

# EFECTE DELS FERTILITZANTS SOBRE EL DESENVOLUPAMENT VEGETAL

Pseudònim: Pistacia Vera  
Curs: 2022-23



*“La vida es la transmutación de la luz. Es materia y energía del Sol convertida en el fuego verde de los seres fotosintetizadores.”*

Lynn Margulis & Dorion Sagan

## **ABSTRACT / RESUMEN**

Our center has a "nature classroom", a green space that allows students to get closer to nature and gives them the opportunity to learn through it. In this space, the organic garden stands out, where it was detected that in the cultivation area, the development of the vegetables was very slight and the little growth shown by the different vegetables occurred in a longer period of time than usual. An investigation was launched with the aim of identifying the cause and proposing a possible solution. It was detected that the low availability of nutrients in the soil could be the determining factor of these difficulties in growth. With this in mind, possible ecological methods to stimulate growth were sought. Nettle slurry was chosen, since this solution can be used as a fertilizer and pesticide, thus providing greater protection to the vegetables. To verify its effectiveness, a practice was carried out using lettuce to which different fertilizers were added. The results have shown that the replicas that have grown the most have been those that had nettle slurry made by themselves and compost as a nutritional supplement. In addition, an improvement in the quality of the soil has been observed with greater availability of nutrients.

---

Nuestro centro cuenta con una «aula natura», un espacio verde que permite aproximar la naturaleza al alumnado y le proporciona la oportunidad de aprender a través de ella. En este espacio destaca el huerto ecológico, donde se detectó que en la zona de cultivo, el desarrollo de las hortalizas era muy leve y el poco crecimiento que mostraban las diferentes hortalizas se producía en un período de tiempo más prolongado al habitual. Se puso en marcha una investigación con el objetivo de identificar la causa y proponer una posible solución. Se detectó que la baja disponibilidad de nutrientes en el suelo podía ser el factor determinante de estas dificultades en el crecimiento. Teniendo esto en cuenta, se buscaron posibles métodos ecológicos que estimularan el crecimiento. Se eligió purín de ortiga, ya que esta solución puede ser utilizada como fertilizante y plaguicida, proporcionando así una mayor protección a las hortalizas. Para comprobar su efectividad, se realizó una práctica utilizando lechugas a las que se les añadió diferentes fertilizantes. Los resultados han demostrado que las réplicas que más han crecido han sido las que tenían como complemento nutritivo el purín de ortiga de elaboración propia y compost. Además, se ha observado una mejora en la calidad del suelo con mayor disponibilidad de nutrientes.

## **ÍNDEX DE CONTINGUTS**

<b>I. INTRODUCCIÓ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Motivacions.....	1
1.2. Hipòtesi i objectius.....	1
1.3. Metodologia.....	2
<b>II. MARC TEÒRIC.....</b>	<b>2</b>
2.1. Nutrició vegetal.....	2
2.1.1. Nutrients.....	3
2.1.2. Absorció i transport de nutrients.....	5
2.1.3. Fotosíntesi.....	9
2.2. Els sòls agrícoles.....	11
2.2.1. Característiques fisicoquímiques dels sòls.....	11
2.2.2. La vida al sòl.....	13
2.2.3. Cromatografia de Pfeiffer.....	13
2.3. Fertilitzants.....	14
2.3.1. Purí d'ortiga.....	15
<b>III. PART PRÀCTICA.....</b>	<b>15</b>
3.1. Anàlisi inicial del sòl.....	16
3.1.1. Hipòtesi i objectius.....	16
3.1.2. Disseny experimental.....	16
3.1.3. Anàlisi de resultats.....	17
3.2. Fertilització amb purí d'ortiga.....	18
3.2.1. Hipòtesi i objectius.....	18
3.2.2. Disseny experimental.....	18
3.2.3. Anàlisi de resultats.....	20
3.2.4. Conclusió.....	24
<b>IV. CONCLUSIONS.....</b>	<b>25</b>
<b>V. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES.....</b>	<b>26</b>
<b>VI. AGRAÏMENTS.....</b>	<b>28</b>
<b>VII. ANNEXOS.....</b>	<b>29</b>
5.1. Seguiment dels conreus.....	29

## I. INTRODUCCIÓ

Al centre, comptem amb un hort ecològic situat a l'aula natura. Aquest proporciona a l'alumnat que cursa l'optativa d'hort, i al conjunt de l'alumnat del centre, l'oportunitat de conèixer de primera mà com cuidar adequadament dels conreus, observant, també, des de més a prop, tots els processos pels que passen tot tipus de vegetals desde que són una llavor fins que es desenvolupa el fruit o hortalissa. Un hort ecològic és un indret en el que es cultiven diferents aliments amb una finalitat culinària, sense utilitzar cap producte químic ni cap tècnica artificial, respectant el desenvolupament natural de cada planta, i evitant que l'actuació de l'ésser humà fereixi l'ecosistema. Com a resultat s'obté una producció 100% natural i respectuosa amb el medi ambient.

### 1.1. Motivacions

Aquest treball de recerca, que es centra en els requeriments nutricionals dels vegetals per a la seva germinació i desenvolupament, sorgeix d'una observació que va detectar l'alumnat de l'optativa d'hort. Els i les companyes de segon d'ESO que fan aquesta matèria, van advertir que a la zona de conreu de l'aula natura encara que es plantés i/o sembrés qualsevol cultiu, el desenvolupament dels vegetals era molt dèbil i en ocasions ni es produïa. Això va fer que ens plantejéssim un problema que ens vam proposar resoldre amb l'elaboració d'aquest treball de recerca: *Què provoca el poc creixement de les plantes?*

Hi ha hagut dos motius principals que han servit com a motivació per a dur a terme aquest treball de recerca. Per un costat, el fet de poder ajudar als companys i companyes de l'optativa d'hort en la realització de la seva tasca, i per l'altre costat, l'interés personal d'endinsar-nos en la nutrició vegetal, per conèixer amb més detall els aspectes més rellevants d'aquesta.

### 1.2. Hipòtesi i objectius

D'acord amb el problema exposat en l'apartat anterior ens plantejem que *potser el purí d'ortiga afavoreix el creixement de les hortalisses fent que les hortalisses conreades presentin més volum i massa en comparació a altres medis nutritius ecològics*. D'aquesta manera queda establerta la hipòtesi que ha esdevingut el motor de la investigació que aquí es presenta.

Els objectius d'aquest treball són:

- I. Conèixer els aspectes més rellevants de la nutrició vegetal.
- II. Analitzar qualitativament les característiques o condicions nutricionals i la relació entre microorganismes, matèria orgànica i minerals d'un sòl.
- III. Identificar i produir mètodes ecològics de fertilització.
- IV. Comparar i valorar l'efecte en el desenvolupament dels vegetals de diferents fertilitzants.

### **1.3. Metodologia**

Per comprovar si es pot acceptar la hipòtesi plantejada, primerament s'ha fet una cerca i recopilació d'informació sobre nutrició vegetal, la qual ha sigut d'ajuda per conèixer i entendre quins i com són els factors que afecten directament al creixement d'una planta. Altrament, s'ha realitzat una recerca sobre diferents mètodes utilitzats en agricultura ecològica per estimular el creixement dels vegetals i que es poguessin elaborar amb els productes que tenim a l'abast a l'aula natura. Seguidament, s'ha dut a terme la part experimental, en la que s'ha analitzat l'estat del nostre substrat de conreu, el sòl de l'hort, i s'ha elaborat un purí d'ortiga ecològic. Aquesta solució, i altres fertilitzants, s'han anat aplicant en les rèpliques d'enciam corresponents durant la duració de l'experiment, per poder comprovar finalment, l'efecte fertilitzant del purí sobre les plantes.

## **II. MARC TEÒRIC**

El creixement i el desenvolupament de les plantes depèn en gran mesura de la combinació i concentració de nutrients minerals disponibles al sòl. Les plantes sovint s'enfronten a importants desafiaments per obtenir un subministrament adequat d'aquests nutrients i satisfer els requeriments dels processos cel·lulars bàsics degut a la seva relativa immobilitat. Una deficiència de qualsevol d'aquests pot resultar en una disminució de la productivitat i/o fertilitat de la planta. Els símptomes de la deficiència de nutrients poden incloure retard en el creixement, mort del teixit vegetal o engrogiment de les fulles causat per una reducció de la producció de clorofil·la, un pigment necessari per a la fotosíntesi.

### **2.1. Nutrició vegetal**

La nutrició es pot definir com el conjunt de processos mitjançant els quals un organisme absorbeix els compostos químics (nutrients) necessaris per sintetitzar els seus components

cel·lulars i per a la realització de les reaccions del metabolisme. La forma en que les plantes adquireixen i assimilen els nutrients minerals per créixer i desenvolupar-se és una part fonamental de la fisiologia vegetal. El creixement de les plantes depèn de diversos factors que van des de la regulació gènica fins als factors edàfics. Per a una espècie vegetal i un ambient donat, els factors de creixement més importants són la llum, l'aigua, el diòxid de carboni i els nutrients minerals.

Els nutrients són els compostos químics que se subministren en el procés de nutrició. Aquests acaben convertint-se en energia que s'emprarà per poder dur a terme el metabolisme i continuar amb el creixement de la planta.

Els vegetals són organismes amb nutrició autòtrofa<sup>1</sup>, a diferència dels animals que tenen nutrició heteròtrofa<sup>2</sup>. Les plantes són organismes fotoautòtrofs, és a dir, es nodreixen amb la matèria orgànica que ells mateixos sintetitzen a partir de matèria inorgànica procedent de l'exterior i de l'energia proporcionada pel Sol, a través d'un procés anomenat fotosíntesi.

La principal font de carboni, gràcies a la qual es produeix la fotosíntesi, és el diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) que s'obté de l'atmosfera, a través dels estomes<sup>3</sup> de les fulles i parts verdes. El nitrogen (N), el fòsfor (P) i el sofre (S) l'obtenen de les sals minerals del sòl.

### **2.1.1. Nutrients**

Per tal que una collita es pugui desenvolupar correctament i sigui abundant, hi ha 16 nutrients essencials que els vegetals requereixen en concentracions diferents. En cas d'absència d'algun d'aquests elements, es limita el desenvolupament i productivitat de la planta.

Els nutrients es classifiquen en dos grans grups: orgànics i inorgànics. Els nutrients orgànics, representen entre el 90 i el 95% de pes sec de les plantes i estan constituïts pels elements carboni (C), oxigen (O) i hidrogen (H). Aquests s'obtenen a partir del CO<sub>2</sub> de l'atmosfera i de l'aigua del sòl. El 5-10% restant, el constitueixen els nutrients inorgànics, que estan formats per diversos elements, dels quals destaquen l'aigua i les sals minerals que conformen la denominada fracció mineral.

---

<sup>1</sup>*Nutrició autòtrofa*: realitzada pels organismes que sintetitzen matèria orgànica mitjançant matèria inorgànica.

<sup>2</sup>*Nutrició heteròtrofa*: portada a terme pels organismes que necessiten alimentar-se d'altres organismes ja que no tenen la capacitat de sintetitzar matèria orgànica per si mateixos.

<sup>3</sup>*Estomes*: cèl·lules especialitzades que es troben a l'epidermis de les plantes i regulen l'intercanvi de gasos.

Per a què un element nutricional es pugui considerar essencial, ha de complir certs requisits (Arnon i Stout, 1934):

- Si manca l'element, la planta no pot completar el seu cicle vital.
- La seva funció metabòlica no pot ser substituïda per cap altre element nutricional.
- L'element deu estar directament implicat en el metabolisme -per exemple, com component d'una molècula essencial de la planta-, o ser necessari en una fase metabòlica precisa, com per exemple, una reacció enzimàtica.

Els nutrients essencials es divideixen en dos tipus: macronutrients i micronutrients. Els components bàsics d'algunes estructures cel·lulars com poden ser les proteïnes o els àcids nucleics, són els macronutrients, i com el seu nom indica, es requereixen en grans quantitats. Alguns macronutrients més importants són el nitrogen, el fòsfor, el magnesi i el potassi. Altres que es requereixen en grans quantitats per a la construcció de molècules orgàniques són l'oxigen, el carboni i l'hidrogen, però aquests, a diferència dels altres, representen la fracció no mineral dels macronutrients. Els micronutrients en canvi, com ja indica el seu nom, es requereixen en petites quantitats, freqüentment com a cofactors per a l'activitat enzimàtica, i inclouen nutrients com el ferro, el zinc, el manganès i el coure.

Com a regla general, els nutrients minerals s'obtenen del sòl a través de les arrels de les plantes, però l'eficiència de l'adquisició de nutrients es pot veure afectada per molts factors. Principalment, la química i la composició de determinats sòls pot facilitar la tasca d'absorció de nutrients per a les plantes. El contingut d'aigua, el pH<sup>4</sup>, i la compactació en alguns sòls, poden provocar que els nutrients no estiguin disponibles, o estar presents en formes que les plantes no puguin utilitzar.

**TAULA 1. NUTRIENTS IMPRESCINDIBLES PER AL DESENVOLUPAMENT DELS VEGETALS.**

ELEMENT	FORMA D'ASSIMILACIÓ	% EN SÒL SEC	FUNCIÓ
Carboni (C)	CO <sub>2</sub>	45	Forma part de totes les molècules orgàniques.
Oxigen (O)	O <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> O	45	Forma part de totes les molècules orgàniques.
Hidrogen (H)	H <sub>2</sub> O	6	Forma part de totes les molècules orgàniques.
Nitrogen (N)	NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub>	1,5	Component de tots els aminoàcids i nucleòtids.

<sup>4</sup>pH: mesura quantitativa de l'acidesa d'una substància.

ELEMENT	FORMA D'ASSIMILACIÓ	% EN SÒL SEC	FUNCIÓ
Carboni (C)	CO <sub>2</sub>	45	Forma part de totes les molècules orgàniques.
Potassi (K)	K <sup>+</sup>	1	Intervé en l'obertura i tancament dels estomes.
Calci (Ca)	Ca <sup>2+</sup>	0,5	Forma part de la paret cel·lular i regula la permeabilitat cel·lular.
Fòsfor (P)	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	0,2	Component dels nucleòtids i dels lípids que formen les membranes.
Magnesi (Mg)	Mg <sup>2+</sup>	0,2	Forma part de la clorofil·la.
Sofre (S)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,1	Component d'alguns aminoàcids.
Clor (Cl)	Cl <sup>-</sup>	0,01	Protegeix els fotosistemes de components oxidants produïts durant la fotolisi d'aigua.
Ferro (Fe)	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	0,01	Forma part d'alguns transportadors d'electrons i activa enzims importants en la síntesi de clorofil·la.
Coure (Cu)	Cu <sup>+</sup> , Cu <sup>2+</sup>	0,006	Forma part d'alguns transportadors d'electrons i alguns enzims.
Manganès (Mn)	Mn <sup>2+</sup>	0,005	Activa enzims importants per al catabolisme i és necessari per a l'alliberament d'oxigen durant la fotosíntesi.
Zinc (Zn)	Zn <sup>2+</sup>	0,002	Activador o component de molts enzims.
Bor (B)	BO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	0,002	Forma un complex amb els sucres, facilitant el transport per la planta.
Molibdè (Mo)	MoO <sub>4</sub>	0,00001	Important per a l'assimilació de nitrats.

### 2.1.2. Absorció i transport de nutrients

- **ABSORCIÓ:**

Les plantes absorbeixen els nutrients continguts en l'aire, l'aigua i el sòl a través de les fulles i les arrels. El CO<sub>2</sub>, font de carboni i oxigen, s'absorbeix a través dels estomes de les fulles, la resta de nutrients s'absorbeixen del sòl a través de les arrels.

L'absorció de nutrients a través de les arrels és un procés d'intercanvi de càrregues elèctriques sobre la superfície dels pèls radiculars. Els ions s'intercanvien entre el teixit de l'arrel i la solució del terra, permetent així l'absorció de nutrients i aigua cap a l'interior de la planta.

L'absorció es pot produir de dues maneres diferents segons siguin vegetals **tal·lòfits** o **cormòfits**. Els tal·lòfits són vegetals sense cos vegetatiu diferenciat en arrel, tija o fulles, i format per teixits poc diferenciats. En canvi, els vegetals cormòfits, les plantes vasculars o superiors, són els que tenen una organització adaptada per l'absorció i transport de nutrients anomenada corm. El corm (cos esporofític) està format les per següents estructures:

- **Arrel:** és el primer òrgan que es desenvolupa durant la germinació de la llavor. El conjunt d'arrels d'una planta s'anomena sistema radicular. Generalment creixen i s'estenen sota terra, augmentant l'absorció de nutrients i aigua que fan a través dels pèls radiculars. Una altra funció important és ancorar la planta al terra. En cas de ser una arrel aèria, com es pot trobar en les orquídiades, compleixen altres funcions, com la realització de la fotosíntesi. Podem trobar diferents tipus d'arrel segons la seva forma, la direcció de creixement o l'ancoratge que donen a la planta.
- **Tija:** és una estructura aèria que subjecta les fulles, les flors i/o els fruits. Té funcions com el transport de sals minerals i aigua, la fotosíntesi o l'emmagatzematge de substàncies. El seu aspecte depèn de la interacció de la seva genètica amb el medi ambient.
- **Fulles:** són els òrgans fotosintètics principals gràcies a la gran quantitat de cloroplasts que tenen les seves cèl·lules. En elles els compostos inorgànics es transformen en orgànics, això ho fan transformant l'energia de la llum en energia química d'enllaç a través de la fotosíntesi. També s'encarreguen de controlar la transpiració per evitar la pèrdua excessiva d'aigua.

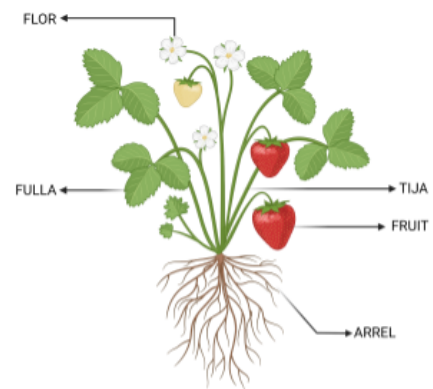


Figura 1. Parts d'un vegetal cormòfit: maduixera (*Fragaria vesca*).

En canvi, els vegetals tal·lòfits agafen els nutrients directament des de les membranes totes les seves cèl·lules, ja que no presenten diferenciació cel·lular i, per tant, no necessiten cap

mecanisme d'absorció i transport com arrels, tiges i/o fulles. Tenen un cos vegetatiu poc diferenciat anomenat tal·lus on totes les cèl·lules són semblants en forma i funció. Són tal·lòfits les algues, fongs, líquens i briòfits.

- **TRANSPORT:**

El transport de nutrients en les plantes vasculars es produeix gràcies a un conjunt de teixits i fibres que formen el sistema vascular. El sistema vascular s'encarrega de distribuir l'aigua i el nutrients necessaris per tota la planta, fet que garanteix un creixement constant de totes les parts de l'organisme. El sistema vascular està format per dos tipus de teixits: el floema i el xilema, que comuniquen el sistema radicular amb les estructures foliars a través de la tija.

- **Floema:**

El floema és el teixit conductor que transporta per tota la planta substàncies carbonades, especialment sucres, produïdes per la part aèria fotosintètica i autòtrofa, cap a les parts basals subterrànies, no fotosintètiques i, per tant, heteròtrofes de les plantes vasculars. El floema també es coneix com a liber o teixit cribós, i està format per elements conductors i no conductors. Els elements conductors són els tubs o elements cribosos i les cèl·lules criboses, que són cèl·lules vives sense nucli i amb una paret primària engrossida per dipòsits de cal·losa<sup>5</sup>. Dintre dels elements no conductors es troben les cèl·lules acompanyants (cèl·lules parenquimàtiques i Strasburger, encarregades de mantenir metabòlicament als elements conductors) i cèl·lules de suport, com les fibres esclerènquima i les esclereides.

Dintre del floema es distingeixen:

- **Floema primari:** es troba en els òrgans en desenvolupament. Apareix primer com a profloema, que es forma a partir del meristema<sup>6</sup> procàmbium. Aquest és substituït ràpidament per metafloema, que conté cèl·lules i tubs cribosos més gruixuts i llargs i sempre té cèl·lules acompanyants.
- **Floema secundari:** es forma a partir del càmbrum o meristema secundari en les plantes amb creixement secundari (encarregat d'incrementar el gruix de l'arrel o tija de la planta més que no pas la seva longitud). Els elements conductors i les cèl·lules acompanyants estan molt desenvolupats. S'ubica al final de la tija o de l'arrel. Encara que no té ductes secretors, també està format per cèl·lules parenquimatoses.

---

<sup>5</sup>*Cal·losa:* polisacàrid d'origen vegetal produït en resposta a certes situacions d'estrès.

<sup>6</sup>*Meristema:* teixit biològic constituït per cèl·lules indiferenciades formant una zona de creixement on tenen lloc les divisions cel·lulars.

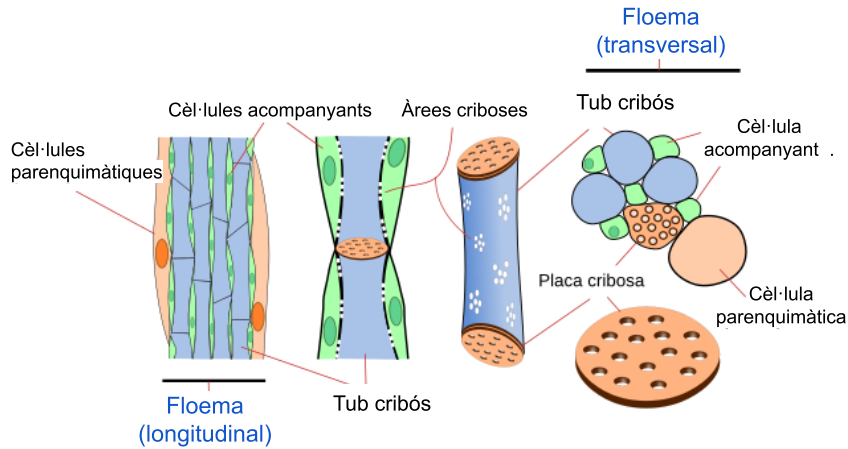


Figura 2. Esquema dels principals tipus cel·lulars del xilema d'una angiosperma.  
Font: Atlas de histologia vegetal y animal. Modificació: traduït del castellà al català

### → Xilema:

El xilema, també conegut com a teixit llenyós, és el teixit vegetal que s'encarrega del transport i la distribució, principalment, d'aigua i sals minerals, encara que també transporta altres nutrients de forma ascendent, o sigui, des de l'arrel fins a la resta de la planta. També esdevé el principal element de suport mecànic de les plantes, sobretot d'aquelles amb creixement secundari. Al conjunt de nutrients transportats per el xilema, s'anomena saba bruta o llacor. Aquesta saba es produeix gràcies a l'osmosi i la succió. El xilema està conformat per cèl·lules conductores o elements traqueals, que serveixen per al transport vertical i la sustentació de la planta, i cèl·lules no conductores, que fan la tija més forta i el carreguen amb el productes que seran transportats.

Es diferencia en:

- **Xilema primari:** és el primer tipus de xilema i es forma durant el desenvolupament d'un òrgan de la planta. El formen el protoxilema i el metaxilema. Primerament es forma el protoxilema, constituït per traqueides anellades o espiralades, que al final s'estiren i destrueixen. I seguidament apareix el metaxilema, que està format per vasos en forma de tubs prismàtics i són lleugerament més allargats que el protoxilema. Es troba present en totes les etapes de desenvolupament de la planta.
- **Xilema secundari:** es produeix la divisió de les cèl·lules del cambium. Es forma en els òrgans amb creixement secundari. És el teixit madur de conducció, juntament amb el floema secundari.

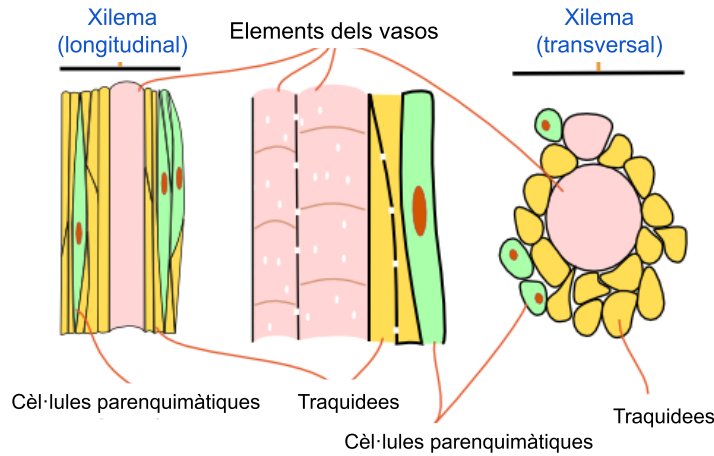
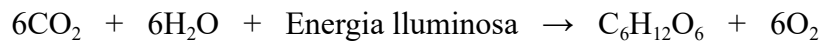


Figura 3. Esquema dels principals tipus cel·lulars del xilema primari d'una angiosperma. Font: Atlas de histologia vegetal y animal. Modificació: traduït del castellà al català

### 2.1.3. Fotosíntesi

La fotosíntesi és el procés químic que es dona majoritàriament en les fulles dels organismes vegetals i mitjançant el qual sintetitzen energia química en forma de sucres a partir d'energia lluminosa. És a dir, la fotosíntesi transforma matèria inorgànica en matèria orgànica senzilla, fent que els organismes fotosintètics siguin autòtrofs. És la font d'energia indispensable per als éssers vius ja que produeix la major part de l'oxigen de l'atmosfera, creant molècules de glucosa mentre s'alliberen també d'oxigen, a partir d'aigua, diòxid de carboni i energia lluminosa. La fórmula química de la reacció de la fotosíntesi és:



La fotosíntesi es realitza gràcies als pigments fotosintètics, lípids units a proteïnes presents en les membranes dels tilacoides dels cloroplasts, els orgànuls fotosintètics presents en plantes i algues eucariotes. Els pigments fotosintètics són les molècules amb capacitat d'absorbir l'energia de la llum solar i invertir-la en activar una cadena transportadora d'electrons, iniciant així una reacció química. Hi han dos tipus de pigments fotosintètics:

- **Clorofil·les.** La clorofil·la *a* i *b* són les més abundants. Són les que donen el color verd a les plantes, algues i molts bacteris fotosintètics absorbint amb més força les regions blaves i vermelles de l'espectre visible, i reflexant llum verda.

- **Carotenoides.** Són isoprenoides<sup>7</sup>. Ajuden a captar la llum, però també es desfan de l'excés d'energia lluminosa. Aquests pigments capten les parts blaves i verdes de l'espectre visible, això fa que es vegin grocs (xantofil·les), taronges o vermells

Quan aquests pigments s'agrupen en grups de més de 200 molècules, formen els **fotosistemes**, que són complexos proteics situats a les membranes dels tilacoides<sup>9</sup> dels cloroplasts, amb un paper important en el procés fotosintetitzador.

La realització de la fotosíntesi té lloc a través de reaccions dependents de l'energia lumínica, les quals formen la **fase lluminosa**, i altres independents de la llum, formant la **fase fosca**.

- **FASE LLUMINOSA**

La fase lluminosa de la fotosíntesi pot ser **cíclica**, amb transport cíclic d'electrons i amb la participació única del fotosistema I, o **acíclica**, amb transport acíclic d'electrons i participació del fotosistema I i el fotosistema II.

- **FASE LLUMINOSA CÍCLICA:**

En la fase lluminosa cíclica, només intervé el fotosistema I, que genera un flux d'electrons que a cada volta sintetitza ATP. Com que no intervé el fotosistema II, no hi ha fotòlisi de l'aigua, per tant no s'allibera oxigen (anoxigénica) ni es redueix el NADP<sup>+</sup>. La fase lluminosa cíclica es fa amb la finalitat d'esmenar el dèficit d'ATP que es produeix a la fase acíclica per poder dur a terme la fase fosca que es produeix posteriorment.

- **FASE LLUMINOSA ACÍCLICA:**

Dintre d'aquesta etapa, gràcies a la llum captada pels pigments fotosintètics, es produeixen la fotòlisi de l'aigua, la fotofosforilació de l'ADP, i la fotoreducció del NADPH.

- **FASE FOSCA:**

Per a que es pugui dur a terme la fase fosca, no és necessària l'energia lumínica. Durant aquesta fase es fixa el CO<sub>2</sub> atmosfèric i s'obtenen molècules orgàniques, amb la intervenció del NADPH i l'ATP produïts a la fase lluminosa.

La reducció de carboni es produeix a l'estroma del cloroplasts, on es produeixen una sèrie de reaccions cícliques anomenades **Cicle de Calvin** (*Melvin Calvin*).

- **FACTORS QUE INFLUEIXEN EN LA FOTOSÍNTESI:**

La realització de la fotosíntesi és essencial per al desenvolupament dels vegetals, però hi ha diferents factors que influeixen en el rendiment d'aquesta reacció.

---

<sup>7</sup>Isoprenoide: lípid amb estructura de polímer d'hidrocarbur amb 5 àtoms de carboni.

**1. Temperatura.** Cada espècie està adaptada a viure en un interval de temperatures, dins d'aquest interval, contra més elevada sigui la temperatura, més augmentarà l'eficàcia fotosintètica. En cas que sobrepassi el límit de temperatura, es poden produir alteracions enzimàtiques, disminuint així el rendiment fotosintètic. Si la temperatura augmenta massa, es pot produir la desnaturalització de les proteïnes, produint la mort de la planta.

**2. Concentració CO<sub>2</sub>.** Si la intensitat lluminosa és elevada i constant, com més CO<sub>2</sub> hi hagi, més elevada és l'eficiència fotosintètica. Fins que arriba a un valor determinat on el rendiment s'estabilitza (quan tots els enzims estan ocupats).

**3. Concentració O<sub>2</sub>.** Degut als processos de fotorrespiració, com més elevada sigui la concentració d'oxigen, menor serà el rendiment fotosintètic.

**4. Intensitat lluminosa.** Cada espècie està adaptada a viure dintre d'un interval d'intensitat lluminosa. Dintre d'aquest interval, com major sigui l'intensitat, major serà el rendiment fotosintètic, en cas de superar el límit que suporta l'espècie, es produeix la fotooxidació irreversible dels pigments fotosintètics, o sigui, que es destrueixen.

**5. L'escassetat d'aigua.** En cas que hi hagi escassetat de vapor d'aigua a l'aire o escassetat d'aigua al sòl, disminueix el rendiment fotosintètic. Consegüentment els estomes es tanquen amb la finalitat d'evitar la dessecació, disminuint així l'entrada de CO<sub>2</sub>.

## **2.2. Els sòls agrícoles**

Un dels factors més importants a tenir en compte en el moment de conrear, és el tipus de sòl i l'estat en què es troba el terreny en el que volem exercir aquesta tasca, ja que no tots són iguals ni aptes per al cultiu. Per aquest motiu és imprescindible conèixer el tipus de sòl del que disposem si volem que la nostra plantació es desenvolupi de la millor forma i donant els millors resultats possibles.

### **2.2.1. Característiques fisicoquímiques dels sòls**

Els diferents tipus de sòl amb els que ens podem trobar es poden classificar segons les seves característiques fisicoquímiques:

- **Sòl pedregós:** està format per roques i pedres. És un sòl semi-impermeable, això significa que impedeix l'entrada d'aigua i, per tant, no serveix per a l'agricultura. Però

encara que no sigui un terreny apte per a cap plantació, s'hi poden trobar plantes d'origen xeròfil, aquestes tenen la capacitat de suportar condicions de sequera extrema. Un exemple d'aquestes plantes seria els cactus.

- **Sòl sorrenc:** es pot trobar en zones àrides i semi-àrides. És extremadament lleuger i no té estructura. Encara que tingui un baix contingut en matèria orgànica és el tipus de sòl que millor drenatge té, ja que és lleuger i molt porós, fet que facilita la filtració d'aigua. Un dels inconvenients que té és que no reté l'aigua ni els adobs, per tant, les úniques plantes que hi poden créixer són les que tenen poques necessitats nutricionals, com el tamariu (*Tamarix gallica*), la lavanda (*Lavandula angustifolia*) o la barba de boc (*Caesalpinia gilliesii*).
- **Sòl llimós:** es troba a prop de les ribes dels rius. Té aspecte uniforme i consistència farinosa. És solt i porós, però pot arribar a compactar-se. Drena bé, reté la humitat i té alta fertilitat. Conté entre el 60 i el 90% de llim. Els millors cultius per a aquest sòl són els conífers i la vinya, entre altres.
- **Sòl argilós:** té una proporció d'argila superior al 30%. Té textura molt fina. És un sòl força impermeable. Quan s'asseca s'esquerda, fet que fa possible l'absorció de gasos. És dels més rics en components per afavorir el creixement de la majoria de vegetals.
- **Sòl salí:** té un grau elevat de concentració en sals solubles ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3\text{H}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ), això afecta a les propietats fisicoquímiques dels sòls provocant una davallada en la qualitat del cultius per la pèrdua de fertilitat. Té baixa absorció d'aigua. En general no és adequat per a l'agricultura.

Tenint en compte aquestes característiques, el sòl amb el que comptem a l'aula natura del centre, el podem classificar com un sòl sorrenc.



Imatge 1. Diferents tipus de sòl: sòl pedregós, sòl sorrenc, sòl llimós i sòl argilós.

### 2.2.2. La vida al sòl

Els microorganismes que habiten al sòl conformen un part important i essencial en l'activitat agrícola. Diverses activitats com el cicle de nutrients, la descomposició de residus vegetals i la formació de matèria orgànica en el sòl, les quals contribueixen positivament en l'estructura i altres característiques físiques del sòl, són donades gràcies a la presència de microorganismes. A més, aquests són participants en processos que afavoreixen el creixement de les plantes, com la fixació de nitrogen, és a dir, la conversió de matèria en components que les plantes puguin emprar per nodrir-se i créixer, la producció de substàncies que afavoreixen el creixement de les arrels, permetent així a la planta millorar la seva nutrició, i la producció d'hormones que exerceixen un paper directe en la promoció del creixement de les plantes, l'allargament de les cèl·lules, i la tolerància a l'estrès abiòtic<sup>8</sup>, com la sequera i la alta salinitat. Per aquest motiu, els sòls on més abunden els microorganismes, i més diversitat n'hi ha, són menys susceptibles a degradar-se i a l'aparició de plagues o altres enfermetats que afecten a les plantes.

### 2.2.3. Cromatografia de Pfeiffer

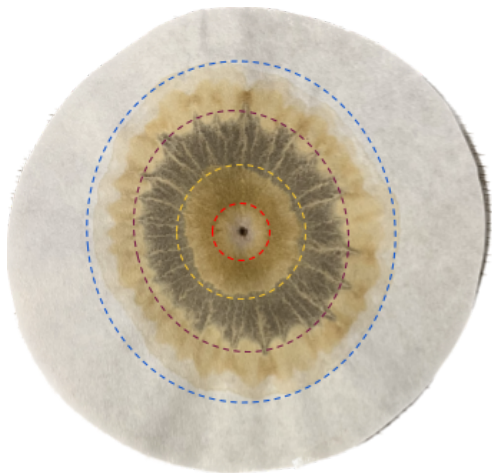


Figura 4. Disc d'una cromatografia de Pfeiffer amb les diferents zones que s'hi poden observar.

**ZONA 1**  
**ZONA 2**  
**ZONA 3**  
**ZONA 4**

La cromatografia de Pfeiffer és una tècnica que s'utilitza per fer anàlisis qualitius dels sòls, compostos i biofertilizants, permetent-nos així observar la interacció que hi ha entre els microorganismes, la matèria orgànica i els minerals. Aquesta tècnica va ser ideada i desenvolupada per Ehrenfried E. Pfeiffer (1899-1961).

És una tècnica que es basa en els principis de la cromatografia en paper, és una eina útil i econòmica per conèixer la fertilitat dels sòls. Permet realitzar una anàlisi qualitativa per determinar les condicions d'un sòl a través d'un cromatograma, la descripció dels quals es fa en base als seus components: mida, forma i colors revelats. En ells s'observen anells anomenats zones, de les quals es poden reconèixer 4: zona central (ZC-1), zona interna

<sup>8</sup>*Abiòtic*: element de l'ecosistema que no té vida però influeix en els éssers vius que formen part d'ell (factors biòtics).

(ZI-2), zona intermèdia (ZIN-3) i zona externa (ZE-4). L'aspecte d'aquestes zones mostra la transformació de la matèria orgànica i el procés d'humificació. A més, es troben als radials que són indicadors del procés de mineralització els núvols que es mostren com explosions o taques a la zona externa i els prats, representats per petits orificis en les zones interna i intermèdia, indicadors, ambdós, d'activitat enzimàtica o biològica.

El resultat final d'aquesta cromatografia, ha d'estar dividit en 4 zones. La zona 1 o zona d'oxigenació, mostra la presència dels microorganismes del sòl, els quals compleixen la funció de descompondre la matèria orgànica en humus i fertilitzar el sòl. A la zona 2 o zona mineral, es concentren la majoria dels minerals i les substàncies més pesants. La zona 3 o zona proteica, reflexa la presència o absència de matèria orgànica. Per últim, la zona 4 o zona enzimàtica, ens indicarà si es un sòl sa en cas de manifestar nuvolets o lunars tènues.

### **2.3. Fertilitzants**

Sovint, els components naturals del sòl en el que es vol conrear no són suficients perquè les llavors germinin o les plantes es desenvolupin i cal utilitzar fertilitzants.

Un fertilitzant, per tant, és un producte que compleix la funció d'aportar nutrients a les plantes, en cas que els del sòl no siguin assimilables o escassos. Amb la seva aplicació, la matèria orgànica al sòl, com ara el fòsfor o el potassi, entre altres, incrementa el seu contingut. Es poden destacar dos grans tipus de fertilitzants:

- **Fertilitzants orgànics:** també coneguts com adobs, s'utilitzen en l'agricultura ecològica. Són d'origen animal o vegetal. Es tracten d'una substància orgànica que addicionada al sòl compensa les deficiències que aquest pugui tenir, augmentant així la seva fertilitat, al contenir diversos elements químics indispensables pel desenvolupament correcte dels conreus. L'avantatge principal que tenen és que el seu ús millora l'estat del sòl i afavoreix la retenció d'aigua i nutrients, però tenen l'inconvenient que els seus nutrients són menys solubles i triguen més en ser absorbits per la planta. Exemples d'aquests són el compost o els fems.
- **Fertilitzants químics:** es produeixen de manera industrial. Els avantatges d'aquest tipus són la ràpida obtenció de resultats, la millora en la salut de les plantes i l'augment de la producció de les collites. Però els inconvenients que pot tenir són el desequilibri en el pH del sòl o la toxicitat en cas d'utilitzar altes quantitats.

### 2.3.1. Purí d'ortiga

L'ortiga, o *Urtica*, és una herba cosmopolita de la família de les *urticaceae* originaria d'Europa. La característica més coneguda d'aquesta planta és la presència de pèls urticants que contenen un líquid àcid (àcid fòrmic) el qual produeix irritació o picor intens a la pell quan es toca o rosa. És una planta arbustiva, perenne, d'arrel fibrosa i blanquinosa. Creix en sòls humits i rics en nitrogen. És una planta rica en clorofil·la, àcids orgànics, flavonoides, tanins, sals minerals, carotens, histamina i



Imatge 2. Ortiga (*Urtica dioica*).

acetilcolina, i vitamines A, B2, K1 i àcid fòlic. A més, fortifica i estimula la flora microbiana de la terra i la vegetació, accelera el compostatge, reforça les plantes, lluita contra la clorosi i afavoreix la fotosíntesi. Les múltiples propietats d'aquesta planta fan que esdevingui un dels fertilitzants orgànics més utilitzats a l'agricultura ecològica. Per poder ser utilitzada com a fertilitzant cal preparar un extracte fermentat conegut com a **purí d'ortiga**.

El purí d'ortiga és, doncs, un extracte vegetal que té com a funció principal aportar nutrients a les plantes. Alhora, però, té funció fungicida i insecticida, actuant contra el àcars, pugons i malalties com el mildiu. El purí d'ortiga és un fertilitzant ric en nitrogen i altres micronutrients d'assimilació ràpida per les plantes. S'utilitza per estimular el creixement de les plantes i fer-les més resistents. Es pot aplicar de dues maneres: per via foliar, o la que és més recomanable, directament al sòl, ja que d'aquesta manera s'estimula la vida microbiana. D'entre la gran diversitat de plantes que podem trobar a l'hort de l'aula natura, es va detectar la presència d'*urtica dioica*, fet que va estimular la possibilitat d'utilitzar purí d'ortiga com a fertilitzant en aquest treball de recerca.

## III. PART PRÀCTICA

La part pràctica que es descriu a continuació es divideix en dos apartats. Primerament s'ha realitzat una anàlisi de l'estat del sòl per poder veure la fertilitat del mateix i seguidament s'ha portat a terme una anàlisi experimental per comprovar l'efecte del purí d'ortiga com a fertilitzant.

### 3.1. Anàlisi inicial del sòl

Prèviament a la comprovació de l'efecte del purí d'ortiga, s'ha analitzat l'estat del sòl de conreu per tal de poder analitzar qualitativament en quin estat es troba el sòl i així poder fer una comparació entre l'abans i el després de l'aplicació del purí.

#### 3.1.1. Hipòtesi i objectius

Tenint en compte les propietats de l'ortiga deduïm que *potser l'estat nutritiu del sòl després d'una temporada aplicant purí presentarà millores respecte a la situació prèvia al seu ús.* L'objectiu d'aquesta part del treball de recerca és fer la cromatografia de Pfeiffer i així observar les diferències qualitatives que es produeixen al sòl abans i després de l'aplicació del purí.

#### 3.1.2. Disseny experimental

##### Material:

- Mostra de sòl
- Morter
- Aigua destil·lada
- Paper
- Hidròxid de sodi (NaOH)
- Balança
- Paper de filtre
- Llapis
- Nitrat de plata (AgNO<sub>3</sub>)
- Placa de Petri
- Vas de precipitats

##### Procediment:

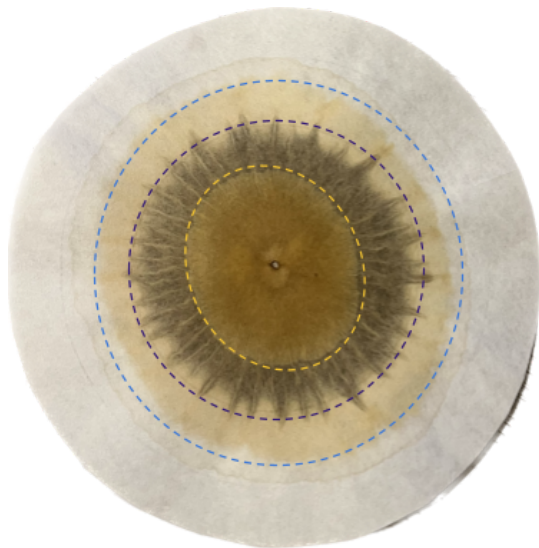
1. Primerament, s'ha de tamisar la mostra del substrat amb un colador i polvoritzar-lo amb un morter.
2. Polvoritzada la mostra, s'han de pesar 5 g i posar-los en un vas de precipitats.
3. En un altre vas de precipitats, cal barrejar 1 g de NaOH amb 100 mL d'aigua destil·lada. Fet això, abocar-ne 50 mL de la dissolució als 5 g de mostra de substrat, i barrejar donant 7 voltes cap a un costat, i 7 cap a l'altre (repetir 7 vegades).
4. Passats 15 min, es torna a barrejar de la mateixa manera i es deixa reposar 1 hora.
5. Passada l'hora, cal barrejar per últim cop i deixar-ho reposar entre 5 i 6 hores. Mentre reposa, es pot procedir amb la preparació del paper de filtre.
6. La preparació del paper de filtre, s'inicia tallant-ne un tros en forma de disc i fent un petit forat de 2 mm enmig. Partint del forat, fer una marca als 4 i 6 cm de radi.
7. Seguidament, es prepara una dissolució al 0.5% de nitrat de plata, o sigui, 0.5 g de nitrat de plata en 100 ml d'aigua destil·lada, i es posa una mica a la placa de Petri.
8. Amb un quadrat de paper de 2 cm cal fa un canut, el qual s'introduirà pel forat d'enmig fet prèviament. D'aquesta manera el paper de filtre podrà absorbir la solució.

9. Per acabar amb la preparació del paper de filtre, es posa el paper a la solució per tal que l'absorbeixi per capilaritat en la dissolució de nitrat de plata, esperant que s'impregni fins a la marca dels 4 cm, i deixar-lo assecar en un lloc sense llum de 2 a 6 hores.
10. Passat el temps de repòs de la dissolució feta amb la mostra de sòl i NaOH, es posen entre 3 i 4 ml en una placa de Petri, i es posa el paper de filtre prèviament preparat a impregnat fins a arribar a la marca del 6 cm.
11. Finalment, es deixa assecar en un lloc on el paper de filtre no estigui en contacte amb cap superfície (per exemple, penjar-lo de la taula amb cel).
12. Un cop sec, es deixa en una zona en que toqui la llum del Sol durant 6-8 dies per tenir el resultat final de la cromatografia.

Aquest procediment es va realitzar amb mostres del sòl abans i després de l'aparició del purí d'ortiga. En cada ocasió, s'han portat a terme dues rèpliques.

### **3.1.3. Anàlisi de resultats**

#### **CROMATOGRAFIA PRÈVIA A L'APLICACIÓ DE PURÍ:**



*Figura 5. Cromatografia de Pfeiffer prèvia a l'aplicació de purí d'ortiga.*

ZONA 1  
ZONA 2  
ZONA 3  
ZONA 4

En aquesta cromatografia (figura 5), la zona 1, o zona d'oxigenació, està absent, això indica que no hi ha oxigen al sòl, per tant és un sòl compactat sense microorganismes que descomposin la matèria orgànica i fertilitzin el sòl. Degut a l'absència de la zona 1, no es pot dir que els minerals, els qual es reflexen en la zona 2, estiguin interactuant amb microorganismes. La zona 3 indica que hi ha matèria orgànica present,

però l'absència de microbiologia, inutilitza la matèria orgànica ja que no disposa dels descomponedors que la transformaran en humus, per aquest motiu es pot observar com aquesta zona acaba amb puntes agudes, aquestes indiquen falta de reserves nutricionals i humus, en relació també, amb la falta de microbiologia. Per tant, es tracta d'un sòl nutritiu, però aquests nutrients no estan disponibles per als vegetals que es desenvolupen a la zona.

## 3.2. Fertilització amb purí d'ortiga

Un cop vist que la fertilitat del sòl de conreu era baixa, s'ha procedit a analitzar l'efecte del purí d'ortiga com a fertilitzant orgànic i ecològic.

### 3.2.1. Hipòtesi i objectius

Després d'una cerca d'informació sobre diferents mètodes ecològics que poguessin ser d'utilitat per a erradicar la baixa fertilitat del sòl, hem pensat que *potser el purí d'ortiga és una bona eina per millorar la fertilitat del sòl*. L'objectiu d'aquesta part del treball consisteix en elaborar un purí d'ortiga i provar la seva eficàcia comparat amb altres fertilitzants.

### 3.2.2. Disseny experimental

#### 1. ELABORACIÓ PURÍ D'ORTIGA

Prèviament a l'aplicació del purí d'ortiga i altres fertilitzants, per poder comparar l'efecte sobre el creixement i desenvolupament dels vegetals de diferents tipus de fertilitzants, es va elaborar un purí d'ortiga propi a partir d'ortigues recol·lectades de l'aula natura.

#### Materials:

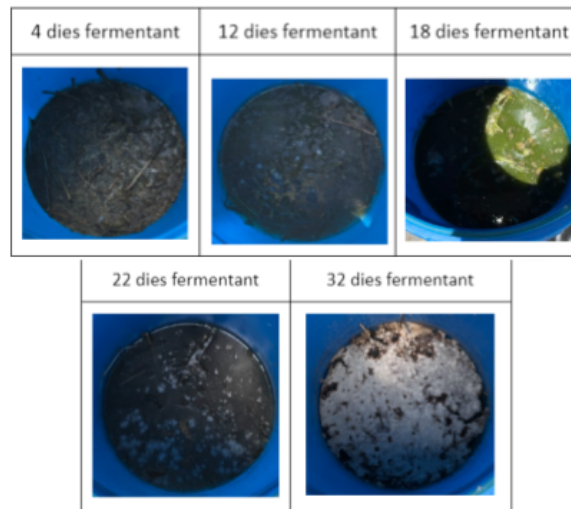
- 1 kg d'ortiga
- 10 L d'aigua
- Pal per anar remenant la mescla periòdicament
- Recipient gran on càpiga la mescla

#### Procediment:

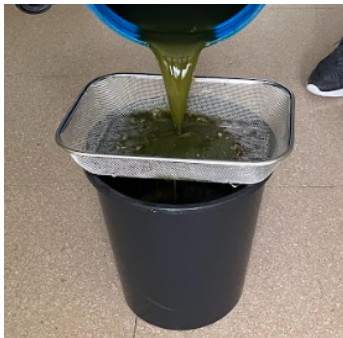
1. En un recipient suficientment gran per que càpiga la mescla, hi posem el quilo d'ortiga i el 10 L d'aigua fins cobrir les ortigues.
2. Removem durant 5 minuts i ho deixem reposar a un lloc airejat on el toqui la llum del Sol.



3. Deixem reposar el purí fins que fermenti, remenant-lo cada 3 dies més o menys. Sabem que ja ha fermentat, si en el moment de barrejar el purí ja no es produeix escuma a la superfície.



*Figura 6. Estats de la fermentació del purí d'ortiga amb el pas dels dies.*



4. Un cop fermentat, el filtrem separant el purí (líquid), de les restes de plantes d'ortiga. Per a poder donar-li ús com a fertilitzant sense que provoqui cap mal a la planta, ha d'estar concentrat al 20% i s'ha d'aplicar un cop a la setmana (en cas de posar-hi una concentració més elevada, podem aconseguir l'efecte invers al que estem buscant).

## **2. ANÀLISI DE L'EFECTE DEL PURÍ D'ORTIGA**

### **a) Problema:**

Poc creixement de les plantes.

### **b) Objectiu:**

Analitzar l'efecte del purí d'ortiga en el creixement i desenvolupament de la planta.

### **c) Hipòtesi:**

Potser el purí d'ortiga és una bona eina per millorar la fertilitat del sòl.

### **d) Disseny experimental:**

En aquesta part de la pràctica posarem a prova el purí d'ortiga, i comprovarem el seu efecte en el creixement i desenvolupament dels vegetals conreats. Per poder observar quins efectes té el purí sobre les plantes es realitzarà una anàlisi comparativa amb altres fertilitzants. Sembrarem la mateixa hortalissa en 12 testos diferents, i cada parella de testos serà tractada amb productes diferents, de manera que de cada tractament hi hauran dues rèpliques.

- **Parella 1:** Grup control (sense cap producte).
- **Parella 2:** Purí d'ortiga ecològic elaboració pròpia.
- **Parella 3:** Purí d'ortiga industrial.
- **Parella 4:** Compost.
- **Parella 5:** Purí d'ortiga ecològic elaboració pròpia + compost.
- **Parella 6:** Purí d'ortiga industrial + compost.

Anirem fent observacions de les hortalisses cada 7 dies per veure quins avenços van fent i seguir el seu creixement més detalladament, fixant-nos també en l'aparició de plagues que puguin tenir. S'anirà controlant, també el pH, la temperatura i la humitat del sòl.

Per a la realització d'aquesta part, s'ha escollit com a hortalissa l'enciam llarg o romà (*Lactuca sativa var. longifolia*). El conreu s'ha realitzat a partir de la llavor. S'ha escollit aquesta hortalissa perquè es tracta d'un vegetal de creixement ràpid, les característiques morfològiques del qual permeten identificar i observar ràpidament les diferències entre unes i altres.

**e) Variables dependents i independents:**

DEPENDENTS	INDEPENDENTS
<ul style="list-style-type: none"><li>- Creixement.</li><li>- Nivell de pH.</li><li>- Humitat i temperatura.</li><li>- Aparició de plagues.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Fertilitzant.</li><li>- Aigua i Sol que reben les plantes.</li><li>- Sòl / substrat de conreu.</li></ul>

**f) Material:**

- 12 testos de la mateixa mida.
- Hortalissa de creixement ràpid (enciam).
- Purí d'ortiga industrial.
- Purí d'ortiga d'elaboració pròpia.
- Compost.

**3.2.3. Anàlisi de resultats**

Passat el període d'aplicació de diferents fertilitzants, s'han analitzat diferents paràmetres relatius al creixement i desenvolupament vegetal per tal d'avaluar qualitativament l'efecte del diferents fertilitzants utilitzats.

**Massa final:**

TEST	MASSA (g)
1.1	32 g
1.2	37 g
2.1	217 g
2.2	96 g
3.1	6 g
3.2	52 g

TEST	MASSA (g)
4.1	94 g
4.2	64 g
5.1	213 g
5.2	322 g
6.1	60 g
6.2	170 g

Taula 2. Massa final de cada rèplica.

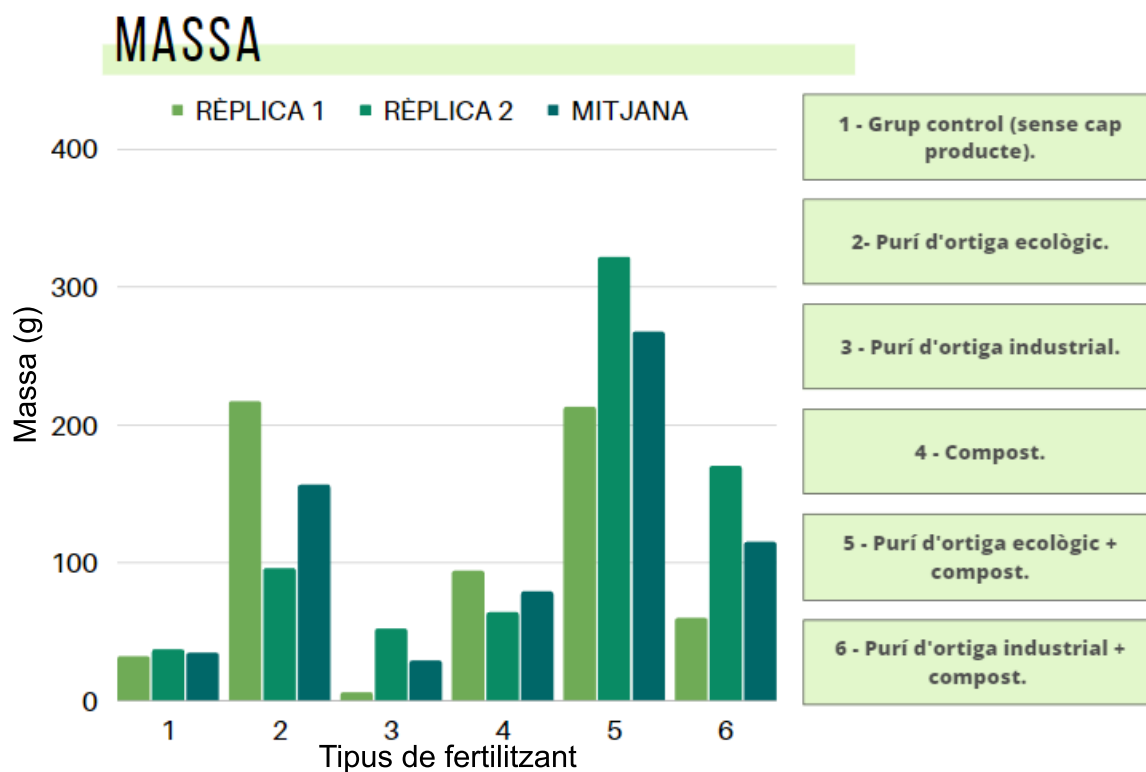


Figura 7. Gràfic comparatiu entre la massa final de les diferents rèpliques.

### Mida final:

Referida al creixement del conjunt de fulles del vegetal.

TEST	MIDA (cm)	TEST	MIDA (cm)
1.1	22 cm	4.1	24 cm
1.2	21 cm	4.2	22,5 cm
2.1	32 cm	5.1	37 cm
2.2	25 cm	5.2	39 cm
3.1	18 cm	6.1	29 cm
3.2	39 cm	6.2	42 cm

Taula 3. Mida final de cada rèplica.

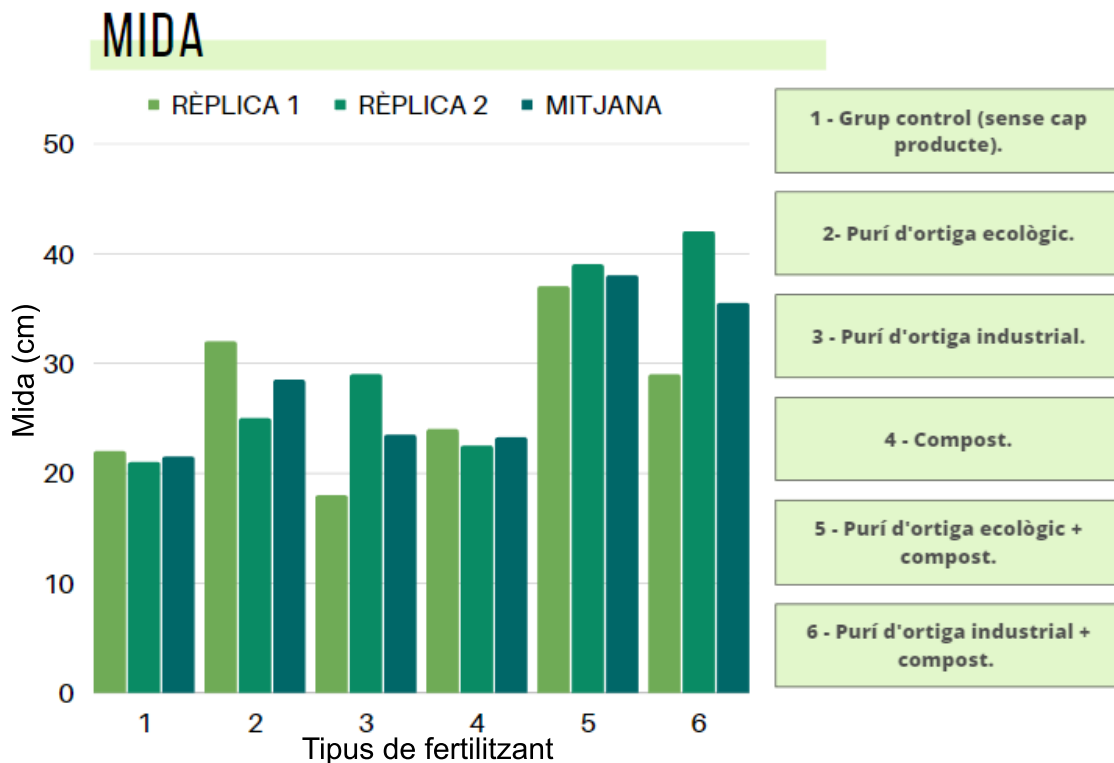


Figura 8. Gràfic comparatiu entre la mida final de les diferents rèpliques.

### Índex d'àrea foliar:

L'àrea foliar representa la superfície fotosintètica de la planta, per tant té una relació directa amb la productivitat, és a dir, amb el creixement i desenvolupament del vegetal.

TEST	ÀREA FOLIAR (MOSTRA 1)	ÀREA FOLIAR (MOSTRA 2)	ÀREA FOLIAR (MOSTRA 3)	ÀREA FOLIAR MITJANA
1.1	23,246 cm <sup>2</sup>	29,121 cm <sup>2</sup>	—	26,1835 cm <sup>2</sup>
1.2	10,755 cm <sup>2</sup>	15,598 cm <sup>2</sup>	22,547 cm <sup>2</sup>	16,3 cm <sup>2</sup>
2.1	36,023 cm <sup>2</sup>	78,226 cm <sup>2</sup>	—	57,1245 cm <sup>2</sup>
2.2	11,432 cm <sup>2</sup>	41,764 cm <sup>2</sup>	55,257 cm <sup>2</sup>	36,151 cm <sup>2</sup>
3.1	26,697 cm <sup>2</sup>	—	—	26.697 cm <sup>2</sup>
3.2	24,772 cm <sup>2</sup>	70,857 cm <sup>2</sup>	—	47,8145 cm <sup>2</sup>
4.1	54,055 cm <sup>2</sup>	—	—	54,055 cm <sup>2</sup>
4.2	116,646 cm <sup>2</sup>	—	—	116,646 cm <sup>2</sup>
5.1	44,858 cm <sup>2</sup>	56,799 cm <sup>2</sup>	158,233 cm <sup>2</sup>	86,63 cm <sup>2</sup>
5.2	58,893 cm <sup>2</sup>	104,741 cm <sup>2</sup>	—	81,817 cm <sup>2</sup>
6.1	21,089 cm <sup>2</sup>	36,778 cm <sup>2</sup>	64,382 cm <sup>2</sup>	40,75 cm <sup>2</sup>
6.2	20,092 cm <sup>2</sup>	137,254 cm <sup>2</sup>	—	78,673 cm <sup>2</sup>

Taula 4. Índex d'àrea foliar de cada rèplica.

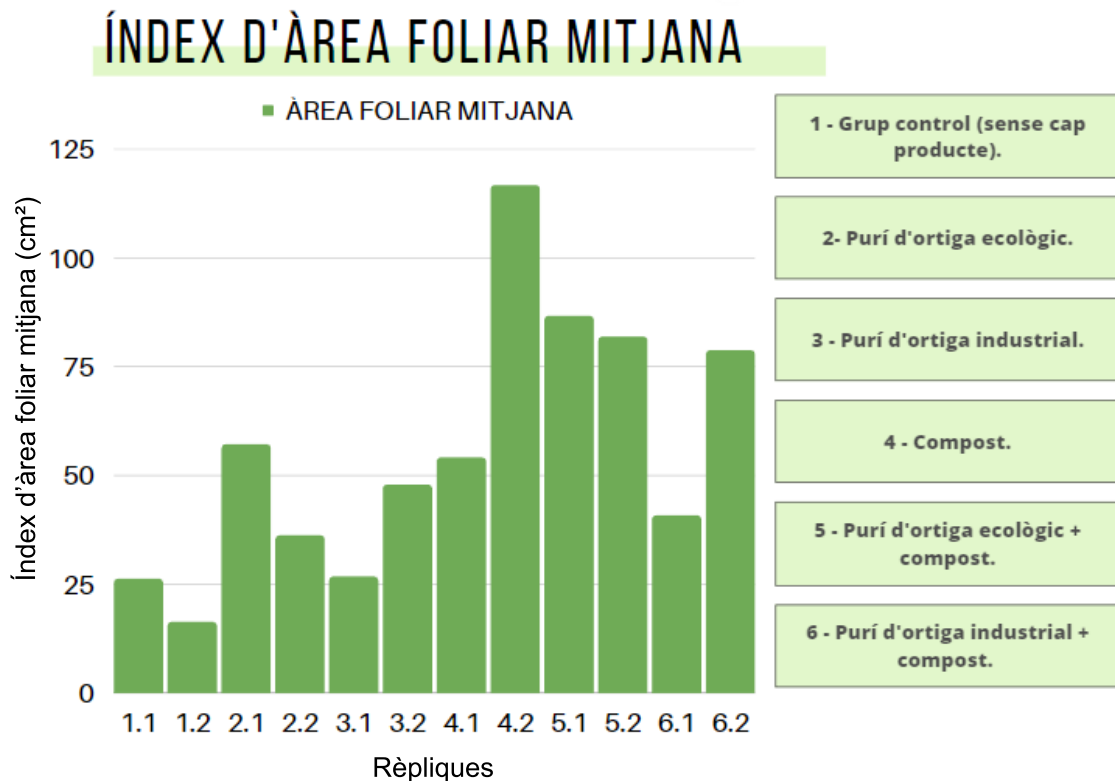


Figura 9. Comparació dels índex d'àrea foliar mitjana entre les rèpliques.

## CROMATOGRAFIA DESPRÉS DE L'ÚS DEL PURÍ

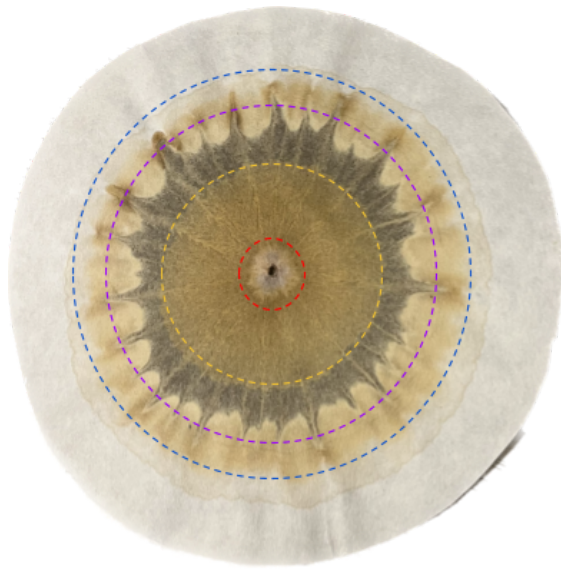


Figura 10. Cromatografia de Pfeifer posterior a l'aplicació de purí d'ortiga.

ZONA 1  
ZONA 2  
ZONA 3  
ZONA 4

En aquesta cromatografia, feta després d'una temporada utilitzant purí d'ortiga, s'observa que la zona 1 és d'un color blanc, això indica bon sòl. Un sòl no compactat, amb bona estructura, on abunda matèria orgànica activa, i adequada activitat microbiològica i enzimàtica. El color crema de la zona 2, i l'harmonia entre les diferents zones, indiquen que la microbiologia està interactuant amb els minerals.

Veient que es manté l'harmonia amb la zona 3, es pot concloure que l'activitat biològica és molt bona. A més dels colors vius i l'harmonia de la zona 3 amb les altres zones, la integració d'aquesta amb la zona 4 acaba en forma de dents, per tant, es pot dir que la microbiologia, la matèria orgànica i els minerals estan totalment integrats i el sòl està sa. Per últim, els nuvolets que s'observen en la zona 4, al voltant de les puntes, indiquen abundància i varietat nutricional, però com no estan molt definits, podem dir que la qualitat de l'aliment disponible de forma immediata per al cultiu, no és molt alta.

### 3.2.4. Conclusió

La cromatografia prèvia a l'aplicació del purí, ens indica que l'estat del sòl no es idoni per al cultiu perquè la falta de microorganismes i/o organismes descomponedors afecta directament al cicle de la matèria fent que no s'acabi de tancar, i per tant, no hi hagi disponibilitat de nutrients. En canvi, la cromatografia feta després d'un període aplicant purí d'ortiga, mostra millores en la presència de microorganismes, això fa que la matèria orgànica es pugui descomposar i, per tant, generar reserva de nutrients i humus, millorant la fertilitat del sòl. A més, les gràfiques permeten veure, de forma més ràpida i clara, la diferència que s'ha produït entre els vegetals tractats amb purí d'ortiga d'elaboració pròpia i la resta, sent generalment els vegetals tractats amb purí més pesants, més grans, i amb un àrea foliar més gran. Finalment, les cromatografies i les dades preses, demostren que veritablement aquest

producte és beneficiós per al creixement i el desenvolupament de les hortalisses, i també per a la fertilització del sòl.

#### **IV. CONCLUSIONS**

A partir de la recerca bibliogràfica, per comprovar l'estat i les propietats nutritives del sòl, es va realitzar una cromatografia de Pfeiffer. Aquesta va mostrar que la reserva de nutrients del sòl del qual es disposava no era molt bona, i això feia que no fos un sòl molt fèril. Per tant, podem acceptar que la disponibilitat de nutrients del nostre sòl era un factor condicionant per al desenvolupament dels vegetals cultivats. Per poder erradicar aquest problema, es va produir un purí d'ortiga ecològic, ja que segons les seves propietats, millora la fertilitat del sòl, repercutint positivament en el creixement i desenvolupament dels vegetals, a més de ser plaguicida. Per poder comprovar si veritablement milloraria l'estat del sòl i, en conseqüència, el desenvolupament de les hortalisses, es va dur a terme una plantació d'enciams tractats amb diferents fertilitzants durant vuit setmanes. Passat aquest període, les hortalisses tractades amb purí d'ortiga ecològic d'elaboració pròpia van presentar resultats més voluminosos en comparació a les altres. També es va refer la cromatografia de Pfeiffer, la qual va presentar millores qualitatives respecte a la cromatografia feta prèviament a l'aplicació del purí.

Amb tot això, per tant, podem acceptar la nostra hipòtesi inicial, ja que el purí d'ortiga ecològic d'elaboració pròpia ha produït conreus més desenvolupats en comparació als que han sigut tractats amb altres fertilitzants. Amb les cromatografies de Pfeiffer fetes, s'ha pogut veure que s'han donat canvis favorables en l'estat i les propietats nutritives del sòl en què ha sigut aplicada aquesta substància, millorant així la seva fertilitat.

Finalment, cal remarcar que l'ús de fertilitzants ecològics, com el purí d'ortiga que s'ha elaborat per a la realització d'aquest treball, a banda de proporcionar avantatges en el creixement i desenvolupament de les plantes o a l'estat del sòl en que sigui aplicat, són respectuosos amb el medi ambient. En ser un producte natural, fet sense cap producte químic, no provoca cap dany al medi ambient i, per tant, també és un gran remei ecològic.

## V. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Elaboración de una cromatografía de suelo [consultat el 10 de maig del 2022]:  
<https://agrologia.wordpress.com/2015/03/03/elaboracion-de-una-cromatografia-de-suelo/>
- Cromatografía de suelos [consultat el 10 de maig del 2022]:  
<https://www.vermiduero.es/cromatografia-de-suelos>
- Cromatografía de Pfaiffer en el análisis de suelos de sistemas productivos [consultat el 10 de maig del 2022]:  
<https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v9n3/2007-0934-remexca-9-03-665.pdf>
- Patrones para estimar la fertilidad del suelo mediante la técnica de cromatografía de Pfeiffer [consultat el 10 de maig del 2022]:  
<https://www.redalyc.org/journal/573/57366066022/html/>
- Interpretar la cromatografía de suelos [consultat el 18 de maig del 2022]:  
<https://agrologia.wordpress.com/2014/04/15/la-cromatografia/>
- Extractes i purins vegetals: funcions i usos a l'hort [consultat el 18 de maig del 2022]:  
<https://www.agrorganics.com/ca/blog/extractes-i-purins-vegetals-funcions-i-usos-a-lhort/>
- Izco J. & Barreno E. & Burgés M. & Costa M & Devesa J. A. & Fernández F. & Gallardo T. & Llimona X. & Prada C. & Talavera S. & Valdés B. (2004). *Botánica* (2ª edició). McGraw-Hill [consultat el 17 de maig del 2022].
- Características y beneficios de la ortiga [consultat el 19 de maig del 2022]:  
[https://www.planetahuerto.es/revista/caracteristicas-y-beneficios-de-la-ortiga\\_00419](https://www.planetahuerto.es/revista/caracteristicas-y-beneficios-de-la-ortiga_00419)
- ¿Qué es la ortiga? Beneficios, usos y contraindicaciones [consultat el 19 de maig del 2022]: <https://www.nutricare.es/beneficio-de-los-alimentos/ortiga-beneficios-usos-contraindicaciones/>
- Especial extracte d'ortiga [consultat el 20 de maig del 2022]:  
<https://hortecosolidari.wordpress.com/2018/06/07/especial-extracte-dortiga/>
- Com preparar extracte d'ortiga [consultat el 20 de maig del 2022]:  
<https://phoenicurus-permacultura.org/2013/05/23/com-preparar-extracte-dortiga/>
- Principios de nutrición vegetal [consultat el 16 d'octubre del 2022]:  
[https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod\\_resource/content/2/PRIINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRIINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf)
- Plant-Soil Interactions: Nutrient Uptake [consultat el 16 d'octubre del 2022]:  
<https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/plant-soil-interactions-nutrient-uptake-105289112/>
- Elementos del suelo esenciales para las plantas [consultat el 16 d'octubre del 2022]:  
[https://infoagro.com/abonos/elementos\\_suelo\\_esenciales\\_plantas.htm#:~:text=Las%20plantas%20absorben%20los%20nutrientes,a%20trav%C3%A9s%20de%20las%20ra%C3%ADces.](https://infoagro.com/abonos/elementos_suelo_esenciales_plantas.htm#:~:text=Las%20plantas%20absorben%20los%20nutrientes,a%20trav%C3%A9s%20de%20las%20ra%C3%ADces.)

- Tejidos vegetales vasculares [consultat el 16 d'octubre del 2022]:  
<https://mmegias.webs.uvigo.es/descargas/v-conduccion.pdf>
- Azcón-Bieto J. & Talón M. (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal* (2ª edició). McGraw-Hill [consultat el 17 d'octubre del 2022].
- Qué es el xilema y su función [consultat el 18 d'octubre del 2022]:  
[https://www.ecologiaverde.com/que-es-el-xilema-y-su-funcion-2707.html#anchor\\_0](https://www.ecologiaverde.com/que-es-el-xilema-y-su-funcion-2707.html#anchor_0)
- Lincoln T. & Zeiger E. (2010) *Plant physiology* (5ª edició). Sinauer Associates Inc.
- Tipos de suelo en agricultura: características y clasificación [consultat el 18 d'octubre del 2022]:  
<https://mundoriego.es/tipos-de-suelo-en-agricultura-caracteristicas-y-clasificacion/>
- Fotosíntesis [consultat el 23 d'octubre del 2022]:  
<https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/cellular-energetics/photosynthesis/a/intro-to-photosynthesis>
- Fotosíntesis: qué es, fases e importancia [consultat el 23 d'octubre del 2022]:  
<https://www.ecologiaverde.com/fotosintesis-que-es-fases-e-importancia-2948.html>
- Atlas de histología vegetal y animal [consultat el 23 d'octubre del 2022]:  
<https://mmegias.webs.uvigo.es/>
- Luz y pigmentos fotosintéticos [consultat el 25 d'octubre del 2022]:  
<https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-light-dependent-reactions-of-photosynthesis/a/light-and-photosynthetic-pigments#:~:text=La%20clorofila%20no%20absorbe%20longitudes,unos%20450%20y%20475%20nm.>
- Metabolisme: Anabolisme autòtrof. Fotosíntesi Quimisíntesi [consultat el 15 de novembre del 2022]:  
<https://blocs.xtec.cat/marianqm/files/2013/10/T18-Anabolisme-aut%20trof.pdf>
- Biología 2º Bachillerato [consultat el 5 de desembre del 2022]:  
<https://biologia-geologia.com/biologia2/index.html>
- La microbiología del suelo y su importancia para la sostenibilidad del suelo [consultat el 26 de desembre del 2022]:  
[https://tecnal.com.br/es/blog/338\\_la\\_microbiologia\\_del\\_suelo\\_y\\_su\\_importancia\\_para\\_la\\_sostenibilidad\\_agricola](https://tecnal.com.br/es/blog/338_la_microbiologia_del_suelo_y_su_importancia_para_la_sostenibilidad_agricola)
- Microbiología del suelo: el secreto de las plantas sanas [consultat el 26 de desembre del 2022]:  
<https://probelte.com/es/noticias/microbiologia-del-suelo-el-secreto-de-las-plantas-sanas/>

- Fertilizantes agrícolas: tipos de fertilizantes, usos y beneficios [consultat el 28 de desembre del 2022]:  
<https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/fertilizantes-agricolas-tipos-de-fertilizantes-usos-y-beneficios/>
- ¿Qué es y para qué sirve el fertilizante? [consultat el 28 de desembre del 2022]:  
<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-es-y-para-que-sirve-el-fertilizante>
- Adobs orgànics [consultat el 3 de gener del 2023]:  
<https://ruralcat.gencat.cat/oficina-de-fertilitzacio/camp/adobs-organics>








## **VI. AGRAÏMENTS**


Primerament, vull agrair a tots els membres de la meva família, sobretot a la meva àvia, per interessar-se en aquest treball de recerca, i animar-me i recolzar-me en tot moment per poder dur a terme la part pràctica de forma molt més amena i entretinguda. D'altra banda, gràcies també a la meva companya i amiga Adriana Sánchez per ajudar-me a realitzar les cromatografies. I sobretot, gràcies a les meves tutores del treball de recerca, Isabel del Hoyo i Inés Parreño, per la seva implicació des del primer dia, els suggeriments, els consells, les correccions, els ànims que m'han anat donant i la paciència que han tingut amb mi.

## VII. ANNEXOS

### 5.1. Seguiment dels conreus



#### 1.1 GRUP CONTROL

		pH	°C	HUMITAT
06/07		7.0	23°C	DRY+
13/07		7.0	28°C	DRY+
20/07		7.0	31°C	DRY+
27/07		7.0	23°C	DRY+
03/08		7.0	37°C	NOR
10/08		7.0	24°C	DRY+
17/08		7.0	24°C	DRY+





		pH	°C	HUMITAT
23/08		7.0	30°C	DRY+





**1.2 GRUP CONTROL**

		pH	°C	HUMITAT
06/07		7.0	23°C	DRY+
13/07		7.0	29°C	DRY+
20/07		7.0	30°C	DRY+
27/07		7.0	24°C	DRY+
03/08		7.0	38°C	NOR
10/08		7.0	24°C	DRY+



		pH	°C	HUMITAT
17/08		7.0	24°C	DRY+
23/08		7.0	31°C	DRY+

### 2.1 PURÍ D'ORTIGA ECOLÒGIC D'ELABORACIÓ PRÒPIA

		pH	°C	HUMITAT
06/07		7.0	23°C	DRY+
13/07		7.0	29°C	NOR
20/07		7.0	32°C	DRY
27/07		7.0	25°C	DRY+




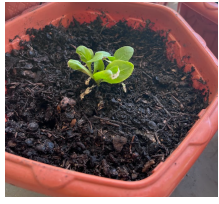


		pH	°C	HUMITAT
03/08		7.0	37°C	DRY+
10/08		7.0	25°C	DRY+
17/08		7.0	25°C	DRY+
23/08		7.0	27°C	DRY+


## 2.2 PURÍ D'ORTIGA ECOLÒGIC D'ELABORACIÓ PRÒPIA

		pH	°C	HUMITAT
06/07		7.0	23°C	DRY+
13/07		7.0	29°C	NOR

		pH	°C	HUMITAT
<b>20/07</b>		7.0	31°C	DRY
<b>27/07</b>		7.0	24°C	DRY+
<b>03/08</b>		7.0	34°C	NOR
<b>10/08</b>		7.0	23°C	DRY+
<b>17/08</b>		7.0	24°C	DRY
<b>23/08</b>		7.0	23°C	DRY+



**3.1 PURÍ D'ORTIGA INDUSTRIAL**

		pH	°C	HUMITAT
06/07		7.0	22°C	DRY+
13/07		7.0	29°C	WET
20/07		7.0	30°C	DRY
27/07		7.0	27°C	DRY+
03/08		7.0	37°C	DRY+
10/08		7.0	25°C	DRY+
17/08		7.0	24°C	DRY+




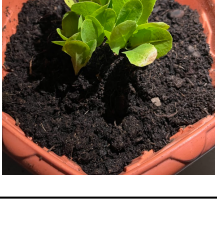
		pH	°C	HUMITAT
23/08		7.0	28°C	DRY+

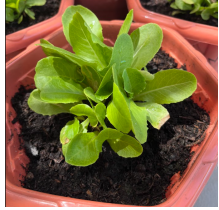



### 3.2 PURÍ D'ORTIGA INDUSTRIAL

		pH	°C	HUMITAT
06/07		7.0	23°C	DRY+
13/07		7.0	29°C	NOR
20/07		7.0	32°C	DRY
27/07		7.0	23°C	DRY+
03/08		7.0	36°C	NOR
10/08		7.0	24°C	DRY+



		pH	°C	HUMITAT
17/08		7.0	23°C	DRY
23/08		7.0	29°C	DRY+


#### 4.1 COMPOST

		pH	°C	HUMITAT
06/07		7.0	23°C	DRY+
13/07		7.0	28°C	DRY
20/07		7.0	33°C	DRY
27/07		7.0	24°C	DRY+






		pH	°C	HUMITAT
03/08		7.0	35°C	NOR
10/08		7.0	22°C	DRY+
17/08		7.0	24°C	DRY
23/08		7.0	28°C	DRY+

#### 4.2 COMPOST

		pH	°C	HUMITAT
06/07		7.0	22°C	DRY+
13/07		7.0	28°C	NOR





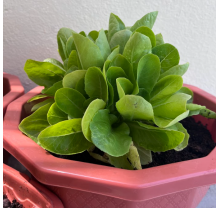
		pH	°C	HUMITAT
<b>20/07</b>		7.0	35°C	DRY
<b>27/07</b>		7.0	24°C	DRY+
<b>03/08</b>		7.0	35°C	NOR
<b>10/08</b>		7.0	24°C	DRY+
<b>17/08</b>		7.0	24°C	DRY+
<b>23/08</b>		7.0	28°C	DRY+




**5.1 PURÍ D'ORTIGA ECOLÒGIC D'ELABORACIÓ PRÒPIA + COMPOST**

		pH	°C	HUMITAT
06/07		7.0	23°C	DRY+
13/07		7.0	29°C	DRY+
20/07		7.0	33°C	DRY
27/07		7.0	24°C	DRY+
03/08		7.0	39°C	DRY+
10/08		7.0	25°C	DRY+
17/08		7.0	24°C	DRY+




		pH	°C	HUMITAT
23/08		7.0	27°C	DRY+

### 5.2 PURÍ D'ORTIGA ECOLÒGIC D'ELABORACIÓ PRÒPIA + COMPOST

		pH	°C	HUMITAT
06/07		7.0	22°C	DRY +
13/07		7.0	28°C	DRY
20/07		7.0	34°C	DRY
27/07		7.0	25°C	DRY+
03/08		7.0	38°C	DRY+


		pH	°C	HUMITAT
10/08		7.0	24°C	DRY+
17/08		7.0	24°C	DRY+
23/08		7.0	23°C	DRY+






### 6.1 PURÍ D'ORTIGA INDUSTRIAL + COMPOST

		pH	°C	HUMITAT
06/07		7.0	22°C	DRY+
13/07		7.0	28°C	NOR
20/07		7.0	34°C	DRY

		pH	°C	HUMITAT
27/07		7.0	24°C	DRY+
03/08		7.0	36°C	NOR
10/08		7.0	24°C	DRY+
17/08		7.0	23°C	DRY
23/08		7.0	29°C	DRY+

### 6.2 PURÍ D'ORTIGA INDUSTRIAL + COMPOST

		pH	°C	HUMITAT
06/07		7.0	22°C	DRY+

		pH	°C	HUMITAT
13/07		7.0	28°C	WET
20/07		7.0	31°C	DRY
27/07		7.0	25°C	DRY+
03/08		7.0	36°C	DRY+
10/08		7.0	25°C	DRY+
17/08		7.0	22°C	DRY
23/08		7.0	28°C	DRY+