai natural, tot i ser privat, davant la manca que Barcelona te d'aquest espais.
Quina opció consideraries mes adequada?

Retorn ambiental Espai verd i biodiversitat Comentari: *Crec que no son incompatibles*

34- Els hivernacles en terrats produirien un benefici energètic directe als habitatges en contacte amb aquests (els últims de l'edifici) evitant pèrdues tèrmiques a l'hivern i reduint l'excessiva radiació solar a l'estiu.
Per contra, les terrasses-hort generarien un microclima a la façana sud-est de l'edifici, esmorteint el fred a l'hivern i la calor a l'estiu, on tothom ho podria gaudir. Aquest fet suposaria però una alteració de les vistes tal i com les tenim ara.
Què et semblaria més adient?

Aïllament terrat Microclima general Comentari: *Crec que no son incompatibles*

Consideracions personals que vulgueu afegir:

Albert Carcereny.
Mail: cmac_arqtes@coac.net

Moltes gràcies pel vostre temps!

El meu agraïment a totes aquelles persones que han ajudat amb el seu temps i paciència a resoldre tots els dubtes que han sorgit en el transcurs d'aquesta tesina: Albert Cuchí, Jordi Garcia, Joan Rieradevall, Jordi Llorca, Juan Ignació Montero, Assumpció Antón, , Albert Alós, Albert Costa i Conchita Martínez.