

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR DE GANDIA

Grau en Ciències Ambientals



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCOLA POLITÈCNICA
SUPERIOR DE GANDIA

“Autosubministrament energètic de l’habitatge mitjançant el cultiu de Paulònia”

TREBALL FINAL DE GRAU

Autor/a:

Armando Gilabert Oltra

Tutor/s:

Constantino Torregrosa Cabanilles

Josep Vicent Llinares Palacios

GANDIA, 2019

Agraïments

Agrair al meu pare per haver plantat aquelles paulònies de la caseta, ja que gràcies a aquest fet, em va vindre la inspiració per a fer aquest treball final de grau.

Agrair també als meus tutors d'aquest treball final de grau, Josep Vicent Llinares i Constantino Torregrosa, que han seguit i m'han ajudat a elaborar aquest projecte.

I per últim, sols havent parlat del problema existent i de les característiques d'aquest arbre, es pot entendre que igual que aquest estudi pot contribuir a una millora del nostre entorn, també es poden trobar més solucions si la societat actual actua conjuntament. Com que vaig decidir estudiar Ciències Ambientals, una carrera que m'ha obert una mica més els ulls i m'ha permès entendre i valorar millor el problema mediambiental que se'ns està presentat des de fa dècades i ser crític amb qüestions que abans no tenia en compte o no apreciava, agraiïsc el suport que ens donen els docents d'aquesta carrera així com l'aprenentatge que obtenim d'aquesta, i per tant, m'agradaria formar part i contribuir a buscar i trobar solucions per combatre aquest obstacle que inclòs ens pot impedir viure amb normalitat a les generacions futures.

Resum

El ritme de creixement del consum energètic a la nostra societat no és sostenible, les reserves de combustibles fòssils són limitades i a més a més la seua combustió és en bona part responsable del canvi climàtic i de la contaminació atmosfèrica en moltes ciutats. És doncs necessari el canvi a un nou sistema energètic basat en l'eficiència i les fonts renovables. En aquest treball es planteja l'estudi del subministrament energètic de l'habitatge mitjançant el cultiu de la Paulònia, amb bones propietats per l'aprofitament energètic, estudiant el ritme de creixement òptim de la Paulònia en dos tipus de sòls, i així presentar una estimació de la viabilitat energètica dels cultius proposats. També es planteja una anàlisi edafològica dels camps d'estudi on realitzar el cultiu de l'espècie d'estudi, analitzant les propietats del sòl, com són el pH, la conductivitat elèctrica, el contingut en matèria orgànica i de carbonats, la textura i el color del sòl així com la capacitat d'intercanvi catiònic i les bases de canvi. Es mostra també una discussió dels resultats obtinguts, sent aquests favorables per a dur a terme aquesta proposta de cultiu.

Paraules clau: Paulònia, energia renovable, habitatge

Abstract

The growth of the energy consumption in our society is not sustainable, fossil fuel reserves are limited and its combustion is largely responsible for the climatic change and the atmospheric pollution in many cities. Then it is necessary the change to a new energy System based on the efficiency and renewable energy. This work involves the study of the energetic supply of the house by means of the crop of *Paulownia*, with good properties for its use energy, studying the rhythm of optimum growth of *Paulownia* of two types of soils. An estimate of the feasibility of the proposed crop is presented, along with a soil analysis of the involved fields where the crop is planned, analysing soil properties such as pH, electric conductivity, organic contents and carbonates, texture and colour, as well as the cation exchange capacity and change bases. A discussion of the results obtained is also shown, being favourable to carry out this crop proposal.

Keywords: *Paulownia*, renewable energy, housing

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	1
2. OBJECTIUS DE L'ESTUDI	3
3. ESTUDI DE L'ESPÈCIE I ELS SEUS USOS	4
3.1. Una mica d'història sobre la <i>Paulownia</i>	4
3.2. Distribució geogràfica de la <i>Paulownia sp.</i>	5
3.3. Característiques comunes de la <i>Paulownia</i>	6
3.3.1. Característiques específiques de la <i>Paulownia</i>	6
3.4. Avantatges i aplicacions de la <i>Paulownia</i>	7
3.5. Característiques de l'espècie d'estudi	9
3.6. Característiques edafoclimàtiques de l'espècie d'estudi	9
3.7. Característiques energètiques del cultiu de l'espècie d'estudi	9
4. CARACTERÍSTIQUES DELS CAMPS DE CULTIU	11
4.1. Localització geogràfica dels camps de cultiu per a l'estudi	11
4.2. Característiques climatològiques de les zones d'estudi	11
4.2.1. Clima del Camp 1	14
4.2.2. Clima del Camp 2	16
4.3. Característiques geològiques de les zones d'estudi	17
5. VIABILITAT DE L'AUTOSUMINISTRAMENT ENERGÈTIC	18
5.1. Estudi de les necessitats energètiques.....	18
5.2. Estimació de la producció energètica mitjançant cultiu de Paulònia	20
5.2.1. Replanteig del cultiu.....	20
5.2.2. Producció estimada del cultiu d'estudi	21
5.2.3. Balanç de la utilitat de la biomassa	21
6. MATERIAL I MÈTODES	22
6.1. Mostreig de les zones d'estudi	22
6.1.1. Localització dels punts de mostreig de les zones d'estudi.....	22
6.1.2. Material emprat per al mostrejos de les zones d'estudi.....	23
6.2. Procés d'anàlisi laboratorí.....	24
6.2.1. Color	24
6.2.2. pH.....	25
6.2.3. Conductivitat elèctrica (prova prèvia de salinitat)	26
6.2.4. Matèria orgànica	27
6.2.5. Carbonats	28
6.2.6. Textura	29

6.2.7. Densitat aparent i porositat	31
6.2.8. Capacitat d'intercanvi catiònic (C.I.C.)	32
6.2.9. Bases de canvi	33
6.2.10. Extracte de la Pasta saturada	34
6.3. Caracterització del creixement dels arbres	34
6.3.1. Càlcul del diàmetre dels arbres	34
6.3.2. Càlcul de l'altura dels arbres	35
7. RESULTATS I DISCUSSIÓ	37
7.1. Resultats de les anàlisis de les propietats del sòl	37
7.1.1. Color	37
7.1.2. pH.....	37
7.1.3. Conductivitat elèctrica (CE).....	38
7.1.4. Matèria orgànica	39
7.1.5. Carbonats	40
7.1.6. Textura	40
7.1.7. Densitat aparent i porositat	41
7.1.8. C.I.C. i Bases de canvi.....	41
7.1.9. Extracte de saturació	42
7.2. Resultats viabilitat energètica.....	43
7.2.1. Alternatives per a l'obtenció de biomassa	43
8. CONCLUSIONS	47
9. BIBLIOGRAFIA.....	48

Índex de Taules

Taula 1. Comparativa d'arbres de ràpid creixement.....	8
Taula 2. Poder calorífic de l'espècie d'estudi.	10
Taula 3. Comparativa dels poders calorífics de les principals fonts energètiques de biomassa.	11
Taula 4. Dades climatològiques de la zona d'estudi.....	13
Taula 5. Producció total estimada de biomassa dels camps de cultiu.....	21
Taula 6. Consum de l'energia de la biomassa utilitzada actualment a l'habitatge.	22
Taula 7. Consum de l'energia estimada de la biomassa estimada per a l'estudi.	22
Taula 8. Coordenades dels punts de mostrejos	23
Taula 9. Ions que componen les sals solubles del sòl.....	26
Taula 10. Color de les mostres de sòl en estat sec i en estat humit.....	37
Taula 11. Resultats pH de les mostres de sòl	38
Taula 12. Classificació dels sòls en funció de l'escala de valors del pH.....	38
Taula 13. Resultats CE de saturació de les mostres de sòl.....	38
Taula 14. Classificació dels sòls en funció de la salinitat	39
Taula 15. Resultats del contingut de matèria orgànica de les mostres de sòl	39
Taula 16. Classificació del sòl en funció del percentatge de matèria orgànica	39
Taula 17. Resultats del contingut de carbonats de les mostres de sòl	40
Taula 18. Classificació del sòl en funció del percentatge de carbonats.....	40
Taula 19. Resultats de la classe textural de les mostres de sòl	40
Taula 20. Resultats de la densitat aparent i de la porositat de les mostres de sòl.....	41
Taula 21. Resultats de la CIC i de les bases de canvi de les mostres de sòl	41
Taula 22. Caracterització dels valors de la CIC per a les mostres de sòl.	42
Taula 23. Caracterització dels valors de bases de canvi per a les mostres de sòl	42
Taula 24. Resultats de l'extracte de saturació de les mostres de sòl	42
Taula 25. Producció anual de biomassa estimada amb replanteig primera alternativa de replanteig.....	44
Taula 26. Producció anual de biomassa estimada amb replanteig segona alternativa de replanteig.....	45
Taula 27. Producció anual de biomassa estimada amb el cultiu escalonat	45

Índex de Figures

Figura 1. Mapa de distribució de la distribució natural de la Paulownia.....	5
Figura 2. Mapa de distribució de les plantacions de Paulownia sp. existents a Espanya	6
Figura 3. Distància entre l'estació meteorològica i el camp de cultiu 1	12
Figura 4. Distància entre l'estació meteorològica i el camp de cultiu 2.....	12
Figura 5. Diagrama Gausseu dels últims 3 anys (2016-2019).....	14
Figura 6. Diagrama Gausseu al terme de Barxeta (període de 1982-2012).	15
Figura 7. Amplitud tèrmica al terme de Barxeta (període de 1982-2012)	15
Figura 8. Diagrama Gausseu al terme de Lloc Nou d'en Fenollet (període de 1982-2012)	16
Figura 9. Amplitud tèrmica al terme de Lloc Nou d'en Fenollet (període de 1982-2012)	17
Figura 10. Mapa geològic de les zones d'estudi.....	18
Figura 11. Imatges del captador solar per a l'abastiment d'ACS	19
Figura 12. Superfície de l'habitatge a abastir.	20
Figura 13. Replanteig del cultiu per al camp 1	21
Figura 14. Replanteig del cultiu per al camp 2	21
Figura 15. Recollida de mostres i procés d'asseccament del sòl	22
Figura 16. Punts de mostrejos del Camp d'estudi num. 1 (Corral de Cucó).	23
Figura 17. Punts de mostrejos del Camp d'estudi num. 2 (Arrossar).....	23
Figura 18. Preparació de les mostres de sòl	24
Figura 19. Taula Munsell utilitzada per a determinar el color de les mostres	25
Figura 20. Anàlisi del pH amb el pH-metre pH50+ DHS.....	25
Figura 21. Anàlisi de la CE amb el conductímetre "Conductimeter Basic 30, de Crison"	26
Figura 22. Dicromat potàssic i àcid sulfúric en la campana de fums	27
Figura 23. Valoració de l'excés de dicromat amb sulfat ferrós.....	28
Figura 24. Mesurament dels carbonats en les mostres de sòl.....	29
Figura 25. Diagrama triangular de les classes texturals	30
Figura 26. Safates d'alumini i provetes d'1 l.....	30
Figura 27. Batedora	31
Figura 28. Cilindres mostrejadors i safates d'alumini.	31
Figura 29. Balança i estufa de dessecació.....	32
Figura 30. Agitació dels tubs de centrífuga a l'agitador mecànic.....	33
Figura 31. Centrifugació dels tubs de centrífuga a la centrifugadora.....	33
Figura 32. Recolliment dels decantats de les mostres en matrassos aforats de 100 ml i enrassament d'aquests amb $Mg(NO_3)_2$	33
Figura 33. Recolliment dels decantats de les mostres en matrassos aforats de 100 ml i	

enrassament d'aquests amb AcNH_4	34
Figura 34. Mesurament del diàmetre de l'arbre amb forcípula o compàs forestal.....	35
Figura 35. Mesurament del diàmetre de l' arbre amb forcípula finlandesa.	35
Figura 36. Càlcul de l'altura dels arbres emprant el mètode trigonomètric	35
Figura 37. Càlcul de l'altura dels arbres emprant l'hipsòmetre	36
Figura 38. Replanteig primera alternativa de replanteig per al cultiu del camp 1.....	43
Figura 39. Replanteig primera alternativa de replanteig per al cultiu del camp 2.....	44
Figura 40. Replanteig segona alternativa de replanteig per al cultiu del camp 1 amb una caseta i marc de plantació inicial.....	44
Figura 41. Replanteig segona alternativa de replanteig per al cultiu del camp 1 amb una caseta i marc de plantació alternatiu.....	45

1. INTRODUCCIÓ

El ràpid creixement de l'expansió de les ciutats origina un ràpid creixement del consum energètic a la nostra societat. Com a conseqüència d'aquest fenomen, els efectes ambientals com el canvi climàtic, l'augment de la contaminació, la disminució de la disponibilitat de recursos així com l'augment de la pobresa i la freqüència d'esdeveniments climàtics extrems són intensificats. Les reserves de combustibles fòssils són limitades i a més a més, la seua combustió és en bona part responsable del canvi climàtic i de la contaminació atmosfèrica en moltes ciutats. Aquestes evidències que es poden observar en el dia a dia, assenyalen que la societat actual no és sostenible.

Aquest treball pretén mostrar una alternativa sostenible i aportar el seu granet d'arena a la contribució de la reducció d'un gran problema que tenim present arreu del món. S'ha de mirar endavant i ser positius per tal de buscar solucions enfront d'aquest problema aprenent els uns dels altres, com que som humans i sabem que evolucionem i entenem que podem aprendre constantment dels nostres errors i aprendre d'aquests per solucionar els nostres problemes.

Dit açò, aquest treball planteja l'estudi del subministrament energètic de l'habitatge mitjançant el cultiu de Paulònia, ja que es tracta d'un arbre amb molt bones propietats per l'aprofitament energètic.

La *Paulownia sp.* és una espècie única d'arbres de ràpid creixement. L'arbre prové de la Xina. Els primers documents i escrits que esmenten l'ús d'aquest meravellós arbre són anteriors al 2600 a. de C. Al Japó, la *Paulownia* s'ha utilitzat des del 200 dC i suposa un bé nacional (*Paulownia Professional*).

La *Paulownia* (lat. *Paulównia*), o arbre d'Adán o arbre de la vida pertany a la família de plantes "*Paulowniaceae*", que conté més de 20 espècies amb qualitats similars i per tant se'ls dona el nom col·lectiu de *Paulownia*.

La *Paulownia* és un arbre amb boniques i grans fulles (diàmetre d'uns 70 cm), flors (fins a 6 cm de diàmetre) i una bonica corona. El diàmetre de la tija aconsegueix 1 metre. Depenent de l'entorn de creixement, els arbres poden aconseguir diferents altures, fins a un màxim de 30 metres. No necessita unes condicions de sòl específiques, fins i tot en sòls secs que contenen fins a un 2% de calç. No obstant això, el desenvolupament més gran l'aconsegueix en sòls profunds, moderadament humits, drenats, sòls prou fèrtils i argilencs. És amant de la llum i prefereix àrees obertes i ben il·luminades. Es pot desenvolupar en forma d'un gran arbust de múltiples tiges (*Paulownia Professional*).

Algunes característiques remarcades breument són:

- El creixement més intens de l'arbre de *Paulownia* s'observa en els primers anys de vida;
- El color del fullatge tardorenc no canvia, les fulles cauen sent verdes i després es tornen marrons;
- La floració comença a la primavera i dura 6-8 setmanes, la qual cosa fa que l'arbre *Paulownia* siga un material ideal per a generar zones verdes a les ciutats i parcs;
- Les arrels són adventícies o d'ancoratge. L'arrel aconsegueix una profunditat de 4,5 – 9 metres;
- L'escorça de placa és prima, color gris clar, llisa, amb lleugeres clivelles en arbres adults;
- El diàmetre del tronc d'un arbre jove té una circumferència de 8-14 cm, un més gran una circumferència de 20-24 cm, i un arbre adult una circumferència és de 80 cm;
- La fusta de *Paulownia* acumula tanins, la qual cosa la fa resistent a l'atac

- de tèrmits i xinxes. S'adapta bé a les àrees urbanes;
- Resistent a la calor i la sequera, requereix reg regular només els dos primers anys.

Després d'una breu descripció de les seues característiques, s'aprofundirà més al llarg d'aquest estudi.

Els següents capítols tractaran dels objectius d'aquest estudi, s'aprofundirà en les característiques d'aquesta espècie i els seus usos energètics, també en els materials i mètodes emprats al laboratori per a analitzar l'adequació del sòl on es plantaria (i on ja hi han plantats dos arbres de Paulònia) aquesta espècie en què es basa l'estudi, amb els seus resultats i conclusions i, finalment, es presentarà una estimació de la seua producció energètica amb els seus avantatges i desavantatges.

2. OBJECTIUS DE L'ESTUDI

En el món actual en que vivim, es necessita prendre mesures enfront a l'excés del consum energètic que es necessita dia a dia. La tecnologia evoluciona exponencialment al ritme de vida actual i per tant es necessita més consum d'energia per fer ús d'aquestes noves tecnologies. Aquest estudi pretén col·laborar d'alguna forma a contrarestar el que suposa un consum energètic massiu tant a nivell mediambiental com a nivell econòmic-social pel que fa a l'eficiència en alguns aspectes de l'habitatge.

Per això, per a l'elaboració d'aquest estudi es pretenen dur a terme una sèrie d'objectius. En primer lloc, l'avaluació del cultiu de la Paulònia com a base per al sistema energètic de l'habitatge, principalment per cobrir les necessitats d'energia calorífica (calefacció). També es tracta d'analitzar el consum energètic actual de l'habitatge, junt a les mesures i previsió de la producció del cultiu, per poder fer una comparació del consum actual de biomassa amb la utilització de la biomassa de Paulònia.

Per a poder dur terme aquests objectius, també es pretén analitzar les propietats dels sòls dels camps de cultiu utilitzats per a la realització d'aquest estudi i així poder avaluar la seua viabilitat per a la producció de biomassa de l'espècie d'estudi.

I finalment es pretén discutir diferents opcions o alternatives pel que fa a l'estimació obtinguda per a la producció de Paulònia en relació a les condicions dels camps de cultiu de l'estudi.

3. ESTUDI DE L'ESPÈCIE I ELS SEUS USOS

3.1. Una mica d'història sobre la *Paulownia*

La *Paulownia* deu el seu nom a la Gran Duquesa Anna Pavlovna de Rússia, filla del Tsar Pau I de Rússia. També es coneix com a arbre de l'emperadriu. Encara que és originària de la Xina, Laos i Vietnam, es cultiva comercialment des de fa temps a Corea i en també al Japó, on es coneix com a kiri (entre d'altres).

En multitud d'ocasions és el nom de *kiri* el que s'aplica a la fusta en l'àmbit comercial en multitud de països, així com al mateix arbre. A Espanya, el seu nom està castellanitzat com Paulònia, encara que és més habitual referir-se a ella pel seu nom científic, concretament, pel gènere, doncs, en realitat, *Paulownia* no és una espècie, sinó un gènere que inclou fins a 17 espècies segons uns taxonomistes, encara que uns altres redueixen aqueix número a 6, considerant a la resta com a varietats o subespècies.

Thunberg, el botànic suís que la va identificar i va donar nom en 1781, la va classificar dins de la família *Bignoniaceae*, encara que mig segle més tard, dos botànics alemanys, Siebold i Zuccarini van incloure la *Paulownia* dins de la família *Scrophulariaceae*. No obstant això, des de 1998, en la classificació APG I de la Angiosperm Phylogeny Group (Grup per a la Filogènia de les Angiospermes) es canvia la ubicació de la *Paulownia*, traient-la de l'ordre *Scrofulales* i situant-la en *Lamiales*, amb una nova família monogenèrica anomenada *Paulowniaceae*. Eixa nova filogènia es manté en el APG II del 2003 i en la nova APG III, publicada en el 2009. Per desgràcia, en diverses bibliografies no actualitzades, així com en la definició que de Paulònia fa el diccionari de la Reial Acadèmia, continua apareixent com una *Scrophulariaceae*.

L'espècie més coneguda des de fa anys és la *Paulownia tomentosa*, nom que es deu al toment o vellositat que recobreix el revés de les seues fulles. Aquesta espècie de *Paulownia* s'usa en jardineria a Europa des de 1834, a causa del seu alt valor ornamental, tant per les seues flors, que van del blanc al rosa, al violeta o al blau, disposades en panolles de fins a 30 cm de longitud, com per la gran grandària de les seues fulles, sobretot en arbres joves, la forma dels quals recorda als inexperts, o als qui l'observen des de lluny, a les catalpes. De fet, una de les espècies es denomina *Paulownia catalpifolia* (del llatí, fulles de catalpa).

No obstant això, les espècies més utilitzades per a explotacions forestals són la *Paulownia elongata* i la *Paulownia fortunei* entre d'altres. I el que sol ser més habitual per diversos avantatges, varietats híbrides entre aquestes.

Un avantatge d'aquests híbrids és la millora sinèrgica de la combinació dels parents, superant a aquests, però una altra és la infertilitat, la qual cosa evita que una espècie que podria arribar a ser invasiva es convertisca en plaga pels voltants de la plantació.

Les paulònies són arbres caducifolis, aportant en la tardor una rica i abundant capa de fullaraca de ràpida descomposició. Aquest compostatge millora la qualitat del sòl, tan física, com química, a causa de la riquesa de nitrogen de les seues fulles, per la qual cosa també s'està plantant amb la finalitat de recuperar terrenys erms.

Així mateix, les fulles que cauen poden constituir un bon farratge per al bestiar, tant en verd, com fenificades.

Estes fulles són de gran grandària, sobretot en els primers anys de creixement, sent habituals les de 40 cm de diàmetre i fins i tot de 60 cm si les condicions són òptimes.

Al marge dels usos ornamentals, el seu ús forestal es basa en el seu ràpid creixement, sent l'arbre de major generació de fusta en pocs anys, i d'excel·lents característiques. Per la seua adaptació a amplis marges climàtics i edafològics, sempre que el sòl no

sigu molt argilenc i el nivell freàtic estiga a 2 m de profunditat mínima, perquè les seues arrels són verticals i profundes i baix embassada permanent es podreixen. Aquestes arrels permeten a la *Paulownia* buscar la humitat necessària en climes semiàrids, sempre que els dos primers anys hagen tingut reg.

3.2. Distribució geogràfica de la *Paulownia* sp.

El gènere *Paulownia* creix de forma natural a la Xina. Els primers registres de la seua expansió per Europa daten de l'any 1712, quan va ser introduïda a Holanda, França, Àustria, Itàlia i posteriorment als Estats Units i Austràlia (Barton et al., 2007). Es va introduir al Japó i Corea fa 1000 anys, i des de meitats del segle XX, gràcies a la seua alta adaptabilitat a diversos tipus de climes i terrenys, es distribueix arreu del món, com per exemple al llarg de Sud Amèrica, com a l'Argentina, el Brasil i Colòmbia, com també a Cambodja, Espanya, l'Índia, Indonèsia, Anglaterra, Israel, Laos, Vietnam, Mèxic, Nova Zelanda, Portugal, Taiwan i Turquia. L'espècie ha sigut àmpliament plantada amb finalitats fusteres per a ser exportada a la Xina.

El clon d'estudi, *P. elongata* x *fortunei*, es diferencia per correspondre a un híbrid natural que combina en el seu genotip les característiques de dues espècies destacades donant lloc al seu gran creixement, adaptabilitat a diferents tipus de sòls, resistència a la sequera i a les baixes temperatures (Hua et al., 1986).

En el següent mapa (figura 1) es pot observar la distribució natural de la *Paulownia* en el sud-est d'Àsia on es pot apreciar que l'espècie més estesa la *P. fortunei*:

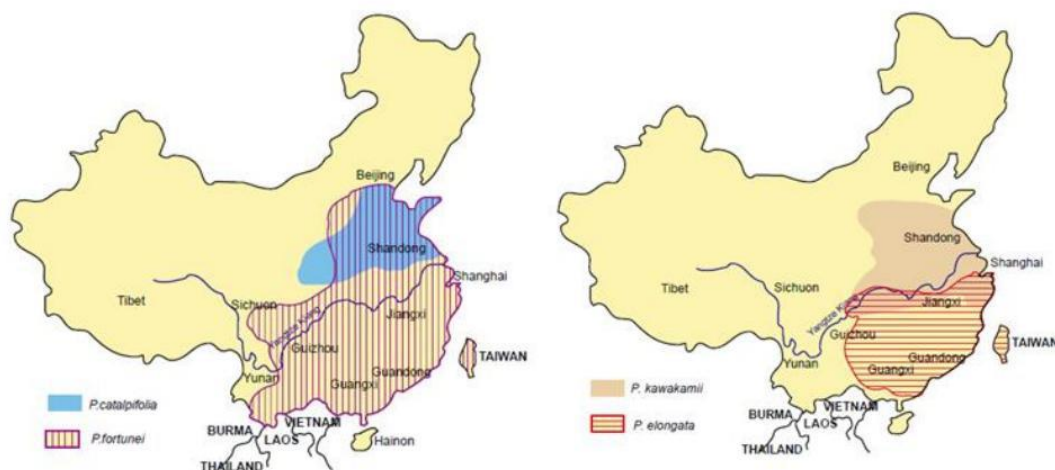


Figura 1. Mapa de distribució de la distribució natural de la *Paulownia*. Font: Barton et al., 2007

A la figura 2 es pot observar la distribució de les plantacions de *Paulownia* sp. existents a Espanya actualment, tot i que la seua primera introducció data de la dècada dels 80 (Ayanz 1985):

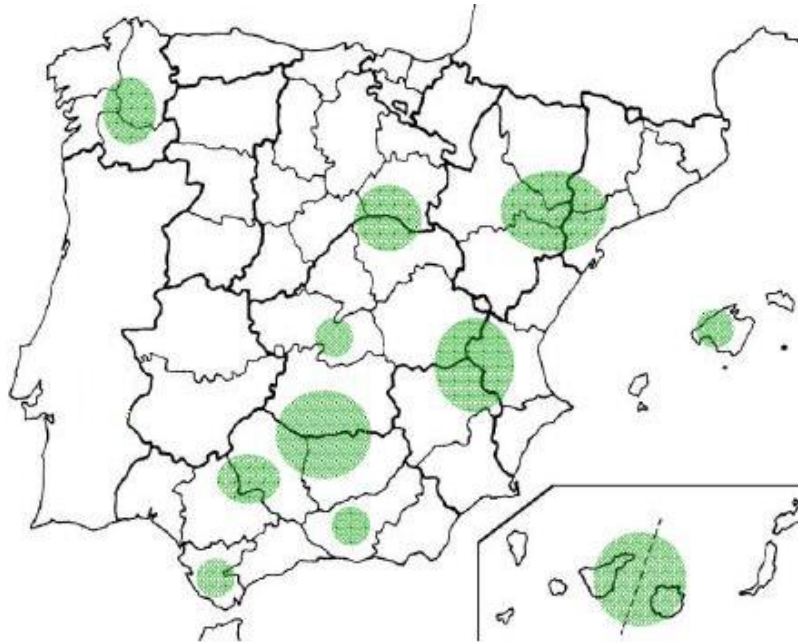


Figura 2. Mapa de distribució de les plantacions de *Paulownia sp.* existents a Espanya Font: iPaulownia

3.3. Característiques comunes de la *Paulownia*

Algunes de les característiques principals són:

- Creixement ultraràpid, de diversos metres per any en condicions ideals.
- Bon arbre ornamental i d'ombra.
- Caducifoli. Presenta repòs hivernal (variable en funció de la climatologia).
- Apte per a sistemes agroforestals.
- Fusta d'excel·lent qualitat per a diverses finalitats.
- L'altura màxima pot arribar a superar els 30 metres, amb un tronc d'un metre de diàmetre.
- Apte per a gran varietat de climes i sòls.
- Bon tallavent.
- Magnífic arbre d'ombra (en funció de la densitat d'arbres plantats).
- Molt ornamentals, són d'utilitat en parcs, jardins, camp, ciutat, zones industrials, camps de golf, passejos, etc.
- Recuperació i estabilització de Sòls.
- Lluita contra la pol·lució.
- Resistent a condicions moderades d'aridesa i sequera una vegada desenvolupat.

3.3.1. Característiques específiques de la *Paulownia*

Respecte a la regeneració, es pot dir que la singularitat de la *Paulownia* radica en el fet que l'arbre no requereix replantació. Després de cada poda, l'arbre es regenera, sent vida útil de l'arrel de 70-100 anys i pot durar entre 4 i 8-9 cicles de huit anys, la qual cosa ens dona l'oportunitat de reprendre el nostre procés de treball sense gastar en noves plantacions i cultius. El tronc es pot talar en qualsevol època de l'any, malgrat la temporada i els curts períodes de collita.

Quant al fullatge, en el primer any de vida, l'arbre té grans fulles fibroses, que en diàmetre poden aconseguir 50-85 cm. Les fulles tenen forma de cor o d'ou, amb vores arrodonides, de color verd brillant, peluda en la part superior i vellutada en la part de

baix, i el color del fullatge tardorenc no canvia, les fulles cauen sent verdes i després es tornen marrons.

La floració comença a la primavera i dura 6-8 setmanes, la qual cosa fa que aquest arbre siga un material ideal per a generar zones verdes a les ciutats i parcs. Les flors són grans, de color blau-violeta, lila o quasi blanc. Les flors s'agrupen en àmplies panícules.

Pel que fa al sistema d'arrels, es compon d'arrels adventícies o d'ancoratge. L'arrel aconsegueix una profunditat de 4,5 – 9 metres.

L'escorça és de placa prima, de color gris clar, llisa, amb lleugeres clivelles en arbres adults.

El diàmetre del tronc d'un arbre d'1,5-2 anys pot tindre una circumferència de 8-14 cm, un de 3-4 anys una circumferència de 20-24 cm, i un arbre adult de 18 anys una circumferència és de 80 cm.

Els fruits són càpsules de fusta allargades i en forma de ganxo d'uns 10 mm.

Les llavors tenen forma de papallona, de 2-7 mm de llarg, membranoses, alades.

Quant a les plagues, la fusta de *Paulownia* acumula tanins, la qual cosa la fa resistent a l'atac de tèrmits i xinxes. S'adapta bé a les àrees urbanes.

Cal destacar que és resistent a la calor i la sequera, per tant, requereix reg regular només els dos primers anys, sent el consum d'aigua per un plançó de 30-40 l, regant 1-2 vegades per setmana. Després del desenvolupament del sistema d'arrels (tercer any), no es necessita cap reg especial.

3.4. Avantatges i aplicacions de la *Paulownia*

La *Paulownia* s'adapta molt bé al terreny, la seua fusta és resistent al clima, regenera el sòl, és molt decorativa i bella, la seua plantació no és agressiva amb el medi ambient, és una fàbrica d'oxigen i una arma contra el calfament global, un productor de polpa, farratge i mel excel·lent, a més aquests beneficis són ràpidament visibles, ja que creix i guanya volum molt ràpidament. El poder i bellesa, la fusta, les fulles, les flors, tots tenen propietats i qualitats que podem usar.

Alguns dels avantatges i aplicacions que es pot obtindre de la Paulònia són:

- Creixement ultraràpid

Un creixement d'1 metre cúbic a l'any a partir dels 7-8 anys que resulta incomparable amb el creixement de qualsevol altra espècie llenyosa. A més del seu accelerat creixement suposa un xicotet tresor per a la humanitat, ja que ajuda a recuperar i establir el sòl, combatre l'erosió, i a absorbir CO₂ i produeix oxigen en el seu lloc. Un sol arbre absorbeix 22 kg de CO₂ i produeix 6 kg d'oxigen al dia, aquestes xifres veritablement fan reflexionar sobre els beneficis d'aquest cultiu.

-Taxa de creixement

La següent taula 1 mostra una comparació d'arbres de ràpid creixement on es mostra el seu creixement anual i la seua altura amb els anys:

Espècie	Creixement anual	Altura d'un arbre de anys	Altura màxima d'un arbre adult
Paulònia (<i>Paulownia spp.</i>)	3-5 m	10,5-15,5 m	15-28 m
Salze híbrid (<i>Salix sepulcralis</i>)	1,5-4 m	7,5-12 m	15-25 m
Álber negre (<i>Populus nigra</i>)	1,5-2,5 m	4,5-9 m	15-20 m
Álber negre de Nord-Amèrica (<i>Populus deltoides</i>)	2,5-3,5 m	9-12 m	20-25 m
Roure roig del sud o Roure espanyol (<i>Quercus falcata</i>)	2,5-3,5 m	9-12 m	20-30 m
Eucaliptus roig (<i>Eucalyptus tereticornis</i>)	2-2,5 m	7,5-9 m	15-20 m
Salze ploraner (<i>Salix babylonica</i>)	2-2,5 m	6-9 m	10-15 m

Taula 1. Comparativa d'arbres de ràpid creixement. Font: Paulownia Professional

- Paisatgisme

Les enormes fulles i l'àmplia corona de la *Paulownia* proporcionen una ombra densa en les àrees de descans, parcs i places, formant agradables racons frescos en els centres de les ciutats perjudicades per la contaminació i les emissions de gasos tòxics. Si hi ha un arbre al qual se li pot definir com a "pulmó de les ciutats", és la *Paulownia*.

- Aliment per al bestiar

Les fulles, és a dir, la massa foliar de la *Paulownia* s'usa sovint com a farratge per a alimentar al bestiar (vaques, ovelles, cabres, etc.) Les seues qualitats són similars a les qualitats de l'alfals, conté al voltant del 20% de les proteïnes en fresc i al voltant del 12% fenificada. Està saturat de microelements i la seua digestibilitat és del 60%. El percentatge més gran del contingut proteic es troba en els exemplars de *Paulownia* joves, d'un any.

- Perfumeria

L'aroma de les flors de *Paulownia* (notes aromàtiques) es defineix com avainillat, empolsat i lleugerament ametllat. Això es deu al fet que la fragància conté una substància anomenada piperonal o heliotropina, molt coneguda en perfumeria i present en altres aromes.

- Mel

Les flors, a més de per la seua bellesa, també destaquen per un fort i fragant aroma i són excel·lents mel·líferes. La mel de *Paulownia* és lleugera, transparent, molt clara i aromàtica. La mel de *Paulownia*, igual que la d'acàcia, és una de les mels de major qualitat. A més de ser una exquisidesa, també se li pot donar un ús medicinal. És ben coneguda pels seus efectes beneficiosos i com a part del tractament de malalties bronquials, pulmonars i del sistema respiratori, i també millora la funció de la vesícula biliar, el fetge i la digestió en general. Les qualitats de la mel de *Paulownia* estan determinades per les substàncies presents en les seues flors, de manera que no passa res per utilitzar les mateixes flors en l'alimentació.

- Ús alimentari

A més de l'experiència xinesa en aquest sentit, no cal passar per alt la moda d'utilitzar les flors de *Paulownia* en forma de cons farcits de crema, que encara que pugua

semblar unes postres exòtiques, ja forma part del menú de molts restaurants europeus.

3.5. Característiques de l'espècie d'estudi

L'espècie d'estudi es tracta d'un híbrid entre *P. elongata* x *P. fortunei*, la qual desenvolupa en molt poc temps un tronc de gran diàmetre en zones de cultiu amb climes càlids. Aquest creuament entre *Paulownia elongata* i *Paulownia fortunei* és l'híbrid més resistent amb els temps de recol·lecció més reduïts possibles. Destaca també per un creixement extremadament homogeni i compacte, una copa fina i fulles carnosos i amples. La seua característica destacada és el creixement recte dels brots del tronc. Així, no és necessari realitzar una poda tècnica en el segon any de cultiu (*Journal of Theological Studies, 1958*).

Característiques principals:

- Presenta una resistència al gel fins a -10 °C
- Forma una copa especialment fina
- El marc de plantació adequat és de 4 m x 3 m en marc triangular
- La densitat de plantació pot ser de fins a 825 arbres/ha
- L'altura recomanada de les branques és de 6 m
- La primera recol·lecció possible és dona al cap de 5 anys
- També és adequada per a plantar en llocs exposats al vent
- No es necessita poda tècnica

La resistència al gel, els cicles de recol·lecció i el rendiment de la fusta per arbre depenen de diversos factors, com la ubicació, l'abonament, el reg i les cures, per la qual cosa poden variar considerablement segons cada cas.

En la primera recol·lecció possible al cap de 5 anys, es pot arribar a obtenir fins a 0,4 m³ de beneficis de fusta/arbre; i quant a la recol·lecció principal al cap de 7 anys, fins a 0,75 m³ de beneficis de fusta/arbre per any.

3.6. Característiques edafoclimàtiques de l'espècie d'estudi

Les condicions mediambientals en la distribució natural de *P. elongata* x *fortunei* corresponen a temperatures que van des dels 12 a 23 °C (tot i que poden suportar temperatures entre els -10 °C i els 0 °C).

Les precipitacions mitjanes anuals a les quals estan millor adaptades està aquesta espècie rondant entre 600 i 2.500 mm (podent suportar sequeres) i altituds entre 600 i 1.500 m s. n. m. (però també té bon creixement a menors altituds).

El rang òptim de temperatura per al seu creixement es troba entre els 24 i 29 °C (*Van de Hoef, 2003*).

El gènere *Paulownia* sp. creix en un ampli rang de tipus de sòls, però es desenvolupa bé preferiblement en sòls profunds, amb menys de 25% d'argila, i més de 50% de porositat, menys de l'1% de salinitat, i pH entre 5 i 8,9. Pot créixer en sòls poc fèrtils, sempre que la textura i el drenatge del sòl siguin favorables.

Gràcies a aquestes característiques mediambientals que presenta aquest híbrid, es pot dir que aquest és l'híbrid més adequat per al seu cultiu a la regió mediterrània.

3.7. Característiques energètiques del cultiu de l'espècie d'estudi

Els arbres pertanyents al gènere *Paulownia* spp. posseeixen un ràpid creixement, sent especialment cridaner els primers anys de desenvolupament. En condicions normals, un arbre de 10 anys pot aconseguir els 30 – 40 cm de diàmetre normal i un volum de fusta pròxim a 0,3 – 0,5 m³. No obstant això, si les condicions de cultiu són òptimes, es

poden aconseguir volums de fusta pròxims als 4 – 4,5 m³, amb uns creixements anuals en diàmetre de 3 – 4 cm. (ZHU ZHAO-HUA et al., 1986).

La fusta de *Paulownia* posseeix una gran capacitat aïllant i un temps d'assecament molt curt (24 – 48 hores en forns per a fusta i 30 – 60 dies a l'aire lliure). Un altre avantatge important, respecte a altres vegetals, radica en la seua gran capacitat per a generar biomassa. Un arbre de 8 anys presenta una proporció de biomassa d'aproximadament, uns 275,4 kg de matèria seca total (ZHU ZHAO-HUA et al., 1986).

La fusta de *Paulownia* (sovint coneguda com a kiri) és d'alta qualitat, de color clar, dura però lleugera i de baixa densitat (entre 250 i 330 kg/m³, depenent del sòl i de les condicions de creixement de l'arbre). Per a condicions mediterrànies, la densitat d'aquesta fusta és segons Fernández (2012) de 297 kg/m³, valor molt semblant a l'obtingut per Hakan i Sahin (2009), els qui van obtindre una densitat de 272 kg/m³.

La baixa densitat de la fusta de *Paulownia* es considera un avantatge important, perquè a Espanya és l'espècie amb menor densitat. El xop (*Populus spp.*) la segueix en lleugeresa, amb densitats que oscil·len entre 330 kg/m³ i 370 kg/m³, depenent de la localitat de procedència (Jovanovski et al., 2011; Díaz et al., 2002).

A causa del ràpid creixement de la *Paulownia*, la primera collita comercial per a fusta es dona entre els 6 i els 8 anys des de la seua plantació, enfront dels 20 o 25 anys que necessiten en general les plantacions de creixement ràpid d'altres espècies.

El ràpid creixement de la *Paulownia* i les bones característiques energètiques de la seua biomassa (Falasca i Bernabé, 2010) la fan idònia per a cultius energètics de rotació curta.

La *Paulownia* rebrota després de la fitació 3 vegades, en cas de torns de 6-7 anys (per a producció de fusta), o bé 6 o 7 vegades en torns de 3 anys (per a producció de biomassa), abans que el seu rendiment decaiga significativament (Marcos et al., 2009a). Per tant, la vida mitjana de la plantació és de 18-21 anys abans que haja de ser replantada.

El poder calorífic és entès com la quantitat d'energia que desprèn la unitat de massa d'un combustible quan aquest es crema i mesurat en kcal/kg o kJ/kg. A la taula 2 es mostra el poder calorífic de l'espècie d'estudi amb una edat de vida d'entre 6 i 8 anys:

Espècie d'estudi	Densitat (kg/m ³)	% Cendres	PCI (kJ/kg)		PCS (kJ/kg)	
			Fusta	Escorça	Fusta	Escorça
<i>P. Elongata x fortunei</i>	275	1,1	15,96	16,45	19,56	19,88

Taula 2. Poder calorífic de l'espècie d'estudi. Font: Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació

A la següent taula (taula 3) es mostra una comparativa dels poders calorífics de la *Paulownia* amb altres tipus de biomassa que s'utilitzen actualment a l'habitatge d'estudi:

Tipus de combustible		PCI (kWh/kg)	PCI (kcal/kg)	PCI (kJ/kg)
Biomassa	Llenya i rames	4,41	3.800	15.884
	Llenyes d'oliveres i cultius agrícoles	2,90	2.500	10.450
	<i>Paulownia spp.</i>	4,57	3.940	16.469

Taula 3. Comparativa dels poders calorífics de les principals fonts energètiques de biomassa. Font: Resolució de la Secretaria d'Estat d'Energia de 27 de desembre del 2013 que modifica a l'Ordre ITC/2877/2008.

4. CARACTERÍSTIQUES DELS CAMPS DE CULTIU

Com que les dues parcel·les on es desenvolupa l'estudi per al cultiu de la Paulònia són diferents, s'ha realitzat un estudi de les propietats edafo-climàtiques d'ambdues.

4.1. Localització geogràfica dels camps de cultiu per a l'estudi

Per a la realització d'aquest estudi, s'han elegit dos tipus de camp de cultiu diferents on s'ubicarien les plantacions de l'espècie d'estudi (*P. elongata x fortunei*).

Els dos camps d'estudi es troben, un al terme municipal de Barxeta (Camp 1) amb coordenades UTM X: 720652, UTM Y: 4320185 segons el 'Google Earth', i amb una superfície de parcel·la de cultiu de 2.116 m² (segons consulta de la pàgina web de la Direcció General del Cadastre) i l'altre al terme municipal de Llocnou d'en Fenollet (Camp 2) amb coordenades UTM X: 718830, UTM Y: 4320506 segons el 'Google Earth', i amb una superfície de parcel·la de cultiu de 1.180 m² (segons consulta de la pàgina web de la Direcció General del Cadastre). Ambdós camps són pertanyents a la comarca de La Costera, al sud de la província de València, a la Comunitat Valenciana.

4.2. Característiques climatològiques de les zones d'estudi

Com s'ha pogut comprovar, els dos camps de cultiu estan ben prop un de l'altre, i també ben a prop de l'estació meteorològica d'on s'han pres les dades per a l'estudi de les condicions meteorològiques dels camps de cultiu, i per tant l'estació meteorològica escollida ha estat la de Xàtiva (V19), situada al municipi de Xàtiva ubicada segons les coordenades UTM X: 712192, UTM Y: 4319500 i a una altitud de 105 m s. n. m., mitjançant la web del Sistema d'Informació Agroclimàtica per al Regadiu (SIAR).

Per veure-ho de manera gràfica, a les figures 3 i 4 es mostren dos mapes on es pot apreciar la distància que hi ha entre l'estació meteorològica escollida i cadascun dels dos camps de cultiu per a l'estudi:

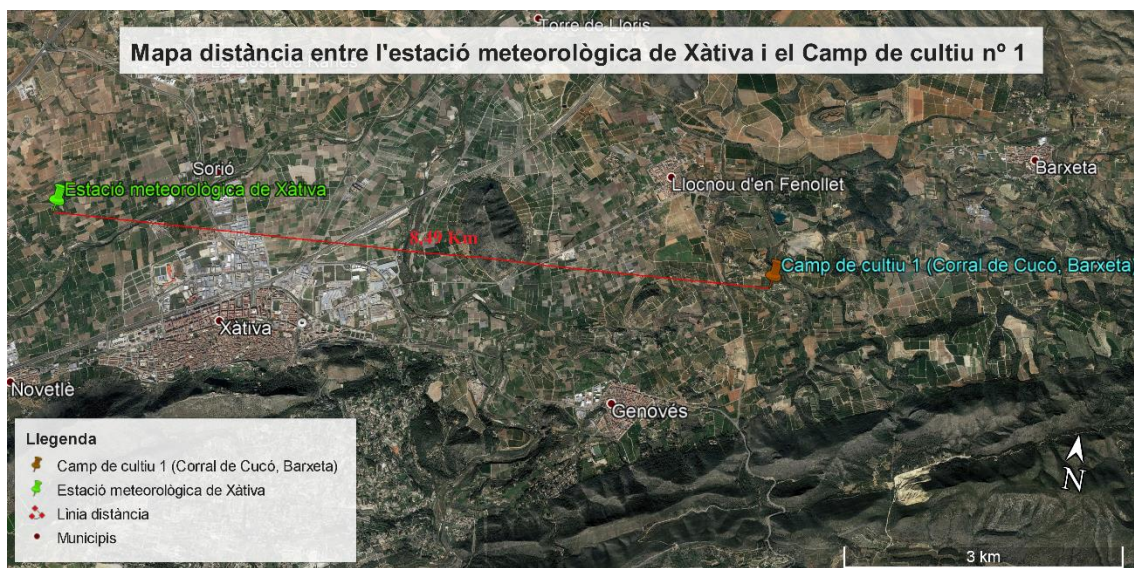


Figura 3. Distància entre l'estació meteorològica i el camp de cultiu 1. Font: elaboració pròpia



Figura 4. Distància entre l'estació meteorològica i el camp de cultiu 2. Font: elaboració pròpia

Com es pot apreciar, la distància entre l'estació meteorològica i els camps de cultiu és insignificant a l'hora de determinar el tipus de clima entre unes zones i altres, ja que és totalment equivalent i l'únic element que s'interposa és una xicoteta muntanya que a penes alça uns 300 m s. n. m, i per tant, a més de ser l'estació més pròxima als camps de cultiu, el clima és el mateix a aquestes zones.

A la taula 4 es mostren les dades recollides de l'estació meteorològica de Xàtiva (V19) per tal d'analitzar la climatologia de la zona d'estudi, en un període de temps de 3 anys, des del 5 de maig del 2016 fins al 4 de maig del 2019.

Mes	Temp. Mitj. (°C)	Temp. Màx. (°C)	Temp. Mín. (°C)	Hum. Mitj. (%)	Radiació (MJ/m ²)	Precip. Mitja (mm)	ETP
Gener	9,18	23,49	-2,39	69,35	9,21	74,10	32,09
Febrer	10,23	23,99	-1,35	70,97	11,30	24,22	41,45
Març	13,35	30,06	0,89	61,52	16,47	54,11	80,20
Abril	15,02	30,92	3,86	67,30	18,61	56,64	95,01
Maig	17,99	31,20	5,25	67,29	22,24	10,21	103,74
Juny	23,80	38,03	11,58	61,54	25,62	49,70	159,40
Juliol	26,39	40,55	15,28	64,35	25,59	1,45	170,93
Agost	26,00	39,53	14,78	68,86	21,77	18,89	143,97
Setembre	22,95	38,28	11,44	72,21	17,93	32,39	101,77
Octubre	18,59	33,22	6,34	77,43	13,22	35,71	63,09
Novembre	12,38	26,65	0,28	74,48	8,69	55,18	32,61
Desembre	10,01	22,80	-0,89	77,37	7,75	120,28	24,33
Mitja	17,16	31,56	5,42	69,39	16,53	532,88	1048,59

Taula 4. Dades climatològiques de la zona d'estudi obtingudes de l'estació meteorològica de Xàtiva (V19) dels últims anys. Font: SIAR (2019)

Com es pot observar a la taula 4, a partir de les dades obtingudes dels últims 3 anys, es pot dir que la climatologia de la zona d'estudi presenta unes temperatures suaus, exceptuant les del mes de juliol, on les temperatures s'eleven considerablement, fins i tot superant els 40 °C, amb una ETP bastant elevada, molt superior a la precipitació, indicant un estiu molt sec.

Les dades indiquen que es tracta d'un clima termotipus Termomediterrani i també Mesomediterrani ja que presenta un índex xerotèrmic de 73,8

A la figura 5 es mostra la figura de Gaussen, que relaciona les temperatures mitjanes i precipitacions mitjanes d'un període de temps de 3 anys:

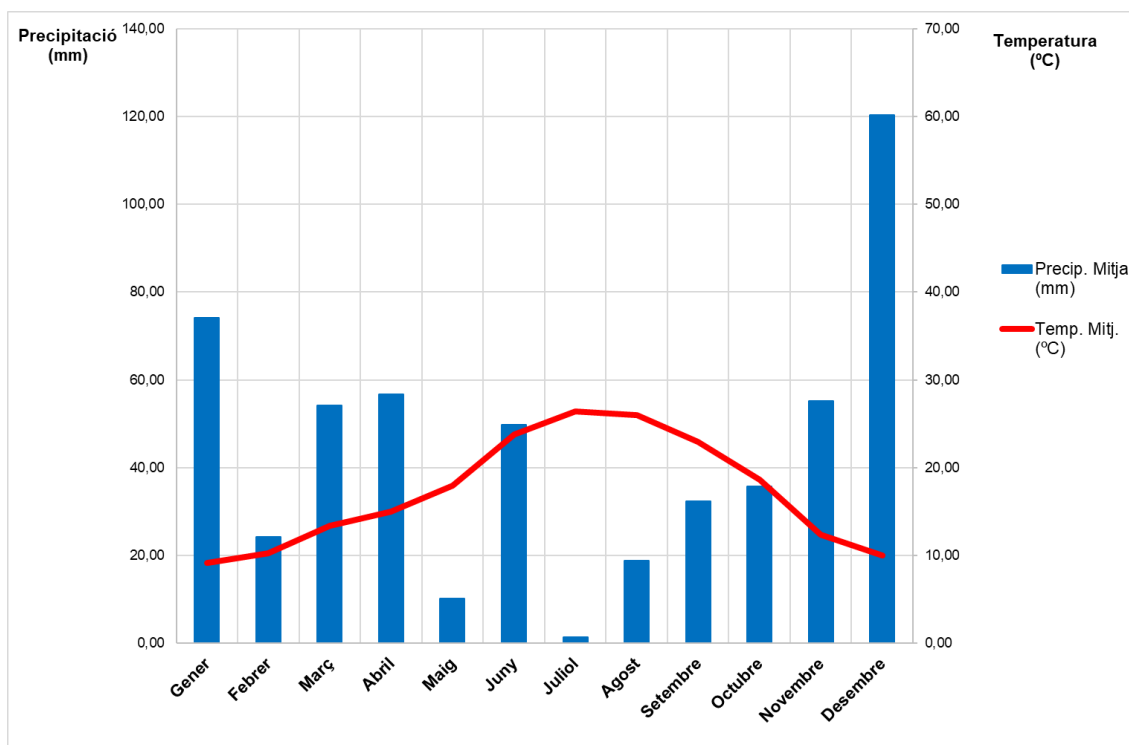


Figura 5. Diagrama Gaussen dels últims 3 anys (2016-2019) Font: SIAR 2019

Com es pot observar a la figura 5, el mes on és presenta la menor quantitat de precipitacions mitjanes (1,45 mm) és el mes que presenta majors temperatures mitjanes (26,4 °C), concretament al mes de juliol.

4.2.1. Clima del Camp 1

El clima del terme de Barxeta (on es troba el Camp 1) és un clima d'estepa local. Hi ha poques precipitacions durant tot l'any. Aquesta ubicació està classificada, segons la classificació de Köppen, (que consisteix combinant les mitjanes de temperatura i precipitació i l'estacionalitat d'aquesta última, establint 5 grups principals designats amb lletres segons el tipus de clima de la zona) com BSk (*Climes freds i semiàrids*) per Köppen i Geiger. A Barxeta, la temperatura mitjana anual és de 17,4 °C. Hi ha al voltant de precipitacions de 457 mm.

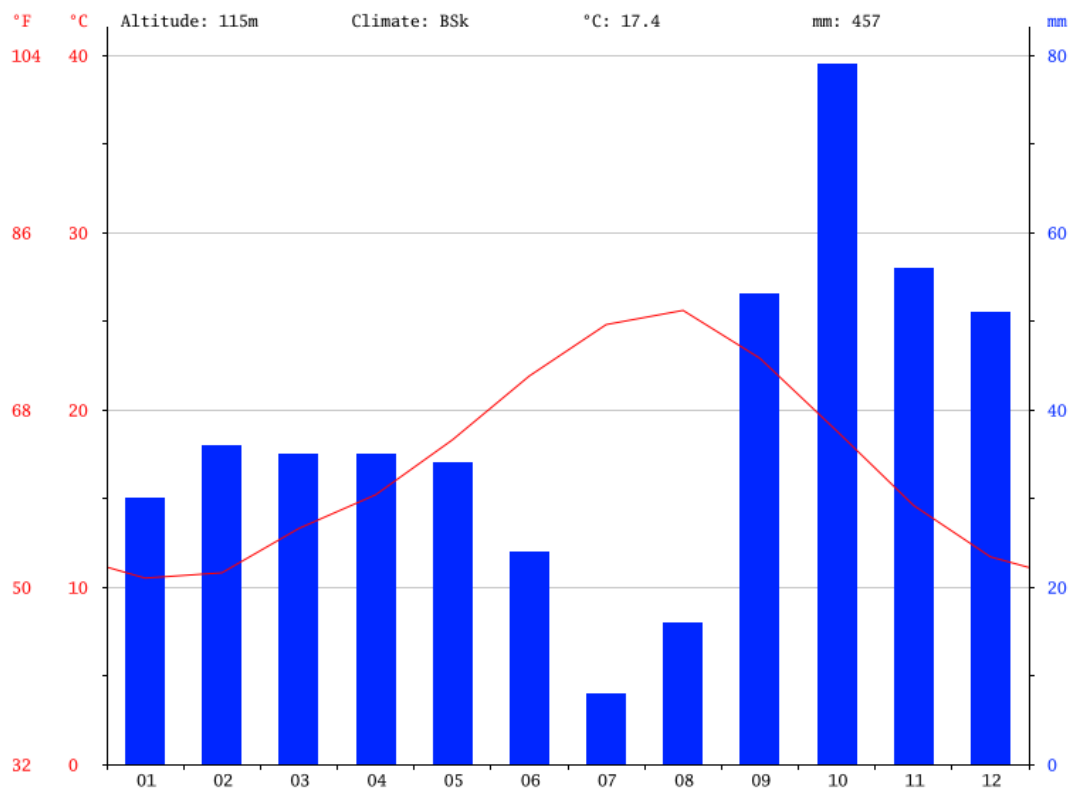


Figura 6. Diagrama Gaussen al terme de Barxeta (període de 1982-2012). Font: Climate-Data.org

Com es mostra a la figura 6, la precipitació més baixa és al juliol, amb una mitjana de 8 mm. La quantitat més gran de precipitació ocorre a l'octubre, amb una mitjana de 79 mm.

A continuació es mostra la variació de temperatures de la zona del camp 1 (figura 7):

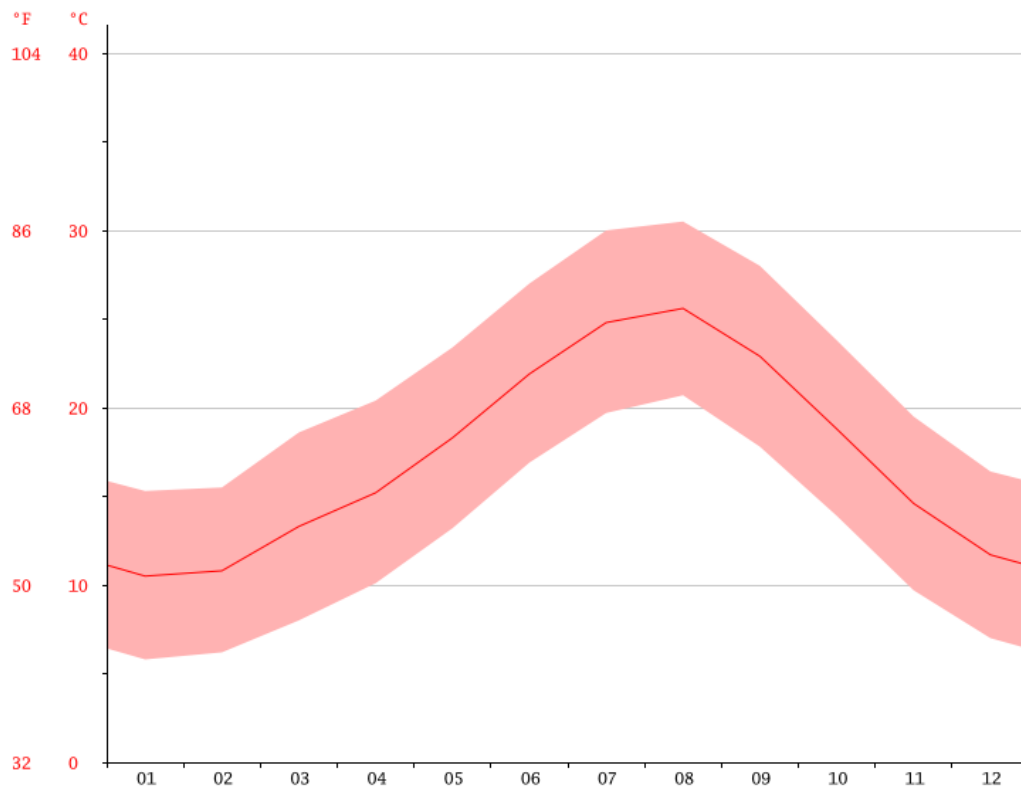


Figura 7. Amplitud tèrmica al terme de Barxeta (període de 1982-2012) Font: Climate-Data.org

A una temperatura mitjana de 25,6 °C, agost és el mes més calorós de l'any. Les temperatures mitjanes més baixes de l'any es produeixen al gener, quan està al voltant de 10,5 °C.

4.2.2. Clima del Camp 2

Observant les figures 8 i 9, el clima del terme de Llocnou d'en Fenollet és un clima d'estepa local. Hi ha poques precipitacions durant tot l'any. Aquest clima és considerat BSk (*Climas freds i semiàrids*) segons la classificació climàtica de Köppen-Geiger. A Llocnou d'en Fenollet, la temperatura mitjana anual és de 17,5 °C. Hi ha al voltant de precipitacions de 441 mm.

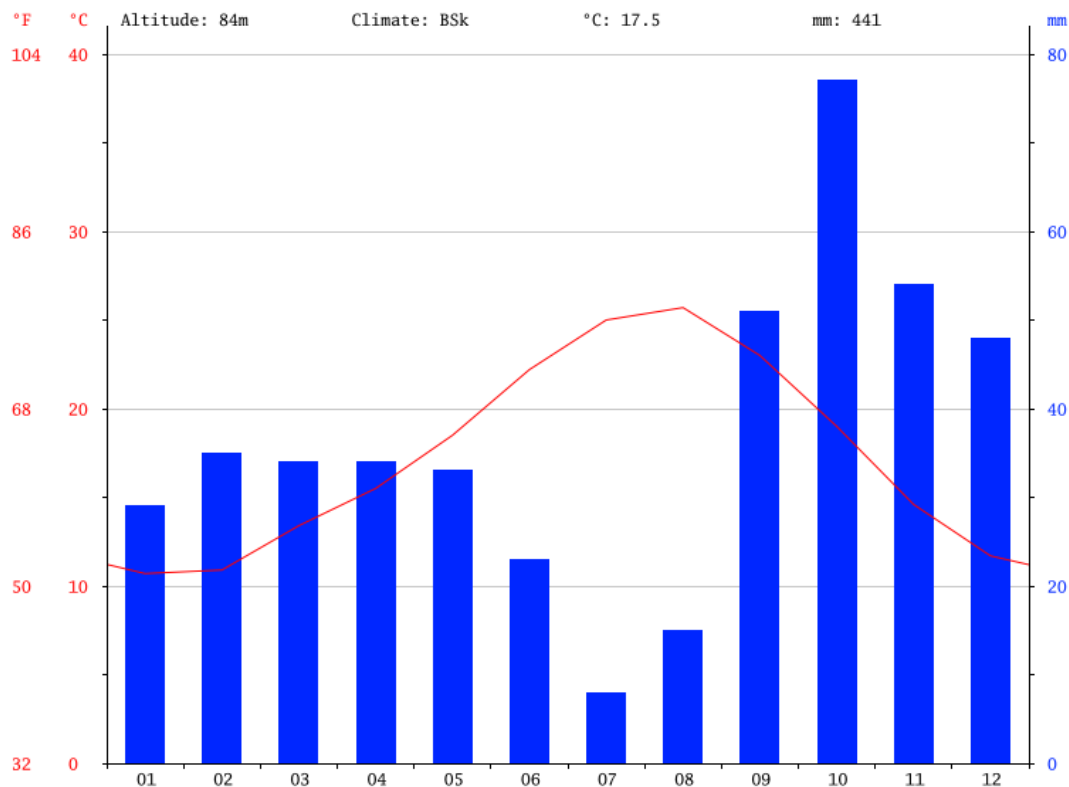


Figura 8. Diagrama Gaussen al terme de Lloc Nou d'en Fenollet (període de 1982-2012). Font: Climate-Data.org

La precipitació és la més baixa al juliol, amb una mitjana de 8 mm. La quantitat més gran de precipitació ocorre a l'octubre, amb una mitjana de 77 mm.

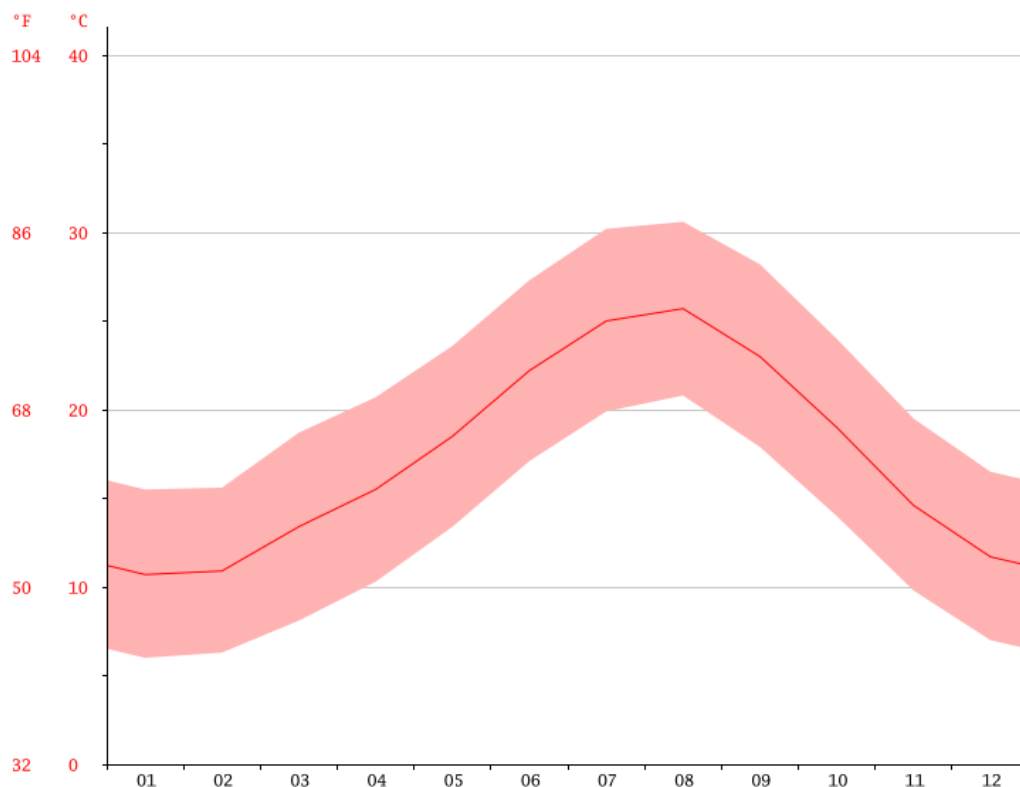


Figura 9. Amplitud tèrmica al terme de Lloc Nou d'en Fenollet (període de 1982-2012) Font: Climate-Data.org

A una temperatura mitjana de 25,7 °C, agost és el mes més calorós de l'any. Les temperatures mitjanes més baixes de l'any es produeixen al gener, quan està al voltant de 10,7 °C.

4.3. Característiques geològiques de les zones d'estudi

Al mapa de la figura 10 es pot observar que les dues zones d'estudi presenten una geologia diferent una de l'altra, ja que la geologia de la zona d'estudi del camp 1 pertany al període del triàsic, dintre de l'era mesozoica, on les formacions geològiques daten de fa més de 200 milions d'anys i, la zona d'estudi del camp 2 pertany al període del quaternari, dintre de l'era cenozoica, on les formacions geològiques són més recents, ja que daten de fa uns 2 milions d'anys.

Com bé s'observa a la llegenda, la composició geològica de la zona del Camp d'estudi num 1 està composta per argiles i magres variolades guixenques mentre que al camp 2 la geologia està composta per llims bruns fluvials i llims arenosos.

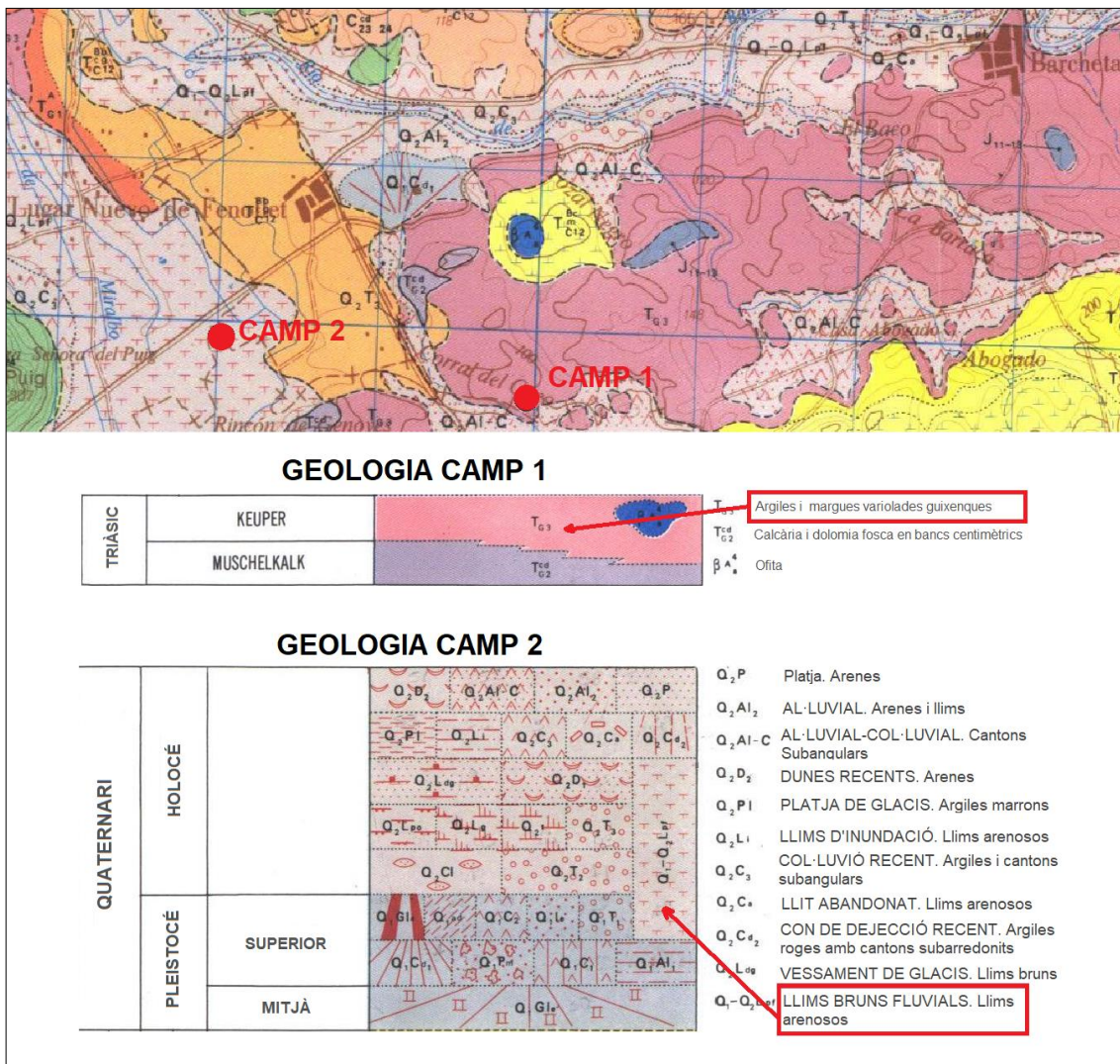


Figura 10. Mapa geològic de les zones d'estudi. Font: IGME

5. VIABILITAT DE L'AUTOSUMINISTRAMENT ENERGÈTIC

5.1. Estudi de les necessitats energètiques

En el consum energètic dels habitatges cal distingir diversos aspectes que el determinen, com són la zona climàtica, el tipus d'habitatge i els usos i serveis que es fa d'ella. L'eficiència energètica de l'habitatge es mesura a partir de la quantitat d'energia calculada o mesurada que es necessita per a satisfer la demanda d'energia associada a un ús normal de l'habitatge, que inclourà, entre altres coses, l'energia consumida en la calefacció o la refrigeració, la ventilació, el calfament d'aigua i la il·luminació.

Els subministraments energètics es poden classificar en dos tipus: els tèrmics (aigua calenta sanitària, calefacció i cuina) i els exclusivament elèctrics. Entre els diferents equips elèctrics que hi ha en les llars com són el servei elèctric de calefacció com el calefactor elèctric, el radiador elèctric o la caldera elèctrica. Uns altres són el servei d'aigua calenta sanitària (ACS), la refrigeració i la cuina, de la qual formen part el forn elèctric, la vitroceràmica i el microones i finalment els electrodomèstics en general.

L'ús d'energia actual a l'habitatge d'estudi es tracta de la utilitat de diversos tipus d'energia, com l'elèctrica (per a tota classe d'aparell connectat a la xarxa elèctrica com els electrodomèstics o l'enllumenat), el gas butà (per a la cuina, bàsicament per als fogons) i la biomassa (per a la calefacció amb estufa de llenya).

Cal destacar que per a les necessitats d'aigua calenta sanitària (ACS), actualment s'utilitza un captador amb circulació natural per termosifó (captador solar) situat a la

teulada de l'habitatge (figura 11), que utilitza l'energia solar tèrmica per al seu funcionament, tractant-se així d'un tipus d'energia renovable, la qual no hi ha necessitat de substituir, ja que es tracta d'una energia eficient que cobreix les necessitats d'aigua calenta.



Figura 11. Imatges del captador solar per a l'abastiment d'ACS. Font: elaboració pròpia

Aquest estudi se centra en el subministrament d'energia tèrmica, concretament en l'ús de la calefacció.

Per a les altres necessitats energètiques, és a dir, les exclusivament elèctriques, s'hi hauria de realitzar un altre estudi per millorar l'eficiència elèctrica.

Actualment a l'habitatge d'estudi, per cobrir les necessitats d'energia calorífica (calefacció) s'utilitza biomassa, mitjançant una estufa de llenya situada al menjador de l'habitatge, ubicada més o menys al centre de l'habitatge.

La biomassa utilitzada per produir l'energia calorífica a l'habitatge es tracta de llenya de cultius agrícoles, concretament en aquest cas, llenya de taronger, i el que es vol aconseguir és autosubministrar-se amb un altre tipus de biomassa més rendible, tant econòmicament com productivament, per substituir a l'actual i poder cultivar-se-ho un mateix.

L'ús actual de biomassa per cobrir les necessitats d'energia calorífica per a calefacció compren un període de temps mitjà de 150 dies, que sol ser entre l'1 de novembre fins a l'1 d'abril, consumint-se uns 30 kg al diaris de biomassa, suposant uns 4.500 kg al llarg del període d'utilització d'aquesta biomassa, amb un cost d'uns 0,47 €/kg, obtenint així un cost anual d'uns 2115 € (preu consultat a la web de l'empresa de Vilafamés (Castelló) Leñas Oliver, S.L.)

La superfície de l'habitatge d'estudi consta de 127 m² de superfície construïda, dels quals es pretenen abastir aproximadament 90 m² (figura 12), ja que la resta o bé no s'utilitzen (4,15 m²) o bé són superfícies exteriors (32,12 m²).



Figura 12. Superfície de l'habitatge a abastir. Font: elaboració pròpia

5.2. Estimació de la producció energètica mitjançant cultiu de Paulònia

5.2.1. Replanteig del cultiu

Per a estimar la producció de biomassa que s'obtindria a partir dels dos camps de cultiu s'ha realitzat un replanteig integrant un tipus de marc de plantació rectangular seguint el marc de plantació que indica l'empresa alemanya *We Grow* (WeGrow GmbH), una empresa dedicada al cultiu de paulònies des de fa una dècada (amb plantacions a Alemanya i a Espanya). El marc de plantació realitzat per al cultiu és un marc de 3 x 4, és a dir, 3 metres de separació entre els arbres de la mateixa fila, i 4 metres de separació entre les files.

Amb aquest marc de plantació que es mostra a les figures 13 i 14, el nombre d'arbres que es podrien cultivar amb el marc de plantació escollit és de 110 arbres al camp de cultiu num. 1 i 84 arbres al camp de cultiu num. 2, obtenint un total de 194 arbres, és a dir una densitat de plantació de 519 arbres/Ha al camp de cultiu num. 1 i de 711 arbres/Ha al camp de cultiu num. 2.



Figura 13. Replanteig del cultiu per al camp 1. Font: elaboració pròpia



Figura 14. Replanteig del cultiu per al camp 2. Font: elaboració pròpia

5.2.2. Producció estimada del cultiu d'estudi

Amb el marc de plantació anteriorment descrit i les característiques energètiques descrites al capítol 3 d'aquest estudi, es pot estimar la producció del cultiu d'estudi.

Tenint en compte que la primera recol·lecció es faria quan els arbres tenen entre 6 i 8 anys de vida i la biomassa anual que es podria arribar a produir amb una densitat de **275 kg/m³ per arbre**, queda reflectida a la taula 5:

Edat (anys)	ϕ (m)	H (m)	g (m ²)	V (m ³)	Densitat (kg/m ³)	Massa (kg)	num. d'arbres	Massa total (kg)
6 - 8	0,35	10,5	0,10	1,01	275	278	194	54.000

Taula 5. Producció total estimada de biomassa a l'any en els 2 camps de cultiu a partir del sext any de vida dels arbres. Font: elaboració pròpia

5.2.3. Balanç de la utilitat de la biomassa

Comparant el consum actual de biomassa amb la producció obtinguda al cultiu d'estudi, ja que com s'ha descrit anteriorment, el consum actual de biomassa en un període de

150 dies és de 4.500 kg, i al cultiu d'estudi s'obtidrien quasi 54 tones de fusta a l'any a partir del sisé any de vida dels arbres (53.867,83 kg), també es pot calcular el consum expressat en kWh per fer una comparació del consum d'energia actual (taules 6 i 7), tenint en compte que es tracta d'un consum d'energia òptim per cobrir les necessitats de l'habitatge utilitzant, com s'ha comentat abans, 30 kg al dia de la biomassa actual amb la biomassa proposada en aquest estudi.

Biomassa actual	PCI (kWh/kg)	Consum biomassa actual (kg/d)	Consum d'energia anual (kWh)
Llenyes de cultius agrícoles	2,90	30	13.050

Taula 6. Consum de l'energia de la biomassa utilitzada actualment a l'habitatge. Font: elaboració pròpia

Biomassa d'estudi	PCI (kWh/kg)	Biomassa produïda (kg)	Consum d'energia (kWh)
<i>P. Elongata x fortunei</i>	4,57	54.000	246.200

Taula 7. Producció anual de l'energia estimada de la biomassa per a l'estudi. Font: elaboració pròpia

6. MATERIAL I MÈTODES

6.1. Mostreig de les zones d'estudi

Per a la realització del present estudi s'han utilitzat dos camps de cultiu localitzats en diferents zones i que presenten diferents característiques (exceptuant quant a característiques climatològiques, ja que com s'ha dit abans, són iguals), i així poder estudiar la viabilitat en dues zones diferents.

Per tal d'analitzar els dos tipus de sòl per a l'estudi, es va realitzar un mostreig (figura 15) el dia 9 de febrer del 2019 als dos camps de cultiu on s'ha realitzat l'estudi, que compten amb una superfície d'uns 2.116 m² (Camp 1) i de 1.180 m² (Camp 2). Aquest mostreig va consistir a realitzar 2 mostrejors compostos en cada camp de cultiu, extraient 5 mostres més xicotetes de cada camp, a uns 20 cm de profunditat en cada punt de mostreig i barrejant-les entre elles, repetint el procés per obtenir dues mostres de cada camp de cultiu, escampant la terra sobre paper de periòdic i deixant-les assecar a l'aire uns dies perquè perda una mica d'humitat, i així poder realitzar l'estudi de les propietats dels sòls al laboratori amb 4 mostres, agafant 1 kg aproximadament de cadascuna.



Figura 15. Recollida de mostres i procés d'asseccament del sòl. Font: Elaboració pròpia

6.1.1. Localització dels punts de mostreig de les zones d'estudi

A continuació es mostren dues imatges (figures 16 i 17) on es poden observar les zones on s'ha realitzat el mostreig per a l'estudi, mostrant també una taula on s'indiquen les coordenades dels punts de mostreig (taula 8):

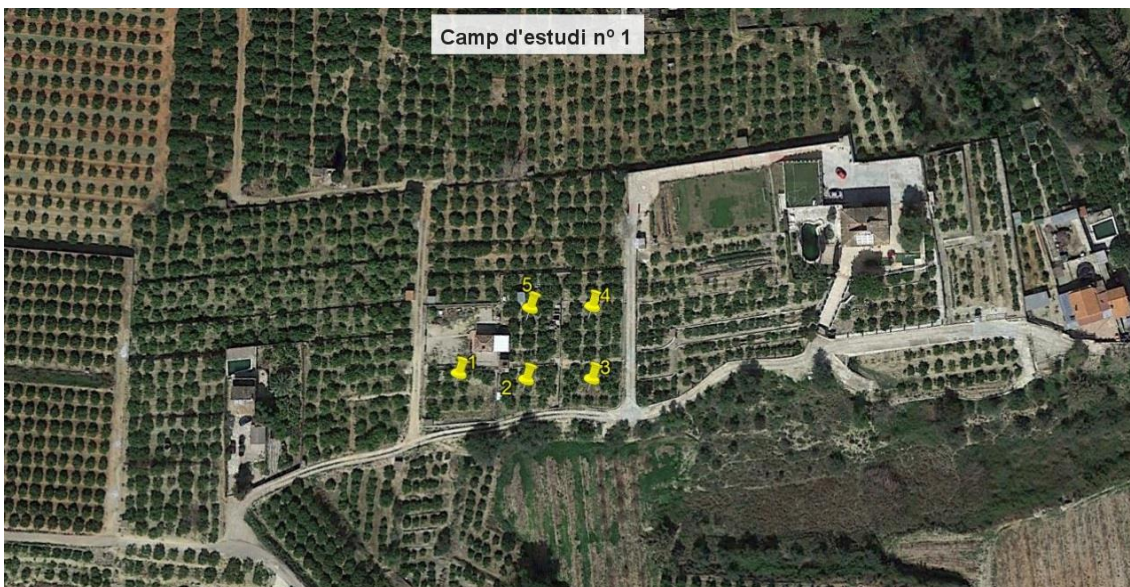


Figura 16. Punts de mostrejos del Camp d'estudi num. 1 (Corral de Cucó). Font: Elaboració pròpia



Figura 17. Punts de mostrejos del Camp d'estudi num. 2 (Arrossar). Font: Elaboració pròpia

Camp 1 - Corral de Cucó			Camp 2 - Arrossar		
Mostra	UTM: X	UTM: Y	Mostra	UTM: X	UTM: Y
1	720657.32 E	4320172.54 N	1	718832.89 E	4320488.40 N
2	720678.22 E	4320174.86 N	2	718843.17 E	4320503.05 N
3	720698.89 E	4320178.91 N	3	718826.24 E	4320500.72 N
4	720694.96 E	4320200.58 N	4	718834.88 E	4320513.88 N
5	720675.47 E	4320196.43 N	5	718820.98 E	4320517.25 N

Taula 8. Coordenades dels punts de mostrejos. Font: Elaboració pròpia

6.1.2. Material emprat per al mostrejos de les zones d'estudi

Els materials emprats per a la realització dels mostrejos van ser els següents:

- Un dispositiu GPS (per poder obtenir les coordenades de cada punt de mostreig)
- Algun tipus de càmera fotogràfica (podent ser un telèfon intel·ligent)
- Paletí
- Aixada
- Pic

- Poal
- Cabàs de plàstic (o de goma)
- Cinta mètrica
- Bosses de plàstic
- Retolador permanent
- Cilindres metàl·lics (per a obtindre mostres inalterades)
- Maça de goma

6.2. Procés d'anàlisi laboratorí

Les anàlisis de les mostres es van dur a terme al Laboratori de Sòls de l'Escola Politècnica Superior de Gandia (EPSG-UPV).

Un cop finalitzat el mostreig a les zones d'estudi i havent deixat assecat les mostres uns dies, es va procedir a realitzar les anàlisis pertinents per a calcular els paràmetres del sòl més rellevants i poder determinar les propietats amb les quals compten els sòls de les dues zones d'estudi per al cultiu de la Paulònia.

Aquest apartat consisteix amb explicar la metodologia emprada al laboratorí per a determinar les propietats de mostres de sòl mostrejades com també els instruments utilitzats per a dur a terme les anàlisis.

El primer pas al laboratorí va ser estendre les mostres dintre d'una safata de plàstic (figura 18) i amb l'ajuda d'un corró, triturar la terra per a aconseguir tindre unes partícules de terra més fines trencant els agregats i a continuació passar la terra per un garbell de 2 mm de llum i així, realitzar les anàlisis de les propietats del sòl amb la porció de terra fina, és a dir, amb partícules de diàmetre de 2 o menys mm, ja que és aquesta fracció la que s'utilitza per al laboratorí per analitzar les propietats dels sòls.



Figura 18. Preparació de les mostres de sòl. Font: Elaboració pròpia

6.2.1. Color

El color d'un material és el resultat de la reflexió en la seua superfície de radiacions de l'interval visible de la radiació solar incident.

En el sòl, amb la seua superfície formada per materials amb diferents coeficients de reflexió, el color dominant serà definit pel del material que siga més abundant i amb gran superfície específica.

El color del sòl canvia amb el contingut d'humitat afectant la lluentor en +1/2 a -3 unitats i la saturació en -1/2 a +3 unitats. Estranyes vegades el canvi d'humitat afecta el matís.

El color es determina per comparació en una taula de colors, sent la taula de Munsell (figura 19) generalment la utilitzada per a sòls, on un color queda definit per tres variables bàsiques: matís, lluentor i saturació.

- El matís queda determinat per la longitud d'ona dominant de la llum visible reflectida, i a més en les taules Munsell els colors s'agrupen per matisos, de manera que els colors que apareixen en una mateixa fulla tenen el mateix matís.

- La lluentor és una mesura de la intensitat del color per unitat de superfície. La notació emprada per a la lluentor consisteix en números del 0 per a negre absolut, al 10 per a blanc absolut.
- La saturació pureza relativa del color espectral dominant. La notació per a la saturació consisteix en números del 0 al 20.



Figura 19. Taula Munsell utilitzada per a determinar el color de les mostres. Font: Elaboració pròpia

6.2.2. pH

El mesurament del pH d'una dissolució es realitza normalment per un mètode electroquímic basat en una mesura de la f.e.m que s'estableix en una semicel·la constituïda per un elèctrode de referència que proporciona un potencial constant, i una altra semicel·la, el potencial del qual depèn del pH que es desitja mesurar.

Posant en contacte les dues semicel·les per un pont salí, es pot mesurar la diferència de potencial mitjançant un potenciòmetre (pH-metre) i relacionar aquest valor amb el pH.

Per a mesurar el pH, s'ha utilitzat un pH-metre de sobretaula model pH50+ DHS (figura 20).



Figura 20. Anàlisi del pH amb el pH-metre pH50+ DHS. Font: Elaboració pròpia

Els valors que pot adoptar el pH varien entre 0 (molt àcid) i 14 (molt bàsic), podent classificar els sòls a partir del valor de pH en 3 categories:

- pH inferior que 6,5 —————> Sòls àcids
- pH entre 6,6 i 7,5 —————> Sòls neutres
- pH major que 7,5 —————> Sòls bàsics

Procediment: Pesar 10 g de sòl i afegir 25 ml d'aigua destil·lada. Agitar amb vareta o amb agitador magnètic durant cinc o deu minuts. Ajustar la posició dels elèctrodes en el suport, de manera que quan descendisquen en el got, l'elèctrode de vidre se

submergisca bé en la part parcialment sedimentada de la suspensió i l'elèctrode de referència quede en la solució-suspensió sobrenadant perquè s'establisca bon contacte elèctric a través del capil·lar del pont salí. Remoure la suspensió immediatament abans d'introduir els elèctrodes, però no durant la mesura. El pH-metre ha de ser calibrat abans de cada mesura.

6.2.3. Conductivitat elèctrica (prova prèvia de salinitat)

El principal objectiu de la prova prèvia de salinitat consisteix en determinar el contingut total dels ions, expressat com a concentració per unitat de solució, és a dir, el contingut en sals solubles de la solució del sòl.

Aquestes sals solubles es componen del següents ions (taula 9):

Cations	Anions
Calci	Clorurs
Magnesi	Sulfats
Sodi	Carbonats
Potassi	Bicarbonats

Taula 9. Ions que componen les sals solubles del sòl. Font: Elaboració pròpia

La permanència d'alt contingut en sals solubles en els horitzons superiors del sòl es produirà en regions àrides o semiàrides, on el valor de l'evapotranspiració supera al de la precipitació. En regions humides les sals solubles són llavades del sòl i es mantenen generalment en nivells baixos de concentració.

El contingut dels soluts en la solució del sòl pot arribar a valors de toxicitat a causa del valor de la pressió osmòtica que aconsegueix la solució o a efectes tòxics específics dels soluts.

El sòl salí es defineix com aquell que conté ions en solució en tal concentració que es produeix un minvament en alguna característica fisiològica del vegetal. Com totes les plantes no són igualment sensibles a un mateix nivell de salinitat, el concepte de sòl salí es concreta a aquell nivell que produïska una disminució en el creixement de molts cultius.

El mètode generalitzat per a mesurar la salinitat del sòl és el de la mesura de la conductivitat elèctrica (CE), en aquest cas, utilitzant un conductímetre model "Conductimeter Basic 30, de Crison" (figura 21).



Figura 21. Anàlisi de la CE amb el conductímetre "Conductimeter Basic 30, de Crison". Font: Elaboració pròpia

Procediment: Pesar 10 g de sòl dessecat a l'aire i col·locar-lo en el flascó. Afegir 50 ml d'aigua destil·lada i tapar. Agitar durant mitja hora amb l'agitador i deixar reposar durant uns minuts. Filtrar la suspensió a través d'un paper de filtre. Rebutjar o re-filtrar el filtratge inicial en cas de ser térbol. Calibrar el conductímetre. Mesurar la C.E.

Quan la salinitat siga superior a 0,2 dS/m, es prepara la pasta saturada del sòl.

6.2.4. Matèria orgànica

La matèria orgànica del sòl està composta per microorganismes, restes no descompostes de plantes i animals i per materials resultants de la descomposició d'aquestes restes per l'acció de microorganismes i del mitjà en general.

Tota matèria orgànica té la presència de C en la seua composició, que denominem com a carboni orgànic.

En el procés de la determinació de la matèria orgànica, el carboni orgànic del sòl es determina per un procés d'oxidació en medi àcid, anomenat mètode de Walkey-Black.

El reactiu oxidant utilitzat és l'ió dicromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), el qual, al medi àcid i en calent, oxida al C que es trobe en la seua forma reduïda, C^0 .

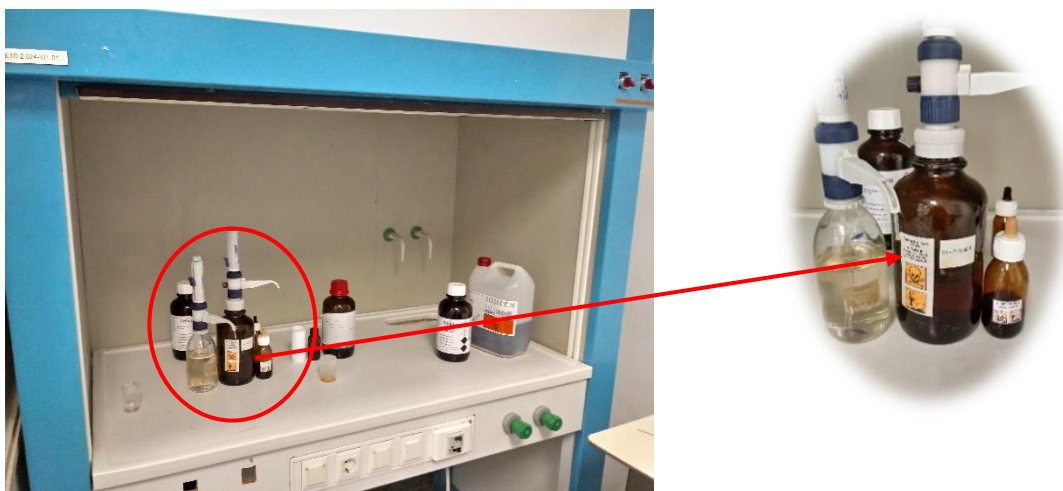


Figura 22. Dicromat potàssic i àcid sulfúric en la campana de fums. Font: Elaboració pròpia

Procediment: Es porta una mostra de sòl d'1 g a un matràs Erlenmeyer de 250 ml, s'afegeixen 5 ml de dicromat potàssic ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 1N (figura 22) i es remou el matràs per a dispersar el sòl en la solució; a continuació i en una campana de fums (figura 22) s'afegeixen 5 ml d'àcid sulfúric concentrat (H_2SO_4) (figura 22). Es mesclen els components agitant el matràs durant 30 segons i es deixa refredar entre 15-20 minuts. Després s'afegeixen 50 ml d'aigua destil·lada, 4 o 5 gotes de l'indicador complex ferrós d'ortofenantrolina i es valora l'excés de dicromat mitjançant una bureta amb sulfat ferrós (FeSO_4) 0,5 N (figura 23). En el punt final es produeix un canvi de color de blau a roig. Quan s'aproxima aquest punt final la solució presenta un color verdós i després verd fosc. Es valora la solució del sulfat ferrós 0,5N repetint el procés, sense afegir sòl.

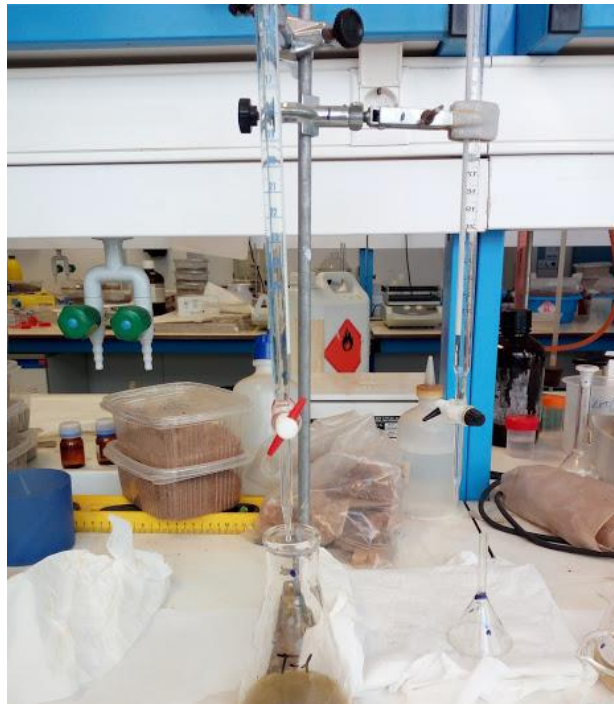


Figura 23. Valoració de l'excés de dicromat amb sulfat ferrós. Font: Elaboració pròpia

6.2.5. Carbonats

El carboni inorgànic es presenta en els sòls en forma de carbonats i especialment com a carbonats poc solubles d'elements alcalinoterris, sent la calcita (CaCO_3), amb diferència, la més abundant de tots.

La quantitat de carbonat que se solubilitza a partir de qualssevol dels minerals pertanyents als carbonats, depèn, a més del seu producte de solubilitat, de la pressió parcial de CO_2 en equilibri amb la solució del sòl i de la força iònica de la solució. Un augment de la pressió parcial de CO_2 augmenta la quantitat de Ca^{2+} i/o Mg^{2+} que passa a solució.

Per a la determinació de carbonats s'utilitza el calcímetre de Bernard.

Procediment: Per al mesurament dels carbonats (figura 24), es pesen 0,5 g de terra fina de cada mostra de sòl, realitzant dues rèpliques en cadascuna de les mostres i s'introdueixen en diferents matrassos Erlenmeyer, introduint també en aquest, un tubet de vidre en el qual es posen uns 5 ml d'àcid clorhídric (HCl), i sense que s'aboque el contingut, inclinar el matràs agitant-lo una mica perquè reaccione l'àcid amb la mostra de sòl. Agitar l'Erlenmeyer i a mesura que descendeix el nivell de líquid en la bureta, fer descendir el depòsit de manera que es conserve el mateix nivell en tots dos, anotant la lectura del nivell a intervals de 30 segons. Quan el nivell de l'aigua en el tub quede estacionari deixar d'agitar i prendre la lectura del nivell aconseguit per l'aigua en la bureta. Repetir les operacions descrites amb un pes conegut de carbonat càlcic polvoritzat. Amb les dades obtingudes, es calcula el contingut del sòl en carbonats, expressats en % de sòl sec.



Figura 24. Mesurament dels carbonats en les mostres de sòl. Font Elaboració pròpia

6.2.6. Textura

La textura d'un sòl expressa les proporcions, en pes, de les partícules inorgàniques contingudes en les diferents classes de grandària inferiors a 2 mm.

Per a una classificació dels sòls segons la textura s'agrupen les grandàries en fraccions. En totes les classificacions s'estableix una divisió en tres grups: arena, llim i argila, i subdivisions dins d'aquests grups. Les diferències entre les classificacions apareixen en fixar els límits de separació dels grups i subgrups. La classificació que s'utilitza més sovint correspon a la del Departament d'Agricultura dels Estats Units (U.S.D.A.).

Les classes texturals es defineixen per la dominància en el sòl de les propietats d'una o més de les fraccions argila, llim o arena. L'absència de dominància de les propietats d'una d'aquestes fraccions correspon a la classe franca.

Els quatre termes, argila, llim, arena i franc, combinades com a noms i adjectius designen dotze classes texturals que poden ser deduïdes coneixent el % en pes de les tres fraccions mitjançant el diagrama triangular (figura 25).

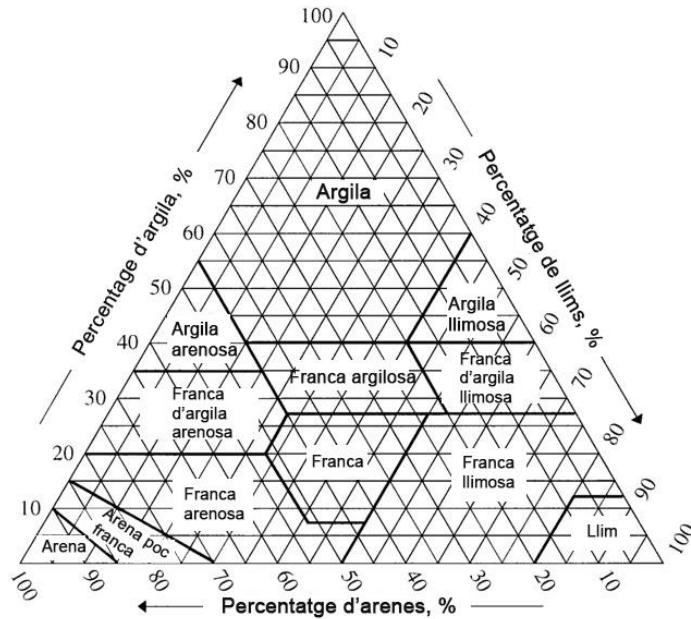


Figura 25. Diagrama triangular de les classes texturals. Font: Elaboració pròpia

Procediment: En aquest estudi, la determinació de la textura es du a terme amb el densímetre de Bouyoucos. Es pesen 40 g de sòl de cadascuna de les mostres en una safata d'alumini (figura 26), s'afegeixen 100 ml de Calgon i es deixa que es xope removent-ho durant 10 minuts. Es transfereix la suspensió al got dispersador de la batedora (figura 27) usant el doll d'un flascó rentador amb aigua destil·lada per a arrossegar tota la mostra i s'afegeixen 4 o 5 gotes d'alcohol isoamílic. Es bat la suspensió durant 5 minuts i es transfereix a la proveta d'1 l (figura 26), enrasant amb aigua destil·lada fins al senyal de 1000 ml. Després s'agita amb la barra mescladora durant uns 60 segons i seguidament es realitza la mesura de la densitat amb el densímetre, realitzant les mesures en transcursos de temps de 30 segons, 60 segons, 3, 10, 60 i 90 minuts, i una última mesura havent passat 8 hores.

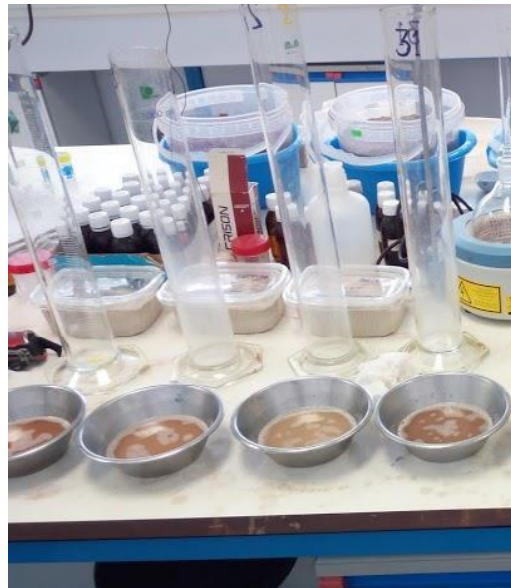


Figura 26. Safates d'alumini i provetes d'1 l. Font: Elaboració pròpia



Figura 27. Batedora. Font: Elaboració pròpia

6.2.7. Densitat aparent i porositat

El sòl és un sistema compost per tres fases: sòlida, líquida i gasosa. La massa total del sòl (M_t) és la suma de la massa de sòlids (M_s) i la massa d'aigua (M_w), ja que la massa d'aire (M_a) es pot considerar menyspreable respecte a les altres dues. El volum total de les tres fases (V_t) és la suma del volum de sòlids (V_s), el volum d'aigua (V_w) i el volum d'aire (V_a). L'aigua i l'aire ocupen els porus del sòl, sent el volum de porus (V_p) igual a la suma dels volums d'aigua i aire.

Procediment: En primer lloc, es recullen, amb cilindres mostrejadors o anells de mostres inalterades (figura 28), les mostres de sòl del mateix camp, i una vegada al laboratori, pesar (en la balança que es mostra a la figura 29) en sec les safates d'alumini (figura 28), on s'afegeiran les mostres de sòl recollides amb els cilindres mostrejadors, després s'afegeix el contingut d'aquests a les safates d'alumini i es pesa el conjunt i, seguidament es deixa a assecar durant unes 24 hores en una estufa de dessecació (figura 29), a 105 °C de temperatura. Passades les 24 hores, es trauen les mostres de sòl de l'estufa i es deixen refredar en un dessecador de CaCl_2 fins que aconseguisquen la temperatura ambient i a continuació pesar de nou el conjunt. Calcular el volum dels cilindres mostrejadors per poder calcular el volum de sòl per les dimensions interiors d'aquests i així poder calcular la densitat aparent i la porositat junt amb la massa de sòl en sec.



Figura 28. Cilindres mostrejadors i safates d'alumini. Font: Elaboració pròpia



Figura 29. Balança i estufa de dessecació. Font: Elaboració pròpia

6.2.8. Capacitat d'intercanvi catiónic (C.I.C.)

La capacitat d'intercanvi catiónic (CIC) és un indicador que fa referència a la capacitat que té el sòl donat un determinat pH, per retindre i alliberar ions amb càrrega positiva i que poden ser intercanviats per altres continguts en la solució del sòl. Per les seues característiques, l'argila i la matèria orgànica són les que condicionen la CIC total d'un sòl, ja que aquestes contenen càrregues negatives a la seua superfície. La CIC proporciona als sòls la capacitat de retindre nutrients, necessaris per al creixement de les plantes, per tant una major CIC incrementa la fertilitat dels sòls, així com permet reduir les pèrdues d'aquests nutrients per lixiviació i mitigar possible contaminació de les aigües.

En canvi, quan la CIC se situa entre 5 i 15, es tracta d'arenas o argiles que no retenen els nutrients necessaris, i resulten ser terres poc fèrtils, és a dir, com que la matèria orgànica i les argiles tenen càrrega negativa i els cations que capta el sòl tenen càrrega positiva, per la qual cosa si té menys càrrega negativa, menys cations pot rebre.

No obstant això, a un elevat nivell podria generar problemes d'encalat i dificultat per a administrar fertilitzants.

El mètode es fonamenta en el desplaçament dels cations del complex de canvi (o adsorbent), mitjançant una solució d'una sal amb un pH regulat, eliminació de l'excés de sal per llavat amb un dissolvent exempt d'electròlits i desplaçament del catió saturant amb una altra sal, també amb pH regulat, i realitzar la valoració de la concentració del catió desplaçat.

El procediment experimental per al càlcul de la CIC del sòl consta de dues parts, repetint cadascuna d'elles 3 vegades:

- La primera part consisteix, en primer lloc, pesar aproximadament 4 g de sòl de cada mostra i col·locar aquest a un tub de centrífuga, després s'afegeixen 33 ml de la solució tamponada de sodi i a continuació agitar els tubs de centrífuga (ben tapats) durant 5 minuts a l'agitador mecànic (figura 30). Després passar els tubs de centrífuga a la centrifugadora (figura 31) durant altres 5 minuts. Seguidament, decantar el líquid sobrenadant i rebutjar-lo.
- A la segona part, fets dels tres llavats de la primera part, s'afegeixen 33 ml de nitrat magnèsic ($Mg(NO_3)_2$) a les mostres de sòl. A continuació, agitar els tubs de centrífuga 5 minuts a l'agitador mecànic. Després, es passen els tubs a la centrifugadora durant 5 minuts, i ara, en lloc de rebutjar el líquid sobrenadant, es recullen els decantats en matrassos aforats de 100 ml (figura 32) i s'enrasen amb nitrat magnèsic ($Mg(NO_3)_2$) després de recollir l'últim decantat.

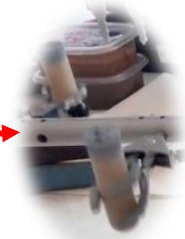
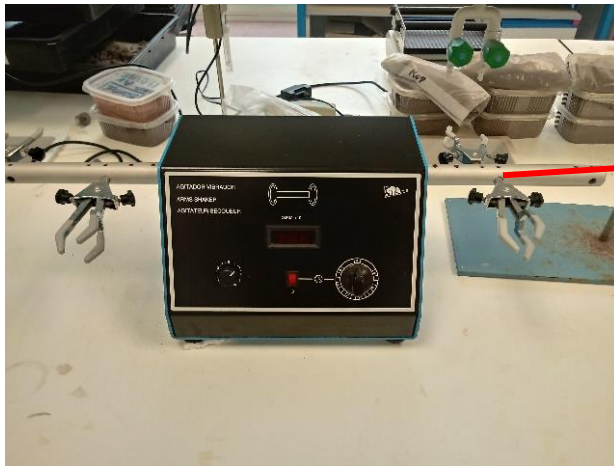


Figura 30. Agitació dels tubs de centrifuga a l'agitador mecànic. Font: Elaboració pròpia



Figura 31. Centrifugació dels tubs de centrifuga a la centrifugadora. Font: Elaboració pròpia

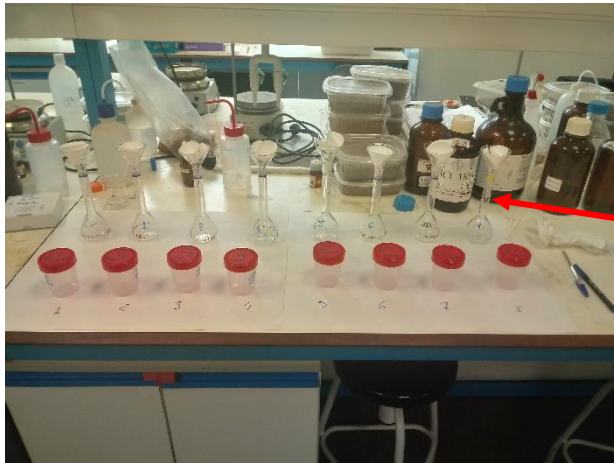


Figura 32. Recolliment dels decantats de les mostres en matrassos aforats de 100 ml i enrasament d'aquests amb $Mg(NO_3)_2$. Font: Elaboració pròpia

6.2.9. Bases de canvi

Les bases de canvi (o cations bàsics) són els cations alcalins i alcalinoterris que estan fixats en el complex adsorbent. Habitualment es consideren Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ i K^+ .

El procés per a la determinació de les bases de canvi es realitza de manera similar al de l'obtenció de la CIC, però en aquest procediment, en lloc d'utilitzar nitrat magnèsic ($Mg(NO_3)_2$), s'utilitza acetat amònic ($AcNH_4$) 1N ajustat a pH 7 perquè es produïska el seu desplaçament.

També s'ha de tindre en compte el volum de saturació de les bases de canvi, ja que expressa el percentatge de cations principals respecte al valor de la CIC.

Aquest mètode es basa en el desplaçament de les bases de canvi amb una solució d'acetat amònic amb pH 7, realitzant la valoració dels cations desplaçats per mètodes físics o químics.

A diferència de la determinació de la CIC, el procediment per a la determinació de les bases de canvi sols consta d'una part, en la que sí que es recull el líquid sobrenadant.

***Procediment:** Igual que per a la determinació de la CIC, aquest procediment també es repeteix 3 vegades. En primer lloc es pesen 4 g de sòl de cada mostra, després es col·loquen les mostres pesades a un tub de centrifuga i s'afegeixen 33 ml d'acetat d'amoni (AcNH_4) 1N amb pH 7 i a continuació s'agiten durant 5 minuts en l'agitador mecànic (figura 30). Després d'agitar-se, es passen els tubs a la centrifugadora (figura 31) durant altres 5 minuts. A continuació, es recull el líquid sobrenadant en matrassos aforats de 100 ml i per últim s'enrasen aquests amb AcNH_4 (figura 33).*

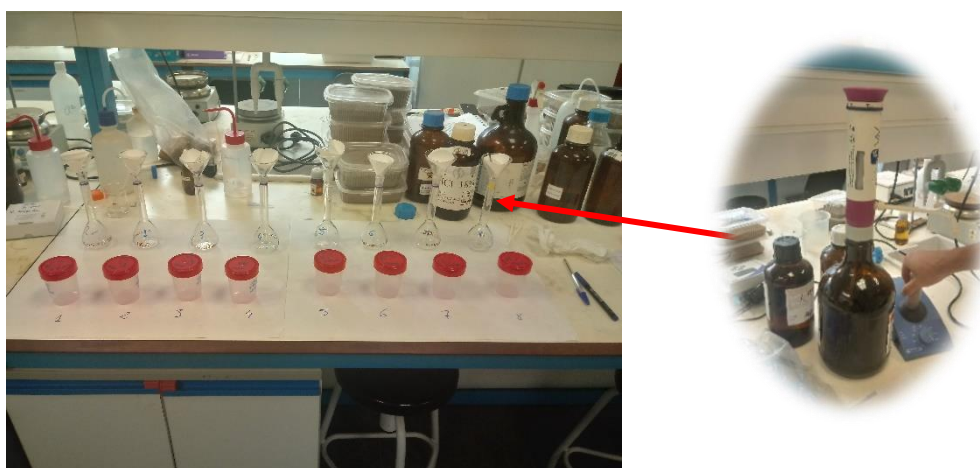


Figura 33. Recolliment dels decantats de les mostres en matrassos aforats de 100 ml i enrasament d'aquests amb AcNH_4 . Font: Elaboració pròpia

6.2.10. Extracte de la Pasta saturada

En el procés d'extracte de la pasta saturada es determinen els paràmetres de pH i conductivitat elèctrica, els clorurs i els ions Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ i K^+ .

***Procediment:** En primer lloc es pesen 300 g de cada mostra de sòl utilitzant com a recipient un got de precipitat, on es va afegint aigua fins a aconseguir una pasta, més aviat líquida, punt en què es dona el nivell de saturació. Després es deixen les mostres en repòs durant 24 hores amb els gots tapats amb un termoplàstic autosegellant per a evitar que la pasta s'endurisca. Passades les 24 hores, es transfereixen les mostres de pasta dels sòls per l'embut Büchner, utilitzant la bomba de buit per filtrar les mostres, amb un filtre de velocitat mitjana, al matràs Kitasato. Una vegada queda el líquid filtrat, aquest s'emmagatzema en xicotets pots per a obtenir mostres de 50 ml i així determinar a continuació els ions nomenats anteriorment en l'espectrofotòmetre de flama i d'absorció atòmica.*

6.3. Caracterització del creixement dels arbres

6.3.1. Càlcul del diàmetre dels arbres

Per al càlcul del diàmetre del fust dels arbres, es poden utilitzar diversos instruments per mesurar el diàmetre, entre d'altres, els dos que es mostren a les figures 34 i 35, on s'utilitza un compàs forestal o forcípula en forma de peu de rei (figura 34) i una forcípula finlandesa (figura 35).

El diàmetre de l'arbre es mesura amb l'escorça, a l'altura del pit, a 1,3 m sobre el terreny en un tipus de terreny pla, segons considera la FAO.



Figura 34. Mesurament del diàmetre de l'arbre amb forcípula o compàs forestal. Font: Elaboració pròpia



Figura 35. Mesurament del diàmetre de l'arbre amb forcípula finlandesa. Font: Elaboració pròpia

6.3.2. Càlcul de l'altura dels arbres

Per al càlcul de l'altura dels arbres, es poden utilitzar diversos mètodes de mesura de l'altura, entre d'altres, els dos que es mostren a les figures 36 i 37, on s'utilitza un mètode trigonomètric (figura 36), emprant com a instruments de mesurament una cinta mètrica, una regla d'uns 50 cm de llargària i una calculadora, i utilitzant un hipsòmetre (figura 37), sent aquest mètode el més adequat, ràpid i senzill per a cultius de nombrosos arbres.

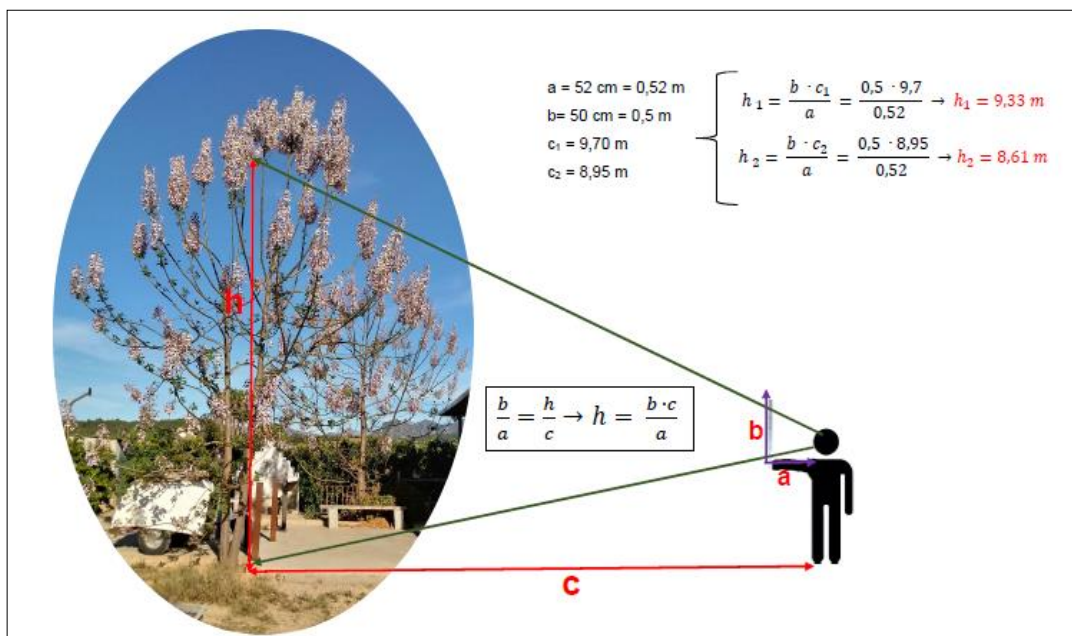


Figura 36. Càlcul de l'altura dels arbres emprant el mètode trigonomètric. Font: Elaboració pròpia



Figura 37. Càlcul de l'altura dels arbres, emprant l'hipsòmetre. Font: Elaboració pròpia

A partir del càlcul del diàmetre i de l'altura de l'arbre, podem calcular el volum de fusta que es podria produir per cada arbre mitjançant la fórmula d'*Huber* que es defineix com l'altura multiplicada per l'àrea basal del tronc.

Amb els resultats obtinguts del càlcul d'aquesta fórmula es pot calcular la massa total de fusta que es podria obtenir del cultiu d'estudi (com s'observa a la taula 5 que es descriu l'apartat 5.2.2. Producció estimada del cultiu d'estudi).

7. RESULTATS I DISCUSSIÓ

En aquest capítol es pretén discutir els resultats obtinguts, principalment de les anàlisis de les propietats del sòl determinades al laboratori, com també la importància de la viabilitat d'autosubministrament energètic, i així poder observar les condicions que presenta la zona d'estudi i valorar la viabilitat d'adaptació de les espècies d'estudi per al seu cultiu i per consegüent la finalitat de la qual tracta aquest estudi.

El propòsit seria comparar els resultats obtinguts de les anàlisis de les propietats del sòl amb els càlculs realitzats per estimar la quantitat de biomassa que es podria produir als camps de cultiu destinats a l'autosubministrament energètic mitjançant cultius de Paulònia, tenint en compte les característiques desenvolupades en aquest estudi (totes les descrites al capítol de les característiques dels camps de cultiu), com també les característiques descrites al capítol de l'espècie d'estudi per observar si les condicions que presenta són acceptables per a dur a terme aquest estudi.

7.1. Resultats de les anàlisis de les propietats del sòl

7.1.1. Color

Com ja s'ha explicat anteriorment, el color és una característica del sòl que permet determinar de quin tipus de sòl es pot tractar, així com poder determinar la intensitat dels processos d'oxidació-reducció, el contingut de matèria orgànica i estat de lixiviació o acumulació de compostos químics en el sòl.

Els resultats obtinguts sobre el color de les mostres de sòl dels camps de cultiu utilitzats per a aquest estudi, determinats amb dos estats diferents del sòl, és a dir, en sec i en humit, queden reflectits a la taula 10, on s'observa la diferència de colors entre els dos camps d'estudi, ja que com es pot apreciar, el camp 1 presenta un color groguenc i al camp 2 s'observa un color grisenc, sent aquest més fosc que al camp 1. Aquesta diferència de colors és deguda al fet que el camp 1 presenta major percentatge de carbonats, és a dir, es tracta d'un sòl més calcari, adoptant un color més clar que el camp 2 que es tracta d'un sòl de marjal adquirint un color més fosc.

		CAMP 1	CAMP 2
MOSTRA 1 (en humit)	Full	10YR 4/6	10YR 3/2
	Denominació color	marró groguenc fosc	marró grisenc molt fosc
MOSTRA 2 (en sec)	Full	10YR 5/4	10YR 5/2
	Denominació color	marró groguenc	marró grisenc

Taula 10. Color de les mostres de sòl en estat sec i en estat humit. Font: Elaboració pròpia

7.1.2. pH

A continuació es mostren els valors obtinguts del mesurament del pH de les mostres de sòl dels dos camps de cultiu per a la realització d'aquest estudi.

Com es pot observar a la taula 11, els valors de pH obtinguts són molt similar entre ells, obtenint un nivell bàsic amb una xicoteta aproximació lleugerament alcalí, determinat a partir de la taula de valors de pH (taula 12), indicant presència d'abundant carbonat càlcic que produeix un increment del pH del sòl, i on es comença a produir una disminució de disponibilitat d'elements com el fòsfor (P) i el bor (B) així com una deficiència de ferro (Fe), manganés (Mn), coure (Cu) i zinc (Zn).

Els sòls tenen tendència a acidificar-se, ja que primer es descalcifiquen, ja que el calci és absorbit pels cultius o desplaçat del complex de canvi per altres cations i emigra a capes més profundes amb l'aigua de pluja o reg. Després, el normal, és que els ions H^+ ocupen els buits que deixen el Ca^{2+} i el Mg^{2+} en el complex.

En aquest cas, es podria dir que els sòls dels camps d'estudi no presenten una degradació significativa, ja que presenten un nivell més bé moderadament bàsic i,

contenen significatives quantitats de calci (Ca), magnesi (Mg) i potassi (K), uns dels nutrients essencials per a la majoria d'espècies de plantes.

		pH
CAMP 1	Mostra 1	8,33
	Mostra 2	8,43
CAMP 2	Mostra 1	8,37
	Mostra 2	8,33

Taula 11. Resultats pH de les mostres de sòl. Font: Elaboració pròpia

ESCALA DE VALORS DEL pH	
Valor pH	Classificació
pH < 4,5	extremadament àcid
4,5 < pH < 5,0	molt fortament àcid
5,1 < pH < 5,5	fortament àcid
5,6 < pH < 6,0	mitjanament àcid
6,1 < pH < 6,6	lleugerament àcid
6,6 < pH < 7,3	neutre
7,4 < pH < 7,8	mitjanament bàsic
7,9 < pH < 8,4	moderadament bàsic
8,5 < pH < 9,0	lleugerament alcalí
9,1 < pH < 10,0	alcalí
10,0 < pH	fortament bàsic

Taula 12. Classificació dels sòls en funció de l'escala de valors del pH. Font: AEFA

7.1.3. Conductivitat elèctrica (CE)

Els valors obtinguts del mesurament de la conductivitat elèctrica queden reflectits a la taula 13 que es mostra a continuació.

La conductivitat elèctrica és un dels paràmetres més utilitzats per a mesurar la salinitat de l'extracte saturat o de l'aigua, ja que el seu valor és proporcional a la quantitat de les sals en solució que conté. El seu valor es mesura en deciSiemens / metre (dS/m).

El principal objectiu de l'anàlisi de la CE en sòls és determinar si les sals solubles es troben en quantitats suficients que puguin afectar la germinació de les llavors, el creixement de les plantes o a l'absorció d'aigua d'aquestes, dificultant així el seu desenvolupament natural.

Si s'observen els resultats obtinguts, tenint com a referència els valor de la taula 14, es pot dir que la salinitat que presenten els sòls dels camps d'estudi es baixa, per tant es tractaria d'uns sòls no salins on es produïrien efectes negatius a causa de la salinitat.

		CE de saturació (dS/m)
CAMP 1	Mostra 1	0,677
	Mostra 2	0,511
CAMP 2	Mostra 1	0,427
	Mostra 2	0,453

Taula 13. Resultats CE de saturació de les mostres de sòl. Font: Elaboració pròpia

C.E _{25°C} (dS/m)	Salinitat
0 - 2	No salí
2 - 4	Lleugerament salí
4 - 8	Moderadament salí
8 - 16	Fortament salí
>16	Molt fortament salí

Taula 14. Classificació dels sòls en funció de la salinitat. Font: Lab Riverside (from USDA)

7.1.4. Matèria orgànica

El contingut de matèria orgànica (M.O.) és un paràmetre fonamental dels sòls, ja que permet mantindre una estabilitat d'aquests produint efectes positius i adequats per poder desenvolupar un bon cultiu, així com una millora de la fertilitat dels sòls, com l'aportació de nutrients, entre d'altres, i com no, és també important per mantindre les propietats tant físiques com químiques.

Per altra banda, una sobreexplotació del sòl, produeix efectes negatius com la disminució de la matèria orgànica disponible, reduint així la capacitat productiva per als cultius. En un supòsit ideal, el sòl hauria de contindre un percentatge de matèria orgànica pròxim al cinc per cent, però amb l'arribada de l'agricultura intensiva, aquest percentatge s'ha reduït dràsticament, obtenint un percentatge en matèria orgànica d'entre un 1 i un 2% en el millor dels casos, fins i tot inferiors a 0.

Per a determinar el contingut de matèria orgànica s'ha de mesurar el percentatge de carboni orgànic mitjançant l'equació indicada, multiplicant aquest resultat per 2, tractant-se aquest com factor de la relació entre matèria orgànica i del carboni orgànic.

$$\%C.O. = \frac{\text{meq } K_2Cr_2O_7 - \text{meq } FeSO_4}{\text{grams de sòl sec}} \cdot 0,003 \cdot 100 \cdot 1,3$$

El procediment s'ha dut a terme realitzant dues rèpliques per cada mostra de sòl, calculant-se per tant, la mitja aritmètica de cada mostra, mostrant-se els resultats a la taula 15:

		% C orgànic	% M.O.
CAMP 1	Mostra 1	0,4403	0,8806
	Mostra 2	0,4737	0,9474
CAMP 2	Mostra 1	0,4397	0,8793
	Mostra 2	0,4019	0,8038

Taula 15. Resultats del contingut de matèria orgànica de les mostres de sòl. Font: Elaboració pròpia

Classificació sòl en funció del percentatge M.O.		
% MO	Classificació	Qualificació
0 < MO < 0,60	extremadament pobre	Sòl fortament mineralitzat
0,61 < MO < 1,20	pobre	
1,21 < MO < 1,80	mitjanament pobre	Sòl mineralitzat
1,81 < MO < 2,40	Moderat	Sòl mineral-orgànic
2,41 < MO < 3	mitjanament ric	Sòl orgànic
3,01 < MO < 4,20	ric	
4,2 < MO	extremadament ric	

Taula 16. Classificació del sòl en funció del percentatge de matèria orgànica. Font: AGRINOVA SCIENCE

Segons els resultats obtinguts de les anàlisis de la matèria orgànica de les mostres de sòl dels camps d'estudi i, tenint en compte la classificació de la M.O. en funció del percentatge obtingut (taula 16), es podria dir que es tracta d'uns sòls pobres en matèria orgànica i qualificats de sòls fortament mineralitzats.

7.1.5. Carbonats

El carbonat càlcic és la principal font de calci dels sòls, trobant-se en el sòl en estat de fragments de dimensions variables.

Es descompon fàcilment sota l'acció dels àcids i del CO₂ del sòl. L'activitat de la calcària depèn del seu poder de descomposició, que està condicionat per l'acidesa del sòl, la seua porositat i el grau de finor de les partícules.

El més usual en els sòls espanyols és que el contingut de carbonats siga elevat.

Els sòls calcaris solen ser aquells que presenten més d'un 15% de CaCO₃ i solen ser pobres en el contingut de matèria orgànica.

El procediment s'ha dut a terme realitzant dues rèpliques per cada mostra de sòl, calculant-se per tant, la mitja aritmètica del valor de cada mostra, reflectit a la taula 17:

		%CaCO ₃
CAMP 1	Mostra 1	51,32
	Mostra 2	53,16
CAMP 2	Mostra 1	32,87
	Mostra 2	35,57

Taula 17. Resultats del contingut de carbonats de les mostres de sòl. Font: Elaboració pròpia

Classificació sòl en funció del percentatge de carbonats	
% CCE (carbonat càlcic equivalent)	Classificació
0 < CCE < 5	molt baix
5,1 < CCE < 10	baix
10,1 < CCE < 20	normal
20,1 < CCE < 40	alt
40 < CCE	molt alt

Taula 18. Classificació del sòl en funció del percentatge de carbonats. Font: Andrades, M. i Martínez, E. 2014

A partir dels resultats obtinguts de les anàlisis dels carbonats existents als sòls dels camps d'estudi i prenent com a referència els valors la taula 18 de classificació del sòl en funció del percentatge de carbonats, observem que es tracta d'uns sòls amb un alt percentatge en carbonats (20,1 < CCE), definint-se com sòls calcaris o molt calcaris, ja que les mostres del camp d'estudi núm. 1 presenten uns percentatges majors a 40, podent afectar de manera significativa quant a la nutrició dels sòls.

7.1.6. Textura

La textura d'un sòl ens indica el percentatge de les fraccions d'argila, arena i llim que conté aquest, a més, va lligada a la capacitat de retenció hídrica i de nutrients. A la taula 19 es mostren els resultats obtinguts de la classe textural de les mostres de sòl dels camps de cultiu:

		% Arena	% Llim	% Argila	Classe textural (U.S.D.A.)
CAMP 1	Mostra 1	45	32	23	franc
	Mostra 2	47	28	25	franc argilo arenós
CAMP 2	Mostra 1	47	22	31	franc argilo arenós
	Mostra 2	41	20	39	franc argilós

Taula 19. Resultats de la classe textural de les mostres de sòl. Font: Elaboració pròpia

A partir de les anàlisis realitzades, es tracta d'uns sòls de classe textural on domina la franca-argilosa arenosa, amb arena com a fracció predominant, però el contingut d'argila és elevada, això fa que siguin sòls fèrtils i uns sòls pesats doncs l'arrelament estarà una mica dificultat.

7.1.7. Densitat aparent i porositat

La densitat aparent (ρ_{ap}) es defineix com la massa per unitat de volum. Aquest volum és el que ocupa la mostra en el camp. La ρ_{ap} té interès des del punt de vista del maneig del sòl, ja que informa sobre la compactació de cada horitzó, i permet inferir les dificultats per a l'emergència, l'arrelament i la circulació de l'aigua i de l'aire. La ρ_{ap} està directament relacionada amb l'estructura i per això depèn dels mateixos factors de control. El coneixement del valor de la densitat aparent resulta indispensable per a referir a un volum de sòl en el camp, els resultats de les anàlisis de laboratori.

Per altra banda, el volum de les fases líquida i gasosa, o el d'aquesta última si el sòl està sec, defineixen l'espai de buits. La relació entre el volum de buits V_v i el volum total es defineix com a porositat, calculant-se a partir dels valors de les densitats real i aparent.

Com es pot observar a la taula 20, les mostres de sòl del camp 2 presenten major densitat aparent que les mostres del camp 1, i per tant, menys porositat, ja que al ser més pesat, presenta menys porus. Aquest motiu és degut al fet que la relació entre la densitat aparent i la textura del sòl indica que a major densitat aparent, major percentatge d'argila, i com es pot observar relacionant els resultats obtinguts de la densitat aparent i de la textura de les mostres de sòl, el sòl del camp 2 presenta major percentatge d'argila que el sòl del camp 1. Per tant, es podria dir que el sòl del camp 2 presenta més duresa i com a conseqüència d'aquesta propietat, en un estat molt sec d'aquest sòl pot dificultar el creixement dels arbres.

		Densitat aparent (g/cm ³)	Porositat (%)
CAMP 1	Mostra 1	1,1945	54,93
	Mostra 2	1,0401	60,75
CAMP 2	Mostra 1	1,3135	50,43
	Mostra 2	1,4115	46,74

Taula 20. Resultats de la densitat aparent i de la porositat de les mostres de sòl. Font: Elaboració pròpia

7.1.8. C.I.C. i Bases de canvi

La capacitat d'intercanvi catiónic és la capacitat de 100 grams d'un sòl de retindre al seu voltant cations; es mesura en meq/100 grams de sòl, i també depèn del tipus d'argiles del complex argilo-húmic i de la quantitat de matèria orgànica que tinga el sòl.

Per a la caracterització dels resultats obtinguts tant de la CIC com dels cations que conformen les bases de canvi (taula 21) s'han pres com a referència els intervals de valors de les taules 22 (per a la caracterització de la CIC) i 23 (per a la caracterització de les bases de canvi).

Cal destacar que també s'ha analitzat el percentatge de saturació (camp amb la lletra 'V' de la taula 21), ja que, com es troben en una zona calcària, provoca que aquest element, el Ca²⁺, sature a l'argila, doncs provoca una V del 100%.

		Massa	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CIC	V
Unitats		g	(meq/100 g)					%
CAMP 1	Mostra 1	4,02	9,110	0,61	0,49	0,73	10,94	100,00
	Mostra 2	4,04	16,925	0,68	0,45	0,68	18,73	100,00
CAMP 2	Mostra 1	4,04	9,471	0,86	0,52	0,80	11,66	100,00
	Mostra 2	4,02	7,704	1,12	1,11	0,94	10,87	100,00

Taula 21. Resultats de la CIC i de les bases de canvi de les mostres de sòl. Font: Elaboració pròpia

Caracterització de la CIC	
Valor (meq/100 g)	Classificació
< 6	Molt baix
6 - 12	Baix
12 - 25	Mitjà
25-40	Alt
40 <	Molt alt

Taula 22. Caracterització dels valors de la CIC per a les mostres de sòl analitzades. Font: Pavón Chocano, A. 2003

Ca ²⁺		Mg ²⁺	
Valor (meq/100 g)	Classificació	Valor (meq/100 g)	Classificació
0 - 3,5	Molt baix	0,0 - 0,6	Molt baix
3,5 - 10	Baix	0,6 - 1,5	Baix
10 - 14	Normal	1,5 - 2,5	Normal
14 - 20	Alt	2,5 - 4,0	Alt
20 <	Molt alt	4,0 <	Molt alt
Na ⁺		K ⁺	
Valor (meq/100 g)	Classificació	Valor (meq/100 g)	Classificació
0,0 - 0,3	Molt baix	0,0 - 0,3	Molt baix
0,3 - 0,6	Baix	0,3 - 0,6	Baix
0,6 - 1,0	Normal	0,6 - 0,9	Normal
1,0 - 1,5	Alt	0,9 - 1,5	Alt
1,5 <	Molt alt	1,5 - 2,4	Molt alt

Taula 23. Caracterització dels valors de les bases de canvi per a les mostres de sòl analitzades Font: Pavón Chocano, A. 2003

Com es pot observar a la taula 21, els valor obtinguts mostren un valor mitjà de la CIC baix, que concorda amb els resultats de pobresa quant a matèria orgànica, i respecte als valors obtinguts dels cations de canvi (taula 21), s'observen valors baixos tirant a normals, i tenint en compte el volum de saturació, es podria dir que es tracta d'un sòl amb bastants possibilitats per a retindre cations, majoritàriament de calci pel tipus de zona de la qual es tracta.

7.1.9. Extracte de saturació

Com s'observa a la taula 24, els resultats obtinguts indiquen que es tracta d'un sòl amb un pH molt acceptable i una salinitat molt baixa, característiques idònies per al cultiu de l'espècie d'estudi, tot i que presenta una concentració major de calci, ja s'ha comentat abans que es tracta d'una zona calcària, per tant, els resultats són coherents.

		Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	pH	CE
		(meq/l)						(dS/m)
CAMP 1	Mostra 1	12,96	0,63	1,25	0,37	1,10	7,68	0,68
	Mostra 2	14,41	0,64	1,67	0,72	1,27	7,73	0,51
CAMP 2	Mostra 1	9,80	0,33	1,56	0,31	1,32	7,57	0,43
	Mostra 2	14,58	0,83	1,44	0,23	1,49	7,63	0,45

Taula 24. Resultats de l'extracte de saturació de les mostres de sòl. Font: Elaboració pròpia

7.2. Resultats viabilitat energètica

Amb els resultats obtinguts de les anàlisis de les propietats del sòl dels camps de cultiu per a aquest estudi i els resultats obtinguts per a estimar la producció que es podria obtenir del cultiu d'estudi per poder cobrir les necessitats energètiques de l'habitatge, es podria destacar que els dos camps de cultiu presenten propietats molt semblants i que ambdós camps de cultiu serien aptes per a dur a terme aquest estudi.

Però comparant les propietats dels sòls d'ambdós camps, el camp de cultiu núm. 1 sembla ser el que presenta propietats més òptimes per al cultiu de l'espècie d'estudi, ja que presenta major percentatge de matèria orgànica com també presenta menor densitat i per tant, major porositat, facilitant així l'arrelament de l'arbre, encara que el cultiu núm. 2 compta amb l'avantatge que com es tracta d'una zona de marjal humida situada en la plana, conté major disponibilitat hídrica, ja que el nivell freàtic és més baix, i també compta amb menor concentració de carbonats.

Així que partint d'aquests resultats, els dos camps de cultiu són aptes per obtenir els resultats estimats en aquest estudi.

7.2.1. Alternatives per a l'obtenció de biomassa

Com s'ha pogut observar al capítol de la viabilitat energètica, l'obtenció anual de biomassa mitjançant el cultiu de Paulònia als camps d'estudi cobreix molt sobradament les necessitats energètiques, per tant, a continuació es proposen diverses alternatives per fer front tant a la utilitat de la biomassa com de la seua obtenció.

7.2.1.1. Alternativa de replanteig de cultiu

Una alternativa podria ser la modificació del replanteig, emprant un marc de plantació de 5 x 5 (5 metres de separació entre arbres de la mateixa fila i 5 metres de separació entre files), obtenint així 66 arbres al camp de cultiu núm. 1 i 40 arbres al camp de cultiu núm. 2, amb un total de 106 arbres entre els dos cultius, com es mostren a les figures 38 i 39 (primera alternativa de replanteig):



Figura 38. Replanteig primera alternativa de replanteig per al cultiu del camp 1. Font: Elaboració pròpia



Figura 39. Replanteig primera alternativa de replanteig per al cultiu del camp 2. Font: Elaboració pròpia

Amb aquest nou replanteig, la producció de fusta seria quasi la meitat, tal com es mostra a la taula 25, tenint en compte una massa de 277,67 kg/arbre entre els 6 i els 8 anys de vida dels arbres:

	Camp 1	Camp 2
núm. arbres	66	40
Biomassa per camp (kg)	18.326	11.107
Biomassa total (kg)	29.433	

Taula 25. Producció anual de biomassa estimada amb replanteig primera alternativa de replanteig del cultiu.
Font: Elaboració pròpia

Una altra alternativa de replanteig (segona alternativa de replanteig) seria la de deixar una àrea recreativa al camp de cultiu num. 1 on es situa una caseta tal com es mostra a les figures 40 (amb marc de plantació inicial) i 41 (amb marc de plantació alternatiu):



Figura 40. Replanteig segona alternativa de replanteig per al cultiu del camp 1 amb una caseta i marc de plantació inicial. Font: Elaboració pròpia



Figura 41. Replanteig segona alternativa de replanteig per al cultiu del camp 1 amb una caseta i marc de plantació alternatiu. Font: Elaboració pròpia

Amb aquestes alternatives de replanteig, tenint en compte que al camp de cultiu núm. 2 s'utilitzaria tota la parcel·la, afectant sols al nombre d'arbres que es plantarien al camp de cultiu núm. 1, s'obtidrien els resultats que es mostren a la taula 26:

	Segona alternativa de replanteig			
	Marc de plantació inicial		Marc de plantació alternatiu	
	CAMP 1	CAMP 2	CAMP 1	CAMP 2
núm. arbres	95	84	54	40
Biomassa per camp (kg)	26.379	23.324	14.994	11.107
Biomassa produïda (kg)	49.703		26.100	
Biomassa necessària (kg)	2.855		2.855	
Biomassa sobrant (kg)	46.800		23.200	

Taula 26. Producció anual de biomassa estimada amb els replantejos de la segona alternativa de replanteig. Font: Elaboració pròpia

7.2.1.3. Cultiu escalonat

Realitzar un cultiu escalonat a partir de qualsevol dels marcs de plantació proposats anteriorment també seria una proposta viable. Escollint com a marc de plantació el proposat a la figura 41, ja que a banda de tindre una xicoteta zona recreativa o per a diversos usos, també s'aconsegueix una producció de biomassa (taula 27) necessària per a cobrir les necessitats presentades d'aquest estudi.

	CAMP 1	CAMP 2
núm. arbres	27	20
Biomassa per camp (kg)	7497	5553
Biomassa produïda (kg)	13.050	
Biomassa necessària (kg)	2.856	
Biomassa sobrant (kg)	10.195	

Taula 27. Producció anual de biomassa estimada amb el cultiu escalonat. Font: Elaboració pròpia

Aquest replanteig de cultiu escalonat consisteix a plantar la meitat d'arbres dels proposats i 3 anys després plantar l'altra meitat, així, l'any de recol·lecta de la fusta dels arbres, la biomassa sobrant es podria emmagatzemar i utilitzar-la durant els tres anys següents mentre la segona plantació creix fins al seu sisé any (any de recol·lecta) i com que la Paulònia rebrota després de la tala de l'arbre (explicat a l'apartat 3.7.

Característiques energètiques del cultiu de l'espècie d'estudi), no caldria replantar durant anys (entre 18 i 21 anys, Capítol 3, subapartat 3.7).

7.2.1.4. Venda de biomassa

La venda de biomassa sobrant resulta ser una alternativa econòmicament viable, ja que ajudaria a cobrir determinades despeses que aporta tot el procés.

Algunes de les empreses de contacte per a vendre la fusta sobrant serien les següents:

- *LESMAR PELLETT* (<http://www.lesmarpellet.es/>)
- *Paulownia Professional* (<https://paulownia.pro/>)

7.2.1.5. Utilització de biomassa com a complement de l'ACS

L'aigua calenta sanitària (ACS) funciona amb captador solar, situat a la teulada de l'habitatge, i cobreix les necessitats d'aquest servici, almenys sempre que reba suficient radiació solar, que sol ser durant tres quartes parts de l'any, però sobretot durant l'hivern és quan hi ha menys radiació i per tant les necessitats a cobrir mitjançant aquest mètode no sempre és eficient, i és per això que una bona utilització de la biomassa sobrant seria la de la utilització d'una caldera o estufa domèstica amb acumulador per produir aigua calenta, ja que existeixen al mercat calderes i termo-estufes policombustibles (que poden utilitzar llenya, pellets i inclòs carbó) que serveixen per a produir calefacció i aigua calenta mitjançant biomassa, i també poden cobrir les necessitats estimades d'aquest estudi, ja que solen ser adequades per escalfar habitatges amb dimensions d'entre els 80 i 300 m².

Alguns exemples que es podrien considerar són els models que es presenten a l'empresa multinacional italiana dedicada a la fabricació i comercialització de solucions de calefacció i climatització tant a escala domèstica com industrial, Ferroli, amb seu també a Espanya, o també els models presentats per l'empresa GESPROCLIMA,S.L.

8. CONCLUSIONS

Tenint en compte els resultats obtinguts de l'avaluació del cultiu de la Paulònia com a mitjà d'autosubministrament energètic de l'habitatge proposat en aquest estudi, la conclusió principal és la viabilitat d'autosubministrament per al consum energètic tèrmic de l'habitatge.

En primer lloc, destacar que, segons els resultats obtinguts de les anàlisis de les propietats dels sòls dels dos camps de cultiu, el camp núm. 1 seria el camp amb un tipus de sòl més idoni per al cultiu de l'espècie d'estudi, ja que presenta major percentatge de matèria orgànica com també presenta menor densitat i per tant, major porositat, facilitant així l'arrelament de l'arbre, encara que el camp núm. 2 compta amb l'avantatge que com es tracta d'una zona de marjal humida situada en la plana, conté major disponibilitat hídrica, ja que el nivell freàtic és més pròxim a la superfície, i també compta amb menor concentració de carbonats. Però tot i això, tenint en compte les característiques d'adaptabilitat que presenta aquesta espècie, tots dos sòls serien aptes per a aconseguir les estimacions realitzades en aquest estudi.

En segon lloc, assenyalar que, la Paulònia no sols pot tractar-se d'una planta beneficiosa des del punt de vista energètic, sinó que també resulta ser una bona forma d'ajudar a combatre els problemes mediambientals que actualment existeixen en aquest planeta.

«En definitiva, i com a reflexió d'aquest estudi, assenyalar que aquest, es tracta d'un Treball de Final de Grau on a banda d'analitzar les propietats dels sòls (anàlisis que s'han treballat durant els cursos del Grau en Ciències Ambientals) dels camps utilitzats per a aquest estudi, l'estudi de viabilitat energètica proposat s'ha realitzat estimant unes necessitats energètiques més eficients i econòmiques que les actuals, partint com a referència de les necessitats energètiques actuals que es presenten a l'habitatge d'estudi, proposant també diverses alternatives pel que fa a la producció de biomassa obtinguda en les diferents alternatives plantejades, i per tant, es tracta d'un estudi que a banda de tindre en compte tot el descrit en aquest treball, seria requisit, per a la seua execució, un balanç econòmic de les despeses ocasionades per a la seua pràctica i dels ingressos o estalvis que es podrien produir segons les alternatives que es duguerem a terme així com un xicotet estudi d'empreses de compra/venda en el cas que es volguera fer negoci amb la producció obtinguda dels tipus de cultiu plantejats en aquest estudi».

9. BIBLIOGRAFIA

- AEFA-ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE NUTRIENTES. *Clasificación del pH*. <<https://aefa-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en-agronutricion/clasificacion-del-ph>> [Consulta: 10 de maig del 2019]
- AGRINOVA SCIENCE. *La utopía del 5% de la materia orgánica*. <<https://agri-nova.com/noticias/la-utopia-del-5-de-la-materia-organica>> [Consulta: 11 de maig del 2019]
- AGRODESIERTO. *Paulownias*. <<http://www.agrodesierto.com/paulownia.html>> [Consulta: 13 d'abril del 2019]
- AIDIMME (Instituto Tecnológico Metalmeccánico, Mueble, Madera, Embalaje y Afines). (2016). *PROINNOMADERA. (Productos innovadores procedentes de plantaciones de madera y orientados a mejorar la competitividad del sector valenciano de la madera y biomasa)*. <http://intranet.aidimme.es/acceso_externo/difusion_proyectos/adjuntos_resultados/E12_PROINNOMADERA_IMAMCC_2016_1_AIDIMME_2016.pdf> [Consulta: 14 d'abril del 2009]
- ALLISON, L.E. *et al.* (1954) *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. Washington D.C. United States Department of Agriculture (USDA). <<https://www.ars.usda.gov/pacific-west-area/riverside-ca/agricultural-water-efficiency-and-salinity-research-unit/docs/publications/handbook-no-60/>> [Consulta: 12 de maig del 2019]
- ANDRADES, M., MARTÍNEZ, E. (2014). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen*. Logronyo: Universidad de la Rioja. <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/267902.pdf>> [Consulta: 12 de maig del 2019]
- BRUNSÓ I GUIXERAS, D. (2017). *Plantar paulònies (paulownia sp.) a Catalunya, una alternativa sostenible en l'àmbit social, ambiental i econòmic*. Treball Final de Grau. Girona. Universitat de Girona.
- Climate-Data. *Clima Barxeta*. <<https://es.climate-data.org/europe/espana/comunidad-valenciana/barxeta-659382/>> [Consulta: 21 d'abril del 2019]
- Climate-Data. *Clima Lloc Nou d'en Fenollet*. <<https://es.climate-data.org/europe/espana/comunidad-valenciana/llocnou-d-en-fenollet-659417/#climate-graph>> [Consulta: 21 d'abril del 2019]
- España. Resolución de la Secretaria d'Estat d'Energia de 27 de desembre del 2013 que modifica a l'Ordre ITC/2877/2008, de 9 d'octubre. *BOE*, 31 de desembre del 2013, núm. 313, p. 107070-107072.
- FALASCA, S. Y BERNABE, M., (2010). "Aptitud agroclimática argentina para la implantación de bosques energéticos de Paulownia spp." *Revista Geográfica* (148): 151-164 pp.
- FAO. *Inventario forestal nacional manual de campo*. <http://www.fao.org/3/ae578s/AE578S06.htm#P3121_126851> [Consulta: 10 de maig del 2019]
- FERNÁNDEZ PURATICH, H. (2012). *Valorización integral de la biomasa leñosa agroforestal a lo largo del gradiente altitudinal en condiciones mediterráneas*. Tesis. Valencia: Universitat Politècnica de València.
- Ferrolí. *Biomasa: calderas, estufas, termoestufas e insertables*. <<https://www.ferroli.com/es/products/estufas-termoestufas-e-insertables-de-biomasa>> [Consulta: 17 de juny del 2019]
- GALLART MARTÍNEZ, F. (2017). *La conductividad eléctrica del suelo como indicador de la capacidad de uso de los suelos de la zona norte del Parque Natural de la Albufera de Valencia*. Treball Final de Grau. València: Universitat Politècnica de València.
- GESPROCLIMA. *Calderas carbon leña*. <<http://www.gesproclima.com/tienda/es/28-calderas-carbon-lena>> [Consulta: 17 de juny del 2019]
- HAKAN AKYILDIZ, M., SAHIN KOL, H. (2009). "Some technological properties and uses of Paulownia (Paulownia tomentosa Steud) wood" en *Journal of Environmental Biology*, Ed. 31: 351-355pp.
- HERNÁNDEZ JIMÉNEZ, J. (2014). *Estudio de alternativa de cultivo energético en la subregión fitoclimática mediterránea subárido cálido con estíos secos con género Paulownia*. Treball Final de Grau. Gandia: Escola Politècnica Superior de Gandia.

- Institut Geològic i Miner d'Espanya (IGME). *Cartografía de l'IGME*. <<http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50Hoja.aspx?Id=795&language=es>> [Consulta: 27 d'abril del 2019]
- LASMAR PELLET. *Contactar*. <<http://www.lesmarpellet.es/>> [Consulta: 15 de juny del 2019]
- MARCOS MARTÍN, F., LATORRE MONTEAGUDO, B., IZQUIERDO OSADO, I., PASCUAL CASTAÑO, C., (2009). "Uso energético de la Paulownia en España" en *Agricultura. Revista Agropecuaria*. Núm. 917. p. 274 <https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Agri/Agri_2009_917_completa.pdf> [Consulta: 20 d'abril del 2019]
- MARTÍNEZ GARCÍA, E., LUCAS BORJA, M.E., ANDRÉS ABELLÁN, M., LÓPEZ SERRANO, F.R., GARCÍA MOROTE, F.A., DEL CERRO BARJA, A. (2009). "Adaptación de las especies del genero paulownia para su uso como cultivos forestales en el ámbito mediterráneo" en *Sociedad Española de Ciencias Forestales (SECF)*. Ávila 2009-06-01, num. V Congreso Forestal Español, secció 01, p. 2-4. <http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/17257/17092> [Consulta: 14 d'abril del 2009]
- MUÑOZ SÁEZ, F., I CANCINO CANCINO, J. (2014). *Antecedentes de Paulownia elongata x fortunei para la producción de bioenergía*. Concepción: Universidad de Concepción.
- MITRE Y EL CAMPO. *La importancia de conocer la capacidad de intercambio catiónico del suelo*. <https://mitreyelcampo.cienradios.com/la-importancia-de-conocer-la-capacidad-de-intercambio-cationico-del-suelo/?utm_content=buffer4a098&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer> [Consulta: 9 de maig del 2019]
- PAULOWNIA PROFESSIONAL. *SOBRE PAULOWNIA - Aplicación y propiedades* <<https://paulownia.pro/paulownia/>> [Consulta: 13 d'abril del 2019]
- PAULOWNIA PROFESSIONAL. *Contacto*. <<https://paulownia.pro/paulownia/>> [Consulta: 15 de juny del 2019]
- PAULOWNIAS.ES - MANUAL DE CULTIVO DE LA PAULOWNIA. - LA ENCICLOPEDIA MÁS COMPLETA. *Paulownia: Descripción*. <<http://paulownias.es/paulownia-descripcion.html>> [Consulta: 13 d'abril del 2019]
- PAVÓN CHOCANO, A.B. (2003). *Instalación de riego por goteo en una parcela de maíz*. Proyecto Fin de Carrera. Ciudad Real: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real. <https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Proyectos/AntonioPavon/05-AnejosIII.pdf> [Consulta: 12 de maig del 2019]
- PÉREZ-HERRERO GARCÍA, E. (2013). *Efecte sobre la capacitat d'intercanvi catiónic del sòl i la retenció de nutrients de les aplicacions de biochar en sòls agrícoles*. Treball Final de Grau. Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- SISTEMA D'INFORMACIÓ AGROCLIMÀTICA PER AL REGADIU (SIAR). *Consulta de dades*. <<http://eportal.mapama.gob.es/websiar/SeleccionParametrosMap.aspx?dst=2>> [Consulta: 21 d'abril del 2019]
- TECNICO AGRÍCOLA. *pH de un suelo*. <<http://www.tecnicoagricola.es/ph-de-un-suelo/>> [Consulta: 10 de maig del 2019]
- Tienda Biomasa. *Leña en paquetes*. <<https://tiendabiomasa.com/lena.html>> [Consulta: 22 de juny del 2019]
- TITLOOM. *Conductividad eléctrica*. <<https://www.tiloom.com/conductividad-electrica/>> [Consulta: 11 de maig del 2019]
- WeGrow. *Nuestras variedades*. <<https://www.wegrow.de/es/hagase-socio-de-cultivo.html>> [Consulta: 14 d'abril del 2019]
- ZHAO-HUA, Z., CHING-JU, C., XIN-YU, L. I YAO GAO, X. (1986). *Paulownia in China: Cultivation and utilization*. The Chinese Academy of Forestry Beijing. China.