

***Anàlisi de l'efecte de la cafeïna sobre la freqüència
cardíaca de *Daphnia magna* i estudi dels hàbits de
consum dels adolescents i adults***

Autor: Àlex Márquez Plana
Tutor: Ignasi Borrell
Àmbit: Ciències experimentals
Centre: Institut Rovira-Forns
Lliurament: 13/12/2024

AGRAÏMENTS

Vull començar aquest apartat expressant el meu agraïment més sincer a la meva família, que sempre ha estat al meu costat, donant-me el suport i la força necessària per afrontar els reptes que han sorgit al llarg d'aquest treball de recerca. En especial, vull dedicar unes paraules a la meva mare, per la seva paciència infinita, pel seu consell constant i pel seu amor incondicional. Ella ha estat una font d'inspiració i motivació per a mi, acompanyant-me en cada etapa del procés. També vull agrair a la meva àvia, que sempre ha estat un pilar fonamental en la meva vida. La seva tendresa, els seus consells i la seva força han estat amb mi en tot moment. És gràcies a ella que he après a valorar cada moment i a donar el millor de mi mateix en tot el que faig.

Aquest treball el dedico especialment a l'avi, que ens va deixar el setembre passat. Sempre serà una inspiració per a mi. Tot el que faig té un sentit especial perquè aquest projecte va dedicat a ell, que va ser una persona molt important en la meva vida. El seu esperit i la seva força han estat amb mi durant tot aquest temps, i sé que des d'allà on sigui, ell se sent orgullós d'aquest projecte. Sempre et recordaré amb molta estima, avi.

També vull agrair de tot cor a la Neus Agustí, la meva primera tutora, per la seva paciència, suport i orientació des del primer moment en què vaig començar aquest camí. Les seves recomanacions i consells m'han ajudat a créixer i a aprendre molt més del que imaginava. A més, agraeixo profundament la dedicació i l'ajuda de l'Ignasi Borrell, el meu segon tutor. Tot i que ha estat només durant l'últim tram del treball, vull agrair-lo per la seva experiència i paciència en el projecte que han estat important perquè pogués avançar i millorar en tots els aspectes. Sense la Neus i l'Ignasi, aquest treball no hauria estat el mateix. Estic enormement agraït per les seves orientacions.

A tots vosaltres, gràcies per creure en mi i acompanyar-me en aquest procés tan especial. Aquest treball no només és fruit del meu esforç, sinó també de l'ajuda i la implicació de tots vosaltres.

Dedicatòria: Aquest treball va dedicat a tu, avi. Sempre seràs una font de força per a mi, i tot el que faig té un record per a tu. Te l'ofereixo amb tot el meu cor.

*“La ciència es compon d’errors que, al seu torn,
són els passos cap a la veritat”*

(Jules Verne, escriptor francès, 1828-1905)

RESUM

Aquest treball de recerca té com a objectiu estudiar els efectes de la cafeïna sobre la freqüència cardíaca de *Daphnia magna*, un organisme model utilitzat en estudis ecotoxicològics. La motivació d'aquest projecte ve de l'ús generalitzat de la cafeïna en la vida quotidiana i els possibles impactes ambientals i biològics d'aquesta substància. L'objectiu d'aquest estudi era observar com diferents concentracions de cafeïna present a la Coca-Cola afectaven la freqüència cardíaca de *Daphnia magna*.

Per dur a terme l'experiment, es van exposar les dàfnies a diverses concentracions de Coca-Cola i es va observar el seu comportament. També es va dissenyar un qüestionari per analitzar els hàbits de consum de cafeïna entre adolescents i adults.

Tot i les dificultats per mesurar la freqüència cardíaca per la manca d'equipament adequat i la presència d'altres substàncies a la Coca-Cola, els resultats van mostrar un augment en la mobilitat en concentracions més altes, tot i que no es van obtenir conclusions clares sobre els canvis en la freqüència cardíaca.

El qüestionari va revelar que els adolescents tendeixen a consumir cafeïna de manera esporàdica, sobretot a través de begudes energètiques en períodes d'estrès acadèmic, mentre que els adults en consumeixen de manera més freqüent, principalment a través de cafè o te.

Aquest treball contribueix a entendre els efectes biològics de la cafeïna i els patrons de consum, tot destacant la necessitat d'un consum responsable.

Paraules clau: Cafeïna, *Daphnia magna*, freqüència cardíaca, ecotoxicologia, hàbits de consum.

ABSTRACT

This research project aims to study the effects of caffeine on the heart rate of *Daphnia magna*, a model organism used in ecotoxicological studies. The motivation for this project comes from the widespread use of caffeine in daily life and its potential environmental and biological impacts. The objective of this study was to observe how different concentrations of caffeine, present in Coca-Cola, affected the heart rate of *Daphnia magna*.

To carry out the experiment, the *Daphnia* were exposed to various concentrations of Coca-Cola, and their behavior was observed. Additionally, a questionnaire was designed to analyze caffeine consumption habits among teenagers and adults.

Despite difficulties in measuring heart rate due to inadequate equipment and the presence of other substances in Coca-Cola, the results showed increased mobility at higher concentrations, although no clear conclusions could be drawn about changes in heart rate.

The questionnaire revealed that teenagers tend to consume caffeine occasionally, mainly through energy drinks during academic stress periods, while adults consume it more frequently, especially through coffee or tea.

This project contributes to understanding the biological effects of caffeine and consumption patterns, highlighting the importance of responsible use.

Keywords: Caffeine, *Daphnia magna*, heart rate, ecotoxicology, consumption habits.

SUMARI

1. Introducció.....	10
1.1 Elecció del treball.....	10
1.2 Pregunta de recerca.....	10
1.3 Justificació de la importància de l'estudi.....	10
1.4 Objectius del treball.....	11
1.5 Hipòtesis.....	12
1.6 Context i bases teòriques.....	12
2. Daphnia magna. Què són? I com es mantenen?.....	13
2.1 Descripció física.....	13
2.2 Alimentació.....	14
2.3 Funció del sistema cardiovascular.....	15
2.4 Reproducció i cicle de vida.....	16
2.5 Per a què s'utilitza?.....	17
2.6 Manteniment i cria en un laboratori escolar.....	18
3. Substàncies estimulants.....	19
3.1 Què és la cafeïna.....	19
3.2 Efectes de les substàncies estimulants.....	19
3.3 Amb quina substància he treballat?.....	20
3.4 Concentracions de cafeïna utilitzades.....	21
4. Part pràctica.....	22
4.1 Font de les dàfnies utilitzades.....	22
4.2 Descripció de la metodologia utilitzada.....	22
4.3 Formulació i disseny del qüestionari sobre l'ús de la cafeïna.....	23
4.4 Recollida de dades del formulari.....	25
4.5 Resultats.....	25
4.5.1 Resultats de la freqüència cardíaca de les Daphnia magna.....	26
4.5.1.1 Problemes amb l'ús de la Coca-Cola.....	27
4.5.1.2 Limitacions de l'estudi.....	28
4.5.2 Anàlisi de les respostes del qüestionari sobre l'ús de la cafeïna.....	28
5. Conclusions.....	31
6. Conclusions personals.....	33
7. Bibliografia.....	35
Annex 1.....	38
Annex 2.....	40
Annex 3.....	43

1. Introducció

1.1 Elecció del treball

La decisió d'escollir aquest treball de recerca va sorgir de la meua curiositat per la biologia i l'interès de comprendre millor com les substàncies externes poden influir en el funcionament dels organismes vius, en aquest cas, especialment en sistemes senzills com el de la *Daphnia magna*. L'interès pel món de la biologia ha estat present en mi des de fa temps, però la meua atenció es va centrar especialment en l'estudi del sistema cardiovascular arrel d'una patologia cardíaca que va patir el meu avi fins a provocar-li la mort.

A més, la cafeïna és una substància molt consumida en la nostra societat, present en begudes tan quotidianes com el cafè, el te, i les begudes refrescants. Em va semblar interessant investigar com alguna d'aquestes substàncies estimulants tan comunes afecten un organisme viu en un entorn controlat. Vaig voler combinar aquests dos interessos per elaborar una pregunta científica concreta.

1.2 Pregunta de recerca

La principal pregunta que em dispo a respondre a l'hora de fer aquest treball de recerca és sí el fet de subministrar diverses concentracions de cafeïnes d'una mateixa beguda energètica, proporcionarà canvis visibles en la freqüència cardíaca de l'organisme.

1.3 Justificació de la importància de l'estudi

Aquest estudi té una gran importància, tant a escala científica com educatiu, per diverses raons.

En primer lloc, des del punt de vista científic, ens permet aprofundir en la comprensió dels efectes de la cafeïna, una substància molt consumida arreu del món. Tot i que s'han realitzat molts estudis sobre la seva influència en els humans, els efectes específics que té en altres organismes, com la *Daphnia magna*, no estan encara del tot clars.

Aquesta recerca permet explorar com la cafeïna afecta el ritme cardíac d'aquest organisme model, oferint dades que podrien ser extrapolades per entendre millor els seus efectes en altres espècies, inclosos els humans.

La *Daphnia magna* és un organisme model molt utilitzat en estudis ecotoxicològics a causa de la seva sensibilitat als canvis ambientals.(Environmental Inquiry, 2009). Això fa que estudiar aquesta espècie sigui crucial per obtenir informació interessant sobre l'impacte de substàncies químiques com la cafeïna en els ecosistemes aquàtics.

Aquest estudi, com s'ha esmentat anteriorment, també té una gran importància des d'un punt de vista educatiu. Proporciona una gran oportunitat per introduir els estudiants en la metodologia científica, des del disseny experimental fins a la recollida i anàlisi de dades.

Finalment, aquest estudi també serveix per consensiar sobre l'impacte de les substàncies químiques en els éssers vius i els ecosistemes. Examinar els efectes de la cafeïna en un organisme viu pot ajudar a alertar els estudiants sobre els riscos associats al consum excessiu de substàncies estimulants, així com sobre la necessitat de preservar els ecosistemes naturals.

1.4 Objectius del treball

Els objectius d'aquest treball es plantegen amb la finalitat de donar resposta a les hipòtesis formulades i aprofundir en la comprensió de l'efecte de diverses substàncies estimulants sobre la freqüència cardíaca de la *Daphnia magna*. A més a més, també es busca determinar l'ús que fan els éssers humans de la cafeïna.

Per una banda, un dels objectius és determinar la relació entre la dosi de productes estimulants i l'augment de la freqüència cardíaca de la *Daphnia magna*, comparant els resultats amb un grup control. Es pretén comprovar si l'exposició a aquestes substàncies genera un augment progressiu de la freqüència cardíaca a mesura que s'incrementa la dosi.

D'altra banda, es busca estudiar l'ús que fan els humans de la cafeïna mitjançant la recollida de dades a través d'un qüestionari. Aquest objectiu pretén entendre quines

són les fonts principals de consum (cafè, te, refrescos, etc.), amb quina freqüència s'ingereix i quins efectes perceben els consumidors en la seva vida diària.

1.5 Hipòtesis

A partir dels objectius establerts, es plantegen les següents hipòtesis:

En primer lloc, potser l'exposició a diferents productes estimulants provoca un augment progressiu de la freqüència cardíaca de la *Daphnia magna* a mesura que s'incrementi la dosi administrada, en comparació amb el grup control. Això implica que aquestes substàncies tenen un efecte directe i mesurable sobre l'activitat cardíaca de l'organisme, confirmant així que la ingesta de cafeïna té una reacció significativa en la freqüència cardíaca de l'organisme.

En segon lloc, es planteja la hipòtesi que els adolescents fan un major consum de cafeïna de manera regular que els adults, ja que sovint són més propensos a consumir begudes energètiques, que contenen altes concentracions de cafeïna. Aquest consum diferencial per grup d'edat es pot explicar per factors culturals i d'hàbits de consum, que fan que els adolescents tendeixin a recórrer més sovint a aquestes begudes estimulants, ja sigui per estar a la moda, per augmentar la seva energia o per fer front a les exigències acadèmiques i socials.

1.6 Context i bases teòriques

La Daphnia magna, coneguda col·loquialment com la puça d'aigua, són petits crustacis d'aigua dolça que viuen en estancs, llacs o fins i tot en rierols. Serveixen com una important font d'aliment per a peixos i altres organismes aquàtics. A més es caracteritzen per madurar en tan sols uns dies, cosa que no comporta molt temps en el desenvolupament d'un cultiu d'organismes de prova. (Environmental Inquiry, 2009)

Les substàncies estimulants, també anomenades psicoestimulant, és una droga que augmenta els nivells d'activitat motriu i cognitiva. Aquesta actua a través de receptors de neurotransmissors com la noradrenalina (NA) i dopamina (DA). Totes dues es vinculen funcionament amb efectes promotores de l'alerta, la vigília i l'atenció. (Centre Mèdic Teknon, 2024)

2. Daphnia magna. Què són? I com es mantenen?

2.1 Descripció física

La *Daphnia magna*, generalment coneguda col·loquialment puça d'aigua, té una mida generalment entre 2-5 mm de llarg, amb una forma similar a una mongeta. El seu cos està cobert per una estructura transparent anomenada closca, feta principalment de quitina. Gràcies a aquesta closca, que és transparent, la dàfnia pot adoptar el color del qual està menjant. La closca també s'estén als escuts del cap, una característica diagnòstica important. (Clare, 2002; Ebert, 2005; Haney, 2010; 2005)

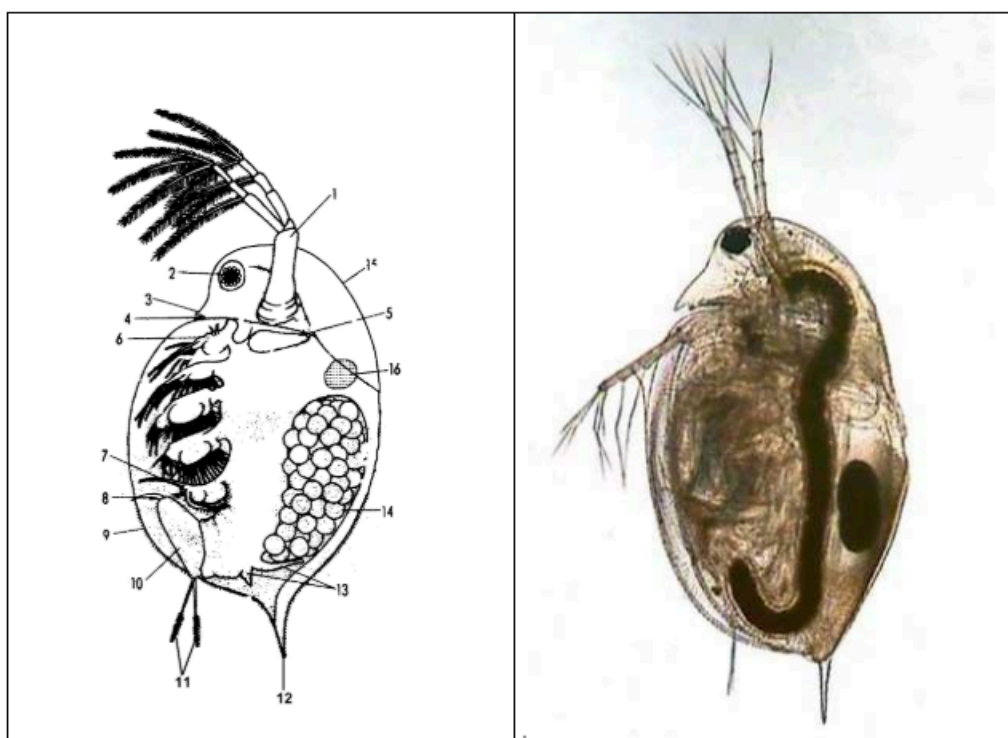
La dàfnia té dos conjunts d'antenes llargues i doblement ramificades, així com sis apèndixs toràcics que es troben dins de la closca i ajuden a generar un corrent d'aigua que transporta menjar i oxigen cap a la boca i les brànquies.

A més, disposa de dues grans urpes que utilitza principalment per netejar la closca. (Clare, 2002; Ebert, 2005; Haney, 2010; 2005)



Figura 1. Imatge d'una dàfnia al microscopi òptic (x10).
Font. FALCÓ, M., MORENO, O.

Pel que fa als ulls, la Dàfnia en té un de compost, visible com una taca fosca anterior, i un de simple, conegut com a ocell. Els mascles són més petits que les femelles, mesurant habitualment només 2 mm de llarg, en comparació amb els 3-5 mm de les femelles. Els mascles també tenen antènules més llargues i els primers apèndixs modificats en forma de ganxos per agafar les femelles durant l'aparellament. (Clare, 2002; Ebert, 2005; Haney, 2010; 2005)



1. Antena	5. Mandíbula	9. Espines anals	13. Processos abdominals
2. Ull compost	6. Primer apèndix toràcic	10. Postabdomen	14. Cambra incubadora
3. Rostre	7. Cinquè apèndix toràcic	11. Sedes abdominals	15. Elm o ecut cefàlic
4. Antènula	8. Furca caudal	12. Espina caudal	16. Cor

Figura 2. Esquema i fotografia d'una dàfnia (x4).
Font. .FALCÓ,M., MORENO,O.

2.2 Alimentació

La *Daphnia magna* es nodreix principalment de bacteris, fongs, protozous i deixalles orgàniques. Aquest aliment és filtrat i concentrat gràcies a l'acció de conjunts de sedes situades en els apèndixs toràcics de la dàfnia. Aquest mecanisme permet a la *Daphnia magna* captar eficientment les partícules de mida adequada presents en el seu entorn aquàtic. (Jorge L. Reartes, 1995)

El rang de mida de les partícules ingerides per la *Daphnia magna* es troba entre 1 i 60 micròmetres (μm). No obstant això, cal destacar que la mida de les partícules que poden ser ingerides augmenta a mesura que la dàfnia creix. Això significa que els individus més grans poden consumir partícules més grans en comparació amb els més petits. (Jorge L. Reartes, 1995)

Aquest procés de filtració i ingesta permet a la *Daphnia magna* aprofitar una àmplia gamma de fonts alimentàries en el seu hàbitat, contribuint així a la seva capacitat d'adaptació i supervivència en diversos ambients aquàtics. (Jorge L. Reartes, 1995)

2.3 Funció del sistema cardiovascular

El sistema cardiovascular de la *Daphnia magna* té funcions vitals essencials per a la seva supervivència i adaptació en els ecosistemes aquàtics. En primer lloc, el cor de la *Daphnia magna* és responsable de bombar l'hemolimfa, un fluid semblant a la sang, a través del seu cos. Aquest procés és crucial per al transport de nutrients essencials i oxigen a totes les cèl·lules, cosa que permet el correcte funcionament dels teixits i òrgans (Campbell, 2008).

A més de distribuir nutrients i oxigen, el sistema cardiovascular juga un paper fonamental en l'eliminació de productes de deixalla metabòlica de les cèl·lules. Aquestes deixalles són transportades per l'hemolimfa fins a les estructures excretores, on són eliminades de l'organisme (Ebert, 2005).

El sistema cardiovascular també regula la pressió i el volum dels fluids corporals, ajudant a mantenir l'homeòstasi. Aquesta funció és essencial per a la correcta funció de les cèl·lules i per evitar l'excés de pressió interna que podria danyar els teixits (Haney, 2010).

La *Daphnia magna* és capaç d'ajustar la seva funció cardiovascular en resposta a diversos estressos ambientals, com canvis de temperatura, presència de contaminants o variacions en la qualitat de l'aigua. Aquestes adaptacions permeten a l'organisme sobreviure en condicions adverses (Kass, 2009).

Finalment, el sistema cardiovascular transparent de la *Daphnia magna* fa que sigui un model popular en investigacions científiques per estudiar els efectes de substàncies químiques i medicaments sobre la funció cardíaca. Això és possible gràcies a la possibilitat d'observar directament el cor i la seva freqüència de batec sota diferents condicions experimentals (Clare, 2002).

Aquests aspectes del sistema cardiovascular de la *Daphnia magna* són àmpliament documentats i s'han utilitzat en una àmplia gamma d'estudis científics, subratllant la

seva importància en l'ecologia i la recerca biològica (Campbell, 2008; Clare, 2002; Ebert, 2005; Haney, 2010; Kass, 2009).

2.4 Reproducció i cicle de vida

Les dàfnies, conegudes comunament com a puces d'aigua, presenten un cicle de vida amb una alternança de generacions que els permet adaptar-se a diverses condicions ambientals. En condicions favorables, les femelles es reproduïxen per partenogènesi, un procés asexual en el qual els ous es desenvolupen sense necessitat de fertilització. Aquests ous partenogenètics es mantenen a la cambra incubadora fins que es desenvolupen completament, i el nombre d'ous alliberats depèn tant de l'espècie com de l'abundància d'aliment disponible (Falcó i Moreno, 2021).

Els mascles dels *cladòcers* només apareixen sota condicions determinades, com una disminució de la disponibilitat de recursos o un augment de la densitat de població. Aquest fenomen també pot estar influenciat per factors genètics que varien entre diferents espècies. La reproducció sexual implica la còpula, on el mascle agafa la femella amb un ganxo copulador. Després de la fecundació, la cambra incubadora experimenta diverses modificacions que causen la formació d'un efipi, una estructura que conté ous durables. Aquestes estructures són especialment importants per a les espècies que viuen en aigües temporànies, ja que els efipsis necessiten períodes de dessecació o temperatures baixes per desenvolupar-se adequadament. (Falcó i Moreno, 2021)



Figura 3. Imatge en visió ventral d'una dàfnia (x10).
Font. FALCÓ, M., MORENO, O.

Les dàfnies, en la seva majoria, són filtradors no selectius i poden tenir règims alimentaris fitòfags o detrívors, tot i que hi ha algunes espècies depredadores. La seva versatilitat els permet viure en aigües continentals permanents, temporàries o fins i tot efímeres. A més, poden adaptar la durada del seu cicle de vida a diferents factors ambientals com els canvis de temperatura, la quantitat d'aliment, la salinitat o la sequera. Aquesta capacitat d'adaptació fa que la majoria dels *cladòcers* es puguin considerar estenoics, convertint-los en bons indicadors de les condicions generals dels ambients on habiten. (Falcó i Moreno, 2021)

2.5 Per a què s'utilitza?

La *Daphnia Magna* és un crustaci d'aigua dolça que té diverses utilitats. La seva facilitat de cultiu en laboratoris i la seva sensibilitat a canvis en l'entorn la converteixen en un organisme model ideal per a l'estudi de la salut dels ecosistemes aquàtics. A través de la seva biologia i comportament, els investigadors poden obtenir dades rellevants per analitzar l'impacte de diferents factors ambientals i contaminants. (Liu, Z., Malinowski, C. i Sepúlveda, M, 2022)

Per una banda, és un organisme molt utilitzat en investigacions de toxicologia per veure l'impacte de diverses substàncies tòxiques, com ara productes químics industrials, pesticides i contaminants farmacèutics. La seva sensibilitat a aquestes substàncies permet a l'investigador estudiar de manera precisa i detallada els efectes nocius que poden tenir en els ecosistemes aquàtics. Els experiments amb aquests organismes, sovint mesuren diversos paràmetres, com la mortalitat, el creixement i el comportament d'aquest organisme quan està exposat a diferents compostos químics. Els resultats pertinents són molt importants, ja que ens permet entendre com els contaminants poden afectar a la salut de la població d'organismes aquàtics i, per tant, la qualitat dels ecosistemes en què viuen. (Liu, Z., Malinowski, C. i Sepúlveda, M, 2022)

Per altra banda, la *Daphnia magna* es considera una gran bio indicadora de la qualitat de l'aigua a causa de la seva sensibilitat als canvis ambientals i la seva resposta a la presència de contaminants. Aquests organismes aquàtics petits, com he esmentat anteriorment, reaccionen de manera ràpida a variacions en la química de l'aigua, com ara la contaminació per metalls pesants, pesticides i altres substàncies tòxiques, la qual cosa els converteix en una eina important i útil per l'estudi de la

salut dels ecosistemes aquàtics La seva capacitat per mostrar alteracions en els paràmetres proporcionen informació útil sobre els efectes nocius que aquests agents poden tenir en la vida aquàtica. A més, l'ús de les dàfnies en estudis de qualitat de l'aigua permet als investigadors avaluar l'impacte de les activitats humanes en els ecosistemes, facilitant l'aplicació de mesures correctives per a la conservació i protecció dels recursos hídrics. (Liu, Z., Malinowski, C. i Sepúlveda, M, 2022)

2.6 Manteniment i cria en un laboratori escolar

La cria de dàfnies en un laboratori escolar és una tasca relativament senzilla, sempre que se segueixin unes pautes bàsiques per garantir un entorn adequat. És important no sotmetre les dàfnies a canvis bruscos de temperatura, composició i naturalesa de l'aigua. Prèviament, es prepara un aquari o tanc ple fins a la meitat d'aigua dolça i sense clor. Les opcions recomanades inclouen aigua mineral, aigua passada per un filtre canviador d'ions, i si hi havia clor, sotmetre-la a una aireació contínua i abundant. (Falcó i Moreno, 2021)

Per crear un entorn ric en nutrients, s'introdueix un grapat de 25-30 fulles per cada 25-30 litres d'aigua. Aquestes fulles han de ser netejades prèviament per eliminar qualsevol substància nociva. A mesura que les fulles es descomponen, tenyeixen l'aigua, però aquesta es conserva transparent. La finalitat de la infusió és proporcionar a les dàfnies una abundant flora bacteriana, així com la propagació d'algues i ciliats que poden constituir el seu aliment. (Falcó i Moreno, 2021)

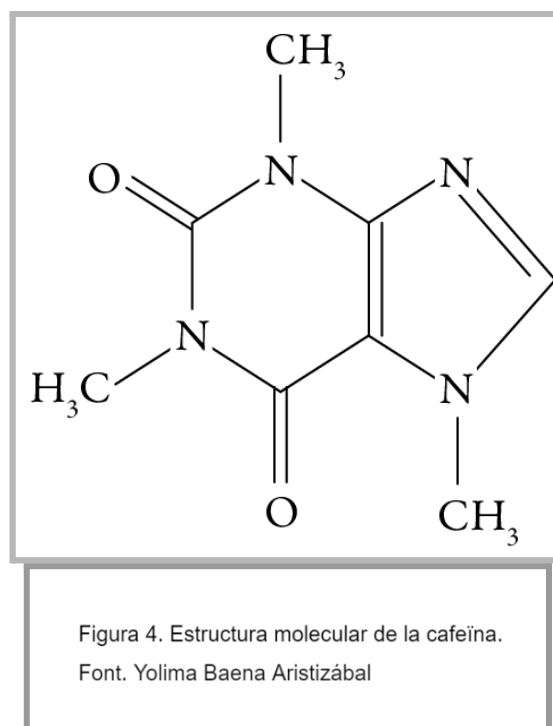
Per assegurar una bona oxigenació de l'aigua, es col·loca un difusor d'aire a l'interior de l'aquari, però sense la pedra difusora, cosa que permet que del tubet surtin bombolles més aviat grosses. Les dàfnies necessiten una bona quantitat d'oxigen a l'aigua, aproximadament 5,5 mg/l. (Falcó i Moreno, 2021)

A mesura que les fulles es descomponen i l'aigua s'evapora, s'afegeix aigua nova prèviament tractada per compensar la pèrdua. També s'introdueixen de tant en tant fulles noves, seguint el mateix procediment de neteja previ. Aquestes pràctiques de manteniment són essencials per garantir un ambient adequat per a la cria de les dàfnies. (Falcó i Moreno, 2021)

3. Substàncies estimulants

3.1 Què és la cafeïna

La cafeïna és un compost químic que es troba de forma natural en diversos components vegetals com els grans de cafè i cacau, les fulles de te, les baies de guaranà i la nou de cola, el consum de la qual es remunta a molts anys enrere. A més de la seva presència natural, la cafeïna s'afegeix a una gran varietat d'aliments com pastissos, gelats, dolços i diferents begudes. (Ejecutivo & Operativa, 2015)



Les begudes energètiques també contenen cafeïna, a més d'altres ingredients com la taurina i la D-glucurono-γ-lactona. Així mateix, la cafeïna es troba en combinació amb la p-sinefrina en una sèrie de suplementos alimentaris que es comercialitzen amb finalitats d'aprimament i per millorar el rendiment esportiu. (Ejecutivo & Operativa, 2015)

Quan la cafeïna és consumida pels humans estimula el sistema nerviós central i, en dosis moderades, augmenta l'estat de vigilància i redueix la son. La cafeïna és àmpliament utilitzada a causa dels seus efectes estimulants, fet que la converteix en un component comú en productes destinats a mantenir o millorar l'estat de vigilància i l'energia. (Ejecutivo & Operativa, 2015)

3.2 Efectes de les substàncies estimulants

Les begudes estimulants, conegudes com a begudes energètiques, són populars per la seva capacitat per reduir la percepció de la fatiga física i mental gràcies a substàncies psicoestimulants com la cafeïna i la taurina, que actuen sobre el sistema nerviós central. Aquestes substàncies poden provocar una sensació temporal d'alerta i benestar, tot i que l'organisme continua experimentant l'esforç físic i mental real. (Centre Mèdic Teknon, 2024)

Tot i això, el consum d'aquestes begudes pot tenir diversos efectes secundaris significatius. Segons Teknon, en dosis elevades, la cafeïna pot causar insomni, nerviosisme, ansietat i augment de la pressió arterial, amb possibilitat de provocar palpitations o taquicàrdia. Altres ingredients actius també poden causar marejos i incoordinació motora en algunes persones. (Centre Mèdic Teknon, 2024)

Un aspecte crític és la fatiga intensa que pot aparèixer després que l'efecte estimulant de la beguda s'ha dissipat. Això pot conduir a una fatiga física i psíquica incrementada, que pot ser més severa del que s'hauria experimentat sense consumir aquestes begudes. (Centre Mèdic Teknon, 2024)

Malgrat la seva popularitat, és important entendre que les begudes estimulants poden tenir conseqüències negatives per a la salut. És molt important utilitzar-les amb moderació i consciència dels seus efectes per evitar possibles problemes de salut a llarg termini. (Centre Mèdic Teknon, 2024)

3.3 Amb quina substància he treballat?

Per a realitzar la part pràctica del treball, he utilitzat la Coca-Cola, una beguda que conté cafeïna, un compost químic ($C_8H_{10}N_4O_2$) present en la natura, especialment en les llavors de cafè i de cacau.

Descripció de la Coca-Cola

La Coca-Cola és una de les begudes carbonatades més populars del món. A més del seu sabor dolç i refrescant, la Coca-Cola conté cafeïna, un estimulants natural que es troba en diverses plantes. Una llauna de Coca-Cola de 330 ml conté aproximadament **32 mg de cafeïna** (The Coca-Cola Company, 2024), una quantitat relativament baixa en comparació amb altres begudes com el cafè o el te. La cafeïna present en la Coca-Cola pot proporcionar un lleuger augment d'energia i millorar temporalment la concentració. No obstant això, el seu consum excessiu pot provocar efectes secundaris com nerviosisme o insomni. (Coca-Cola ES, 2024)

3.4 Concentracions de cafeïna utilitzades

Per realitzar la part pràctica del meu treball, he utilitzat diferents concentracions de cafeïna per veure el seu efecte sobre la freqüència cardíaca de la *Daphnia magna*. Les concentracions de cafeïna les he determinat en funció del nombre de gotes de Coca-Cola afegides amb una pipeta sobre el medi en el qual es trobaven les dàfnies.

Una gota de Coca-Cola: En aquesta primera concentració, s'ha afegit una sola gota de Coca-Cola, que equival a aproximadament **0,05 ml**. Tenint en compte que la Coca-Cola conté al voltant de 9-10 mg de cafeïna per cada 100 ml, l'addició d'una gota proporciona una quantitat molt baixa de cafeïna, aproximadament **0,0045 mg**.

Dues gotes de Coca-Cola: En aquest cas, he afegit dues gotes de Coca-Cola, equivalent a aproximadament **0,10 ml**. Aquesta quantitat de cafeïna és el doble de la que s'ofereix amb una sola gota, augmentant així la possibilitat de detectar un efecte sobre la freqüència cardíaca de la dàfnia. La quantitat de cafeïna en dues gotes és d'aproximadament **0,009 mg**.

Tres gotes de Coca-Cola: Per altra banda, en aquesta concentració s'han afegit tres gotes de Coca-Cola, que equivalen aproximadament a **0,15 ml**. Aquesta quantitat incrementa de manera contundent la dosi de cafeïna en comparació amb els dos casos previs, aportant aproximadament **0,0135 mg** de cafeïna.

Cinc gotes de Coca-Cola: Per últim, en aquesta concentració s'han afegit cinc gotes de Coca-Cola, que equivalen aproximadament a **0,25 ml**. Aquesta quantitat incrementa encara més la dosi de cafeïna en comparació amb els altres casos, proporcionant al voltant de **0,0225 mg** de cafeïna.

4. Part pràctica

4.1 Font de les dàfnies utilitzades

Els exemplars de *Daphnia magna* utilitzats en aquest estudi van ser proporcionats pel CESIRE (Centre de Suport a la Innovació i Recerca Educativa), un centre especialitzat en recursos per a l'educació científica. En el moment de l'obtenció, les dàfnies es trobaven en bones condicions, tot i que el CESIRE no em va facilitar informació detallada sobre els paràmetres de l'aigua, com el pH o la temperatura exactes. Així i tot, es tractava d'aigua dolça amb paràmetres adequats per a la supervivència de l'espècie.

Les dàfnies van ser transportades i es van mantenir en el mateix recipient que el CESIRE em va proporcionar, la qual cosa va permetre evitar possibles fonts d'estrès derivades de canvis bruscos d'entorn. Així, es va conservar un entorn estable fins a l'inici de l'experiment, mantenint les condicions originals que garantien la seva integritat i que estiguessin en un estat òptim per a l'experiment

4.2 Descripció de la metodologia utilitzada

Per dur a terme aquest experiment, es va dissenyar una metodologia en la qual es van exposar les *Daphnia magna* a diferents concentracions de Coca-Cola per observar els efectes de la cafeïna sobre la seva freqüència cardíaca. En total, es van utilitzar aproximadament deu exemplars de *Daphnia magna*, de mides diverses, ja que el CESIRE no ens va proporcionar un nombre específic de dàfnies. Per tal de treballar de manera efectiva, es van dividir en cinc grups de dues dàfnies cadascun, mantenint un grup control i diversos grups amb concentracions incrementals de Coca-Cola per estudiar comparativament com les diferents dosis afectaven els organismes.

Els exemplars es van dipositar en unes plaques, utilitzant el mateix medi aquàtic en el qual havien estat transportades. Aquesta decisió va ser important per minimitzar l'estrès dels organismes, ja que mantenir les condicions originals va ajudar a evitar canvis bruscos en el seu entorn i assegurar-ne la supervivència durant l'experiment. A cada placa, es va afegir Coca-Cola segons la concentració establerta per a cada grup: el primer grup va rebre una gota, el segon grup dues gotes, el tercer grup tres

gotes, el quart grup cinc gotes, i el grup control no va rebre cap addició de Coca-Cola. Aquestes quantitats es van escollir per simular diferents nivells d'exposició a la cafeïna, amb l'objectiu d'observar si els efectes en la freqüència cardíaca augmentaven a mesura que augmentava la concentració de cafeïna.

Després d'afegir la Coca-Cola als grups experimentals, es va esperar uns minuts perquè la solució es difongués i les dàfnies tinguessin temps d'absorbir la cafeïna. No vam utilitzar microscopi, ja que no teníem l'equip necessari per observar el batec del cor de les *Daphnia magna*. En canvi, vaig observar les *Daphnia magna* per detectar qualsevol canvi de comportament aparent, centrant-me en la seva activitat general, com ara l'augment o la disminució de la seva mobilitat, així com la resposta a l'ambient.

La presència del grup control sense cafeïna va ser fonamental per poder comparar els resultats i assegurar que les variacions observades en el comportament de les dàfnies es devien realment a la cafeïna. A més, vaig seguir l'efecte de la Coca-Cola sobre les *Daphnia magna* durant tres dies, realitzant observacions regulars per documentar qualsevol canvi en el seu comportament i activitat.

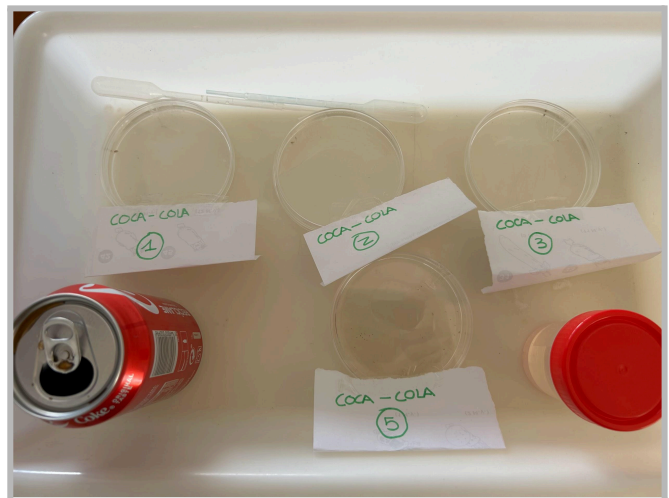


Figura 5. Diferents mostres experimentals
Font. Àlex Márquez Plana

4.3 Formulació i disseny del qüestionari sobre l'ús de la cafeïna

Per aprofundir en l'estudi dels hàbits de consum de cafeïna i tractar la hipòtesi plantejada, vaig dissenyar un qüestionari orientat a recollir informació rellevant sobre l'ús de la cafeïna entre diferents grups d'edat, amb un focus especial en els adolescents.

El qüestionari va constar de vuit preguntes d'opció múltiple que abordaven diversos aspectes del consum de cafeïna. La primera pregunta es va centrar en l'edat dels

participants, cosa que em va permetre classificar les respostes en diferents grups i analitzar si hi havia tendències de consum entre adolescents i adults.

La segona pregunta va abordar l'activitat principal dels participants, ja sigui si eren estudiants, treballadors a temps parcial o complet, etc. Això em va permetre veure si el seu estatus tenia alguna influència sobre els hàbits de consum de cafeïna. A continuació, el qüestionari va preguntar amb quina freqüència els participants consumien begudes amb cafeïna. Aquesta informació va ser important per entendre si el consum era habitual o ocasional.

Un altre aspecte que em va interessar va ser quin tipus de begudes amb cafeïna preferien. Preguntar sobre les begudes que consumien més sovint, com cafè, te, begudes energètiques o refrescos, em va permetre identificar les opcions més populars en cada grup d'edat. A més, vaig incloure una pregunta sobre les motivacions del consum, per saber per què els participants prenen cafeïna, ja sigui per sentir-se més actius, millorar la concentració o simplement per seguir les tendències entre els seus companys.

La percepció dels efectes de la cafeïna sobre el rendiment acadèmic o laboral va ser un altre punt important. Preguntar si creien que el seu consum els afectava d'alguna manera em va donar informació sobre com veien ells mateixos l'impacte de la cafeïna en les seves vides. També vaig incloure una pregunta sobre la salut, per saber quina opinió tenien sobre els possibles riscos de les begudes energètiques i la cafeïna.

Finalment, el qüestionari va preguntar sobre on solien comprar les begudes amb cafeïna, cosa que em va ajudar a entendre millor els hàbits de consum i com eren d'accessibles aquestes begudes.

4.4 Recollida de dades del formulari

Després de dissenyar el qüestionari sobre l'ús de la cafeïna, vaig començar la fase de recollida de dades. Per aconseguir una mostra representativa, vaig compartir el formulari a través de diferents canals, com xarxes socials, grups de xat i correus electrònics, dirigint-me especialment a adolescents i joves adults, ja que aquest grup és clau per a la meva hipòtesi sobre el consum de cafeïna.

El període de recollida de respostes va ser d'una setmana. Durant aquest temps, vaig fer un seguiment constant per animar els participants a respondre i recordar-los la importància de les seves opinions per a l'estudi. Aquesta estratègia em va ajudar a obtenir un nombre més alt de respostes i assegurar-me que el qüestionari arribés a moltes persones.

Al llarg d'aquesta setmana, vaig notar que hi havia un bon interès per part dels participants, i vaig aconseguir un nombre significatiu de respostes. Google Forms em va facilitar l'anàlisi de les dades, ja que em permetia veure les respostes en temps real i generar gràfics automàticament. Això em va ajudar a identificar tendències en els hàbits de consum de cafeïna i a veure si les respostes coincidien amb el que esperava.

Al final del període, vaig recopilar un total de 100 respostes. Crec que aquesta quantitat de dades és suficient per dur a terme una anàlisi representativa i treure conclusions sobre el consum de cafeïna entre adolescents.

A més, vaig assegurar-me que totes les respostes fossin tractades de manera confidencial i anònima, per respectar la privacitat dels participants i crear un ambient de confiança.

4.5 Resultats

En aquesta secció, es presenten els resultats obtinguts a partir de l'experiment amb les dàfnies, així com els resultats de l'anàlisi del qüestionari sobre l'ús de la cafeïna. Els resultats es divideixen en diferents subapartats per facilitar-ne la comprensió i

oferir una visió clara dels aspectes analitzats, incloent-hi les observacions pertinents a la freqüència cardíaca de les dàfnies i les respostes dels participants en el qüestionari. La recerca permet reflexionar sobre els efectes considerables de la cafeïna en l'organisme de les *Daphnia magna* i, alhora, estudiar els hàbits de consum de cafeïna entre els adolescents.

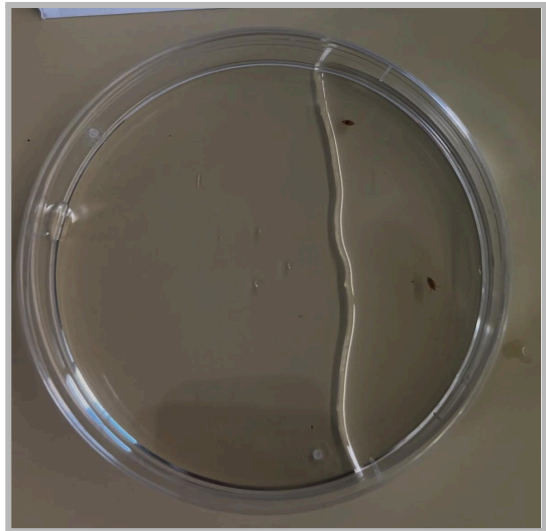


Figura 6. *Daphnia Magna* exposades a Coca-Cola
Font. Àlex Márquez Plana

4.5.1 Resultats de la freqüència cardíaca de les *Daphnia magna*

Després de dur a terme la metodologia, es va observar la freqüència cardíaca de les *Daphnia magna* que havien estat exposades a diferents quantitats de Coca-Cola. Basant-se en estudis previs, es considerava que la cafeïna present en la Coca-Cola podria fer augmentar notablement la freqüència cardíaca, atès que la cafeïna actua com a estimulant en molts organismes. No obstant això, els resultats obtinguts no van ser tan clars com s'esperava, cosa que va portar a reflexionar sobre diversos factors que podrien haver afectat les observacions.

En alguns casos, es va notar que les dàfnies es movien més quan estaven en concentracions més altes de Coca-Cola, indicant una possible resposta a un ambient estressant. Tanmateix, no es va poder mesurar de manera precisa quants batecs feien al minut. Aquesta falta de mesurament exacte es va atribuir a limitacions en l'equipament, ja que no es disposava d'un microscopi adequat per observar els batecs del cor de les dàfnies amb detall. Sense aquest equip, les observacions van quedar limitades a la conducta general de les dàfnies, que pot ser influenciada per molts altres factors.

Segons la bibliografia consultada, en condicions normals, la freqüència cardíaca de les *Daphnia* pot variar en resposta a diversos factors, com la temperatura de l'aigua, la salinitat i la presència d'estímul externs. Per exemple, s'ha observat que la

temperatura pot accelerar el metabolisme i, per tant, augmentar la freqüència cardíaca. A més, és conegut que la cafeïna pot augmentar la freqüència cardíaca en molts animals, tal com es menciona en estudis previs. Tot i això, l'experiment no va poder confirmar aquest efecte a causa dels diversos factors que van influir en les observacions i que no es van poder controlar de manera adequada.



Figura 7. Mostra d'exemplars proporcionada pel CESIRE
Font: Àlex Márquez Plana

4.5.1.1 Problemes amb l'ús de la Coca-Cola

En experiment, l'ús de Coca-Cola com a font de cafeïna va presentar diversos problemes que van influir en els resultats de manera considerable. Primer, la Coca-Cola no conté només cafeïna, sinó també altres ingredients, com ara sucre, àcids i colorants, que poden alterar les condicions de l'aigua on viuen les dàfnies. Aquesta combinació de components podria haver generat estrès en les dàfnies i provocar canvis en el seu comportament, cosa que dificulta determinar si les seves reaccions eren causades directament per la cafeïna o per altres elements de la beguda.

El sucre de la Coca-Cola, per exemple, podria haver afectat el metabolisme de les dàfnies, fent que el seu comportament no estigués relacionat només amb la cafeïna, sinó també amb l'efecte d'aquesta glucosa addicional. Això complica l'objectiu de centrar-se en l'efecte únic de la cafeïna, ja que no és possible separar els diferents efectes. A més, els àcids de la Coca-Cola podrien haver modificat el pH de l'aigua, la qual cosa també hauria afectat les dàfnies i, en conseqüència, la seva resposta.

Tot i que no es va poder calcular amb precisió la concentració exacta de cafeïna en cada mostra de Coca-Cola, es va poder obtenir una estimació aproximada de la quantitat de cafeïna present en cada concentració. Aquest càlcul aproximat va

permetre dividir les dàfnies en grups amb diferents nivells d'exposició a la cafeïna, tot i que les variacions entre grups podrien no haver estat del tot consistents.

4.5.1.2 Limitacions de l'estudi

En l'estudi, em vaig trobar amb diverses limitacions que van influir de manera significativa en la fiabilitat dels resultats obtinguts sobre la freqüència cardíaca de les *Daphnia magna*. Un dels problemes principals va ser la manca d'equipament adequat per observar i mesurar amb precisió els batecs del cor d'aquestes criatures tan petites. La falta d'un microscopi especialitzat va impedir que pogués comptar exactament els batecs per minut, cosa que hauria estat essencial per poder avaluar de forma fiable els possibles canvis provocats per l'exposició a la cafeïna. Sense aquest recurs, vaig haver de basar les observacions en canvis de comportament més generals, cosa que no em permetia extreure dades concretes sobre la variació de la seva freqüència cardíaca.

Una altra limitació important va ser la variabilitat en la mida i el nombre d'exemplars utilitzats en l'experiment. Les dàfnies que vaig rebre del CESIRE (Centre de Suport a la Innovació i Recerca Educativa) no tenien una mida uniforme; algunes eren més grans i altres més petites, cosa que podia influir en les seves respostes a la cafeïna, ja que la mida de les dàfnies pot tenir efectes en la seva resistència i en la manera com reaccionen davant diferents substàncies. A més, el nombre de dàfnies disponibles era bastant reduït, fet que no va permetre tenir un nombre considerable de rèpliques per cada concentració de cafeïna provada. Això limita la solidesa dels resultats, ja que una mostra més gran i homogènia hauria proporcionat dades més fiables i hauria permès comprovar si els canvis observats eren consistents.

4.5.2 Anàlisi de les respostes del qüestionari sobre l'ús de la cafeïna

Perfil dels participants i hàbits generals de consum

Les dades mostren que la major part dels participants són adolescents d'entre 15 i 17 anys, amb una representació menor d'adults. Aquest context ens permet focalitzar l'anàlisi en el grup adolescent, per al qual el consum de cafeïna està molt influenciat per motius puntuals i factors culturals, com l'atracció per les begudes energètiques.

Diferències en la freqüència de consum

Els adolescents, segons les respostes obtingudes, tendeixen a consumir cafeïna "de tant en tant" o en moments específics, principalment en períodes d'exigència acadèmica. A diferència dels adults, que mostren una tendència a un consum més estable i rutinari de cafè o te, els adolescents recorren a la cafeïna de manera més esporàdica, però en concentracions elevades a través de les begudes energètiques. Això suggereix que els joves no tenen un hàbit fix de consum de cafeïna, sinó que utilitzen aquestes begudes amb l'objectiu d'afrontar situacions d'alta demanda, com els exàmens.

Tipus de begudes i preferències diferenciades

Els adolescents destaquen per una preferència elevada per les begudes energètiques, en contrast amb els adults, que es decanten majoritàriament pel cafè o el te. Aquesta diferència és significativa, ja que les begudes energètiques no només contenen més cafeïna, sinó que també inclouen altres substàncies estimulants que podrien comportar efectes més intensos en la salut. Aquesta predilecció per les begudes energètiques en els adolescents pot estar motivada per factors culturals com la moda, la influència de les xarxes socials i la publicitat, que solen presentar aquestes begudes com un recurs "cool" o atractiu. Aquestes influències s'alineen amb la hipòtesi, que apunta que els adolescents tenen una motivació cultural i social a l'hora de consumir cafeïna.

Motivacions principals pel consum de cafeïna

Les respostes del qüestionari també reflecteixen que els adolescents consumeixen cafeïna per augmentar l'energia i millorar la concentració, especialment durant períodes acadèmics d'alta intensitat. Aquesta tendència es diferencia dels adults, que solen consumir cafeïna de manera rutinària i sense una finalitat concreta. Per tant, en el cas dels adolescents, la cafeïna es converteix en una eina per afrontar situacions específiques, com les pressions acadèmiques, cosa que reforça la hipòtesi que els joves fan un ús puntual i intencionat de les begudes amb cafeïna, especialment les energètiques, per augmentar el seu rendiment.

Percepció dels riscos associats al consum de begudes energètiques

Un altre aspecte important és que, malgrat el consum significatiu de begudes energètiques, els adolescents són conscients dels possibles riscos per a la salut, i sovint consideren aquestes begudes com a “perjudicials”. Aquesta contradicció mostra que, tot i que els joves reconeixen els efectes negatius de les begudes energètiques, els factors culturals i les pressions acadèmiques els empenyen a consumir-les per necessitats concretes, sense integrar aquests productes a la seva rutina diària, com en el cas dels adults amb el cafè o el te.

5. Conclusions

Aquest treball de recerca tenia com a objectiu principal estudiar els efectes de la cafeïna sobre la freqüència cardíaca de la *Daphnia magna* i analitzar els patrons de consum d'aquesta substància entre adolescents i adults. Els resultats obtinguts permeten extreure diverses conclusions que, malgrat les limitacions experimentals, aporten una reflexió sobre la influència de la cafeïna tant en l'àmbit de la biologia com en els hàbits socials i culturals.

Pel que fa a l'experiment amb la *Daphnia magna*, no ha estat possible obtenir resultats fiables que confirmin o desmenteixin una relació directa entre la concentració de cafeïna i l'augment de la seva freqüència cardíaca. Malgrat observar un increment aparent en la mobilitat de les dàfnies exposades a concentracions més elevades de cafeïna, aquestes dades no són suficients per arribar a conclusions definitives. Això es deu a diverses limitacions metodològiques que han condicionat l'estudi. En primer lloc, la manca d'un microscopi adequat ha impedit mesurar amb precisió els batecs cardíacs de les dàfnies, una dada crucial per validar la hipòtesi inicial. En segon lloc, l'ús de Coca-Cola com a font de cafeïna ha introduït altres factors confusos, com el sucre, els àcids i els colorants, que podrien haver alterat l'entorn aquàtic i, en conseqüència, el comportament dels organismes estudiats.

A més, la diversitat en la mida i el nombre d'exemplars de *Daphnia magna* també ha estat una font de variabilitat. La mida de les dàfnies pot influir de manera contundent en la seva resposta a estímuls externs, com la cafeïna, i la manca d'un nombre adequat de rèpliques ha limitat la validesa dels resultats. Aquest conjunt de factors mostra la importància de dissenyar experiments amb condicions concretes i controlades per tal d'obtenir dades fiables. En estudis futurs, seria recomanable utilitzar cafeïna pura dissolta en aigua per evitar interferències de substàncies addicionals, augmentar la mida de la mostra i assegurar la uniformitat dels exemplars seleccionats. A més, incorporar equipament científic més precís, com microscopis d'alta resolució, seria essencial per mesurar directament i de manera quantitativa la freqüència cardíaca dels organismes.

Respecte al qüestionari sobre el consum de cafeïna, els resultats obtinguts són contundents i permeten diferenciar clarament els patrons de consum entre adolescents i adults. Els adolescents consumeixen cafeïna de forma esporàdica, sobretot a través de begudes energètiques, durant períodes d'alta exigència acadèmica. Aquest patró de consum respon a motivacions específiques, com millorar la concentració o augmentar l'energia, i no es relaciona amb un hàbit establert. Per altre banda, els adults consumeixen cafeïna de manera més regular, principalment a través de cafè o te, com a part d'un patró de consum rutinari. Els resultats també mostren que, malgrat que els adolescents són conscients dels riscos associats a les begudes energètiques, no els frenen a consumir-les en moments de necessitat.

Amb aquests resultats es poden donar resposta a les dues hipòtesis plantejades inicialment. La primera hipòtesi, que proposava que l'exposició a concentracions incrementals de cafeïna augmentaria progressivament la freqüència cardíaca de les *Daphnia magna*, no ha pogut ser ni acceptada ni refutada. Les limitacions experimentals descrites, com la manca d'equipament adequat i la variabilitat de les condicions de l'estudi, han impedit obtenir dades fiables per avaluar aquesta relació de manera concloent. Tot i això, l'experiment ha estat útil per identificar aspectes metodològics sobre el disseny experimental que poden ser millorats en futurs treballs d'investigació.

Pel que fa a la segona hipòtesi, que plantejava que els adolescents consumeixen més cafeïna que els adults, aquesta no pot ser acceptada plenament. Els resultats indiquen que els adolescents no consumeixen cafeïna de manera més freqüent ni rutinària que els adults, ja que el seu patró de consum és més esporàdic i vinculat a situacions concretes. No obstant això, cal destacar que, malgrat no consumir cafeïna amb la mateixa regularitat, sí que ho fan en concentracions més elevades, principalment a través de begudes energètiques, en moments específics d'alta exigència acadèmica o social.

6. Conclusions personals

Aquest treball de recerca ha estat una experiència molt enriquidora que m'ha ajudat a créixer no només en l'àmbit acadèmic, sinó també personal. Des del principi vaig plantejar-me aquest projecte com una oportunitat per aprofundir en el meu interès per la biologia i entendre com les substàncies que consumim poden influir en els éssers vius. Al llarg del procés, he après molt més del que esperava, i no només sobre la cafeïna i les *Daphnia magna*, sinó també sobre com es fa ciència de manera precisa.

Pel que fa a l'aspecte acadèmic, aquest treball m'ha ensenyat a ser més metòdic en la cerca d'informació. He après a consultar fonts fiables, a interpretar conceptes complexos i a aplicar-los al meu estudi. També he pogut reforçar coneixements de biologia, especialment pel que fa al funcionament del sistema cardiovascular de les dàfnies i el paper d'aquests organismes com a models científics. El fet de combinar la teoria amb la pràctica m'ha permès entendre millor com la ciència connecta amb la realitat.

L'experimentació amb les *Daphnia magna* ha estat un dels punts que més m'ha marcat, tot i les dificultats que he trobat pel camí. No poder obtenir resultats concloents sobre la seva freqüència cardíaca m'ha frustrat inicialment, però també m'ha ensenyat una lliçó molt valuosa: en ciència, els errors i les limitacions no són un obstacle, sinó un punt de partida per millorar. Ara entenc que la manca de dades concretes no resta valor al treball, sinó que m'ha ajudat a identificar punts febles en la metodologia i a pensar com podria fer-ho per tal de millor en un futur. Aquesta reflexió em fa sentir satisfet i orgullós del camí recorregut.

D'altra banda, l'anàlisi del qüestionari sobre el consum de cafeïna m'ha donat una nova perspectiva sobre com es poden utilitzar dades estadístiques per extreure conclusions útils. Haver treballat amb gràfics i percentatges m'ha ajudat a desenvolupar habilitats analítiques que segur que em seran útils en altres projectes acadèmics. A més, els resultats obtinguts m'han fet reflexionar sobre els hàbits de consum dels joves i com la pressió social i acadèmica influeixen en les seves decisions. Aquesta part del treball m'ha permès connectar la ciència amb la realitat social, i això m'ha fet sentir que el que he estudiat pot tenir una aplicació pràctica.

Personalment, aquest treball també m'ha ajudat a madurar. He après a ser més pacient i constant, a planificar millor el meu temps i a afrontar les dificultats amb una mentalitat positiva. Hi ha hagut moments de dubtes i errors, però també n'he tret moltes lliçons. Ara sento que soc més capaç de gestionar projectes grans i de treballar de manera més organitzada, i això és un aprenentatge que em servirà tant dins com fora de l'àmbit acadèmic.

En definitiva, aquest treball ha estat molt més que un estudi sobre la cafeïna i les *Daphnia magna*. Ha estat un curs d'aprenentatge que m'ha ajudat a créixer com a estudiant i com a persona. Tot i que no tot ha sortit com esperava, em sento orgullós del que he aconseguit i agraït per tot el que he après. Aquesta experiència m'ha reforçat la il·lusió per continuar estudiant, formant-me i per seguir buscant respostes a les preguntes que em faig.

7. Bibliografia

Ahmed, I. (2023). Applications of *Daphnia Magna* in Ecotoxicological Studies. [Data: 6/6/2024]

D'aquesta pàgina he extret informació de Per a què s'utilitza?

Atlas. (2007). Mantenimiento de la *Daphnia Magna*. [Data: 9/8/2024]

D'aquesta pàgina he tret l'alimentació de les dàfnies .

Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria. (2015, 27 mayo). *Cafeína*. [Data: 15/8/2024]

D'aquesta pàgina he pogut extreure informació sobre la cafeïna.

Campbell, N. A., Reece, J. B., & Mitchell, L. G. (2008). Biology. Pearson/Benjamin Cummings. [Data: 8/8/2024]

D'aquesta pàgina he obtingut informació sobre les funcions del sistema cardiovascular de les dàfnies.

Centre Mèdic Teknon. (2024). Quins efectes secundaris té prendre begudes estimulants? [20/5/2024]

D'aquesta pàgina he extret informació sobre els diferents efectes de les substàncies estimulants.

Clare, J. (2002). *Daphnia* as a model organism. Retrieved from FAO. [Data: 1/9/2024]

D'aquesta pàgina he obtingut informació sobre les funcions del sistema cardiovascular de les dàfnies.

Cocinillas-Ee. (2018, 1 agosto). Características y curiosidades sobre el café que no conocías. *El Español*. [4/10/2024]

D'aquesta pàgina he extret inforació rellevant sobre el cafè.

Coca-Cola ES. (2024). La bebida que refresca al mundo entero. [Data: 9/7/2024]

D'aquesta pàgina he extret informació per fer la descripció de la Coca-Cola.

Colaboradores de Wikipedia. (2024, May 17). *Estimulante*. [18/9/2024]

D'aquesta pàgina he extret informació general sobre les substàncies estimulants.

Elenbaas, M. (2013). *Daphnia Magna*. [Data: 1/12/2024]

D'aquesta pàgina he tret informació per a la descripció física de l'espècie (*Daphnia magna*).

Environmental Inquiry. (2009). Bioassays using Daphnia. [Data: 4/8/2024]

D'aquesta pàgina web he pogut extreure informació general sobre la *Daphnia Magna*.

Ebert, D. (2005). Ecology, Epidemiology, and Evolution of Parasitism in Daphnia. National Center for Biotechnology Information (NCBI). [Data: 29/9/2024]

D'aquesta pàgina he obtingut informació sobre les funcions del sistema cardiovascular de les dàfnies.

Falcó ,M., Moreno,O. (2017) *Daphnia Magna*. Xtec.cat. [Data: 3/6/2024]

D'aquesta pàgina he extret informació de la reproducció i el cicle de les dàfnies i a més a més també del seu manteniment en un laboratori escolar.

Haney, J. F. (2010). Anatomy and Physiology of Daphnia. Retrieved from University of New Hampshire. [Data: 8/7/2024]

D'aquesta pàgina he obtingut informació sobre les funcions del sistema cardiovascular de les dàfnies.

Kass, B., Krishnarao, K., Marion, E., Stuckey, L., & Kohn, R. (2009). Effects of melatonin and ethanol on the heart rate of *Daphnia magna*. *Impulse: The Premier Undergraduate Neuroscience Journal*. [Data: 25/10/2024]

D'aquesta pàgina he obtingut informació sobre les funcions del sistema cardiovascular de les dàfnies.

Liu, Z., Malinowski, C. i Sepúlveda, M. (2022). Emerging trends in nanoparticle toxicity and the significance of using *Daphnia* as a model organism. [Data: 1/8/2024]

D'aquesta pàgina he extret informació de “Per a què s'utilitza?”

Minutos, & Minutos. (2021, 26 julio). ¿A cuantas tazas de café equivale una lata de Coca-Cola? Gastronomía. [Data: 19/10/2024]

D'aquesta pàgina he extret informació sobre la Coca-Cola.

National Library of Medicine. (2009). *Cafeína*. [Data: 16/9/2024]

D'aquesta pàgina he extret informació per fer la descripció del te i el cafè.

Siedentopp, U. (2009). El té, planta medicinal y de consumo, eficaz contra el cansancio y la diarrea. *Revista Internacional De Acupuntura*. [Data: 3/9/2024]

D'aquesta pàgina he extret informació general de el te.

Tatarazako N, Oda S. (2007). The water flea *Daphnia magna* (Crustacea, Cladocera) as a test species for screening and evaluation of chemicals with endocrine disrupting effects on crustaceans. *Ecotoxicology*. [Data: 23/10/2024]

D'aquesta pàgina he extret informació sobre alguna utilitat rellevant que pot tenir les dàfnies.

Bibliografia de figures

Figura 1: Falcó,M., Moreno,O. (2017) *Daphnia Magna*. Xtec.cat. [Data: 2/7/2024]

Figura 2: Falcó,M., Moreno,O. (2017) *Daphnia Magna*. Xtec.cat. [Data: 6/7/2024]

Figura 3: Falcó,M., Moreno,O. (2017) *Daphnia Magna*. Xtec.cat. [Data: 8/7/2024]

Figura 4: Baena, Y., Martínez, J., Sanabria, L. (2017) Estructura molecular de la cafeína. [Data: 8/7/2024]

Figura 5: Àlex Márquez Plana. [Data: 8/10/2024]

Figura 6: Àlex Márquez Plana. [Data: 8/10/2024]

Figura 7: Àlex Márquez Plana. [Data: 8/10/2024]

Annex 1

CÀLCUL DE CONCENTRACIONS DE CAFEÏNA UTILITZADES

A continuació, es detallen els càlculs per determinar la concentració de cafeïna afegida al medi en funció del nombre de gotes de Coca-Cola utilitzant factors de conversió.

Informació base per al càlcul

- Contingut de cafeïna en Coca-Cola: **9,5 mg/100 ml**
(equivalent a **0,095 mg/ml**).
- Volum aproximat d'una gota de Coca-Cola: **0,05 ml**.
- Nombre de gotes utilitzades: 1, 2, 3 i 5.

Factor de conversió per a una gota

- Cafeïna en una gota = Volum de la gota x Concentració de cafeïna
- Cafeïna en una gota = $0,05 \text{ ml} \times 0,095 \text{ mg/ml} = \mathbf{0,00475 \text{ mg}}$

Per simplificar el càlcul, s'arrodoneix a 0,0045 mg per gota

Factors de conversió per diverses gotes

A partir de la cafeïna en una gota, les quantitats per 1,2,3 i 5 gotes són les següents:

- 1 GOTA: **0,0045 mg**
- 2 GOTES: $2 \text{ gotes} \times 0,0045 \text{ mg/gota} = \mathbf{0,009 \text{ mg}}$
- 3 GOTES: $3 \text{ gotes} \times 0,0045 \text{ mg/gota} = \mathbf{0,0135 \text{ mg}}$
- 5 GOTES: $5 \text{ gotes} \times 0,0045 \text{ mg/gota} = \mathbf{0,225 \text{ mg}}$

Annex 2

QÜESTIONARI UTILITZAT

El següent qüestionari recull les preguntes que han permès obtenir informació sobre la freqüència de consum de cafeïna i altres aspectes rellevants relacionats amb els hàbits de consum dels adolescents i adults.

1. Quina és la teva edat?

- Menys de 12 anys
- 12-14 anys
- 15-17 anys
- 18-25 anys
- Més de 25 anys

2. Quina és la teva activitat principal?

- Estudiant
- Treballador a temps parcial
- Treballador a temps complet
- Altres

3. Amb quina freqüència consumeixes begudes que contenen cafeïna?

- Diàriament
- Diverses vegades per setmana
- De tant en tant
- Rarament
- Mai

4. Quines de les següents begudes consumeixes regularment? (Selecciona totes les que s'apliquin) (en cas de consumir)

- Cafè
- Te
- Begudes energètiques
- Begudes alcohòliques
- Altres

5. Per què consumeixes cafeïna? (Selecciona totes les que s'apliquin) (en cas de consumir)

- Per augmentar la meua energia
- Per millorar la concentració
- Per estar a la moda
- Per reduir la fatiga
- Per oci
- Altres

6. Creus que el consum de cafeïna afecta el teu rendiment acadèmic o laboral?

- Sí, molt
- Sí, una mica
- No, no afecta
- Ho desconec

7. Quina és la teva opinió sobre els efectes de les begudes energètiques en la salut?

- Molt perjudicials
- Una mica perjudicials
- No són perjudicials
- Ho desconec

8. On acostumes a comprar begudes amb cafeïna? (en cas de consumir)

- Supermercat
- Botiga de conveniència
- Cafeteria
- Altres

Annex 3

GRÀFICS DELS RESULTATS DEL QÜESTIONARI

A continuació, es presenten les gràfiques extretes dels resultats del qüestionari. El qüestionari ha estat respost per 100 persones de diverses edats amb l'objectiu de reflectir una mostra representativa de la societat espanyola.

QUINA ÉS LA TEVA EDAT?

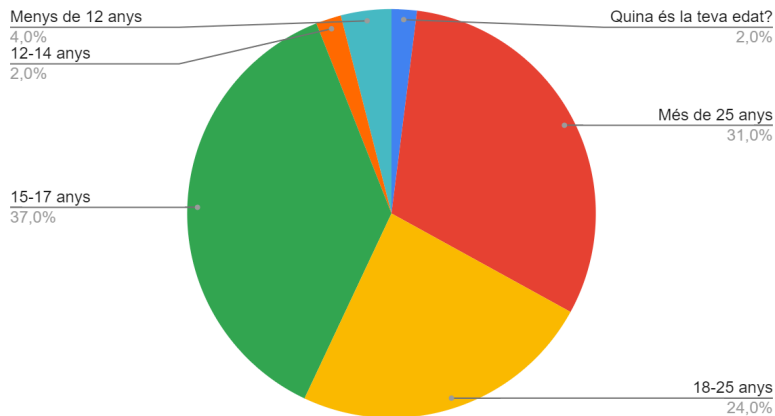


FIGURA 8: Gràfica dels resultats de la primera pregunta del qüestionari

FONT: Àlex Márquez Plana

QUINA ÉS LA TEVA ACTIVITAT PRINCIPAL?

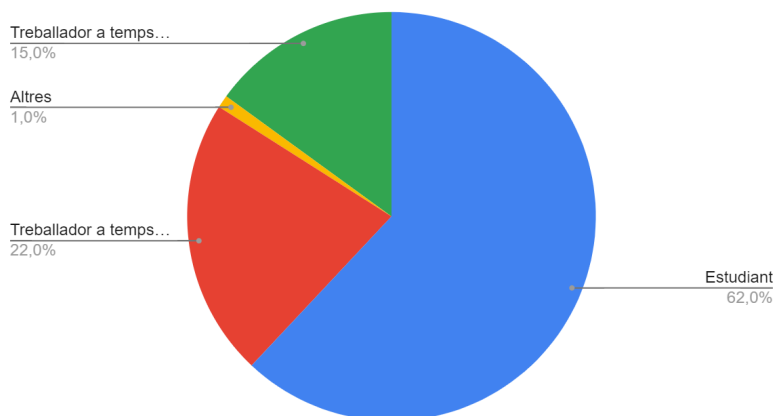


FIGURA 9: Gràfica dels resultats de la segona pregunta del qüestionari

FONT: Àlex Márquez Plana

AMB QUINA FREQUÈNCIA CONSUMEIXES BEGUDES ENERGÈTIQUES?

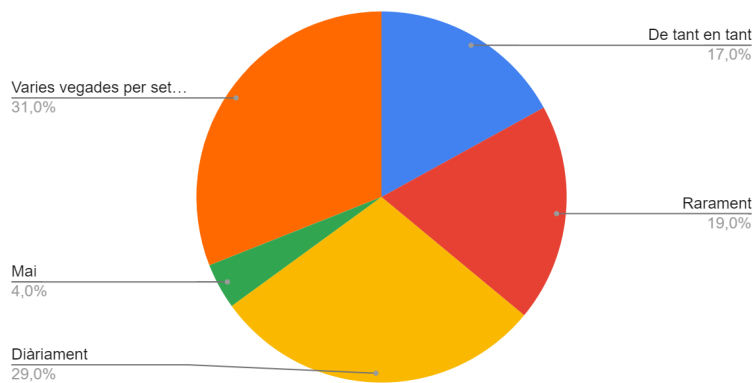


FIGURA 10: Gràfica dels resultats de la tercera pregunta del qüestionari
FONT: Àlex Márquez Plana

QUINES DE LES SEGÜENTS BEGUDES CONSUMEIXES?

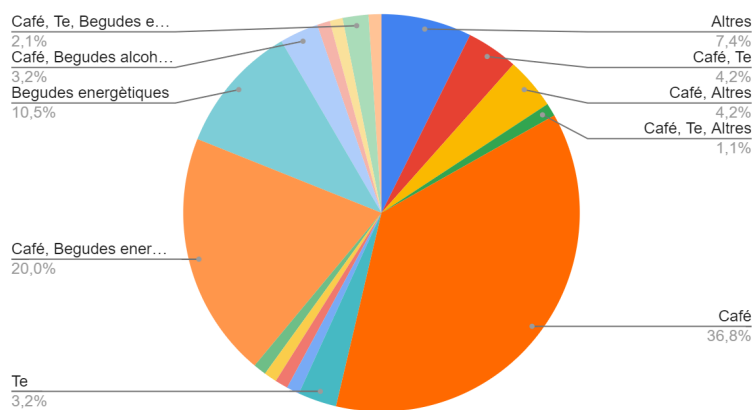


FIGURA 11: Gràfica dels resultats de la quarta pregunta del qüestionari
FONT: Àlex Márquez Plana

Per què consumeixes cafeïna? (Selecciona totes les que s'apliquin) (en cas de consumir)

94 respuestas

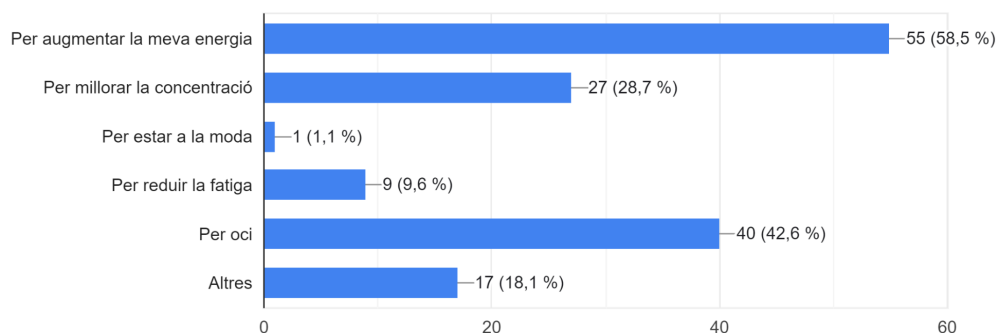


FIGURA 12: Gràfica dels resultats de la cinquena pregunta del qüestionari
FONT: Àlex Márquez Plana

CREUS QUE EL CONSUM DE CAFEÏNA AFECTA EL TEU RENDIMENT ACADÈMIC O LABORAL?

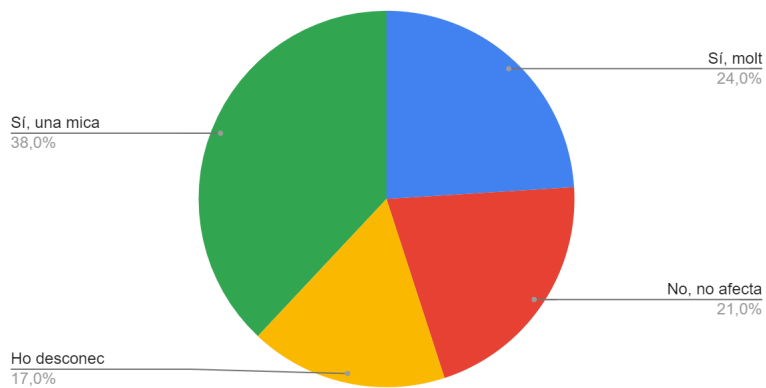


FIGURA 13: Gràfica dels resultats de la sisena pregunta del qüestionari
FONT: Àlex Márquez Plana

QUINA ÉS LA TEVA OPINIÓ SOBRE ELS EFECTES DE LES BEGUDES ENERGÈTIQUES EN LA SALUT?

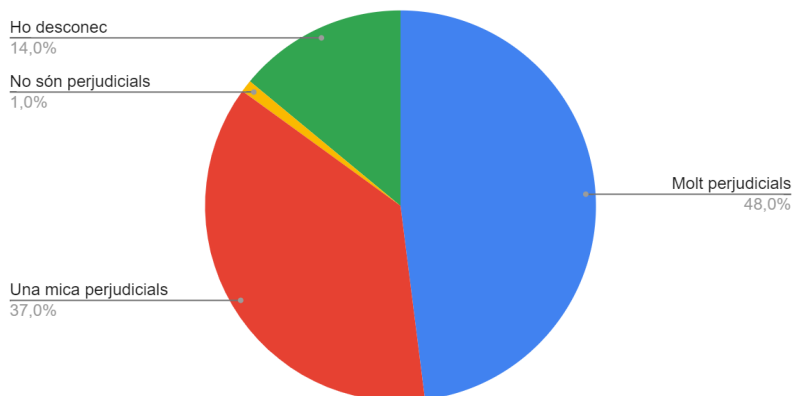


FIGURA 14: Gràfica dels resultats de la setena pregunta del qüestionari
FONT: Àlex Márquez Plana

ON ACOSTUMES A COMPRAR BEGUDES AMB CAFEÏNA?

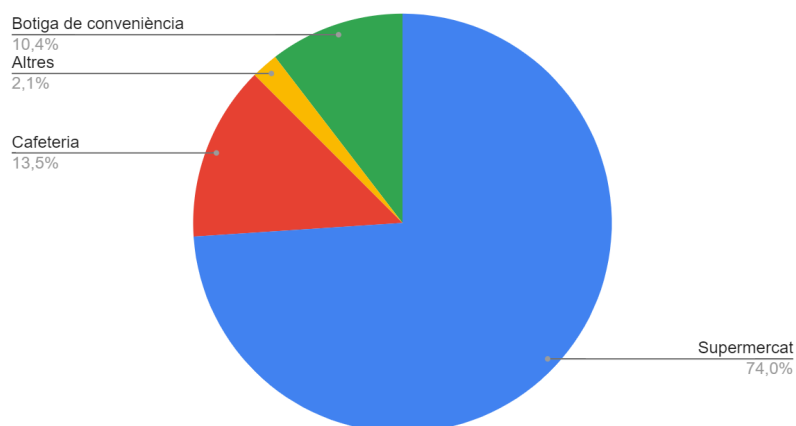


FIGURA 13: Gràfica dels resultats de la vuitena pregunta del qüestionari
FONT: Àlex Márquez Plana