

Erasmus+

SESAME

Encourage the deployment of agricultural projects in urban & peri-urban areas through the development of innovative training

MODULE 2* : USE OF RESOURCES
FROM A CHALLENGING PERSPECTIVE
(Ús dels recursos des de la perspectiva d'un repte -
*en llengua catalana)

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Erasmus+



INSTITUT REGIONAL
DE FORMATION A L'ENVIRONNEMENT
ET AU DEVELOPPEMENT DURABLE



ÍNDEX

1.	L'agricultura urbana en la biodiversitat i l'ecològica	4
1.1.	Urbanització i pèrdua de biodiversitat	4
1.2.	Agricultura urbana i corredors verds	5
1.3.	Gestió sostenible dels inputs agrícoles	5
1.4.	Serveis ecosistèmics amb genotips antics i nous	6
1.4.1.	Agricultura i selecció vegetal (<i>plant breeding</i>)	6
1.4.2.	El rol de l'agricultura urbana en la preservació de la biodiversitat	7
1.4.3.	Fundació Miquel Agustí	8
2.	L'agricultura urbana per reduir la petjada ecològica de la ciutat	9
2.1.	Mitigació del canvi climàtic: producció local i indústries alimentàries	9
2.2.	Impuls de la frescor: reducció de residus d'aliments i repercussions ambientals	9
2.3.	Justícia mediambiental: Minimitzar les desigualtats geogràfiques promovent el localisme	10
2.4.	Valoració de la sostenibilitat de l'agricultura urbana	10
3.	L'agricultura urbana per la utilització eficient dels recursos i la gestió de residus	11
3.1.	Hivernacles del terrat i parets verdes: aclimatació d'edificis de baix consum	11
3.1.1.	Sistemes de cultiu	11
3.1.2.	Principis de la transferència de temperatura	12
3.1.3.	Interès de les construccions verdes	13
3.1.4.	Efecte dels murs verds i del cultiu als terrats	15
3.1.5.	Hivernacles	17
3.2.	De residus a recursos: els usos potencials dels bio-residus	18
3.2.1.	Tipus de residus urbans	19
3.2.2.	Formes de reciclar els residus biològics	19
3.2.3.	Potencials usos dels residus biològics per a la producció vegetal	19
3.3.	Recollida d'aigua de pluja i recuperació d'aigües grises	20
3.3.1.	Hidrologia de l'aigua urbana	21
3.3.2.	Potencial dels sostres verds per al control de l'escorrentia d'aigua	21
3.3.3.	Aigües grises	21
3.3.4.	Emmagatzematge d'aigua procedent de carreteres	22
4.	L'agricultura Urbana per millorar el clima de la ciutat	23
4.1.	L'Agricultura urbana per millorar el clima de ciutat	23
4.2.	Infraestructures verdes per filtratge d'aire	24
4.3.	Minimitzar l'illa de calor urbana	24
4.4.	Finançament d'iniciatives d'agricultura urbana	25

1. L'agricultura urbana en la biodiversitat i l'ecologia

1.1. Urbanització i pèrdua de biodiversitat

Al segle passat, la gent es va traslladar gradualment des de les zones rurals a les ciutats. Pràcticament la meitat de la població mundial viu en entorns urbans. Les zones de producció d'aliments s'han de situar cada vegada més a prop dels principals centres de consum. En conseqüència, l'agricultura urbana guanya importància a tot el món i és necessari idear noves estratègies per assegurar el subministrament d'aliments i la seguretat alimentària de la població. La tendència és que al 2050 la població urbana constituirà el 70% del total.

Els punts calents es caracteritzen per nivells excepcionals d'endemisme vegetal (almenys 1.500 espècies de plantes vasculares) i per greus nivells de pèrdua d'hàbitat (perdut almenys el 70% del seu hàbitat original). A tot el món s'han identificat 34 punts d'interès de biodiversitat. S'estima que, col·lectivament, aquests llocs alberguen nivells elevats de biodiversitat, incloent almenys 150.000 espècies vegetals com a endèmiques i el 77% del total d'espècies vertebrades terrestres del món. Els 34 punts d'interès de la biodiversitat identificats a tot el món per Conservació Internacional contenen àrees urbanes. Les ciutats amb una rica biodiversitat són nombroses i es troben en multitud d'ubicacions geogràfiques, com ara Brussel·les, Ciutat del Cap, Chicago, Curitiba, Frankfurt, Ciutat de Mèxic, Nova York i Singapur, per citar-ne algunes. Brussel·les, per exemple, conté més del 50 per cent de les espècies florals que es troben a Bèlgica.

S'està donant una pèrdua global de biodiversitat. A escala mundial, els ecosistemes s'han continuat convertint per a usos agrícoles i d'altres a un ritme constant durant almenys el segle passat. L'extinció d'espècies és una part natural de la història de la Terra. No obstant això, durant els últims 100 anys els humans han augmentat la taxa d'extinció en almenys 100 vegades en comparació amb la taxa natural. La taxa d'extinció actual és molt superior a la taxa en que sorgeixen noves espècies i es tradueix en una pèrdua neta de biodiversitat.

El creixement de les ciutats provoca la reducció de terres agrícoles, la desforestació i la pèrdua d'hàbitats, la reducció d'espais oberts, la contaminació i el segellat del sòl, produint en general una menor resiliència climàtica, fragmentació dels ecosistemes i pèrdua de biodiversitat.

Els ecosistemes urbans són artificials i ofereixen condicions específiques d'hàbitat. La biodiversitat a l'entorn urbà és altament específica i varia en relació amb la pressió i les activitats humanes.

L'ecosistema és una manera de descriure el funcionament de la natura i consta de components (plantes, animals, microorganismes, aigua, aire, etc.), així d'interaccions entre aquests components.

Els beneficis que els humans obtenen de la natura es coneixen com a serveis ecosistèmics. Es poden dividir en quatre categories: serveis de subministrament, serveis de regulació, hàbitat o serveis de suport i serveis culturals.

1.2. Agricultura urbana i corredors verds

Les ciutats ben dissenyades poden acollir de forma sostenible un gran nombre de persones en un espai relativament reduït, oferint una qualitat de vida millorada i permetent una major

eficiència dels recursos. Les infraestructures verdes i els serveis ecològics corresponents són factors clau per a la viabilitat de les ciutats. L'agricultura urbana es pot convertir, a través de la construcció de corredors verds (ecològics) a les ciutats, en un factor determinant per millorar el benestar humà i la protecció ambiental.

La biodiversitat urbana és la varietat i la riquesa d'organismes vius i la diversitat d'hàbitats que es troben dins i a la vora dels assentaments humans. Missatges clau: 1) La urbanització és alhora un repte i una oportunitat per gestionar els serveis dels ecosistemes a tot el món. 2) A les ciutats hi pot existir una biodiversitat rica. 3) La biodiversitat i els serveis ecosistèmics són patrimonis naturals crítics. 4) El manteniment dels ecosistemes urbans en funcionament pot millorar significativament la salut i el benestar de les persones. 5) Els serveis dels ecosistemes urbans i la biodiversitat poden contribuir a la reducció i adaptació del canvi climàtic. 6) L'augment de la biodiversitat del sistema alimentari urbà pot millorar la seguretat alimentària i nutricional. 7) Els serveis ecosistèmics han d'estar integrats en la política i la planificació urbana. 8) La gestió exitosa dels serveis i la biodiversitat dels ecosistemes s'ha de basar en la implicació a diverses escales. 9) Les ciutats ofereixen oportunitats úniques d'aprenentatge i educació sobre un futur resiliència i sostenible. 10) Les ciutats tenen un gran potencial per generar innovacions i eines de govern i han de prendre el lideratge en el desenvolupament sostenible.

A les ciutats, hi ha diferents tipus d'infraestructures verdes: sostre verd intensiu, sostre verd extens, jardins urbans i flors silvestres als jardins.

Els corredors ecològics ajuden a mantenir la cohesió en ecosistemes altament fragmentats. Amb la connexió d'hàbitats fragmentats, es millora la viabilitat d'espècies animals i vegetals a través de l'ampliació d'hàbitats, la dispersió d'animals joves i la reutilització d'hàbitats buits. Les xarxes ecològiques consten d'àrees centrals, passadissos i zones d'amortització. Els corredors creen una connexió permanent entre les àrees centrals. Les zones centrals i els passadissos de connexió estan envoltats de zones tampó, que serveixen de protecció contra possibles influències externes que les puguin interrompre. Més enllà de les àrees central i els corredors de connexió, hi ha una altra zona amb terrenys seleccionats per a un ús sostenible amb la preservació de diverses funcions ecosistèmiques.

1.3. Gestió sostenible dels inputs agrícoles

L'agricultura urbana és una activitat atractiva perquè es considera una activitat sostenible que produeix aliments de proximitat, crea comunitats i sensació de pertinença, permet l'activitat física i millora el benestar a les ciutats. De fet, quan es cultiven plantes a l'entorn urbà, es plantegen diverses qüestions agronòmiques. És realment més sostenible conrear plantes en parcel·les individuals que en explotacions més grans? El producte és saludable? Com pot un agricultor urbà no format cultivar plantes agrícoles de forma sostenible? Com es poden gestionar amb prudència els recursos (per exemple, aigua, nutrients vegetals)? Com es poden controlar les plagues i les malalties sense danyar al medi ambient i als usuaris?

Aquestes preguntes es van abordar en el marc del projecte de la UE HORTIS (Horticultura a les ciutats per a la inclusió i la socialització). El projecte tenia com a objectiu la difusió de bones

pràctiques agrícoles urbanes, amb l'objectiu final de desenvolupar una agricultura urbana sostenible a les ciutats europees. Entre els resultats del projecte, es va produir una sèrie de llibres electrònics que es poden descarregar gratuïtament a la web del projecte (www.hortis-europe.net). Aquests llibres tractaven sobre jardineria comunitària sostenible a les ciutats, la gestió sostenible dels horts urbans, els sistemes de cultiu dels horts urbans, els sistemes de cultiu sense sòl per a la producció vegetal urbana i menjar més a prop de casa (manual de consum urbà).

1.4. Serveis ecosistèmics amb genotips antics i nous

1.4.1. Agricultura i selecció vegetal (*plant breeding*)

En els darrers anys, ha sorgit una preocupació creixent per l'adopció d'híbrids comercials en l'agricultura. La selecció de genètica s'ha associat a la pèrdua de genotips tradicionals, la insurgència d'al·lèrgies i patologies i una disminució de la resistència als canvis ambientals i climàtics. Malgrat això, la selecció de plantes pot no ser considerada una tendència recent en l'agricultura i, en realitat, es calcula que es remuntava entre els 9 i els 11.000 anys. Inicialment, els agricultors van seleccionar plantes amb característiques interessants des del seu punt de vista (les que produïen més) i les van utilitzar com a llavor per a les generacions posteriors, aconseguint una acumulació de característiques desitjades amb el pas del temps. A partir dels experiments de Mendel, es va introduir la hibridació, la qual va provocar el desenvolupament de plantes modernes, que abasta una sèrie de disciplines, com la biologia molecular, la citologia, la sistemàtica, la fisiologia, la patologia, l'entomologia, la química i l'estadística.

Les principals interaccions entre l'agricultura i la biodiversitat global van aparèixer entre finals del segle XIX i principis del segle XX, quan es va produir una marcada disminució de les pastures i terres pastorals d'ús extensiu, ja que es va establir la innovació en les tecnologies agrícoles. Aquesta intensificació es va accelerar a la segona meitat del segle XX mitjançant l'adopció de polítiques agrícoles comunes (PAC) i la globalització dels mercats agrícoles. Això va provocar un augment de la degradació de l'hàbitat, la sobreproducció de productes alimentaris, la intensificació de les pràctiques agrícoles i la concentració de la producció en explotacions agrícoles més grans i especialitzades. Només a partir de la dècada de 1990, les reformes de la PAC van començar a reconèixer el paper ambiental de l'agricultura, integrant polítiques que valoritzessin la promoció i la preservació de la biodiversitat. Els resultats d'aquests esquemes agroambientals en l'assoliment d'objectius de conservació de la biodiversitat varien notablement a Europa.

El paisatge agrícola cobreix el 45% (180 milions de ha) del territori de la Unió Europea. Però les terres agrícoles, canvien considerablement pel que fa a la biodiversitat, segons l'estat del sòl, la disponibilitat d'aigua, el clima, la inclinació del terreny i els factors de gestió. Per això l'Agència Europea del Medi Ambient (EEE) va identificar tres tipus de terres de cultiu d'Alt Valor Natural (VNH):

- Tipus 1: terres de conreu amb una elevada proporció de vegetació seminatural;
- Tipus 2: terres de conreu dominades per l'agricultura de baixa intensitat o un mosaic de terres seminaturals conreades a petita escala;
- Tipus 3: terres de conreu que suporten espècies rares o una proporció elevada de poblacions europees o mundials.

A partir d'aquesta classificació, el manteniment de la biodiversitat depèn directament dels tipus tradicionals d'ús de terres agrícoles, que generalment disminueixen tant per

l'abandonament de les terres de conreu com per la intensificació de l'ús del sòl. A mesura que les terres agrícoles del VNH disminueixen, la supervivència de totes aquelles espècies adaptades a la seva diversitat d'estructures i recursos es veu amenaçada.

S'han adoptat esquemes legals i administratius europeus i nacionals per donar suport a la biodiversitat en paisatges agrícoles i urbans. Aquests inclouen, entre d'altres, els següents:

- La creació de reserves naturals (xarxa Natura 2000, que inclou més de 25.000 zones amb una superfície d'1 milió de km² (UE, 2007)).
- Comprar terreny i gestionar-lo amb finalitats de biodiversitat, tal com es fa als Països Baixos i Regne Unit.
- Recolzar el manteniment o la restauració d'hàbitats naturals mitjançant oportunitats de finançament dedicades (per exemple, programa EU-LIFE +).
- Programes de conservació de la biodiversitat destinats a la compra de terres agrícoles, p. www.euronatur.org.
- Mesures de suport impulsades per empreses privades (per exemple, projecte de la UICN sobre Agricultura Sostenible i Biodiversitat de l'Estepa a Rússia i Ucraïna).
- Mesures de suport promogudes per administracions regionals / nacionals per a la promoció del mercat local o regional o del turisme.

A més, l'etiquetatge ecològic (per exemple, la producció ecològica) i l'agricultura amb suport comunitari (per a la cadena d'aliments curts) milloren la sostenibilitat ambiental de l'agricultura i promouen la biodiversitat.

1.4.2. El rol de l'agricultura urbana en la preservació de la biodiversitat

L'agricultura urbana pot tenir un paper clau en la preservació de la biodiversitat per les següents raons:

- Es troba a prop dels centres urbans, on la biodiversitat té una rellevància crucial però també està en perill.
- Pot representar tant un risc com un impuls per a la biodiversitat urbana, segons la seva forma de gestió.
- Pot sensibilitzar als ciutadans sobre la rellevància d'una forma de vida respectuosa amb el medi ambient.
- Pot constituir un dipòsit de biodiversitat quan es conreen cultius i espècies tradicionals/locals.

1.4.3. Fundació Miquel Agustí

A l'àrea metropolitana de Barcelona podem trobar la fundació Miquel Agustí. Aquesta fundació està constituïda per un grup multidisciplinar d'especialistes en millora genètica, agronomia, anàlisi sensorial, anàlisi química, tecnologia dels aliments i bioestadística. La fundació impulsa la investigació de les varietats agrícoles tradicionals catalanes i promou els productes autòctons de la nostra terra. Treballa colze a colze amb el sector agroalimentari per millorar l'eficiència dels processos i la qualitat organolèptica i nutritiva dels productes.

Contribueix a la conservació de l'agrobiodiversitat catalana, mitjançant diferents programes de col·lecta de germoplasma al voltant del territori català i estratègies de conservació *ex situ* de la variabilitat genètica de les varietats tradicionals catalanes.

El Banc de Germoplasma de la Fundació Miquel Agustí és una estructura en la qual es conserven les llavors de les varietats tradicionals, cedides pels pagesos catalans. És una col·lecció viva, que serveix de base per als diferents programes de recuperació i millora de les varietats tradicionals catalanes.

Els convenis de col·laboració amb diferents Bancs de Germoplasma oficials que es dediquen a la conservació *ex situ* a llarg termini, garanteixen que la llavor estigui disponible, en un futur, per al conjunt de la societat catalana. S'impulsen estratègies innovadores per a posar a disposició de la societat els recursos fitogenètics, com ara el servei de préstec de llavors creat a la biblioteca de la Universitat Politècnica de Catalunya.

També desenvolupen estudis científics que donen contingut al plec de condicions dels segells de qualitat de les varietats tradicionals catalanes. En col·laboració amb el sector productiu i l'administració, impulsant segells de qualitat europeus per distingir les varietats tradicionals catalanes i promoure el seu cultiu en l'àrea d'origen. Aquest equip científic assessora:

- La Indicació Geogràfica Protegida (IGP) Calçot de Valls
- La Denominació d'Origen Protegida (DOP) Mongeta del Ganxet
- La Denominació d'Origen Protegida (DOP) Fesols de Santa Pau

2. L'agricultura urbana per reduir la petjada ecològica de la ciutat

L'empremta ecològica (impacte de les activitats humanes mesurades en termes de l'àrea de terra biològicament productiva i aigua, necessàries per produir els béns consumits i assimilar els residus generats) fa referència a la dimensió de la sostenibilitat que busca assegurar un futur habitable. Per tant, la petjada ecològica compta amb els recursos necessaris per mantenir una determinada activitat. En el cas de les ciutats, tot i que representen menys del 3% de la superfície terrestre, contribueixen en gran mesura als impactes ambientals globals. El metabolisme urbà actual implica el consum de diversos recursos (aliments, aigua, energia o terra) que es converteixen en residus i emissions per les múltiples activitats urbanes. Els dissenyadors i gestors urbans busquen implementar estratègies sostenibles en l'entorn urbà per tal de reduir la problemàtica actual. Aquestes iniciatives se centren en reduir el consum de recursos i minimitzar les emissions i els residus, alhora que promouen l'autosuficiència, la producció local i el metabolisme circular (reutilització, reciclatge, economia circular).

2.1. Mitigació del canvi climàtic: producció local i indústries alimentàries

El sector que produeix la major quantitat d'emissions de gasos d'efecte hivernacle a Europa és l'alimentari. Mentre la producció agrícola contribueix al canvi climàtic (els canvis d'ús de la terra, el consum de recursos, l'aplicació de fertilitzants, el consum de combustible, la pèrdua d'aliments i els residus), els efectes del canvi climàtic afecten greument a l'agricultura i la producció d'aliments (desertificació o erosió del sòl). Tota la cadena de subministrament d'aliments contribueix al canvi climàtic, particularment en etapes que impliquen necessitats de transport. En el context del disseny d'un futur sostenible, s'han creat xarxes de moviment d'aliments locals per reduir les llargues distàncies i alhora minvar la contribució al canvi climàtic. S'ha començat a utilitzar el concepte "avoided food miles" per avaluar els diferents impactes ambientals de les cadenes de subministrament d'aliments importats i locals, principalment en termes de consum d'energia i canvi climàtic. Així, els sistemes alimentaris locals també es coneixen amb el nom de "km 0". L'ús d'espais urbans per impulsar la producció d'aliments locals mitjançant iniciatives d'agricultura urbana pot contribuir positivament a reduir els impactes ambientals relacionats amb el consum d'aliments.

2.2. Impuls de la frescor: reducció de residus d'aliments i repercussions ambientals

Segons l'Organització de les Nacions Unides per l'Alimentació i Agricultura (FAO), al voltant del 30% dels aliments que es produeixen es malgasta, representant 1.300 milions de tones de residus d'aliments a l'any. Segons dades de la Comissió Europea, només a Europa es generen 100 milions de tones de residus d'aliments i aquest valor pot augmentar fins a 120 milions de tones el 2020 si no s'implementen accions de mitigació. Així, el malbaratament d'aliments s'ha de posar en el punt de mira de la seguretat alimentària global. S'estan dissenyant i implementant plans i programes per promoure la reducció de la generació de residus d'aliments a les etapes de producció i consum. La producció local d'aliments pot contribuir positivament a aquest propòsit minimitzant la cadena de subministrament de productes alimentaris.

2.3. Justícia mediambiental: Minimitzar les desigualtats geogràfiques promovent el localisme

La indústria alimentària globalitzada genera diverses injustícies ambientals, com ara l'erosió del sòl, la desforestació, la pèrdua de biodiversitat, l'esgotament d'aigua o la contaminació. A més, el desenvolupament urbà ha creat progressivament una injustícia ambiental local, ja que els barris pobres presenten entorns deteriorats i una qualitat de vida inferior. Els moviments alimentaris locals busquen minimitzar les desigualtats geogràfiques de la indústria alimentària mundial mitjançant el desenvolupament de sistemes alimentaris alternatius. A més, els projectes d'agricultura urbana milloren la justícia social de les ciutats.

2.4. Valoració de la sostenibilitat de l'agricultura urbana

Els sistemes d'agricultura urbana pretenen minimitzar els impactes de la producció d'aliments locals. Actualment, els acadèmics estan treballant en el desenvolupament d'eines que avaluen la sostenibilitat des d'una perspectiva global. Per exemple, s'han desenvolupat eines per avaluar el cicle de vida per al medi ambient (avaluació del cicle de vida), l'economia (cost del cicle de vida) i la societat (LCA social). En aquesta unitat, tractarem sobre la manera d'avaluar la sostenibilitat des d'una perspectiva quantitativa.

3. L'agricultura urbana per facilitar un us més eficient dels recursos i una millor gestió dels residus

3.1. Hivernacles del terrat i parets verdes: aclimatació d'edificis de baix consum

Per què cultivar als sostres i els murs?

Els motius per incloure hivernacles al terrat o als laterals d'un edifici són múltiples:

- Millora de la qualitat de vida
 - Millorar l'aspecte visual (només es tracta dels murs o de plantacions al terrat sense hivernacle).
 - Reduir el nivell de soroll.
 - Respondre a la necessitat social i ambiental de retornar a la natura dins de les ciutats, ja que proporciona a espècies d'animals i plantes un entorn de vida.
- Millora de la gestió de l'aigua de tempesta, ja que els cultius als terrats poden emmagatzemar temporalment una mica d'aigua, permetent reduir l'escorrentia de l'aigua de tempesta.
- És una font de producció alimentària local, principalment als terrats perquè és més fàcil implantar-hi un cultiu.
- Reduir la demanda d'energia:
 - Mural de la pantalla,
 - Hivernacle al terrat,
 - Façana de doble pell vista.

3.1.1. Sistemes de cultiu

Sistemes de cultiu al terrat

Hi ha un ampli ventall de sistemes de cultiu als terrats, des de plantes ornamentals fins a hivernacles de producció d'aliments. Aquesta diversitat comporta grans variacions en la complexitat i el cost de les instal·lacions. Des d'un punt de vista tècnic, els diferents sistemes de cultiu es distingeixen pel seu gruix, principalment pel substrat. Els substrats més fins són més senzills però no poden permetre el cultiu de plantes grans, mentre que amb un gruix suficient de substrat podem arribar a plantar arbres alts (per sobre dels 30 cm).

Aquestes diferències afectaran a les transferències d'energia entre l'interior i l'exterior de les cobertes, ja que un substrat més gruixut proporciona un millor aïllament tèrmic.

A Barcelona ha sorgit el moviment anomenat Huertos in the Sky, una iniciativa que busca incentivar els espais verds a la ciutat a través de la creació d'horts als terrats de Barcelona. El projecte té tres propòsits: connectar amb la natura produint aliments km0, revitalitzar comunitats i generar feina. Afirmen que Barcelona és ideal per a desenvolupar agricultura als terrats, perquè el 67% dels terrats de la ciutat són plans. S'estima que unes 100 hectàrees poden ser cultivables, que és l'equivalent a 150 camps de futbol, per tant, hi ha molt potencial a nivell d'espai. El creixent interès per l'alimentació saludable, els aliments ecològics i de quilòmetre zero és una altra de les raons per impulsar Huertos in the Sky.

El següent vídeo parla sobre aquest projecte:

https://www.youtube.com/watch?v=fCWsr8baGjY&feature=emb_logo



Sistemes de cultiu en murs verds

En els murs verds, existeixen varies limitacions, com la seva geometria vertical i la presència o no d'un mitjà de cultiu a través de tota l'alçada del mur.

Les plantes, i particularment les fulles, permeten reduir la insolació i la temperatura superficial, per això minven les necessitats de refrigeració de l'edifici a l'estiu. A més, la presència de substrat o mitjà de creixement augmentaria l'aïllament de l'edifici.

Hivernacles a sobre dels edificis

L'hivernacle instal·lat al terrat és més o menys igual a un hivernacle normal.

La diferència amb els hivernacles comuns, i l'avantatge per al consum d'energia, és l'acoblament amb l'edifici subjacent. La reutilització de l'energia d'una part de l'edifici permet estalviar. L'hivernacle podria servir d'ajuda per a la climatització de l'edifici subjacent a l'estiu. El sistema de calefacció s'utilitzaria per escalfar l'hivernacle a l'hivern.

Alguns edificis es construeixen amb l'anomenada façana de "doble pell" on les parets de les estructures es doblen, per una carcassa de vidre a la part exterior. L'objectiu és utilitzar l'efecte hivernacle per escalfar l'espai intermedi a l'hivern, i després utilitzar-lo per temperar l'aire interior. A l'estiu, l'espai de la façana de doble pell s'utilitza per recollir o evacuar la radiació solar absorbida per les façanes.

Tanmateix, durant un estiu calorós, les necessitats de refrigeració poden augmentar. En aquest context, l'ús de plantes pot ser una manera barata i eficaç de limitar la càrrega d'aquest sistema de refrigeració. El sistema resultant és molt similar a un hivernacle vertical.

Els efectes de refredament es deuen principalment a la reducció de la llum solar que arriba a la paret interior gràcies a l'ombra que generen les fulles. A més, la transpiració de les plantes té un paper important en la disminució de la temperatura de l'aire.

3.1.2. Principis de la transferència de temperatura

Hi ha tres tipus de transferència de calor:

- **Conducció:** És el principal forma de transferència de calor dels sòlids. Es produeix quan una part d'un cos està calent, les seves molècules vibren més ràpidament que les de la part més freda del cos. La seva energia cinètica es condueix a la part contigua del cos molècula per molècula fins que l'energia cinètica (i per tant, la temperatura) sigui homogènia.
- **Convecció:** El transport de calor des de molècules a molècules adjacents s'acompanya a un transport de la molècula mitjançant moviments de fluids. En general, el transport de calor és més ràpid, donat que la velocitat de la molècula pot ser alta. Es tracta principalment de fluids (líquids i gasosos). Si el transport de calor és l'origen (la força motriu) del moviment de fluids, es parla de convecció natural. El moviment de fluids també pot existir sense la transferència de calor, llavors es parla de convecció forçada.
- **Radiació:** Aquest modalitat de transferència de calor consisteix en l'intercanvi de calor entre superfícies a diferents temperatures. Està causada pel fet que cada cos emet energia electromagnètica. L'energia es radia des de superfícies càlides a fredes, però a diferència de la conducció i la convecció, també pot anar de superfícies fredes a càlides.

Generalment, en un edifici es donen els tres modes de transferència tèrmica. La modernització dels edificis perquè siguin més sostenibles comporta grans modificacions en les transferència de calor per radiació i conducció entre l'edifici i l'entorn exterior, mentre que les transferències convectives és modifiquen menys.

3.1.3. Interès de les construccions verdes

A causa de l'activitat humana, el clima de les zones urbanes és significativament més càlid que a les zones rurals. Això comporta molèsties per als habitants, sobretot en època estival, ja que s'espera que amb el canvi climàtic global augmenti la temperatura a l'estiu i empitjori la situació.

Als països desenvolupats (i en desenvolupament), hi ha un ús creixent de l'aclimatació per tal que els edificis siguin còmodes per als seus ocupants, encara que l'ús d'aires condicionats implica escalfar l'aire exterior, empitjorant així la situació. A més, l'ús generalitzat de combustibles fòssils per produir electricitat suposa la generació de gran quantitat de gasos d'efecte hivernacle.

En aquest context, construir edificis més sostenibles és un mitjà per reduir el consum d'energia de l'edifici limitant les necessitats d'aire condicionat. D'altra banda, algunes de les solucions que es descriuen a continuació poden ser interessants per limitar la pèrdua de calor en condicions de fred, de manera que es redueixi el consum d'energia durant l'hivern.

A les ciutat o les rodalies, els estudis demostren que la vegetació (ja siguin arbres o pastures) és molt positiva per al clima d'estiu. Per exemple, Armson (2012) atribueix a la presència d'herba una disminució de la temperatura de les superfícies en 24° C.

Per tal de reduir la necessitat de refrigeració a l'estiu (l'energia que passa pel sostre i les parets (G a l'esquema anterior)), cal reduir l'entrada o bé augmentar la sortida.

La presència de vegetació és un mitjà eficient per actuar sobre tots els fluxos de calor afectats.

Intercanvis radiatius

El primer pas per limitar l'aportació de calor d'un edifici és reduir la il·luminació solar directa que arriba a la teulada i a les parets mitjançant l'ombra, o augmentant l'albedo d'aquestes superfícies, és a dir, la quantitat de llum solar reflectida. La transmissió (la part de la radiació que passa per la fulla) és limitada i reflecteix bona part de la radiació entrant.

A la figura anterior es mostra el balanç radiatiu d'una fulla. Es transmeten menys d'un terç de les radiacions entrants, cosa que explica l'ús ampli dels arbres per proporcionar ombra.

Ombreig (evitar que la radiació arribi a l'edifici)

El primer mitjà per reduir l'entrada d'energia en un edifici és evitar l'entrada d'energia per radiació solar. Per aconseguir-ho, és habitual utilitzar arbres per fer ombra a l'edificació.

S'han realitzat nombrosos estudis per confirmar que l'ombra redueix la temperatura de la paret exterior.

Els beneficis de la refrigeració varien en funció del clima i de la latitud, la majoria dels estudis es troben en ciutats de baixa latitud on el guany esperat és més gran. La literatura presenta alguns exemples d'estalvi d'energia per a la càrrega de refrigeració: 3,23 i 6,46 kWh m⁻² a Califòrnia (Akbari i Konopacki, 2005).

Els mateixos principis són aplicables tant per a murs verds com per a terrats verds (Pulselli *et al.*, 2014). L'efecte d'ombregat està molt lligat al LAI (Índex d'Àrea Foliar, que és la superfície de la fulla per m² de terra (paret o sostre)).

Hi ha una relació lineal entre la LAI i l'efecte de l'ombra (Wong *et al.*, 2009) i per a un factor de transmissió de llum molt baix (assolible amb un cultiu dens), les pèrdues d'energia es poden reduir en un 40% (Wong *et al.*, 2009). Això és interessant des del punt de vista energètic dels edificis, ja que les fulles aïllen els edificis del sol a l'estiu, quan es necessita refrigeració, mentre que les plantes caducifòlies perden les fulles a la tardor i a l'hivern quan el sol ajuda a escalfar els edificis.

Albedo

A banda de l'aïllament solar, la temperatura exterior superficial de les superfícies depèn de l'albedo, la part de la radiació del sol que es reflecteix per una superfície. A les ciutats, històricament s'han utilitzat materials que no es veuen molt influenciats per aquest fenomen, esdevenint una de les principals causes de l'efecte illa de calor urbana.

Per aquest motiu, les noves construccions utilitzen materials que reflecteixen més la radiació, reduint la seva temperatura superficial. Es tracta d'una reducció de la transferència de calor conductiva a través de les parets i del sostre.

Les mesures de l'albedo, la temperatura de l'aire i la superfície mostren que com més gran és l'albedo, menor serà la temperatura (Chatzidimitriou i Yannas, 2015). Si la temperatura superficial està influïda per l'albedo superficial, la temperatura de l'aire difícilment es modificarà. La reducció mitjana de la temperatura és d'aproximadament 0,3 K per a un augment de 0,1 punts d'albedo (Santamouris, 2014).

Els beneficis de refredament de superfícies amb molt albedo són de 10/40% a l'estiu, amb una reducció d'entre el 5 i el 10% en la calefacció (Santamouris, 2014). Al sud de Califòrnia, l'estalvi del consum d'aire condicionat se situa entre 40 i 70 Wh m⁻² day⁻¹ depenent del tipus d'edifici (Akbari *et al.*, 2005).

Per a una temperatura de 33° C, Simmons *et al.* (2008) informa d'una temperatura superficial del sostre de:

- 68° C per a sostre negre
- 42° C per al sostre blanc
- entre 31 i 38° C per a sostre verd

No obstant, el guany en superfícies verdes no es deu totalment a les propietats radioactives, sinó en gran part al refredament a causa de l'evaporació (Santamouris, 2014).

Evapotranspiració

Les plantes absorbeixen gran quantitat d'energia a través de les fulles, però mantenen la seva temperatura per transpiració, convertint l'aigua líquida en vapor. L'energia necessària es pren de les fulles i de l'aire que l'envolta, permetent que la seva temperatura baixi.

Com a conseqüència, les superfícies amb vegetació són més fredes que les zones circumdants. Normalment, al voltant del 30% de la radiació solar es dissipa per la transpiració (Tilley *et al.*, 2012). Les plantes causen un ombrejat similar als sistemes artificials (Pérez *et al.*, 2011), la temperatura de les parets i sostres pot estar molt per sota de la de la superfície no coberta. La temperatura superficial d'un sostre verd pot ser de fins a 8° C per sota de la d'un sostre fresc.

En canvi, aquest efecte només existeix mentre les plantes transpiren. Si se sotmeten les plantes a un estrès hídric, la regulació biològica impedeix que perdin aigua i es redueix la seva transpiració. Per aquests motius, l'efecte de refredament del mur/sostre verd depèn molt de la disponibilitat d'aigua al substrat.

Segons les plantes i el seu desenvolupament, es pot reflectir i absorbir entre el 40 i el 80% de la radiació solar (Wong *et al.*, 2010). Una prova realitzada al sud dels Estats Units per Pérez *et al.* (2011) afirma que només el 15% de la radiació solar entrant passa a través d'una parra verge (*Parthenocissus quinquefolia*), un 18% pel lligabosc, el 41% per *Clematis* i un 20% per la heura. Més que l'espècie, la LAI i el gruix de coberta tenen un paper fonamental en l'entrada de calor final (Kumar i Kaushik, 2005).

A més, la transpiració comporta una modificació del contingut d'aigua i de la humitat relativa de l'aire (Pérez *et al.*, 2011). El microclima resultant resulta beneficiós, ja que resulta més confortable des del punt de vista humà. No obstant això, la influència d'aquest tipus d'edificis sobre l'efecte illa de calor urbana es limita a un refredament d'aproximadament 1° C a 60 cm de la paret (Wong *et al.*, 2010) a causa de l'efecte del vent.

Per últim, no només la vegetació dels edificis permet reduir la calor que entra a un edifici, sinó que la creació d'un clima més fred i humit és beneficiós per al funcionament dels aires condicionats. De fet, permet que el cicle de refrigeració termodinàmica funcioni amb una eficiència més elevada (Getter i Rowe, 2006).

3.1.4. Efecte dels murs verds i del cultiu als terrats

El primer efecte del cultiu de murs/terrats verds és reduir la temperatura superficial, tal com s'ha descrit anteriorment. Això implicarà una reducció del flux de calor conductor dins dels edificis. A part dels paràmetres dependents de la planta (gruix de sòl, LAI, etc.), l'efecte de la vegetació també depèn dels paràmetres de construcció:

- Posició geogràfica, a latituds més baixes hi ha un major efecte de l'ombra;
- Localització, si un edifici ja té algun element que li fa ombra, aquest efecte serà molt reduït;
- Exposició, millor si estan orientades al sud;
- El clima, havent un major potencial evaporatiu en ambients calents i secs.

En conseqüència, es pot trobar una àmplia gamma d'efectes de refredament en diferents articles publicats i per tant està pendent una correcta implementació murs/terrats verds.

Com s'ha dit anteriorment, l'efecte de refrigeració sobre la temperatura superficial depèn de la latitud. Es pot esperar un efecte de 5 a 10° C al llarg de l'estiu en 40° de latitud, amb un refredament màxim al voltant dels 15° C (Tilley *et al.*, 2012, Pérez *et al.*, 2011).

L'efecte de refrigeració és major quan la latitud disminueix o el clima és més sec. De fet, en una mateixa latitud, aproximadament, l'efecte mitjà de refredament pot arribar a 20° C al nord de Grècia (Kontoleon i Eumorfopoulou, 2010), i fins a 38 ° C a Texas (Simmons *et al.*, 2008). Tot i això, a Singapur (1,3º grau de latitud) el guany és de "només" 30° C a causa d'una humitat relativa de l'aire més elevada.

Si les variacions de superfícies exteriors poden ser importants gràcies a l'aïllament i la inèrcia de l'estructura de l'edifici, la variació de l'aire interior és limitada. A més, les condicions interiors són generalment controlades per sistemes de climatització.

En aquestes condicions, la reducció mitjana de la temperatura interior de les parets o del terrat verd es limita a més o menys a 4° C (Getter i Rowe, 2006; Tilley *et al.* 2012). En canvi, les petites variacions de temperatura poden reflectir grans variacions en el sistema de climatització, i una disminució de temperatura de 0,5° C pot correspondre a un estalvi del 8% del consum elèctric de refrigeració (Getter i Rowe, 2006).

Influència del reg i de la demanda hídrica

L'efecte de la vegetació depèn en gran mesura del nivell de reg. De fet, si l'aigua disponible per a les plantes disminueix, les plantes redueixen la seva transpiració. Això anul·la l'efecte refredant de la transpiració.

Per aquest motiu, les superfícies vegetades són més fredes just després del reg. Per exemple, l'herba està 3,5º C més freda just després del reg (Chatzidimitriou i Yannas, 2015). A més, el sòl humit produeix un aïllament suplementari (Wong *et al.*, 2003).

A l'estiu, l'aigua de reg pot ser difícil de justificar a causa de les limitacions d'aigua. Si no es rega adequadament, l'eficiència de la plantació del mur/terrat verd disminueix (Virk *et al.*, 2015).

Per a una LAI d'entre 3 i 4, el consum d'aigua és d'entre 0,5 i 2,6 mm/dia en funció de les condicions climàtiques a Toronto (Tilley *et al.*, 2012). La calor latent de vaporització d'aquesta aigua representa un terç de la radiació solar. Per a un clima més càlid i sec, l'evaporació pot representar una major quantitat d'aigua. Marasco *et al.* (2014) van mesurar fins a 15,4 mm/dia a Nova York, i Takebayashi i Moriyama (2009) fins a 18 mm/dia al Japó.

Sistema de cultiu com a capa aïllant

Les aportacions d'energia a través de l'estructura de l'edifici estan limitades pel cultiu dels murs/terrats verds, no només per la temperatura de la superfície, sinó també per l'efecte aïllant del sistema de cultiu.

De fet, els sistemes de cultiu formen capes afegides a la paret o al sostre que augmenten la resistència tèrmica de l'estructura. El gruix d'aquesta capa depèn del sistema de vegetació, des d'alguns mil·límetres per a parets vives formades de capes de feltre, fins a un metre de substrat per a plantacions d'arrels profundes.

Com que els substrats comuns tenen una conductivitat tèrmica baixa, representen bones capes d'aïllament. Els beneficis en el consum elèctric depenen de l'estructura inicial de l'edifici i del seu aïllament preexistent.

Minke and Witter (1982) (via Bass and Baskaran (2003)) calculen que un sistema de cultiu de terrats format per 20 cm de substrat i 20-40 cm de gespa densa ofereixen una resistència tèrmica equivalent a 15 cm de llana de roca. I una capa de substrat d'aproximadament 50 cm pot reduir el consum màxim de refrigeració en un 25% (Bass i Baskaran, 2003).

Les mesures mostren que 40 cm de substrat permet augmentar el valor R del sostre d'1,72 a 2,20 (Wong *et al.*, 2003), que representen una disminució de gairebé el 30% del flux de calor. Castleton *et al.* (2010) va citar un augment del valor R d'1,7 a 2,4, i va induir un estalvi anual del 6% en refrigeració i del 0,5% en calefacció. En tots dos casos, l'aïllament clàssic continua sent necessari.

Les modificacions del valor R comporten una reducció de les transferències de calor entre exterior i interior, reduint així la càrrega de refrigeració a l'estiu i la càrrega de calefacció a l'hivern.

3.1.5. Hivernacles

Hivernacles al sostre

Per al clima mediterrani, Cerón-Palma *et al.* (2012) afirmen que un hivernacle tancat o semitancat seria eficaç per dissenyar uns sistemes de producció amb baixes emissions. L'objectiu és reduir el consum d'energia per escalfar durant la temporada de fred i reciclar l'aigua de drenatge dels conreus de regadiu (Montero *et al.*, 2009). El "Rooftop Eco.Greenhouses" (RTEG) proposat consisteix en un hivernacle connectat a un edifici en termes d'energia, aigua i fluxos de CO₂.

L'estudi realitzat a Barcelona per Cerón-Palma *et al.* (2012) sobre un hivernacle integrat conclou que l'hivernacle estudiat, té un impacte ambiental més elevat (entre un 17 i un 75%) que un hivernacle multi-túnel, a més d'un cost econòmic 2,8 vegades més elevat. Ara bé, quan es considera tota la cadena de subministrament fins al punt de consum, l'hivernacle del terrat presenta un estalvi del 42% en costos ecològics i un estalvi del 21% en costos econòmics.

Una comparació entre la cadena de subministrament convencional i la cadena de subministrament local RTG va demostrar que els tomàquets RTG cultivats a Barcelona podrien substituir la ubicació tradicional de producció de tomàquet, evitant així 441 g de CO₂ eq i 12 MJ d'energia consumida per kg de tomàquet. En el sistema d'hivernacle d'edificis, Cerón-Palma *et al.* (2011) va realitzar un model preliminar i va demostrar que la introducció del calor residual de l'hivernacle a l'edifici en un dia d'hivern ideal podria substituir 87 kWh de la demanda de calefacció.

Caplow i Nelkin (2007) van utilitzar un hivernacle clàssic en un edifici de Nova York. L'hivernacle estava proveït de pastilles de refrigeració per evaporació, de manera que es podia utilitzar l'aire fred per refredar l'edifici. A més, l'hivernacle també proporciona aïllament a l'estiu. A l'estiu, quan es combinen les estructures, l'eliminació de l'augment de la radiació solar mitjançant el sostre de l'edifici s'estima que eliminarà 37 kWh al dia de la demanda de refrigeració, amb un consum aproximat de 3,9 tones mètriques d'aigua.

A l'hivern, les pèrdues tèrmiques a través del sostre de l'edifici es redueixen gràcies als hivernacles perquè aquesta superfície és també el sòl de l'hivernacle, amb una temperatura intermèdia entre la temperatura interior de l'edifici i l'exterior.

Des de la perspectiva de la conservació tradicional de l'energia, els possibles estalvis anuals són aproximadament iguals a la càrrega total de refrigeració de l'edifici, de 44 MWh, perquè aquesta càrrega serà assumida pels sistemes de ventilació forçada i evaporació de baix consum de l'hivernacle si les estructures estan integrades.

Façana vegetal de doble pell

L'ús de plantes en façana de doble pell és un mitjà eficient per reduir l'aportació d'energia solar en un edifici. Fang *et al.* (2011) va citar que el 60% de les radiacions solars entrants són absorbides per plantes (*Tillandsia usneoides* per a un edifici de Xangai). Això és coherent amb les troballes de Stec *et al.* (2005) que dona una disminució entre el 50 i el 70%. La seva eficiència pot ser superior a la persiana clàssica.

Això comporta una reducció important de la variació de la temperatura de la paret interior durant un dia calorós. Stec *et al.* (2005) va mesurar una amplitud tèrmica de 5-30° C amb plantes i una de 10-60° C sense plantes.

La temperatura de l'aire es redueix lleugerament, Fang *et al.* (2011) va registrar una disminució de 2,3° C a la façana de doble pell per una densitat de 750 g/m² de planta a la façana de doble pell en un clima càlid (Xangai). Això pot provocar disminucions importants de la despesa de climatització. Chan *et al.* (2009) va citar un descens del 26% de l'energia utilitzada en la refrigeració anual en comparació amb l'edifici estàndard de doble pell amb vidre reflectant. Això és coherent amb la troballa de Stec *et al.* (2005) que proposava un estalvi del 20%.

Tot i això, les plantes poden causar problemes, com ara inconsistències entre el seu creixement i les necessitats dels ocupants de l'edifici. De fet, la densitat de plantes i el procés del cultiu no pot ser controlat pels ocupants. A més, el manteniment de la planta i del sistema de cultiu (reg, recollida de fulles caigudes, etc.) és costós. Finalment, triar les plantes és difícil a causa de les baixes pressions ambientals i de manteniment (Fang *et al.*, 2011).

3.2. De residus a recursos: els usos potencials dels bio-residus

A Europa, més del 75% de la gent viu a les ciutats. La principal conseqüència és el gran consum de matèries primeres per construir la ciutat i una gran producció de residus que s'exporten fora de la ciutat. La ciutat es pot considerar com un ecosistema urbà amb un metabolisme lineal, que es pot comparar amb un model d'entrada/sortida de materials.

A Europa, actualment s'utilitzen 16 tones de material per persona i any, 6 tones de les quals es converteixen en residus. El 2010, la producció total de residus a la UE va ascendir a 2.500 milions de tones. D'aquest total, només es va reciclar un 36%, la resta es va abocar o es va cremar (Comissió Europea, <http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/>).

Tots aquests residus tenen un impacte enorme en el medi ambient: (i) contaminació, (ii) emissions de gasos d'efecte hivernacle i (iii) pèrdues de materials (<http://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/WASTE%20BROCHURE.pdf>).

Llavors, la pregunta és: com limitar l'exportació de residus fora de la ciutat?

És necessari canviar el metabolisme urbà per un model circular convertint els residus en un potencial recurs de "matèries primeres secundàries" amb l'objectiu de trobar una via més eficient i sostenible. Les principals accions de la política de gestió de residus són millorar la prevenció de residus (canviar el comportament del consumidor), el reciclatge de residus, limitar la incineració de materials no reciclables i l'ús d'abocadors.

Material opcional:

<http://ec.europa.eu/environment/action-programme/>

3.2.1. Tipus de residus urbans

Els residus municipals es componen de residus domèstics i altres residus similars als residus de les llars (comerç, oficines i institucions públiques). La seva gestió depèn de la política pública i dels pressupostos. Els residus biològics representen un terç dels residus municipals. Actualment, cada europeu produeix mitja tona d'aquests residus.

Els residus biològics són biodegradables i estan formats per (i) residus de jardins i parcs, (ii) residus d'aliments i cuines de les llars, restaurants, càterings i locals comercials, i (iii) residus de les plantes de processament d'aliments. No inclou residus forestals, agrícoles, fems, fangs d'aigües residuals ni altres residus biodegradables com ara tèxtils naturals, paper o fusta processada. Tampoc té en compte aquells subproductes de producció d'aliments que mai es converteixen en residus (Comissió Europea, <http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/>).

3.2.2. Formes de reciclar els residus biològics

Diversos instruments legals de la UE aborden el tractament dels bio-residus. Actualment, la principal amenaça mediambiental derivada dels bio-residus (i d'altres residus biodegradables) és la producció de metà a partir dels residus que es descomponen als abocadors, això va suposar el 3% de les emissions totals de gasos d'efecte hivernacle a la UE-15 el 1995. L'abocament a terra és la pitjor opció de gestió de residus per a residus biològics amb impactes negatius, a causa del deteriorament del paisatge i la contaminació de l'aigua i l'aire per la generació de metà i efluents. La Directiva d'abocament (1999/31/CE) obliga els estats membres a reduir la quantitat de residus municipals biodegradables que llencen a abocadors fins a un 35% dels nivells de l'any 1995 el 2016 (per a alguns països el 2020), aquesta mesura reduirà significativament aquest problema.

Els avantatges més significatius de la gestió dels residus biològics serien la producció de font d'energia renovable i de compost reciclat que contribueix a millorar l'eficiència dels recursos i la qualitat del sòl. El compostatge és el tractament biològic més utilitzat per a residus verds i material llenyós.

Material opcional: per a més informació

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32008L0098>

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:31999L0031>

<https://www.youtube.com/watch?v=B660d2c-RkA>

<https://www.youtube.com/watch?v=QBSGuUq2D9E>

3.2.3. Potencials usos dels residus biològics per a la producció vegetal

El compost s'utilitza en agricultura, en paisatgisme i per a la restauració de terres. Els instruments legals de la UE que regulen l'ús dels residus biològics es presenten al "Llibre verd, a la gestió de residus biològics de la Unió Europea" (<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX%3A52008DC0811>).

La popularitat dels jardins de terrats i dels jardins urbans iniciats per grups comunitaris associats o jardiners urbans augmenta la demanda de sòls urbans. Els jardiners i agricultors urbans volen informació sobre la qualitat del sòl i els seus continguts contaminants per tenir aliments i paisatges saludables.

Hi ha solucions per millorar la fertilitat del sòl urbà. Entre elles, introduir quantitats elevades de matèria orgànica (fins al 40% del volum) és important per afavorir la fertilitat del sòl a llarg termini (Vidal-Beaudet *et al.*, 2012; Cannavo *et al.*, 2014). De fet, la matèria orgànica proporciona importants beneficis del sòl: fertilitat física (estructuració del sòl per a una millor retenció d'aigua i circulació de l'aire), fertilitat química (dipòsit de nutrients, capacitat d'intercanvi de cations) i fertilitat biològica (recursos de carboni, minerals i energètics per als organismes del sòl). Entre els composts disponibles, el compost de residus verds és el que més es fa servir a les àrees periurbanes i urbanes, a causa de les elevades quantitats de poda de plantes produïdes per les ciutats.

L'ús de sòls procedents de les parcel·les agrícoles per a construir nous edificis és controvertit, donada la disminució de la superfície cultivable. Una alternativa per a la protecció d'aquests recursos naturals consisteix en la reutilització de residus per tal de construir sòls funcionals (Séré *et al.*, 2008). Les ciutats es renoven contínuament mitjançant la demolició d'estructures més antigues i produeixen residus d'enderroc, com ara maons, formigó, llast de pista i sòls excavats. Aquestes restes es transporten regularment fora de les ciutats i només es recicla una fracció (Marshall i Farahbakhsh, 2013). L'any 2009 s'estima que les activitats d'enginyeria civil van generar 250 milions de tones de residus a França. També es generen materials de compostables i residus verds derivats del manteniment del jardins i dels parcs de les ciutats i s'exporten massivament fora de les zones urbanes per produir compost o energia. Alguns d'aquests materials es podrien associar per generar sòls adaptats a l'entorn urbà. Han de mostrar una capacitat de suport adequada, propietats agronòmiques i capacitat de drenatge. A més, han de complir les restriccions mediambientals per evitar l'alliberament de contaminants a l'aquífer subjacent.

Material opcional: per a més informació

<https://www.youtube.com/watch?v=QBSGuUq2D9E>

3.3. Recollida d'aigua de pluja i recuperació d'aigües grises

Cap al 2050, el 66% de la població mundial viurà a les zones urbanes. El cicle de l'aigua a la zona urbana és considerablement diferent respecte a les zones naturals. De fet, la presència d'importantes zones impermeables provoca inundacions. Aleshores, la infiltració d'aigua només és possible quan hi ha sòls plantats. Per tant, un dels principals desafiaments és afavorir la retenció d'aigua i/o infiltració augmentant zones verdes com els terrats verds, parcs i jardins.

Les persones que viuen a les ciutats cada cop demanen més espais verds per al seu benestar. De fet, la vegetació urbana pot oferir diversos serveis com:

- beneficis humans (salut, vinculació social),
- beneficis d'equilibri natural (biodiversitat, regulació tèrmica, qualitat de l'aire, circulació de l'aigua i protecció del sòl),
- beneficis econòmics (promoció de la construcció, repoblació de residus vegetals, agricultura urbana, atractiu del territori).

Les ciutats desenvolupen estratègies de rehabilitació l'èxit de les quals depèn de la qualitat i les funcions del sòl que suporten les plantes i de la qualitat de l'aigua utilitzada per regar aquestes plantes.

3.3.1. Hidrologia de l'aigua urbana

En un paisatge natural, el sòl i la vegetació absorbeixen naturalment el 90% de les precipitacions per infiltració a terra i de l'evapotranspiració. En una ciutat, l'asfalt, el paviment i les teulades aboquen ràpidament aigua, creant grans volums d'escorrentia que flueixen ràpidament. Les zones desenvolupades creen més d'un 500% més d'escorrentia que les zones naturals de la mateixa mida. L'escorrentia augmenta la càrrega de contaminants i es requereixen més tractaments per reutilitzar l'aigua o per eliminar-la.

Les solucions per a la gestió de l'aigua urbana són la captació d'aigua amb basses d'emmagatzematge obert o soterrat o bé la infiltració mitjançant paviments porosos innovadors.

Les infraestructures verdes poden facilitar la gestió de l'aigua a escala de barri:

- les fulles dels arbres redueixen l'escorrentia d'aigua per intercepció de pluges;
- els terrats verds emmagatzemen temporalment les precipitacions i afavoreixen l'evapotranspiració;
- la infiltració d'aigua de camp disminueix el volum d'aigua i redueix el cabal màxim.

En general, l'escorrentia augmenta quan les zones de vegetació disminueixen i disminueix si hi ha teulades verdes. A les zones d'infraestructures altament denses, les cobertes verdes són una forma eficient de disminuir l'escorrentia.

La infiltració de l'aigua al sòl depèn de la física de les propietats del sòl: estructura del sòl, granulometria, conductivitat hidràulica del sòl.

3.3.2. Potencial dels sostres verds per al control de l'escorrentia d'aigua

Les teulades verdes modernes estan formades per un sistema de capes col·locades sobre el sostre per suportar el medi i la vegetació. Es tracta d'un fenomen relativament nou i es va desenvolupar a Alemanya a la dècada de 1960, i s'ha estès a molts països. Els terrats verds també són cada cop més populars als Estats Units, tot i que no són tan habituals com a Europa. Hi ha tres tipus de coberta verda:

- Sostres intensius, que són més gruixuts, amb una profunditat mínima de 12,8 cm, i que poden suportar una varietat més àmplia de plantes però més pesats i amb més manteniment;
- Sostres extensius, de poca profunditat, de 2 cm fins als 10 cm, més lleugers que els sostres verds intensius i amb requeriments mínims de manteniment;
- Sostres semi-intensius, de característiques intermèdies.

3.3.3. Aigües grises

L'aigua grisa és tota l'aigua residual que es genera a les llars o edificis d'oficines sense contaminació fecal. La font d'aigua grisa inclou lavabos, dutxes, banys, rentadores de roba, rentaplats. Les aigües fecals de qualsevol tipus s'anomenen aigües negres per indicar que contenen residus humans. No obstant això, en certes condicions, restes de femta poden entrar al corrent d'aigua grisa mitjançant un efluent des de la dutxa o les rentadores.

Generalment, les aigües grises són més segures de manejar i més fàcils de tractar i reutilitzar. L'aplicació de la reutilització d'aigües grises en sistemes de reg d'aigua urbana redueix la demanda d'aigua neta dolça i la quantitat d'aigua residual que es necessita transportar i tractar.

La composició d'aigües grises depèn principalment de l'origen geogràfic, la categoria d'edificació, l'activitat dels ocupants. La majoria de les aigües grises són més fàcils de tractar i reciclar, que les aigües negres, perquè els nivells dels contaminants són més baixos. Si es recull amb un sistema de fontaneria separat de l'aigua negra, es pot utilitzar directament. Si s'emmagatzema, s'ha d'utilitzar en un termini molt breu o es començarà a podrir a causa dels sòlids orgànics presents a l'aigua. No es pot utilitzar per beure.

Els processos de tractament que s'utilitzen són sistemes biològics (zones humides construïdes, parets vives, bioreactors) o sistemes mecànics (filtració de sorra).

Els principals avantatges d'utilitzar aigua grisa per a reg són la preservació dels recursos hídrics i el subministrament de nutrients; els principals inconvenients són la salinitat, l'acumulació de metalls i la presència de patògens.

3.3.4. Emmagatzematge d'aigua procedent de carreteres

Els fluxos d'aigua a les zones urbanes són diferents respecte a les zones naturals. L'escorrentia de l'aigua de pluja a la carretera és una font de contaminació. Una possible solució és emmagatzemar aquesta aigua.

4. L'Agricultura Urbana per millorar el clima de la ciutat

4.1. L'Agricultura urbana per millorar el clima de ciutat

Les darreres dècades es caracteritzen per un procés d'urbanització continuat, intens i complex, i avui en dia gairebé el 54% de la població mundial habita en zones urbanes mentre que tres quartes parts dels ciutadans europeus viuen a les regions metropolitanes (OMS, 2015). El desenvolupament de les ciutats ha de respectar i protegir el medi ambient. Les ciutats es componen d'estructures i d'intervencions extenses d'origen antropogènic, que poden convertir-se en problemes mediambientals (Naishi *et al.*, 1998). Gran part del sòl de la ciutat sol estar segellat amb materials i superfícies impermeables que no absorbeixen l'aigua i augmenten la presència d'escorrentia. A més, la majoria dels materials estructurals que s'utilitzen en aquests entorns es caracteritzen per reflectir poc la llum (poc albedo), un fet que intensifica la conversió i l'emmagatzematge de la radiació tèrmica. Per tant, la capa urbana de superfície tendeix a ser més càlida que la rural (Naishi *et al.*, 1998; Britter i Hanna, 2003).

Aquest efecte s'agreuja a les ciutats on gairebé no hi ha infraestructures verdes. Dit d'una altra manera, com les superfícies transpirables verdes són substituïdes per una coberta impermeable del sòl, l'aigua disponible per a l'evaporació es redueix, afectant el flux de calor latent. Per tant, sobretot en absència de precipitacions, el valor de la proporció Bowen (calor sensible flux / calor latent) és molt elevat (Bonafè, 2006).

Quan es representen corbes isotèrmiques en un mapa meteorològic, s'observa un perfil que sembla el contorn topogràfic d'una illa.

Aquesta és la raó per la qual la capa superficial urbana també s'anomena "illa de calor" (illa de calor urbana o UHI) (Naishi *et al.*, 1998). A les ciutats molt poblades, la temperatura més alta està relacionada amb un augment d'energia emesa pels aires condicionats dels edificis i amb l'efecte de la contaminació associada al tràfic de carreteres, com l'emissió de contaminants, inclosos diòxid de sofre, monòxid de carboni, òxids nitrosos i partícules en suspensió (Henderson *et al.*, 2007). Els efectes de contaminació es poden agreujar en climes amb una estació molt calorosa (White *et al.*, 2001; Koppe, 2004). La contaminació de l'aire s'ha convertit en un problema des de l'inici de la revolució industrial. Els transports, les activitats industrials, la calefacció domèstica i les incineracions de residus són les principals fonts de contaminants atmosfèrics. Els contaminants principals produïts per les activitats humanes són els òxids de sofre (particularment diòxid de sofre, SO₂), òxids de nitrogen (NO₂), monòxid de carboni (CO), compostos orgànics volàtils (COV, principalment metà, CH₄) i partícules 10 o 2.5 (PM₁₀ i PM_{2.5}) es tracta de pols de diàmetre inferior a 10 µm i 2,5 µm, respectivament, així com per substàncies dissoltes.

Estudis recents (Banting *et al.*, 2005; Rosenzweig *et al.*, 2006) assenyalen que l'augment d'infraestructures verdes en entorns urbans pot contribuir no només a la mitigació dels problemes del microclima, sinó també a una àmplia gamma de serveis dels ecosistemes, com ara la millora de la qualitat de l'aire (Currie i Bass, 2008; Speak *et al.*, 2012) o proporcionar resiliència a esdeveniments meteorològics excepcionals (Berndtsson, 2010; Gregoire i Clausen, 2011).

4.2. Infraestructures verdes per filtratge d'aire

La vegetació urbana afecta la qualitat de l'aire mitjançant l'eliminació dels seus contaminants; l'efecte de purificació de l'aire es pot produir aerodinàmicament, quan la massa vegetal s'interposa a la direcció del vent i reté les partícules, o bé per l'absorció mitjançant obertures estomàtiques durant els processos fisiològics de la fotosíntesi i transpiració de les plantes (Chapparo i Terradas, 2009). A les àrees amb vegetació la presència de CO₂ s'enfonsa perquè s'emmagatzema l'excés de carboni com a biomassa durant la fotosíntesi (McPherson i Simpson, 1998). En un estudi recent (Davies *et al.*, 2011), es va estimar que els jardins domèstics permetrien emmagatzemar uns 0,76 kgC m⁻². La presència d'infraestructures verdes urbanes modifica la distribució física dels contaminants aerotransportats, ja que actuen com a obstacles que exerceixen una força de fricció a l'atmosfera (Britter i Hanna, 2003).

A les plantes, l'absorció de contaminants aeris té lloc principalment a través de l'obertura dels estomes (Winner, 1994) i es produeix durant els processos fisiològics de la fotosíntesi i transpiració de les plantes. Es tracta de processos passius, pels quals els gasos dispersos a l'atmosfera entren a la planta. Una vegada als teixits vegetals, alguns dels contaminants de l'aire dissolt com ara NO_x i SO_x s'absorbeixen a causa d'una reacció bioquímica activa (Baldocchi *et al.*, 1987) i s'utilitzen per a processos metabòlics vegetals.

Els components de pols (PM_{10-2,5}) s'eliminen de l'atmosfera mitjançant una deposició electrostàtica a la cutícula de les fulles (Prajapati, 2012), i són absorbits parcialment, rentats a través de l'escorrentia o re-suspesos a l'aire. Estudis recents van demostrar que la creació de noves infraestructures verdes a les zones urbanes redueix significativament els contaminants aerotransportats, contribuint indirectament a l'augment de la salut ambiental i al benestar dels ciutadans (Nowak *et al.*, 2006). Les cobertes verdes han demostrat eliminar de forma eficient aquestes partícules.

La capacitat de reducció de gasos dissolts i PM s'atribueix a l'augment de superfícies d'impacte gràcies a la cobertura de les plantes que produeixen efectes de depuració (Petroff *et al.*, 2008). Aquesta és una àrea d'estudi relativament nova i una comprensió més clara de la capacitat de filtratge d'aire d'aquestes infraestructures verdes probablement arribarà en un futur proper (Currie i Bass, 2008).

4.3. Minimitzar l'illa de calor urbana

L'efecte de l'illa de calor urbana consisteix en l'augment de la temperatura a les zones urbanes en comparació amb les zones rurals circumdants (Phelan *et al.*, 2015) a causa de les activitats humanes i a l'absorció més gran de la radiació solar per materials artificials (asfalt i ciment). La vegetació pot tenir un paper clau per a la regulació general de la temperatura de les ciutats, ja que, mitjançant l'evapotranspiració, es pot reduir la temperatura de l'aire. Phelan *et al.* (2015) va documentar l'augment de vegetació a les zones urbanes com un possible remei per a les illes de calor urbana. Col·locant una marquesina vegetal al voltant i a l'entorn de les estructures construïdes, els primers efectes observats són la mitigació de la temperatura i la reducció del cost d'energia associat a l'aire condicionat, especialment durant l'estiu.

L'efecte de refrigeració indirecta donat per les estructures vegetals està determinat per una gran capacitat de protecció contra la radiació tèrmica, baixant en primer lloc la temperatura de la superfície dels edificis (Wong *et al.*, 2003a). Aquest benefici és una conseqüència directa de la modificació d'albedo de parets i cobertes. Els edificis amb sostres impermeables foscos tenen generalment un albedo baix, cosa que significa una major absorció de la radiació solar.

Això es tradueix en un escalfament superficial més intens. Durant l'estiu, això comporta un augment de l'efecte illa de calor, un augment del consum d'energia per al refredament artificial interior i l'emissió de contaminació. A les ciutats europees, més del 90% de les teulades són de color fosc i la superfície de la coberta sota la llum del sol arriba a temperatures al voltant dels 80° C, amb un impacte negatiu en la durada de l'aïllament impermeable (Santamouris, 2014). Alternativament, l'adopció de cobertes verdes afavoreix la conversió de l'energia solar en transpiració (refrigeració), així com el creixement de les plantes. Aquest és el cas particularment a l'estiu, donada la relació directa entre la transpiració de les plantes i la radiació solar i la temperatura. En conseqüència, l'aïllament tèrmic es produeix tant per la coberta vegetal com pel substrat emprat.

L'ús de plantes en lloc d'aire condicionat per estalviar diners

Les zones urbanes solen tenir un nivell d'humitat inferior a les zones rurals circumdants per l'absència de vegetació i l'augment d'absorció d'energia del sol causada per superfícies asfaltades o de formigó fosques. Això també explica per què les zones interiors de la ciutat sovint són més càlides que el seu entorn. Aquest fenomen, conegut com a efecte de l'illa de calor urbana, pot tenir greus conseqüències per a les persones vulnerables, com ara les persones amb malalties cròniques o la gent gran, particularment durant les onades de calor. L'aire humit generat per la vegetació natural ajuda a contrarestar aquest fenomen. Els nivells d'humitat també es podrien augmentar artificialment amb l'electricitat per evaporar l'aigua, però això costaria significativament més que l'ús de vegetació natural (al voltant de 500.000 € per hectàrea). El treball amb la natura i l'ús d'infraestructures verdes en un entorn urbà, mitjançant la incorporació de parcs, espais verds, terrats/murs verds i passadissos d'aire fresc, generalment és una opció molt més barata i versàtil per ajudar a mitigar l'efecte de l'illa de calor urbana. També pot ajudar a absorbir les emissions de CO₂, millorar la qualitat de l'aire, reduir les esorrenties de pluja i augmentar l'eficiència energètica.

4.4. Finançament d'iniciatives d'agricultura urbana

El sector privat també té un paper important a l'hora d'invertir en agricultura urbana, sobretot en el desenvolupament de tecnologies innovadores "verdes". Per altra banda, els projectes d'agricultura urbana són complexos i solen ser percebuts com a un risc per part dels inversors, especialment en les primeres etapes de desenvolupament. Instruments financers específics (pràctiques per compartir risc) poden ajudar a reduir els riscos associats als projectes de l'agricultura urbana. En conseqüència, la Comissió Europea i el Banc Europeu d'Inversions (BEI) estan implementant diverses opcions per facilitar el finançament que doni suport a inversions relacionades amb el capital natural, inclosos els projectes de l'agricultura urbana.

Referències

Urban Green Train Modules and Resources (IO2), Module 2: Resource use from a challenge perspective

https://ajuntament.barcelona.cat/relacionsinternacionalsicooperacio/ca/noticia/els-terrats-de-barcelona-es-poden-convertir-en-100-hectarees-cultivables-adela-martinez_851267