

## **L'alimentació artificial de les abelles és una eina indispensable actualment?**

**Estudi de camp per valorar l'efecte de l'alimentació artificial sobre el creixement de la colònia, la producció de mel i la viabilitat econòmica en una explotació apícola professional.**

Estudiant: Ramon Ortiz Bort

Correu electrònic: ramondelamel@gmail.com

Grau en Biologia

Tutor: Josep Maria Bas Lay

Correu electrònic: josep.bas@udg.edu

## ÍNDEX

<b>RESUM</b> .....	3
<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>ABSTRACT</b> .....	5
<b>REFLEXIÓ SOBRE ÈTICA, SOSTENIBILITAT I PERSPECTIVA DE GÈNERE</b> .....	6
<b>1. INTRODUCCIÓ</b> .....	7
<b>1.1 La colònia d'abelles: reina, obreres i abellots</b> .....	7
<b>1.2 L'apicultura</b> .....	9
<b>1.3. Problemàtiques de l'apicultura actual</b> .....	10
<b>1.4 L'alimentació natural</b> .....	10
<b>1.5 L'alimentació artificial</b> .....	12
<b>2. OBJECTIVES</b> .....	14
<b>3. MATERIAL I MÈTODES</b> .....	15
<b>3.1 Zona d'estudi i l'assentament</b> .....	15
<b>3.2 Colònies inicials i distribució</b> .....	17
<b>3.3 Alimentació artificial dels tractaments</b> .....	17
<b>3.4 Períodes de seguiment i observació</b> .....	19
<b>3.5 Estimació del creixement de la colònia</b> .....	20
<b>3.6 Quantificació de la producció de mel</b> .....	21
<b>3.7 Anàlisi de les dades</b> .....	22
<b>4. RESULTATS I DISCUSSIÓ</b> .....	23
<b>4.1 Efecte de l'alimentació artificial sobre les reserves de la colònia</b> .....	23
<b>4.2 Efecte de l'alimentació artificial sobre la superfície de cria</b> .....	26
<b>4.3 Efecte de l'alimentació artificial en el conjunt d'ocupació del rusc</b> .....	29
<b>4.4 Efecte de l'alimentació artificial sobre la producció de mel de romaní</b> .....	29
<b>4.5 Valoració econòmica</b> .....	31
<b>5. CONCLUSIONS</b> .....	33
<b>6. BIBLIOGRAFIA</b> .....	34

## RESUM

En les darreres dècades hi ha hagut un increment de pèrdues inusuals de colònies d'abelles degut a causes d'origen multifactorial, entre les quals destaca la malnutrició. Les abelles malnodrides són més susceptibles als canvis de l'ambient i als patògens, la qual cosa es tradueix amb una major tendència al col·lapse i una disminució de la producció de mel. Aquest treball s'ha realitzat des d'una perspectiva apícola professional, amb l'objectiu d'investigar l'efecte de l'alimentació artificial sobre el creixement de la colònia i la subseqüent producció de mel de romaní. A més a més, s'ha incorporat una valoració econòmica per determinar la viabilitat de l'alimentació artificial en el maneig de l'explotació.

L'estudi s'ha realitzat en un apiari on s'han mostrejat 30 ruscs en tres temps diferents (temps inicial, intermedi i final) durant els 64 dies. Els ruscos s'han dividit en tres grups d'estudi, on cadascun ha rebut un tractament d'alimentació diferent; un a base de proteïnes i carbohidrats (TA), un a base de carbohidrats (TB) i el control que no ha rebut alimentació artificial (TC).

Els resultats mostren que en el període comprès entre el temps inicial i intermedi, temps considerat de carència de nutrients al medi, l'alimentació artificial a base de proteïnes i sucres té un efecte positiu sobre les reserves de mel i la superfície de cria de l'arna. També s'observa que l'ocupació total dels quadres és major entre les arnes alimentades artificialment respecte el control. Al finalitzar l'estudi, totes les arnes aconsegueixen completar la cambra de cria del rusc. Aquest avanç en el creixement de les arnes TA és veu reflectit en la producció de mel, incrementant gairebé al doble la producció de mel respecte les arnes TB i TC. A més a més, si això ho confrontem amb la valoració econòmica, obtenim que alimentar amb proteïnes i carbohidrats reporta un benefici addicional d'aproximadament 18€ per arna.

En conclusió, aquest estudi demostra que en temps de carència, alimentar les arnes amb proteïnes i carbohidrats durant 5 setmanes abans de la floració, és una pràctica recomanable per obtenir un major creixement de la colònia i un increment en la producció de mel. Aquesta pràctica, a més a més, incrementa els beneficis de l'explotació respecte a l'alimentació natural. Futurs estudis podrien valorar com afecta l'alimentació artificial en altres períodes de l'any amb carència de nutrients, com ara l'estiu a la regió mediterrània.

## RESUMEN

En las últimas décadas se ha producido un incremento de pérdidas inusuales de colonias de abejas debido a causas de origen multifactorial, entre las que destaca la malnutrición. Las abejas malnutridas son más susceptibles a los cambios del ambiente y a los patógenos, lo que se traduce con una mayor tendencia al colapso y una disminución de la producción de miel. Este trabajo se ha realizado desde una perspectiva apícola profesional, con el objetivo de investigar el efecto de la alimentación artificial sobre el crecimiento de la colonia y la subsiguiente producción de miel de romero. Asimismo, se ha incorporado una valoración económica para determinar la viabilidad de la alimentación artificial en el manejo de la explotación.

El estudio se ha realizado en un colmenar donde se han muestreado 30 colmenas en tres tiempos diferentes (tiempo inicial, intermedio y final) durante los 64 días. Las colmenas se han dividido en tres grupos de estudio, donde cada uno ha recibido un tratamiento de alimentación diferente; uno a base de proteínas y carbohidratos (TA), uno a base de carbohidratos (TB) y el control que no ha recibido alimentación artificial (TC).

Los resultados muestran que en el período comprendido entre el tiempo inicial e intermedio, tiempo considerado de carencia de nutrientes en el medio, la alimentación artificial a base de proteínas y azúcares tiene un efecto positivo sobre las reservas de miel y la superficie de cría de la colmena. También se observa que la ocupación total de los cuadros es mayor entre las colmenas alimentadas artificialmente respecto al control. Al finalizar el estudio, todas las colmenas consiguen completar la cámara de cría de la colmena. Este avance en el crecimiento de las colmenas TA se ve reflejado en la producción de miel, incrementando casi al doble la producción de miel respecto a las colmenas TB y TC. Además, si esto lo confrontamos con la valoración económica, obtenemos que alimentar con proteínas y carbohidratos reporta un beneficio adicional de aproximadamente 18€ por colmena.

En conclusión, este estudio demuestra que en tiempo de carencia, alimentar las colmenas con proteínas y carbohidratos durante 5 semanas antes de la floración, es una práctica recomendable para obtener un mayor crecimiento de la colonia y un incremento en la producción de miel. Esta práctica, además, incrementa los beneficios de la explotación con respecto a la alimentación natural. Futuros estudios podrían valorar cómo afecta la alimentación artificial en otros períodos del año con carencia de nutrientes, como el verano en la región mediterránea.

## ABSTRACT

In recent decades there has been an increase in unusual losses of bee colonies due to multifactorial causes such as malnutrition. Malnourished bees are more susceptible to environmental changes and pathogens, which results in a greater tendency to collapse and a decrease in honey production. This work has been performed from a professional beekeeping perspective, with the aim of investigating the effect of artificial feeding on the growth of the colony and the subsequent production of rosemary honey. In addition, an economic assessment has been included to determine the viability of artificial feeding in the management of the bee farm.

The study was carried out in an apiary where 30 hives were sampled at three different times (initial, intermediate and final) during 64 days. The beehives have been divided into three study groups, where each has received a different feeding treatment; one based on protein and carbohydrates (TA), one based on carbohydrates (TB) and the control that did not receive any artificial feeding (TC).

The results show that in the period between the initial and intermediate time, considered a time of nutrient deficiency in the environment, artificial feeding based on proteins and sugars has a positive effect on honey reserves and on the rearing area of the beehives. It is also observed that the total occupation of the frames is greater among the artificially fed beehives compared to the control. At the end of the study, all the beehives complete the rearing chamber. This advance in the growth of TA hives is reflected in an increase of honey production, almost doubling the honey production compared to TB and TC. In addition, if we compare this results with the economic assessment, we obtain that feeding with protein and carbohydrates brings an additional benefit of approximately €18 per beehive.

In conclusion, this study shows that in times of scarcity, feeding the beehives with protein and carbohydrates for 5 weeks before bloom is a recommended practice to obtain a greater colony growth and an increase in honey production. This practice, in addition, increases the benefits of the bee farm compared to natural feeding. Future studies could assess how artificial feeding affects other scarcity periods during the year, such as summer in the Mediterranean region.

## **REFLEXIÓ SOBRE ÈTICA, SOSTENIBILITAT I PERSPECTIVA DE GÈNERE**

L'apicultura actual, com a ramaderia extensiva que és, no està exempta de les produccions i els rendiments econòmics. Aquest fet pot provocar que en algunes explotacions apícoles existeixi una sobreexplotació de les abelles, amb apiaris sobredimensionats amb un alt número d'arnes al mateix assentament. A més, la realització de llargues transhumàncies incrementa l'estrès de les abelles pel transport i també n'augmenta els mesos de treball durant gairebé tot l'any. L'aplicació d'una alimentació especulativa sense control, únicament per al benefici econòmic, també pot provocar una sobreexplotació de les abelles.

El paper de l'abella de la mel com a pol·linitzador és essencial per al medi natural. Tot i així, una massificació d'apiaris sobredimensionats en una zona concreta podria tenir un impacte negatiu per a la biodiversitat, ja que les abelles de la mel entrarien en competència amb els altres pol·linitzadors silvestres. D'altra banda, cal tenir en compte que la presència d'apicultura als cultius ajuda a minimitzar l'ús d'agro-tòxics fet que beneficia a la resta de pol·linitzadors silvestres. A banda, la pràctica de la transhumància en les darreres dècades ha incrementat el consum de carburants respecte als apiaris estants. Així doncs, caldria reflexionar si una gran transhumància per produir mel és sostenible a nivell mediambiental. Pel que fa aquest treball, s'han utilitzat bosses de plàstic no reutilitzables per a dosificar i subministrar l'aliment líquid de carbohidrats, la qual cosa ha generat uns residus que han estat reciclats convenientment.

En l'antiguitat, el paper de la dona es centrava en la recol·lecció de mel dels eixams silvestres per a l'autosuficiència. A principis del segle XX, amb la modernització i professionalització de l'apicultura, el paper de la dona va quedar relegat a feines secundàries centrades en la confecció i reparació dels vestits de protecció, en la preparació del material necessari per al treball a l'apiari, en l'extracció de la mel i la seva venda a casa i als mercats. Actualment, aquesta situació està canviant i trobem dones exercint de propietàries d'explotacions apícoles, tot i que com en altres ramaderies, l'apicultura segueix una tradició familiar, amb una forta presència d'homes al capdavant. Concretament, en la realització d'aquest estudi han participat tant homes com dones en el treball de camp, en una proporció similar, concretament tant a l'hora d'alimentar les colònies com també en el recompte de dades.

## 1. INTRODUCCIÓ

L'abella de la mel (*Apis mellifera*) és un insecte que pertany a l'ordre *Hymenoptera* de la família *Apidae*, la qual engloba unes 40.000 espècies d'abelles i borinots, incloent abelles socials, abelles solitàries i paràsites (Gupta *et al.*, 2016). Dins aquesta família es troba el gènere *Apis* que engloba 9 espècies d'abelles mel·líferes amb comportament social. De totes aquestes, la més distribuïda a nivell global és *A. mellifera*. A la península ibèrica, les abelles de la mel autòctones són concretament de la subespècie *Apis mellifera iberica* (Perez, 2010).

### 1.1 La colònia d'abelles: reina, obreres i abellots

El conjunt d'abelles que provenen d'una mateixa abella reina s'anomena colònia o eixam. La seva estructura social es compon de grups d'abelles amb diferents funcions, anomenades castes, que es diferencien en tres grups: abella reina, abella obrera i abellot (Figura 1).

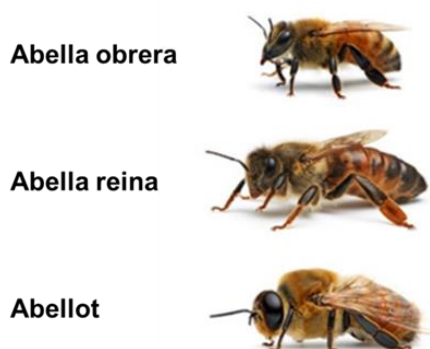


Figura 1: Diferències morfològiques de les diferents castes d'abelles d'*Apis mellifera* (imatge adaptada de Wild, 2019).

El cicle del desenvolupament de l'abella comença quan l'abella reina fa la posta dels ous (Figura 2). Aquest ou eclosiona el dia 4 donant lloc a una larva, la qual és alimentada per les abelles obreres nodrisses fins el dia 8. El dia 9 les abelles nodrisses operculen la cel·la perquè la larva faci la metamorfosi; un procés que s'allarga fins el dia 21, quan l'abella adulta emergeix de la cel·la. Aquest cicle és més llarg en el cas dels abellots, ja que les cel·les s'operculen el dia 10 i emergeixen el dia 24. En canvi, en el cas de l'abella reina, el cicle és més curt amb una durada de 16 dies, i es realitza dins de l'anomenada cel·la reial (Jean-Prost & Le Conte, 2007).



Figura 2: Cicle del desenvolupament de les diferents castes d'abelles (Font: Espadaler, 2007).

L'abella reina és l'única femella fèrtil de la colònia i és la base sobre la que se sustenta la mateixa, ja que té com a funcions la reproducció de la colònia i el manteniment de la cohesió dels individus. A cada colònia d'abelles hi ha una sola abella reina que mitjançant l'emissió de feromones manté unit l'eixam i evita la formació de noves reines. A més, la reina és alimentada des de l'eclosió de l'ou únicament amb gelea reial, produïda per les abelles obreres nodrisses. Aquesta alimentació li permet el desenvolupament de l'aparell reproductor. Al cap de poc temps de néixer, la reina realitza diversos vols de fecundació, on serà fecundada normalment entre 6 i 10 abellots. Gràcies a la seva espermateca, la reina pot controlar la fecundació de cada ou, pel que pot pondre ous fecundats o sense fecundar a funció de les necessitats del rusc, donant lloc a abelles obreres o abellots, respectivament. Encara que poden viure fins a cinc anys, generalment es renoven de forma natural cada dos o tres anys (Fert, 2019).

Un rusc en climes temperats pot tenir entre 20.000 i 60.000 abelles obreres, depenent de l'estació de l'any (Perez, 2010). Així doncs, les abelles obreres són les més nombroses i les que porten a terme un nombre més gran de funcions al rusc. Les funcions que exerceixen les abelles obreres varien amb l'edat. En primer lloc, les abelles obreres realitzen tasques de neteja a l'interior de l'arna; després passen a ser nodrisses i tenen cura de la cria; després d'això desenvolupen la capacitat de segregar cera i construeixen les bresques de cera; més tard són emmagatzemadores i col·loquen les reserves (mel i pol·len) a les cel·les hexagonals de la bresca. Les abelles obreres de més edat són les guardianes, que eviten l'entrada d'abelles d'altres ruscs i defensen el rusc dels depredadors; també fan funció de ventiladores encarregant-se de generar corrents d'aire per mantenir constant la temperatura a l'interior de l'arna, i per deshidratar el nèctar i convertir-lo en mel. La seva darrera tasca és la de recol·lectores o abelles de vol, i s'encarreguen de recollir el nèctar, el pol·len i el pròpolis de les flors, així com de proveir d'aigua el rusc. La distància de recol·lecció habitual de les abelles es troba dins d'un radi de dos o tres quilòmetres, encara que, depenent de la disponibilitat de recursos aquesta distància pot variar. Un cop una primera abella recol·lectora (exploradora) ha trobat un recurs, torna al rusc i comunica a la resta de recol·lectores la posició exacta



del recurs respecte al sol, mitjançant la coneguda “dansa de les abelles” o “dansa del 8” (Siefert *et al.*, 2021).

Per últim, la funció dels abellots és bàsicament la de fecundar l'abella reina mitjançant diversos vols nupcials en què la reina inicia un vol en vertical i és atrapada només pels abellots més vigorosos, que arribaran a reproduir-se. A l'interior del rusc les funcions són més discutides, encara que es considera que ajuden a mantenir la temperatura òptima del rusc i també a repartir el nèctar (Jean-Prost & Le Conte, 2007).

La dinàmica poblacional de l'eixam és fonamental per entendre el funcionament del rusc. En el clima mediterrani, el desenvolupament del rusc comença a finals d'hivern/inicis de primavera, amb la primera floració l'entrada de pol·len i nèctar estimula l'inici de l'època de cria, fent augmentar la població del rusc, que arriba al seu màxim a finals de primavera/estiu. Les abelles obreres nascudes en aquesta època tenen una vida curta, entre 28-40 dies de treball a la primavera i fins a 80 dies a l'estiu, ja que la taxa de reposició és alta. No obstant això, a finals de tardor disminueix considerablement la posta de la reina per preparar el rusc per al període de baixa activitat o “hibernació”. Les abelles nascudes a la tardor són per aquesta raó més longeves, vivint entre 90 i 140 dies, per permetre a l'arna poder arribar a la primavera amb prou població i per protegir-se de les adversitats climatològiques i de la baixa disponibilitat de recursos dels mesos d'hivern (Perez, 2010).

## 1.2 L'apicultura

L'apicultura (*apis*: abella, *cultura*: cultiu o cura) es defineix com la ciència o el art de criar abelles per aprofitar els seus productes. Les primeres evidències sobre l'aprofitament de la tasca de les abelles per part de l'home daten del mesolític, amb pintures rupestres on s'observa la recol·lecció de mel en eixams silvestres. Amb l'auge de les grans civilitzacions de l'antiguitat, l'home va començar a criar colònies d'abelles en ruscs o recipients com ara atuells de ceràmica, vímet, troncs buits i suro, tal com indiquen els jeroglífics de l'any 2500 aC. a Egipte i les restes arqueològiques a la Xina (Crane, 2013). No obstant això, en l'apicultura tradicional el coneixement que es tenia de la biologia de l'abella era molt limitat. No és fins al segle XVIII, quan es van realitzar descobriments bàsics sobre la biologia de les abelles i l'apicultura va començar a desenvolupar-se i tecnificar-se fins a esdevenir l'activitat que coneixem avui dia.

Actualment, hi ha dos tipus bàsics d'apicultura: l'apicultura estant i l'apicultura transhumant. En l'apicultura estant, les arnes romanen tot l'any al mateix emplaçament; un fet que les fa altament dependents de les condicions del medi que les envolta. A l'apicultura transhumant, els ruscs són traslladats a diferents emplaçaments segons les èpoques de l'any, per aprofitar les floracions i unes millors condicions climatològiques. El desenvolupament de l'apicultura transhumant ha permès obtenir màxims rendiments en la producció apícola, així com augmentar la producció de nombrosos cultius gràcies a la tasca pol·litzadora de les abelles (Jean-Prost & Le Conte, 2007).

El rusc és un dels elements que més ha evolucionat al llarg del temps. Concretament, la invenció del quadre mòbil per Langstroth al 1851 (Langstroth, 2004) va revolucionar l'apicultura, ja que va permetre la modernització de les arnes, substituint les antigues

arnes per caixes de fusta amb quadres mòbils, més fàcils de manipular i revisar per portar a terme una apicultura intensiva. Tot i que existeixen diferents tipus de rusc, el més utilitzat a nivell mundial és el de tipus Langstroth.

### 1.3. Problemàtiques de l'apicultura actual

Un dels problemes als quals ha de fer front l'apicultura professional és la pèrdua de colònies i la consegüent disminució en la producció de mel. Nombroses evidències indiquen que es tracta d'un problema multifactorial en què interactuen diversos factors, destacant especialment el clima i la desnutrició (Gonell, 2022). El clima influeix sobre les colònies tant de manera directa com indirecta (vanEngelsdorp & Meixner, 2010). La temperatura ambient afecta directament a les colònies, ja que canvis bruscos de temperatura o temperatures extremes obliguen a fer sobreesforços per regular la temperatura interna del rusc. En alguns casos, aquest descens de temperatures poden provocar el refredament de la cria (Harrison & Fewell, 2002).

A més, el clima influeix indirectament en la colònia; així en temporades de sequera les plantes disminueixen la producció de nèctar i pol·len, la qual cosa limita els recursos disponibles per a les abelles. A l'àrea mediterrània el canvi climàtic provoca que les temperatures siguin més elevades i les precipitacions més escasses, accentuant aquesta disminució de les floracions (Menzel *et al.*, 2020). A més, s'ha comprovat que factors com la temperatura i la humitat afavoreixen la proliferació de patògens associats a l'àcar *Varroa destructor* (Harris *et al.*, 2003) i fongs (Bailey & Ball, 2013).

Una nutrició inadequada es produeix fonamentalment quan els recursos naturals escassegen i les abelles tenen carències nutricionals en la seva alimentació. En aquest cas, es pot suplementar amb alimentació artificial a les colònies. A més de quantitat, cal que les abelles tinguin aliment de qualitat. Així, s'ha descrit que les abelles necessiten una proporció determinada d'aminoàcids essencials per alimentar-se (de Groot, 1952; Di Pasquale *et al.*, 2013). Una dieta pobre i poc variada en pol·len, pot tenir un efecte negatiu en la salut de les abelles afectant al seu sistema immune (Alaux *et al.*, 2010).

### 1.4 L'alimentació natural

Els nutrients que necessiten les abelles procedeixen principalment del nèctar, del pol·len i de l'aigua. La demanda d'aquests recursos és variable, i depèn en gran mesura de l'estat poblacional de les colònies, de la quantitat de cria existent i de les condicions meteorològiques. D'altra banda, l'oferta dels recursos depèn directament de les fonts florals disponibles en l'hàbitat on viuen les abelles (Brodschneider & Crailsheim, 2010; Pajuelo, 2009).

El nèctar és una solució aquosa que conté principalment aigua i sucres (en una concentració que va de 10 a 70%) i minerals. Està compost principalment per tres sucres: sacarosa, glucosa i fructosa. Tot i que pot ser utilitzat directament com a aliment per a la cria i/o adults, el més freqüent és la seva transformació en mel. En aquest procés la sacarosa del nèctar és transformada en glucosa (G) i fructosa (F) a parts aproximadament iguals. La proporció de G/F resultant determinarà les característiques

de la mel. Les abelles evaporen l'aigua del nèctar per reduir la humitat de la mel per tal de garantir-ne la seva posterior conservació. Així doncs, la mel és l'aliment energètic de la colònia i garanteix el subministrament d'energia per al vol, la termoregulació i la producció de cera.

El pol·len es troba a les anteres de les flors, i les abelles el recol·lecten acumulant-lo a les potes posteriors, en unes concavitats anomenades sacs de pol·len formant una boleta de pol·len (Figura 3). Aquesta generalment correspon a una única espècie floral, ja que les recol·lectores solen tenir una "constància floral", és a dir, que visiten una única espècie de planta a cada vol de recol·lecció. En la seva composició el pol·len està format per hidrats de carboni (entre un 15 i un 35%), proteïnes (entre un 12 i un 22%), aminoàcids lliures (entre un 10 i un 13%) i lípids (entre un 1 i un 5%). A més, el pol·len és la font principal de micronutrients: vitamines com l'àcid ascòrbic, fòlic i pantotènic, biotina, piridoxina, riboflavina, tiamina, D i E i sals minerals (Di Pasquale *et al.*, 2013).



Figura 3: Abella amb boletes de pol·len a les potes posteriors (Fotografia pròpia).

Un únic tipus de pol·len difícilment cobreix els requeriments nutricionals de la colònia. Per aquest motiu, el pol·len recol·lectat, un cop a la bresca, és emmagatzemat juntament amb altres boletes de pol·len provinents de diferents orígens florals. Les obreres el compacten, afegeixen secrecions glandulars i el segellen amb una gota de mel. En aquest moment, el pol·len pateix un procés de fermentació, el producte final del qual es denomina pa d'abelles o pa de pol·len (Figura 4). Aquest procés fa que els nutrients del pol·len estiguin disponibles per a la seva assimilació (Gonell, 2022) i constitueix l'aliment proteic de les colònies i contribueix a la nutrició de les larves, el desenvolupament de les abelles joves i la reparació de les cèl·lules corporals i glàndules de les abelles adultes. En tots els casos l'alimentació natural amb mel i pa de pol·len és l'ideal, encara que no sempre és suficient per a la supervivència de la colònia o per assolir el resultat productiu que s'espera en un determinat moment.



Figura 4: Pa d'abelles (Font: Wild, 2019).

## 1.5 L'alimentació artificial

L'alimentació artificial és una pràctica freqüent, utilitzada de manera estratègica a nivell mundial. En els darrers anys, la intensificació de la producció i el canvi climàtic demanen cada cop més l'ús d'aquesta tècnica. L'ús de l'alimentació artificial pot tenir dos objectius:

- Garantir les reserves necessàries per a la supervivència de la colònia en períodes de necessitat.
- Incentivar el creixement de la població de la colònia abans de la floració.

Per produir un augment de la població, com un dels objectius de l'alimentació artificial, calen unes condicions ambientals adequades: una temperatura externa d'almenys 18 °C i una quantitat d'abelles suficients perquè puguin mantenir l'àrea de cria a temperatures d'entre 33 i 35 °C.

Per a substituir el nèctar el més habitual és utilitzar un xarop, ja sigui comercial o fet artesanalment, amb una composició al voltant del 50% de sucres (sacarosa, glucosa, fructosa) i el 50 % d'aigua. Normalment les dosis de xarop a utilitzar per estimular la posta de la reina són al voltant d'1 o 2 kg/arna i setmana, durant almenys 3 setmanes, i fins a 6 segons l'objectiu (Gonell, 2022). Les abelles produïdes amb aquest aliment naixeran en 3 setmanes, però si volem que siguin abelles de vol, haurem de començar l'alimentació unes 6 setmanes abans que les necessitem. Cal tenir amb compte que una alimentació més abundant, d'uns 5 kg/setmana o més, pot provocar l'emmagatzematge del xarop i contaminar la següent collita de mel, que, si és analitzada, serà rebutjada del mercat com a mel adulterada i no es podrà comercialitzar (Magem *et al.*, 2010). L'aplicació d'aquest xarop s'ha de col·locar en la zona del rusc calefactada per les abelles, per tal que aquestes puguin accedir sense que la temperatura baixi per sota dels 12° C. En cas contrari, si la temperatura de la zona d'alimentació disminueix (per meteorologia desfavorable, o a la nit), les abelles que estiguin allà perdran mobilitat, i poden morir ofegades al xarop. Normalment les abelles consumeixen la dosi recomanada en uns 3-4 dies; un retard en el consum, per mala ubicació, o per poca població d'abelles a la colònia, pot provocar la fermentació del xarop.

Pel que fa als substituïts de pol·len, si els ruscs tenen reserves de pol·len, o aquest és recol·lectat al camp, no en necessitem més per augmentar població. Però si n'hi ha

escassetat, a més dels sucres, haurem d'aportar aquests nutrients suplementaris: proteïnes, lípids, vitamines... Per això haurem de subministrar un complement proteic, amb una composició semblant al pol·len. Aquesta aportació es pot fer mitjançant pinsos comercials proteics, produïts especialment per a l'alimentació apícola, o amb preparats fets artesanalment. Normalment s'utilitza com a base proteica la farina de soja i/o el llevat de cervesa, on s'hi afegeixen compostos multivitaminics, aminoàcids, olis vegetals i en alguns casos vitamina C. Per garantir la conservació i evitar problemes de fermentacions, el contingut final d'aigua de la pasta proteica ha de ser inferior al 15 % (Montero *et al.*, 2012). Les aportacions proteiques als ruscs per fer créixer la població consistiran en subministrar setmanalment una porció d'uns 250 g amb un alt contingut en proteïnes. Es col·locarà a la zona adequada, sobre els quadres del niu de cria i amb fàcil accés per a les abelles, i s'administrarà al mateix temps que es faci l'alimentació amb xarop de carbohidrats.

## 2. OBJECTIVES

The present work has as main objectives to investigate the effects of artificial feeding on the beehive growth and on the beehive production of rosemary honey. In addition, we want to determine which type of artificial feeding can maximize the growth and honey production of the beehives. On the other hand, and as this work is done under a professional beekeeping perspective, we include an economical assessment in order to determine the viability of artificial feeding.

For this reason, we consider three experimental questions to answer these main objectives:

- Does artificial feeding have an effect on colony growth and subsequent rosemary honey production?
- Which type of artificial feeding has the greatest effect on colony growth and honey production?
- Is artificial feeding economically viable?

Given that this work is focused on improving the performance of a bee farm, we have oriented the objectives to this end. For this reason, we consider different specific objectives:

- To determine which type of artificial feeding, either carbohydrate-based or carbohydrate-protein-based, has a greater effect on colony growth and subsequent rosemary honey production, after 5 weeks of feeding treatment artificial
- To observe how the introduction of artificial feeding affects the evolution of the colony growth and honey production.
- To evaluate the economical profits of introducing an artificial feeding 5 weeks before of the rosemary blossom.

Therefore, the hypotheses that we consider as a starting point in this study are that artificial feeding, either carbohydrates or carbohydrates and proteins, will have a positive effect on the growth of the colony and subsequently, also on the production of rosemary honey. On the other hand, we consider that the artificial feeding with carbohydrates and proteins, as it is more complete than the feeding based only on carbohydrates, will have a greater effect on the growth of the colony and on rosemary honey production. Finally, as we consider that both the colony growth and the production will increase we expect that the economic benefits will be also superior on the beehives under an artificial feeding condition.

### 3. MATERIAL I MÈTODES

#### 3.1 Zona d'estudi i l'assentament

Per assolir els objectius marcats, hem escollit i preparat un apiari de la pròpia explotació professional, que es troba situat al terme municipal de la Sénia, comarca del Montsià. Aquest apiari té una orientació adequada per a l'establiment de ruscs d'abelles ja que garanteix una bona insolació de les arnes durant els mesos d'hivern, i també queda a recer del fort vent de la zona. L'assentament es troba situat a la vessant sud-est del massís del Parc Natural dels Ports, a una altura sobre el nivell de mar de 460 metres, amb un paisatge típicament mediterrani i on la vegetació característica és la màquia de garric i margalló a les solanes, mentre que el carrascar domina en els ombrius (Figura 5).



Figura 5: A l'esquerra de l'emplaçament de l'apiari (Google maps). A la dreta romaní florit (Fotografia pròpia del 23/03/2023).

Pel que fa a la vegetació, les principals espècies d'interès apícola per obtenir una producció de mel monofloral són el bruc d'hivern (*Erica multiflora*) que floreix a la tardor-hivern, el romaní (*Rosmarinus officinalis*) que pot florir des de la tardor a la primavera, i el timó o farigola (*Thymus vulgaris*) que floreix a la primavera (Cambra *et al.*, 2008). Totes aquestes espècies en el moment de la floració tenen una flora acompanyant, molt interessant per a les abelles per a l'obtenció de pòl·lens i nèctars variats. En aquest estudi ens centrarem amb la floració de romaní, que és abundant a la zona.

Per portar a terme l'estudi s'ha utilitzat el següent material: 30 arnes poblades del model Langstroth de creixement vertical amb capacitat de 10 quadres, 30 alimentadors, 150 quadres de cambra de cria amb làmines de cera, 30 mitges alces i 30 reixetes excloïdores de reina. A continuació, és detalla aquest tipus de rusc ja que és el que s'ha utilitzat per a realitzar la part experimental d'aquest treball.

L'arna model Langstroth (Figura 6) està composta pels elements següents:

- Cambra de cria: és la part de la caixa on s'instal·laran les abelles, la conformen deu quadres mòbils, a l'interior dels quadres es formaran les bresques de cera.
- Porta o piquera: és l'orifici situat a la part inferior de la cambra de cria que serveix perquè transitin les abelles i permet el seu tancament per a realitzar transhumàncies.
- Quadres: és la part mòbil del rusc, on es col·loquen les làmines de cera estampada perquè l'abella construeixi la bresca. En aquests trobem la cria (ous, cria oberta i cria tancada o operculada) i els productes de reserva: la mel i el pol·len.
- Excloïdor: és una reixeta que impedeix el pas de la reina i dels abellots a l'alça mel·lífera. S'utilitza principalment per a la producció de mel, gelea reial i cria de reines.
- Alça mel·lífera: és una caixa similar a la cambra de cria on les abelles emmagatzemaran la producció de mel. En aquest treball s'ha fet servir la mitja alça, que consta de 8 quadres, la superfície dels quals és més petita que la del quadre de la cambra de cria.
- Tapa interna o alimentador: és una tapa de fusta o plàstic que té com a funció aïllar i garantir la termoregulació del rusc, també permet la sortida de gasos i la humitat. En alguns casos, també serveix per a subministrar aliment líquid i sòlid a la colònia.
- Tapa: és el sostre de fusta folrada amb una xapa metàl·lica que serveix per protegir el rusc de les inclemències del temps, com ara la pluja i el sol.



Figura 6: Detall de les parts de l'arna model Langstroth (Fotografia pròpia).



### 3.2 Colònies inicials i distribució

Totes les colònies inicials partien d'eixams de 5 o 6 quadres amb reina jove de finals de primavera de 2022, per tal que la diferència d'edat de la reina no pugui afectar el posterior desenvolupament de la colònia. Inicialment es van introduir aquest eixams seleccionats a l'atzar, que tenien de 5 a 6 quadres, dins de caixes Langstroth de producció de 10 quadres. Per emplenar l'espai que quedava lliure es van afegir quadres amb làmines de cera per permetre el creixement de l'eixam. El contingut d'aquestes caixes l'anomenarem cos de cria. Per poder garantir el seguiment de les arnes en visites posteriors, es van identificar, numerar i marcar individualment amb el número d'arna i el tipus de tractament.

De les 30 arnes monitoritzades, es separaven tres tipus de tractaments. En concret, 10 formaven part del grup control (TC), 10 del tractament A (TA) i 10 del tractament B (TB) (veure punt 3.3). Per tal de minimitzar l'efecte deriva de les abelles de vol es van repartir aleatòriament les arnes dins l'assentament formant grups de 3 arnes: 1 arna de TC, 1 arna de TA i 1 arna de TB. Així mateix també es van situar de forma aleatòria les orientacions d'entrada a les colònies (piqueres), 5 grups de 3 arnes en orientació est i 5 grups de 3 arnes en orientació oest. Es va considerar com a criteri d'exclusió de l'estudi aquelles arnes que degut a manipulacions o a recanvis naturals van perdre la reina durant el temps d'estudi. Per aquest motiu les arnes totals que s'han tingut en compte són: 8 per TC, 9 per TA i 9 per TB (Figura 7).



Figura 7: Disposició de les arnes. A la dreta s'ha subministrat 1 bossa plena i s'ha retirat la bossa buida de la setmana anterior. A l'esquerra es pot observar les bosses preparades per a ser subministrades (fotografia pròpia, del 23/02/2023).

### 3.3 Alimentació artificial dels tractaments

Dels tres tractaments utilitzats, en primer lloc les arnes TC no van rebre cap suplement d'alimentació artificial i només van tenir entrada de nèctar i pol·len de forma natural.

Les arnes TA van rebre un suplement d'alimentació artificial a base de sucres i proteïnes. La base de carbohidrats estava composta per un xarop 50/50 de sacarosa i aigua. Per tal de controlar la dosi per rusc, aquesta es va administrar amb un format de

bossa de plàstic amb una quantitat de 2kg de xarop/arna (Figura 8). Les bosses es van col·locar a la part superior de l'arna dins de la tapa interna o alimentador, per tal de no perdre producte, seguidament es van fer uns petits orificis a la bossa que deixaven sortir el líquid poc a poc per al consum de les abelles. A més a més, es va subministrar una porció sòlida de pasta proteica de 225 grams per arna. Aquesta es va introduir a la part superior dels quadres de la caixa, per tal de fer-la més accessible a les abelles. La pasta proteica es va situar sobre els quadres de la part central de l'arna ocupats per la cria (Figura 8). La pasta proteica utilitzada és un pinso comercial produït especialment per a l'alimentació de les abelles de nom comercial SuperProteica de la marca Dulcofruct amb la següent composició: Xarop de fructosa 22%, dextrosa 18%, sacarosa de remolatxa 33%, fructosa pura 3%, ApiPollen Substitute 24,5% (proteïna vegetal de soja y llevats), olis alts en oleic (grasses), olis: citronella, farigola, alfàbrega, camamilla, calèndula, lavanda, canella, clau, sàlvia, àloe; bàlsam de llima; hipèric; fulles de llorer; carxofa; vitamines: A, D, E, D3, B2, B3, B12, K, C; àcid cítric/àcid làctic; compost de minerals: Mg, S, Cu, Fe, Zn, Na, Ca, Mn, Co, P; bacteries probiòtiques, extractes de polifenols a base de herbes; aigua pura 10%.

En canvi, les arnes TB únicament van rebre un suplement d'alimentació artificial a base de sucres, amb la mateixa composició que la subministrada a les arnes TA.



Figura 8: A l'esquerra, part superior dels quadres de l'arna amb alimentació artificial afegida a base de proteïnes a la part central. A la dreta, part superior de l'arna amb bossa d'alimentació artificial a base de carbohidrats. (Fotografia pròpia)

### 3.4 Períodes de seguiment i observació

Aquest experiment s'ha realitzat en tres temps d'observació i comptatge compresos entre principis de febrer i principis d'abril (Figura 9). Es va establir el temps inicial com el dia 1 de l'estudi, on es van introduir els eixams a les arnes de producció, és va realitzar el primer comptatge de mel, pol·len, cria oberta i la cria tancada, i també es va subministrar la primera ronda d'alimentació en funció del tractament. A partir d'aquest temps inicial (dia 1), setmanalment s'administra la tanda d'alimentació corresponent a les arnes i es revisa el cos de cria per adequar l'espai ocupat per les abelles i aproximar els quadres amb làmines de cera buides als laterals de la cria per facilitar el creixement de la colònia.

Es va definir el temps intermedi com el dia 29 de l'estudi, on es realitza un comptatge de l'interior de l'arna, quantificant la quantitat de mel, pol·len, cria oberta i cria tancada, i també s'administra l'última tanda d'alimentació. A més a més, s'afegeixen les alces mel·líferes a les arnes indiferentment que hagin completat o no l'ocupació dels 10 quadres del cos de cria.

Finalment, el temps final correspon al dia 64, on es realitzen els comptatges de mel, pol·len, cria oberta i cria tancada, i al finalitzar la revisió es recol·lecten les alces de mel les quals posteriorment ens permetran quantificar la producció de la mel.

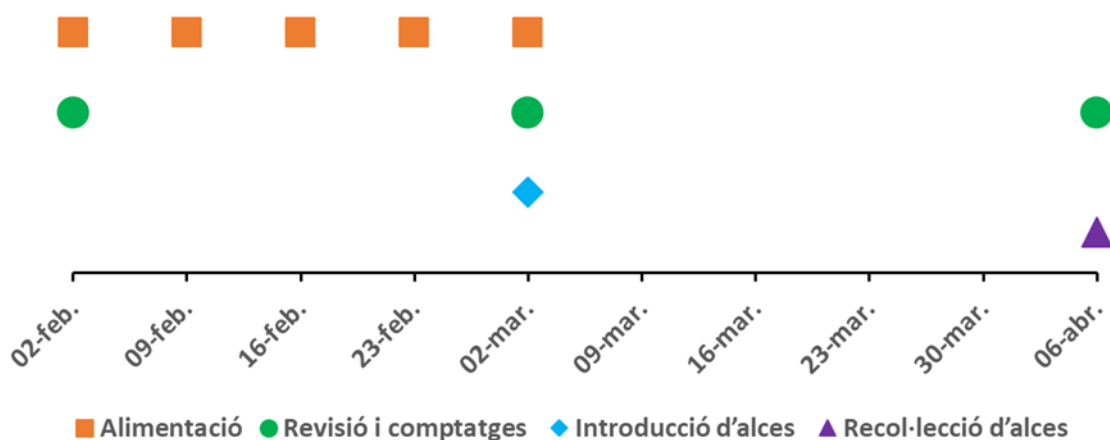


Figura 9: Cronograma de l'estudi de camp, on es poden observar els dies d'aplicació de l'alimentació als diferents tractaments, els dies de comptatge, la introducció de les alces de mel i la recollida de les alces de mel.

### 3.5 Estimació del creixement de la colònia

Per tal de poder observar i comptabilitzar el creixement de la colònia es va dividir cada cara del quadre Langstroth del cos de cria en 6 parts (Figura 10). Obtenint així 12 parts per a cada quadre, si tenim en compte les dues cares. En cada revisió es va fer un comptatge de les diferents parts ocupades per mel, pol·len, cria oberta (ous i larves) i cria tancada (nimfes). En el resultat de l'observació podem comptabilitzar un màxim de 6 parts ocupades per cada cara del quadre, les parts buides es van comptabilitzar amb un 0. Així doncs, una caixa Langstroth de 10 quadres es divideix amb un màxim de 120 parts.



Figura 10: Cara d'un quadre Langstroth dividida en 6 parts. En aquest exemple es comptabilitzaria com 4,5 parts ocupades per cria operculada (tancada), 0,5 parts de cria oberta i 1 part de mel (reserves). (Fotografia pròpia)

Per tal de seguir un ordre en les observacions de camp, es va utilitzar una fitxa de camp (Taula 1), on dividim els 10 quadres de l'arna amb dos cares A i B, en cada cara es comptabilitzen les parts ocupades per mel, pol·len, cria tancada i cria oberta fins un màxim de 6 parts.

Taula 1: Fitxa de camp utilitzada per a realitzar els comptatges.

Caixa:		Data:		Hora d'inici:		
Nº quadres ocupats per abella:				Hora Final:		
Meteorologia:						
Quadres	Cara	Mèl	Pol.len	Cria tanc.	Cria ob.	TOTAL
1	A					
1	B					
2	A					
2	B					
3	A					
3	B					
4	A					
4	B					
5	A					
5	B					
6	A					
6	B					
7	A					
7	B					
8	A					
8	B					
9	A					
9	B					
10	A					
10	B					

### 3.6 Quantificació de la producció de mel

Un cop la colònia ha efectuat part del seu creixement, el mateix dia de la revisió del temps intermedi, es van introduir les alces mel·líferes buides, separades del cos de cria per una reixeta excloïdora de reina. Aquesta permet el pas de les abelles obreres a la part superior i n'impedeix el pas a mascles i a la reina, evitant així que aquesta pugui pondre ous a la part superior que serà només ocupada pel nèctar recol·lectat i seguidament transformat en mel per les abelles obreres.

Per poder quantificar la producció de mel, el mateix dia de la revisió del temps final, després de revisar les arnes i fer el recompte final es van retirar les alces amb la producció, identificant a quina caixa corresponia cada alça. Posteriorment, al magatzem es va procedir a pesar les alces abans i després de l'extracció de la mel per tal d'obtenir-ne un resultat individual de quilograms de mel per arna.

### 3.7 Anàlisi de les dades

L'anàlisi de les dades d'aquest treball, tenint en compte que s'ha realitzat un disseny experimental amb variables quantitatives, s'ha dut a terme mitjançant un anàlisi quantitatiu.

En primer lloc, hem fet una anàlisi dels paràmetres relacionats amb el creixement de la cambra de cria de les quatre variables estudiades: reserves de mel, reserves de pol·len, cria total i ocupació total de la superfície de la cara dels quadres. Primer, amb el càlcul de la mitjana aritmètica i la desviació estàndard pels diferents tractaments (TC, TA i TB) i en els diferents temps de mostreig (temps inicial, temps intermedi i temps final). A continuació, per determinar quin tipus d'estadístic era convenient utilitzar s'ha realitzat el test de Shapiro-Wilks per comprovar si les mostres seguien una distribució normal. Donat que en l'estudi no es podia garantir la distribució normal, el test estadístic que s'ha utilitzat és no paramètric. Així doncs, per determinar si les diferències observades eren estadísticament significatives o no, s'ha realitzat un test no paramètric de Kruskal-Wallis amb un estudi post-hoc de Dunn (Dietrichson, 2019).

En segon lloc, per a l'anàlisi dels paràmetres relacionats amb la producció de mel de romaní, s'ha realitzat també un anàlisi descriptiu amb el càlcul de la mitjana aritmètica i la desviació estàndard pels diferents tractaments (TC, TA i TB) i en el temps final d'estudi. Donat que la distribució de les mostres no seguia una distribució normal, s'ha utilitzat un també un test estadístic no paramètric. Igual com en el cas anterior, s'ha utilitzat el test de Kruskal-Wallis amb un estudi post-hoc de Dunn.

Per a la introducció de dades s'ha realitzat mitjançant fulles de càlcul del programa Microsoft Excel, o per l'anàlisi descriptiu i estadístic s'ha utilitzat el programari lliure Jasp 0.17.2.1 (Jasp Team, 2023).

## 4. RESULTATS I DISCUSSIÓ

En aquest apartat es mostren els resultats obtinguts a partir de l'estudi de camp amb els diferents tractaments d'alimentació: TA, TB i TC. Aquests resultats ens permetran donar resposta a l'objectiu general que és investigar quin impacte té l'alimentació artificial en el creixement de les arnes i en la posterior producció de mel de romaní. Per avançar en l'explicació dels resultats, aquests s'han dividit en l'efecte de l'alimentació artificial sobre les reserves de la colònia, l'efecte sobre la cria, l'efecte en el conjunt d'ocupació del rusc, l'efecte en la producció de mel de romaní i finalment en la viabilitat econòmica a l'hora d'alimentar.

### 4.1 Efecte de l'alimentació artificial sobre les reserves de la colònia

En primer lloc, s'ha realitzat un anàlisi de les reserves de mel (Figura 11) i pol·len (Figura 12) a la cambra de cria del rusc. La figura 11 mostra l'evolució de la mel emmagatzemada en concepte de reserves, durant els tres temps d'estudi. En el temps inicial, els resultats mostren que el TA i el TB tenen unes reserves de mel lleugerament superiors respecte al TC. Estadísticament, però, aquestes diferències no són significatives i podem considerar que el punt de partida de l'estudi era igual per als tres grups. En canvi, en el temps intermedi i final s'observa que les colònies que han rebut alimentació artificial presenten un increment en les seves reserves de mel respecte el TC. Concretament, en el temps intermedi, les colònies que han rebut el TA presenten unes reserves estadísticament superiors respecte el TC (Taula 2).

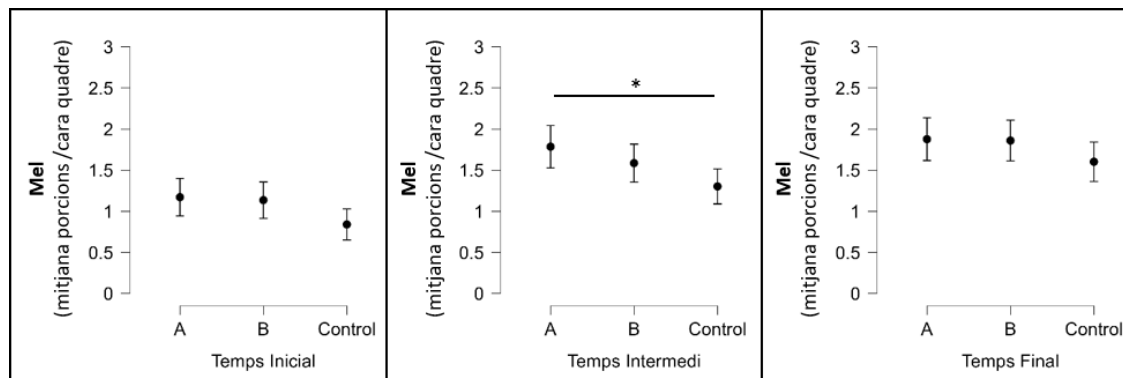


Figura 11: Comparació de la mitjana i desviació estàndard de les porcions ocupades de mel per cada cara d'un quadre, en cada tractament i en els diferents temps d'estudi. \* p-valor < 0,05 entre TA i TC.

Per poder explicar aquests resultats cal esmentar que el període comprès entre el temps inicial (mes de febrer) i el temps intermedi (mes de març) era un període de carència o de baixa disponibilitat de recursos al medi, i que el període comprès entre el temps intermedi (mes de març) i el temps final (mes d'abril) coincideix aproximadament amb la floració del romaní a l'apiari d'estudi.

Centrant-nos en l'observació dels resultats durant el temps intermedi, veiem que les arnes del TA i TB, que van rebre ambdues alimentació artificial, no han hagut de consumir les reserves pròpies de mel i han pogut emmagatzemar noves reserves. En conseqüència, observem un increment net de les reserves per part d'aquests ruscos. Això ha pogut ser degut a que les abelles dels TA i TB han utilitzat l'alimentació artificial administrada per a desenvolupar les seves funcions vitals i la termoregulació del rusc (Jean-Prost & Le Conte, 2007). És podria pensar també, que aquestes diferències en les reserves de mel es deuen a l'emmagatzematge de l'alimentació artificial a les bresques, tot i que segons les dades bibliogràfiques (Gonell, 2022) la quantitat subministrada és l'adequada per a ser consumida i no emmagatzemada. A aquestes dades, cal afegir que en cada tanda d'alimentació setmanal, les abelles havien consumit completament les dosis d'aliment administrades en anterioritat, fet que suporta que l'alimentació subministrada no es trobava en excés. Tanmateix, per tal d'assegurar unes bones pràctiques en el maneig apícola, es realitzen anàlisi dels sucres que conté la mel recol·lectada (Magem *et al.*, 2010).

Pel que fa al comportament dels ruscos TC s'observa que aquests també han incrementat les reserves de mel en el temps intermedi respecte el temps inicial, però amb menor quantitat que les arnes TA i TB. Aquest fet ha pogut venir donat, possiblement, perquè les arnes del TC, al no disposar d'alimentació artificial, han utilitzat les reserves de mel per a desenvolupar les funcions vitals i la termoregulació del rusc. Pel que fa al temps final, les reserves de mel, com ja hem vist, s'igualen en el TA i TB amb valors aproximats de 2 parts sobre 6 de la cara d'un quadre i el TC queda aproximadament 0,5 parts per sota (Taula 2). El motiu pel qual les arnes no augmenten més les reserves de mel a la cambra de cria, és degut a la col·locació de les alces a partir del temps intermedi. A partir d'aquest moment, les abelles emmagatzemen la mel a la part superior de l'arna (l'alça), i l'espai inferior queda disponible per a que la reina pugui ampliar la superfície de cria. Així doncs, el maneig per part de l'apicultor és molt important, ja que una correcta distribució de l'espai de l'arna facilitarà que les abelles no bloquegin de mel l'interior de la cambra de cria, permetent així l'acumulació d'aquesta mel a l'alça, i deixant lliure l'espai de la cambra de cria per augmentar la superfície de cria (Jean-Prost & Le Conte, 2007).

Aquest resultats són similars als obtinguts per Rathee *et al.* (2022) on evidencien que suplementar els ruscos amb una alimentació artificial a base de proteïnes i/o xarops de sucres incrementa les reserves de mel, durant el període d'escassetat de nutrients al medi. Tot i així, no tots els suplementes de proteïna són capaços d'aconseguir un increment de reserves al rusc, diferents autors apunten que les pautes d'alimentació artificial amb alts continguts de proteïna (a partir del 18%), com el que s'ha fet servir en aquest estudi, són més efectives que l'alimentació únicament amb sucres o bé amb baix contingut de proteïna (Di Pasquale *et al.*, 2013; Gonell, 2022; Kane & Faux, 2021; Rathee, 2022).

Pel que fa a les reserves de pol·len de l'arna (Figura 12), els resultats assenyalen que no hi ha diferències significatives entre els tres grups, en cap dels tres temps d'estudi. Tot i així, es pot entreveure que en el temps intermedi, el TA incrementa lleugerament l'emmagatzematge de pol·len respecte les altres dos condicions. En canvi, al temps final s'observa el cas contrari, és a dir, que el TB i el TC presenten unes reserves de pol·len



lleugerament superiors al TA (Taula 2). També cal assenyalar que les reserves de mel (Figura 11) i pol·len (Figura 12) als ruscós dels tres tractaments incrementen progressivament entre el tres temps d'estudi. Això indica que la disponibilitat de recursos del medi va incrementar considerablement durant el període d'estudi, la qual cosa coincideix amb l'inici de la floració del camp on estava situat l'assentament. Aquest augment de disponibilitat de recursos també es veu reflectit en la superfície de cria ocupada (Figura 13).

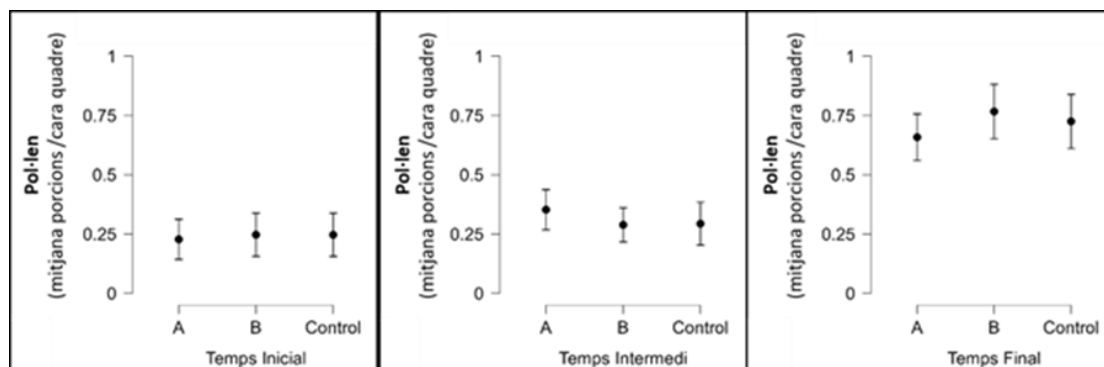


Figura 12: Comparació de la mitjana i desviació estàndard de les porcions ocupades de pol·len emmagatzemat per cada cara d'un quadre, en cada tractament i en els diferents temps d'estudi.

Estudis de característiques similars han reportat que les arnes que disposen de suplementos de proteïnes a la dieta són capaces d'incrementar la superfície de pol·len emmagatzemat, sempre i quan hi hagi disponibilitat d'aquest al medi. A més a més, els suplementos de proteïna a la dieta s'han correlacionat amb un augment de la producció de cria i de les reserves de pol·len al rusc per satisfer les necessitats proteiques de la colònia (Gemedá, 2014; Ricigliano *et al.*, 2022). Aquests resultats, però, no s'han vist replicats en la seva totalitat en l'estudi, ja que com hem comentat les reserves de pol·len no incrementen entre els grups.

Tanmateix, en les arnes TA sí que s'observa una possible relació entre el pol·len emmagatzemat a l'arna i la superfície de cria (Figura 13). Específicament, en el temps intermedi, les arnes TA al tenir més proteïna disponible a través de l'alimentació artificial, han pogut incrementar lleugerament el nivell de les reserves de pol·len tot i tenir una superfície de cria major que les arnes TB i TC (Figura 13), i en conseqüència unes necessitats proteiques de la colònia majors. En el temps final, s'ha produït un increment de les reserves de pol·len en tots els tractaments respecte al temps intermedi, això ens mostra que hi ha una alta disponibilitat de pol·len al medi en aquest període, fet que ha incentivat també l'augment de la superfície de cria (Figura 13). Les arnes TA en el temps final tenen unes reserves de pol·len lleugerament inferiors que les arnes TB i TC, aquest fet potser degut a que com s'ha generat un increment de la cria amb anterioritat, la necessitat d'emmagatzemar pol·len en el temps final ja no és tant important per al desenvolupament de la colònia. En aquest moment, les arnes ja no creixen en superfície de cria sinó que emmagatzemen mel a l'alça, la qual cosa també és veu reflectida en la posterior producció de mel (Figura 15)(De Grandi-Hoffman *et al.*, 2015).

## 4.2 Efecte de l'alimentació artificial sobre la superfície de cria

La figura 13 ens ensenya l'evolució del niu de cria, és a dir, el total de la cria (cria oberta + cria tancada) present a les arnes dels tres grups d'estudi durant els diferents temps. A nivell estadístic, podem dir que en el temps inicial, no s'observen diferències significatives entre la cria dels diferents grups, indicant així que la quantitat de cria era similar en el punt de partida de l'estudi. En el temps intermedi observem que les arnes del TA incrementen de forma estadísticament significativa la superfície de cria respecte el TC. Finalment, en el temps final aquestes diferències s'igualen en tots els tractaments.

Per comprendre i poder explicar els resultats descrits, cal tenir en compte que la colònia d'abelles és comporta com un super-individu i que en el moment que hi ha disponibilitat de recursos tant de nèctar com de pol·len, les abelles reaccionen ràpidament produint un augment de la superfície de cria per tal d'augmentar el número d'individus de la colònia, i posteriorment, les seves reserves. Per tant, hem de comparar els resultats obtinguts de les reserves de mel i de pol·len amb la superfície de cria, ja que aquests estant estretament relacionats (Fert, 2019).

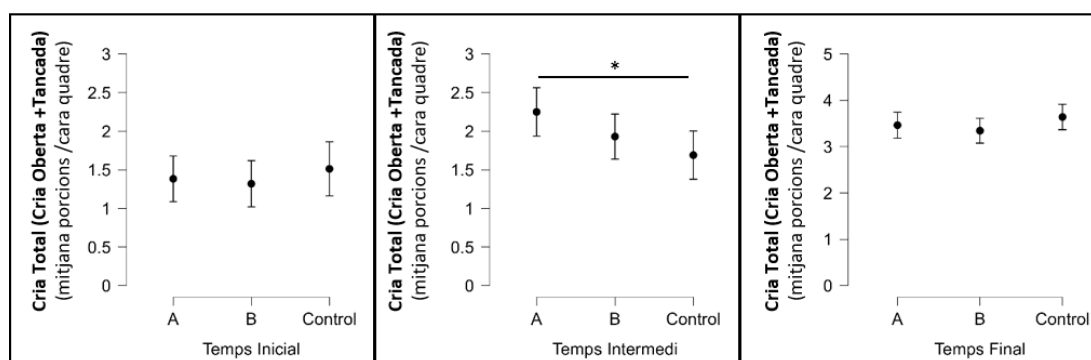


Figura 13: Comparació de la mitjana i desviació estàndard de les porcions ocupades per cria total (oberta+tancada) per cada cara d'un quadre, en cada tractament i en els diferents temps d'estudi. \* p-valor < 0,05 entre TA i TC.

En el temps inicial, tot i no haver diferències significatives, podem observar que el TC té una mitjana de la superfície de cria lleugerament major al TA i TB. Una de les possibles explicacions és que el TC té una menor quantitat de reserves de mel inicials respecte el TA i TB. Aquest fet podria indicar que part de les reserves de mel que té la colònia s'han utilitzat per mantenir la temperatura del niu de cria constant, entre 35-36°C (Jean-Prost & Le Conte, 2007), ja que a inicis de febrer les temperatures externes encara són baixes.

D'altra banda, i analitzant més detalladament l'evolució de la cria, observem que després d'un mes de subministrament de l'alimentació, la superfície de cria incrementa entre el temps inicial i el temps intermedi. Les dades ens mostren que les arnes del TA han augmentat la superfície de cria de 1.38 parts a 2.25 parts; les arnes TB, tot i que amb menor proporció, també han incrementat la superfície de cria de 1.31 parts a 1.93 parts. En canvi, el TC gairebé no ha incrementat la superfície de cria entre el temps inicial 1.51

parts i el temps intermedi 1.69 parts (Taula 2). Per tant, podem dir que en aquest període de carència o de baixa disponibilitat de recursos al medi, i coincidint amb la bibliografia, les arnes alimentades artificialment incrementen les reserves de mel i la superfície de cria, malgrat en el TB no mostrar diferències significatives (Ricigliano *et al.*, 2022; Ullah *et al.*, 2021). A més a més, això s'ha traduït amb un creixement de la colònia (Figura 14). Aquest increment de cria, en el cas de les arnes TA, ha incrementat el número d'abelles que en el moment de la floració han pogut recol·lectar una major quantitat de nèctar del camp (Figura 15).

Cal esmentar també, que entre el temps intermedi i el temps final, considerat com el moment de la floració del romaní en l'apiari d'estudi, les arnes TC han augmentat la superfície de cria igualant a les arnes TA i TB, fet que demostra que la disponibilitat de recursos al medi era suficient per incentivar el creixement de forma natural de les arnes. A més a més, i degut a l'ús de l'excloïdor de reines, que no permet el pas d'aquesta a l'alça, l'espai disponible per ampliar la colònia queda restringit a la cambra de cria. Així doncs, un cop ocupada tota la cambra de cria ja no queda espai disponible per seguir incrementant la superfície de cria. Per aquest motiu, si la floració s'allarga, el maneig de l'apicultor és fonamental per a redistribuir l'espai de la cambra de cria per tal d'ampliar la superfície disponible i evitar que la colònia eixameni naturalment.

Segons la bibliografia, les dietes únicament a base de sucres són menys efectives a l'hora d'augmentar la superfície de cria, ja que és el pol·len o en el seu defecte els substituïts proteics els que tenen un pes més important sobre l'efecte del creixement de la superfície de la cria de la colònia (Pankiw *et al.*, 2008; Ricigliano *et al.*, 2022). Els nostres resultats coincideixen amb altres estudis que han determinat que en moments de baixa disponibilitat de pol·len al medi, suplementar amb alimentació proteica produeix un increment de la superfície de cria a les colònies. D'altra banda, també han reportat que quan hi ha entrada natural de pol·len, el consum de suplement proteic per part de les abelles disminueix, suggerint que les abelles prefereixen alimentar-se amb pol·len d'origen natural (Lamontagne-Drolet, 2019). Aquesta dada en el nostre estudi no ha estat observada ja que l'alimentació artificial en el TA era consumida en la seva totalitat de forma setmanal, fet que reforça que entre el temps inicial i el temps intermedi la disponibilitat de pol·len a l'apiari era reduïda.

Taula 2: Estadístics descriptius i p-valor de l'evolució de reserves de mel i pol·len, cria total i el total d'ocupació dels diferents tractaments en els tres temps d'estudi.

Descriptius Estadístics		Mel			Pol·len			Cria Total			Ocupació total		
		A	B	Control	A	B	Control	A	B	Control	A	B	Control
Temps Inicial	Mitjana Aritmètica	1.172	1.136	0.841	0.228	0.247	0.247	1.383	1.319	1.512	2.783	2.703	2.600
	Desviació Estàndard	1.561	1.514	1.219	0.580	0.622	0.588	2.026	2.049	2.262	2.840	2.776	2.774
Temps Intermedi	Mitjana Aritmètica	1.786	1.586	1.303	0.353	0.289	0.294	2.250	1.931	1.691	4.389	3.806	3.288
	Desviació Estàndard	1.764	1.580	1.373	0.578	0.493	0.584	2.147	1.995	2.019	2.366	2.619	2.595
Temps Final	Mitjana Aritmètica	1.878	1.861	1.603	0.658	0.767	0.725	3.464	3.344	3.641	6.000	5.972	5.969
	Desviació Estàndard	1.779	1.696	1.547	0.670	0.786	0.735	1.916	1.838	1.769	0.000	0.165	0.236

p-valor		Mel	Pol·len	Cria Total	Total
Temps Inicial	A - B	0.990	0.801	0.816	0.716
	A - Control	0.134	0.563	0.812	0.559
	B - Control	0.137	0.738	0.643	0.817
Temps Intermedi	A - B	0.406	0.284	0.208	0.046*
	A - Control	0.020*	0.213	0.013*	< .001**
	B - Control	0.129	0.836	0.208	0.024*
Temps Final	A - B	0.919	0.359	0.340	0.099
	A - Control	0.136	0.505	0.480	0.159
	B - Control	0.112	0.823	0.103	0.511

\* p < .05, \*\*\* p < .001

### 4.3 Efecte de l'alimentació artificial en el conjunt d'ocupació del rusc

L'anàlisi del total de la superfície ocupada ja sigui per mel, pol·len o cria aquests resultats varien (Figura 14), mostra que les arnes TA i TB han incrementat la superfície ocupada entre el temps inicial i el temps intermedi. En canvi, les arnes TC, igual com hem pogut observar en les dades de la superfície de cria, gairebé no incrementen el volum ocupat del rusc entre el temps inicial i el temps intermedi. Aquestes tenen un creixement molt ràpid en el moment d'entrada de recursos entre el temps intermedi i el temps final, arribant a omplir tota la superfície de la cambra de cria amb reserves de mel, pol·len i cria en el temps final. Tot i aquest ràpid creixement, el volum d'abelles generat pot ser inferior ja que en el temps intermedi la superfície de cria de les arnes TC és significativament inferior que el de les arnes TA. Concretament, l'anàlisi estadístic mostra que en el temps intermedi s'observen diferències estadísticament significatives entre tots els grups, entre TA i TB, TA i TC i TB i TC. Evidenciant que el TA ha incrementat la superfície d'ocupació total dels quadres respecte el TB i el TC, mentre que el TB també ha augmentat l'ocupació respecte el TC.

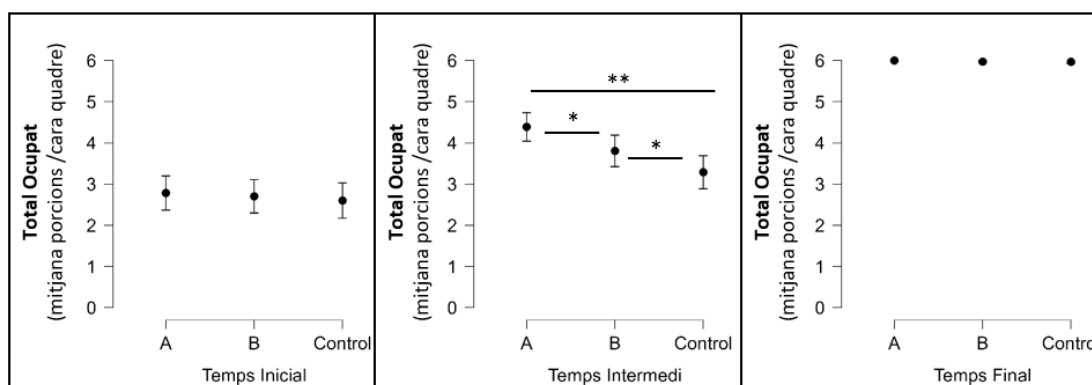


Figura 14: Comparació de la mitjana i desviació estàndard de les porcions totals ocupades per: mel, pol·len, cria oberta i cria tancada en cada cara d'un quadre, en cada tractament i en els diferents temps d'estudi. \* p-valor < 0,05 entre TA i TB, entre TB i TC \*\* p-valor < 0,01 entre TA i TC.

### 4.4 Efecte de l'alimentació artificial sobre la producció de mel de romaní

Per estudiar l'efecte de l'alimentació artificial en la producció de la mel de romaní, s'han quantificat els quilograms de mel emmagatzemats a l'alça en el temps final de l'estudi (Taula 3). Aquest resultat no es poden avaluar sense tenir en compte l'evolució del creixement de la colònia. Així doncs, l'alimentació artificial TA en temps de carència augmenta significativament les reserves de mel, la superfície de cria de l'arna, i també el volum de quadres ocupats per cria i reserves, i en conseqüència, esperaríem que el nombre d'abelles adultes (no quantificat en aquest estudi). Segons explica la regla de Farrar quan major és l'augment de la població d'un rusc, major és la producció individual de cada abella, augmentant la productivitat del rusc. Aquest fet es degut a que quan augmenta la població també augmenta la proporció d'abelles recol·lectores (Ruiz, 2016).

L'increment d'abella generada pel TA durant el temps de carència afecta positivament en la recol·lecció de mel durant la floració (Figura 15). Tal com podem observar a la figura 15, les arnes del TA presenten una major producció de mel de romaní respecte les arnes TB i TC. Aquest resultat es troben en concordança amb altres estudis que evidencien que una dieta rica amb proteïnes incrementa la producció de mel del rusc per sobre de les dietes únicament a base de sucres o d'alimentació natural deficitària (Brodschneider & Crailsheim, 2010; Rathee *et al.*, 2022; Ullah *et al.*, 2021).

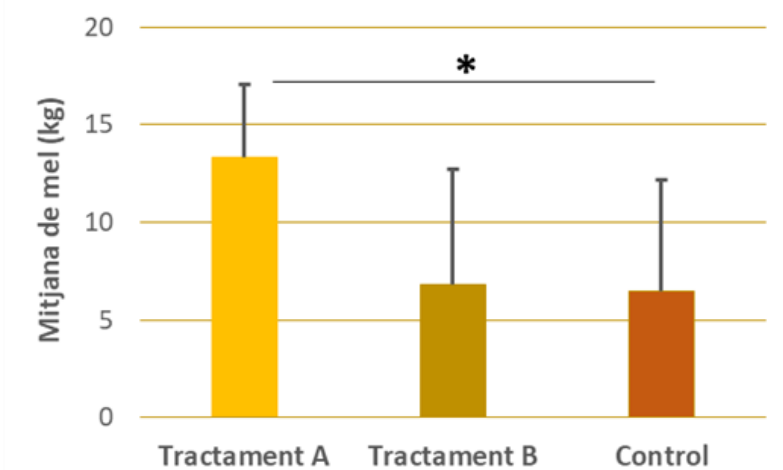


Figura 15: Comparació de la mitjana i desviació estàndard de la quantitat de quilograms de mel produïda per arna en cada tractament, en el temps final de l'estudi. \* p-valor < 0,05 entre TA i TC,

Així doncs, el present estudi ha contribuït en evidenciar que una alimentació amb suplementes de proteïna i sucres té efectes positius tant en el creixement de la colònia com en la producció de mel de romaní quan s'administra almenys 5 setmanes abans de l'inici de la floració, en un apiari situat a la regió de la costa mediterrània.

Taula 3: Estadístics descriptius i p-valor de la quantitat de mel produïda en quilograms.

Descriptius Estadístics		Producció mel romaní (kg)		
		A	B	Control
Temps Final	Mitjana Aritmètica	13,33	6,78	6,50
	Desviació Estàndard	3,74	5,93	5,71

p-valor		Producció mel romaní (kg)
Temps Final	A - B	0,08
	A - Control	0,045*
	B - Control	0,91

\* p < .05

## 4.5 Valoració econòmica

Econòmicament és viable alimentar? Com l'interès d'aquest estudi és de caràcter professional, també s'ha valorat de forma aproximada la viabilitat econòmica de l'alimentació artificial anticipada a la floració. Per a tal fi, s'han examinat els costos de l'alimentació artificial respecte els beneficis extrets de la producció de mel de romaní.

Observem que les arnes alimentades amb el TA han produït 6.83 quilograms de mel addicional per arna respecte el TC (Taula 3). Actualment, el preu de venda de mel de romaní a l'engròs és de 4,95 euros per quilogram (preu de venda de mel de romaní a l'engròs de la pròpia explotació durant l'any 2022). Per tant, el valor addicional de la mel produïda per arna al TA és de 33,80 euros. Tenint amb compte, les dosis de l'alimentació subministrada a les arnes durant les 5 setmanes d'alimentació, el cost total d'aquesta alimentació és de 15,75 euros per arna del TA. En conseqüència, s'obté un benefici extra respecte el TC de 18,06 euros per arna. D'altra banda, les arnes alimentades amb el TB han tingut un increment de producció de 280 grams per arna respecte el TC (Taula 3), el valor de la mel produïda d'aquest increment és de 1,4 euros per arna. Degut a que el cost d'alimentar a base de sucres aquestes arnes és de 9,5 euros per arna i l'increment del valor de producció només és de 1,4 euros per arna respecte el TC, aquestes han produït unes despeses per a l'explotació de 8,11 euros per arna respecte les arnes TC (Figura 16). A més a més, cal tenir en compte que en una explotació professional a finals de l'hivern i durant la primavera, normalment, les arnes és revisen cada 10 o 15 dies. Per aquest motiu, al benefici extra obtingut s'hauria de descomptar el cost de mà d'obra i de carburants derivat de les visites setmanals per aplicar l'alimentació.

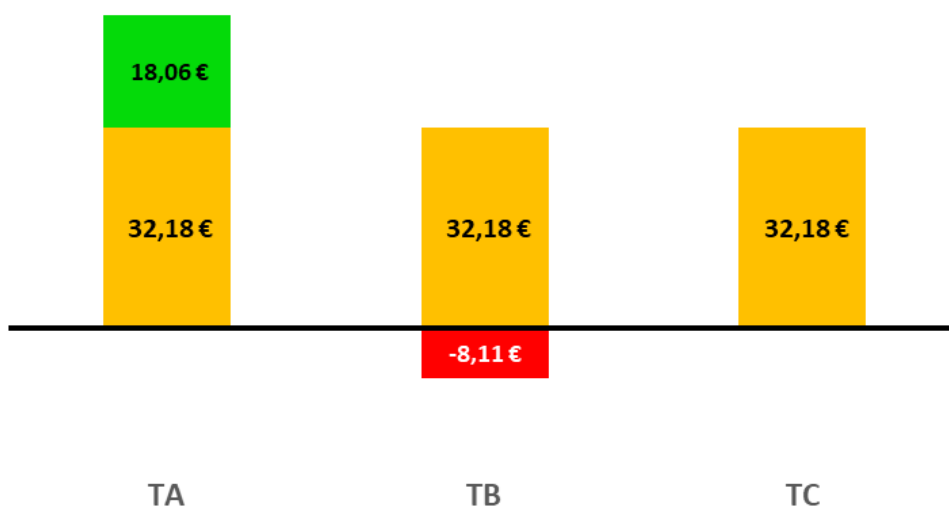


Figura 16: Valoració econòmica de la producció de mel de romaní dels rusc d'alimentació artificial (TA i TB) respecte el TC.

Després d'analitzar totes les dades, observem que una limitació de l'estudi és la manca d'una dieta basada únicament en proteïnes per determinar si l'alimentació artificial només amb proteïna és capaç d'assolir el mateixos resultats o bé, els resultats observats en l'estudi són fruit de la sinergia entre el substitut proteic i els sucres. Aquest fet també podria ajudar a reduir els costos de l'alimentació i fer-la encara més viable econòmicament. Des del punt de vista professional, es recomana alimentar amb un tractament a base de sucres i proteïna 5 setmanes abans de començar la floració ja que aquest maximitza la producció de mel de romaní i augmenta els beneficis de l'explotació respecte l'alimentació només a base de sucres o la no alimentació artificial.

Cal tenir en compte que malgrat en aquest estudi només s'ha avaluat la producció de mel com a resultat de l'aplicació de l'alimentació suplementària, està descrit que l'alimentació artificial també pot tenir efectes positius sobre la salut de les abelles. Una bona nutrició s'ha correlacionat amb un increment de la tolerància a paràsits, patògens o pesticides, malgrat estar encara en discussió l'efecte concret de l'alimentació es pensa que aquesta pot reduir l'estrès metabòlic, i/o potenciar el sistema immunitari de les abelles i augmentar la seva longevitat (Brodschneider i Crailsheim, 2010; Farjan *et al.*, 2012; Gonell, 2022; Li *et al.*, 2012). Així doncs, posteriors investigacions podrien incloure aquestes variables per veure si més enllà de la floració s'observen beneficis en les colònies.



## 5. CONCLUSIONS

To conclude, we can affirm that:

1. Generally, artificial feeding has a positive effect on the beehives growth compared to natural feeding, when this is applied 5 weeks before the rosemary bloom in an apiary located on the Mediterranean coast.
2. Artificial feeding with protein and carbohydrate supplementation (TA) is the type of feeding that has had the greatest effect on the colony growth, with improvements in honey reserves, rearing area and in the total occupation surface of the frames.
3. Feeding with sugar supplement (TB) achieves a positive effect on the growth of the colony when the total occupation of the boxes with honey, pollen and total brood is evaluated compared to natural feeding.
4. Artificial feeding with protein and carbohydrate supplement increases the production of rosemary honey compared to artificial feeding based on carbohydrates and natural feeding, when this is applied 5 weeks before the rosemary bloom in an apiary located on the Mediterranean coast.
5. Only artificial feeding with a protein and carbohydrate supplement (TA) favors the growth of the colony, leading to a greater harvest of rosemary honey.
6. Despite the fact that feeding with sugar supplement (TB) also achieves an overall increase in colony growth compared to natural feeding (TC), this is not enough to achieve a greater harvest of rosemary honey.
7. Economically, feeding with a protein and carbohydrate supplement (TA) achieves a major economic benefit compared to a feeding with sugar supplement (TB) and to a natural feeding (TC). Moreover, under our conditions, feeding with sugar supplement (TB) increases the expenses and, consequently it is not economical viable compared to natural feeding.
8. Given that this work is focused on improving the beehive management under a beekeeping professional perspective, we can conclude that the best way to obtain a greater production of rosemary honey on the Catalan coast is to feed the beehives at least 5 weeks before the beginning of the bloom with a treatment based on proteins and carbohydrates.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Alaux, C., Ducloz, F., Crauser, D., & Conte, Y. L. (2010). Diet effects on honeybee immunocompetence. *Biology Letters*, 6(4), 562-565. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2009.0986>
- Bailey, L., & Ball, B. V. (2013). *Honey Bee Pathology*. Elsevier.
- Brodschneider, R., & Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*, 41(3), 278-294. <https://doi.org/10.1051/apido/2010012>
- Cambra, J., Pera, C., Gil, M., & Miralles, E. (2008). *Manual de les flors de les abelles*. Generalitat de Catalunya.
- Crane, E. (2013). *The World History of Beekeeping and Honey Hunting*. Routledge.
- De Grandi-Hoffman, G., Chen, Y., Rivera, R., Carroll, M. L., Chambers, M., Hidalgo, G., & De Jong, E. W. (2015). Honey bee colonies provided with natural forage have lower pathogen loads and higher overwinter survival than those fed protein supplements. *Apidologie*, 47(2), 186-196. <https://doi.org/10.1007/s13592-015-0386-6>
- De Groot, A. (1952). Amino acid requirements for growth of the honeybee (*Apis mellifica* L.). *Experientia*, 8(5), 192-194. <https://doi.org/10.1007/bf02173740>
- Di Pasquale, G., Salignon, M., Conte, Y. L., Belzunces, L. P., Decourtye, A., Kretzschmar, A., Suchail, S., Brunet, J., & Alaux, C. (2013). Influence of Pollen Nutrition on Honey Bee Health: Do Pollen Quality and Diversity Matter? *PLOS ONE*, 8(8), e72016. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0072016>
- Dietrichson, A. (2019). *Métodos cuantitativos*. Bookdown. Consultat 10 de juny de 2023, de <https://bookdown.org/dietrichson/metodos-cuantitativos/>
- Espadaler, X. (2007). *Les abelles de la mel*. Departament de medi ambient i habitatge.
- Farjan, M., Dmitryjuk, M., Lipiński, Z., Biernat-Łopieńska, E., & Żółtowska, K. (2012). Supplementation of the honey bee diet with vitamin C: The effect on the antioxidative system of *Apis mellifera carnica* brood at different stages. *Journal of Apicultural Research*, 51(3), 263-270. <https://doi.org/10.3896/ibra.1.51.3.07>
- Fert, G. (2019). *Raising Honeybee Queens: An Illustrated Guide to Success*. Apimondia y la Tienda del Apicultor.
- Gemeda, T. (2014). Testing the effect of dearth period supplementary feeding of honeybee (*Apis mellifera*) on brood development and honey production. *International Journal of Advanced Research*, 2(11), 319-324.
- Gonell, F. (2022). Abelles ben nodrides. *Dossier tècnic*, 115, 35-37.
- Gupta, R. K., Reybroeck, W., Van Veen, J. W., & Gupta, A. (2016). *Beekeeping for Poverty Alleviation and Livelihood Security: Vol. 1: Technological Aspects of Beekeeping*. Springer.
- Harris, J. W., Harbo, J. R., Villa, J. D., & Danka, R. G. (2003). Variable Population Growth of *Varroa destructor*; (Mesostigmata: Varroidae) in Colonies of Honey Bees (Hymenoptera: Apidae) During a 10-Year Period. *Environmental Entomology*, 32(6), 1305-1312. <https://doi.org/10.1603/0046-225x-32.6.1305>
- Harrison, J. F., & Fewell, J. H. (2002). Environmental and genetic influences on flight metabolic rate in the honey bee, *Apis mellifera*. *Comparative Biochemistry and Physiology A-molecular & Integrative Physiology*, 133(2), 323-333. [https://doi.org/10.1016/s1095-6433\(02\)00163-0](https://doi.org/10.1016/s1095-6433(02)00163-0)
- JASP Team (2023). *JASP (Versió 0.17.2.1)*[Software gratuït per ordinador]. <https://jasp-stats.org/>
- Jean-Prost, P., & Le Conte, Y. (2007). *Apicultura: Conocimiento de la abeja. Manejo de la colmena*. Ediciones Mundi-Prensa.

- Kane, T. R., & Faux, C. M. (2021). *Honey Bee Medicine for the Veterinary Practitioner*. John Wiley & Sons.
- Lamontagne-Drolet, M., Samson-Robert, O., Giovenazzo, P., & Fournier, V. (2019). The Impacts of Two Protein Supplements on Commercial Honey Bee (*Apis mellifera*) Colonies. *Journal of Apicultural Research*, 58(5), 800-813. <https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1644938>
- Langstroth, L. L. (2004). *Langstroth's Hive and the Honey-Bee: The Classic Beekeeper's Manual*. Courier Corporation.
- Li, C., Xu, B., Wang, Y., Feng, Q., & Yang, W. (2012). Effects of dietary crude protein levels on development, antioxidant status, and total midgut protease activity of honey bee (*Apis mellifera ligustica*). *Apidologie*, 43(5), 576-586. <https://doi.org/10.1007/s13592-012-0126-0>
- Magem, L., Esteban, J., & Generalitat de Catalunya. (2010). *Guia de pràctiques correctes d'higiene per al sector apícola*. La Terra, SL.
- Menzel, A., Yuan, Y., Matiu, M., Sparks, T. H., Scheifinger, H., Gehrig, R., & Estrella, N. (2020). Climate change fingerprints in recent European plant phenology. *Global Change Biology*, 26(4), 2599-2612. <https://doi.org/10.1111/gcb.15000>
- Montero, A., Martos, A., & Chura, J. (2012). Dietas artificiales en la crianza de la Abeja Melífera, *Apis mellifera* L. *Anales Científicos*, 73(1), 1-5. <https://doi.org/10.21704/ac.v73i1.863>
- Pajuelo, A. G. (2009). Alimentación y nutrición de las abejas. *Vida apícola: revista de apicultura*, 153, 49-55. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2932901>
- Pankiw, T., Sagili, R. R., & Metz, B. N. (2008). Brood Pheromone Effects on Colony Protein Supplement Consumption and Growth in the Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) in a Subtropical Winter Climate. *Journal of Economic Entomology*, 101(6), 1749-1755. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-101.6.1749>
- Perez, A. C. (2010). *Apuntes de apicultura*. Universidad de la Laguna.
- Rathee, M., Chaudhary, O. P., Dalal, P. K., & Yadav, S. (2022). Supplementary feeding to replenish the dwindling honey and pollen stores in *Apis mellifera* hives during the dearth period. *Conference Book AAVASILES-2022*, 143-144.
- Ricigliano, V. A., Williams, S., & Oliver, R. (2022). Effects of different artificial diets on commercial honey bee colony performance, health biomarkers, and gut microbiota. *BMC Veterinary Research*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12917-022-03151-5>
- Ruíz-Martínez, J.A. (2016). Implicaciones de la Regla de Farrar. *Revista científica de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Granada*, 173.
- Siefert, P., Buling, N., & Grünewald, B. (2021). Honey bee behaviours within the hive: Insights from long-term video analysis. *PLOS ONE*, 16(3), e0247323. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247323>
- Ullah, A., Shahzad, M., Iqbal, J., & Baloch, M. A. (2021). Nutritional effects of supplementary diets on brood development, biological activities and honey production of *Apis mellifera* L. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(12), 6861-6868. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.07.067>
- vanEngelsdorp, D., & Meixner, M. D. (2010). A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103, S80-S95. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.06.011>
- Wild, A. (2019). *Alexander Wild Photography*. Consultat 27 de juny de 2023, de <https://alexanderwild.com/Insects/Honey-bees/>