

TREBALL DE FI DE GRAU CAFE

2023-2024

---

# **Efectes de la suplementació de la cafeïna sobre el rendiment, fatiga i dany muscular en corredors de trail running comparant entre sexes i nivell esportiu**

---

Sandra Galcerán Mendizábal

Director: Víctor Toro Román

Tecnocampus Mataró, Collbató 07/05/2024

## Índex de continguts

<b>1. Portada</b> .....	1
<b>2. Índex de continguts</b> .....	2
<b>3. Índex de taules i figures</b> .....	3
<b>4. Glossari</b> .....	4
<b>4. 1 Sigles</b> .....	5
<b>5. Resum i paraules clau</b> .....	6
<b>6. Introducció</b> .....	8
<b>7. Justificació de l'estudi</b> .....	11
<b>8. Hipòtesis i objectius</b> .....	12
8.1 Hipòtesis.....	12
8.2 Objectius .....	12
8.2.1 Objectius Generals:.....	12
8.2.2 Objectius específics:.....	12
<b>9. Metodologia</b> .....	13
9.1 Disseny de l'estudi .....	13
9.2 Població i mostra .....	14
9.2.1 Població: .....	14
9.3 Assignació dels individus als grups d'estudi .....	16
9.4 Variables d'estudi.....	17
9.5 Recollida de dades.....	19
<b>10. Cronograma</b> .....	25
<b>11. Pressupost</b> .....	29
<b>12. Limitacions i perspectives de futur</b> .....	32
<b>13. Referència Bibliogràfica</b> .....	34
<b>14. Annex</b> .....	36
<b>ANNEX 1: Full d'informació de l'estudi</b> .....	36
<b>ANNEX 2: consentiment informat</b> .....	38
<b>ANNEX 3: taula de dades rendiment</b> .....	39
<b>ANNEX 4: Taula de dades fatiga</b> .....	40
<b>ANNEX 5: Taula de dades dany muscular</b> .....	41

### **3. Índex de taules i figures**

#### **Figures**

Figura 1: Disseny de l'estudi.....	13
Figura 2: Mostra poblacional.....	15
Figura 3: Perfil Trail running Collbató.....	21

#### **Taules**

Taula 1: Criteris inclusió i exclusió.....	14
Taula 2: Material rendiment.....	29
Taula 3: Personal rendiment.....	29
Taula 4: Material fatiga.....	30
Taula 5: Personal fatiga.....	30
Taula 6: Material dany muscular.....	31
Taula 7: Personal dany muscular.....	32

## 4. Glossari

- Ergogènic: Qualsevol medi que ajuda a millorar el rendiment d'un organisme, la utilització de l'energia i el seu control. Ajudes nutricionals, farmacològiques o hormonals.
- Genotip: Informació genètica total d'un organisme o constitució genètica d'un organisme.
- Adenosina: Nucleòsid d'adenina. Emmagatzema i distribueix l'energia de les cèl·lules del cos.
- Trail running: Pràctica de carrera a peu en plena naturalesa.
- Cafeïna: Alcoide derivat químicament de la xantina que ocorre en el cafè, te..., utilitzat com a estimulants del sistema nerviós central i com a tònic cardíac.
- Placebo: Fals medicament preparat amb el mateix aspecte que un medicament determinat, però que només conté productes inerts, emprats en la investigació farmacològica.
- Fatiga neuromuscular: disminució de la capacitat del múscul de poder desenvolupar una força per l'exercici, i es considera irreversible.
- Dany muscular: Descomposició del teixit muscular que ocasiona l'alliberació dels continguts de les fibres musculars en la sang.
- Declaració de Helsinki: Principis ètics exigits per les investigacions mèdiques en éssers humans.

## 4. 1 Sigles

- RPE: índex de percepció de l'esforç.
- CMJ: Salt en contramoviment
- ABK: Salt vertical Abalakov amb moviment de braços
- CK: Creatina cinasa
- LDH: Lactat deshidrogenasa
- FC: Freqüència cardíaca
- COI: Comitè Olímpic Internacional.

## 5. Resum i paraules clau

### En català:

- **Introducció:** La cafeïna és una substància ergogènica que millora el rendiment esportiu, amb beneficis demostrats en l'exercici de resistència i força des dels anys setanta. La dosi òptima és de 3 a 6 mg/kg, presa aproximadament 60 minuts abans de l'exercici. El seu mecanisme d'acció implica la unió als receptors d'adenosina, augmentant l'alliberació de neurotransmissors i reduint la percepció d'esforç i la fatiga. En el trail running, malgrat la falta d'evidència específica, la cafeïna és àmpliament utilitzada, tot i que la seva eficàcia i dosi òptima, especialment per a diferències de gènere, necessiten més investigació.
- **Objectius de l'estudi:** Determinar l'eficàcia de la cafeïna centrant-nos a augmentar el rendiment esportiu, reduir la fatiga neuromuscular i prevenir el dany muscular. Resoldre les diferències entre sexes i nivell esportiu.
- **Metodologia:** L'estudi és un assaig clínic aleatoritzat amb quatre grups d'intervenció per investigar els efectes de la cafeïna en corredors de trail running. Els participants realitzaran el circuit dues vegades, una amb cafeïna i l'altra amb un placebo, amb una setmana de diferència entre elles.
- **Es reclutaran** corredors, homes i dones de trail running de la comarca del Baix Llobregat, amb edats compreses entre 18 i 40 anys. La mostra és d'un total de 43 participants, i se'ls assignarà a quatre grups segons el seu sexe i nivell esportiu. Els efectes de la cafeïna es mesuraran en termes de rendiment esportiu, fatiga i dany muscular.
- **Impacte esperat:** L'objectiu d'aquest estudi és comprendre millor com afecta la cafeïna al rendiment físic dels corredors de trail running, investigant el seu impacte en el temps de prova, la freqüència cardíaca, la fatiga i el dany muscular. Si es troben diferències significatives entre els grups de cafeïna i placebo, podria influir en les pràctiques d'entrenament i nutrició. Si la cafeïna millora el rendiment sense efectes negatius importants, podria ser una estratègia útil per als corredors. D'altra banda, si no hi ha efecte significatiu, això desmitificaria la idea que la cafeïna millora el rendiment per a tots els esportistes.

Paraules Clau: Cafeïna, rendiment, fatiga, dany muscular, trail running.

### En anglès:

- Introduction: Caffeine is an ergogenic substance that enhances athletic performance, with proven benefits in endurance and strength exercise since the 1970s. The optimal dose is 3 to 6 mg/kg, taken approximately 60 minutes before exercise. Its mechanism of action involves binding to adenosine receptors, increasing neurotransmitter release and reducing the perception of exertion and fatigue. In trail running, despite the lack of specific evidence, caffeine is widely used, although its efficacy and optimal dosage, especially for gender differences, need further investigation.
- Objectives of the study: To determine the efficacy of caffeine focusing on increasing sport performance, reducing neuromuscular fatigue and preventing muscle damage. To resolve the differences between sexes and sport level.
- Methodology: The study is a randomized clinical trial with four intervention groups to investigate the effects of caffeine in trail runners. Participants will run the circuit twice, once with caffeine and once with a placebo, one week apart. Male and female trail runners from Baix Llobregat, aged between 18 and 40 years old, will be recruited. The sample is a total of 43 participants, and they will be assigned to four groups according to their sex and sport level. The effects of caffeine will be measured in terms of sports performance, fatigue, and muscle damage.
- Expected impact: The aim of this study is to better understand how caffeine affects the physical performance of trail runners by investigating its impact on test time, heart rate, fatigue, and muscle damage. If significant differences are found between the caffeine and placebo groups, it could influence training and nutrition practices. If caffeine improves performance without significant negative effects, it could be a useful strategy for runners. On the other hand, if there is no significant effect, this would demystify the idea that caffeine improves performance for all athletes.

Key words: caffeine, performance, fatigue, muscle damage, trail running.

## 6. Introducció

La cafeïna és una substància ergogènica, és a dir, és un agent que millora la producció d'energia i proporciona a aquella persona que ho ingereix una avantatge que permet rendir per sobre del que aconseguiries sense la consumició als entrenaments (1).

El gen CYP1A2, és el gen involucrat en el metabolisme de la cafeïna, codifica l'enzim CYP1A2, que metabolitza més del 95% de la cafeïna consumida. Així, doncs, s'ha de considerar aquest genotip per decidir si un atleta ha de consumir cafeïna per millorar el seu rendiment esportiu (1).

La història es remunta a la dècada de 1900, a l'esport modern, els beuratges estimulants que preparaven eren d'origen vegetal, un compost de cocaïna, heroïna, nitroglicerina i cafeïna. Aquests ho desenvolupaven els entrenadors en secret per tal de proporcionar una avantatge competitiva. Més tard el Comitè Olímpic Internacional (COI) va introduir un programa antidopatge a finals de 1960 on l'heroïna i la cocaïna van quedar restringides (2).

Durant el període compres entre 1984 i 2004, la cafeïna va ser completament vetada en l'àmbit dels esports. Després d'aquesta data, va ser transferida a un programa de vigilància per controlar el seu ús. Com a resultat d'aquest canvi, s'ha observat un increment en la concentració de cafeïna en mostres recollides d'atletes olímpics espanyols entre els anys 2004 i 2015, especialment en esports individuals i aquells que requereixen un esforç aeròbic (3).

Els primers estudis publicats sobre la cafeïna es remunten entre els anys 1906-1907, on dos psicòlegs William Rivers i Harald Webber, de la Universitat de Cambridge, tenien interès a veure quins eren els efectes psicològics i fisiològics de les substàncies de l'alcohol i els efectes de la cafeïna als músculs. Ho van escriure en la Revista de Fisiologia, investigacions importants sobre els efectes de la cafeïna sobre el rendiment de l'exercici estudiant diferents variables com individus no entrenats i entrenats. Però no va ser fins a finals de 1970 on es van investigar els beneficis de la cafeïna en esports de resistència en un laboratori de Rendiment a la Universitat de Ball State, dirigit per David Costill entre d'altres. Això va desencadenar una generació d'investigacions sobre els efectes de la cafeïna al metabolisme i el rendiment esportiu (2).

La dosis de cafeïna més adequada és entre 3 i 6 mg/kg. Aquesta promou entre un 1 i un 8% de guany en rendiment esportiu en exercicis aeròbics, amb una dosi més petit no hi ha alteració de les respostes



del cos en l'àmbit perifèric, però sí que és suficient per induir la saturació de l'efecte sobre el SNC (3). Una dosi més alta, per exemple 9 mg/kg s'associen amb una alta incidència d'efectes secundaris i no són necessaris per provocar un efecte ergogènic (2). Per a un major grau de rendiment esportiu la ingesta s'ha de fer 60 minuts abans de l'inici a l'exercici; encara que s'ha d'ajustar amb més exactitud dependent de l'individu i de la pràctica esportiva (4).

Aquesta avantatja que permet un major rendiment s'aconsegueix gràcies a la seva unió als receptors d'adenosina A1 i A2A (2). Aquesta augmenta l'impuls del sistema nerviós central, amb una major alliberació de catecolamines; provoca una major capacitat contràctil del múscul esquelètic, reclutant més unitats motores. Bloquejant els receptors d'adenosina afecta l'alliberació de norepinefrina, dopamina, acetilcolina i serotonina, entre altres neurotransmissors, reduint el dolor i la percepció d'esforç durant l'exercici, retarden la fatiga. També millora la secreció d'adrenalina (3). Així amb aquesta suplementació de la cafeïna pot millorar les adaptacions a l'entrenament de resistència, augment de força i la potència (5).

A més a més, la cafeïna té efectes sobre la reducció del dolor muscular de començament retardat, la disminució temporal de la pèrdua de força i la minimització dels marcadors de dany muscular en sang. Tot i això, cal destacar que aquestes conclusions es basen en una quantitat limitada d'estudis, i, per tant, la certesa dels resultats és limitada. Això implica que encara hi ha una necessitat de més investigació per esbrinar totalment el paper i l'eficàcia de la cafeïna sobre el dany muscular (6).

N'hi ha molt poca evidència sobre les diferències entre sexes, ja que en la majoria dels estudis la mostra femenina és molt reduïda. També els anticonceptius orals i l'etapa de cicle menstrual poden alterar la cafeïna i la seva velocitat de metabolització. És a dir, s'ha demostrat que en dones la cafeïna també té un efecte ergogènic parlant de resistència; encara que n'hi ha dubtes sobre si existeixen diferències parlant de dosis, tenint en compte les diferències entre la velocitat de metabolització entre sexes (4). Post exercici s'ha vist que les dones tenen una major concentració de cafeïna, això suggereix que les dones no metabolitzen la cafeïna tan ràpidament com els homes. També això significa que les dones poden beneficiar-se d'un període més llarg entre prendre de la cafeïna i l'exercici (4). Igualment, aquestes diferències es veuen marcades en el dolor muscular d'aparició tardana com en els biomarcadors del dany muscular induït per exercici tenint una major reducció en els atletes masculins que en les dones (6).

En l'àmbit de rendiment esportiu, n'hi ha controvèrsia, n'hi ha estudis que diuen que en ingerir cafeïna tenen més beneficis els individus entrenats (7). Altres que no hi ha diferència en l'àmbit d'efecte entre diferents individus amb diferents condicions físiques (6). Encara altres estudis van assenyalar que els

atletes d'elit mostren augments més pronunciats en vigor i vitalitat en comparació amb individus físicament actius (8).

El trail running, ha augmentat la seva popularitat en els últims anys. Es defineix com una carrera tot terreny per a esportistes en un entorn natural, la muntanya, amb el mínim tros de camí pavimentat. Amb aquest increment de la popularitat en aquesta modalitat esportiva, s'ha portat nous camps d'investigació científica sobre les conseqüències fisiològiques que influeixen a determinar el rendiment esportiu de l'atleta i altres factors que influeixen. Aquestes demandes fisiològiques són: el volum màxim d'oxigen que pot consumir per minut i quilogram de pes corporal en el màxim rendiment d'una persona (VO<sub>2</sub> màx.), la freqüència respiratòria màxima, capacitat d'eliminació de lactat. Encara que n'hi ha d'altres com la biomecànica, el metabolisme, les estratègies... que també determinen el rendiment esportiu (9).

Es destaca que el trail running, amb el seu terreny variat i exigent, presenta reptes significatius per al sistema cardiovascular, respiratori i musculoesquelètic dels corredors. Aquests reptes inclouen canvis constants en el pendent, terrenys irregulars i condicions climàtiques variables, la qual cosa augmenta la demanda d'energia i l'estrès en el cos. Pel que fa als efectes aguts, s'observa que durant una cursa de trail running es produeixen respostes fisiològiques immediates, com un augment en la freqüència cardíaca, la ventilació pulmonar i la concentració de lactat a la sang. A més, es poden experimentar canvis en la temperatura corporal, la hidratació i l'equilibri electrolític a causa de la pèrdua de líquids i sales minerals a través de la suor. També inclouen reduccions en la funció neuromuscular, augment dels marcadors de dany muscular i deshidratació. Aquests efectes poden afectar el rendiment del corredor durant la cursa i tenen implicacions per a la recuperació postcursa. Es destaca que els efectes poden diferir segons el nivell d'entrenament del corredor (9).

L'ús de suplementació esportiva per millorar el rendiment esportiu s'està expandint a tota mena d'esportistes, però les característiques específiques del trail running ha fet que l'evidència científica sigui insuficient. Encara així la suplementació més consumida són: les barres esportives, els gels, begudes isotòniques, la cafeïna, glutamina i melatonina, aminoàcids entre d'altres (10).

## 7. Justificació de l'estudi

Tal com s'ha vist, la cafeïna és un potenciador del rendiment amb una correcta dosi i administrament. Els atletes són el grup de persones més interessades en els efectes de la cafeïna sobre la resistència i la capacitat aeròbica.

N'hi ha estudis sobre els efectes de la ingesta de la cafeïna sobre l'exercici, però pocs sobre la cafeïna i el rendiment esportiu. A més hi ha una escassetat d'estudis i investigació dels esportistes d'elit en l'àmbit d'establir quina és la dosi mínima efectiva que produeix més beneficis (3). Tampoc es pot parlar de la comparativa entre sexes, ja que les dones representen una proporció menor entre els diferents participants dels estudis (4).

A més, els estudis de resistència per veure els efectes sobre el rendiment esportiu se centren en escenaris aeròbics però en proves de ciclisme, no en el trail running (5). Aquesta modalitat esportiva implica llargues distàncies, amb terrenys variables i canvis en l'altitud (amb condicions variables), i com la cafeïna ha demostrat tenir beneficis sobre la reducció de la percepció de l'esforç i la fatiga, és molt rellevant tenir en compte aquesta informació valuosa, obrint així noves perspectives per tal d'optimitzar el rendiment d'aquests atletes (9).

Els corredors de trail running sovint requereixen estratègies de nutrició i rendiment esportiu adaptades al seu entorn i demandes específiques. Entendre com la cafeïna afecta aquest tipus d'atletes pot ajudar a desenvolupar recomanacions nutricionals molt més específiques; i, per tant, millorar el rendiment esportiu (10).

Així doncs, n'hi ha una necessitat per saber quins són els efectes de la cafeïna sobre rendiment, fatiga i dany muscular en corredors/es de trail running, comparant entre sexes i nivell esportiu.

## 8. Hipòtesis i objectius

### 8.1 Hipòtesis

Els estudis sobre els efectes de la cafeïna en el rendiment esportiu han estat realitzats principalment en homes, amb alguns dubtes sobre les diferències entre sexes en la seva metabolització i efectes. També hi ha controvèrsia sobre si els individus amb un bon nivell esportiu en trail running obtenen més beneficis que els esportistes amateurs. Existeixen pocs estudis sobre els efectes de la suplementació en corredors de trail running, però menys encara sobre la suplementació amb cafeïna.

Per això plantegem les següents hipòtesis:

- La intervenció amb la suplementació de la cafeïna té una major eficàcia i rendiment esportiu comparat amb el grup control, el qual prendrà placebo.
- Els corredors masculins de trail running tenen una absorció més ràpida de la cafeïna i, per tant, un major rendiment, menys fatiga i dany muscular comparat amb les dones corredores de trail running.
- Els atletes d'elit aconseguen una millor eficàcia amb l'administració de la cafeïna que aquells que són amateurs.

### 8.2 Objectius

#### 8.2.1 Objectius Generals:

- Determinar l'eficàcia de la cafeïna sobre el rendiment esportiu, la fatiga neuromuscular i el dany muscular segons sexe i nivell d'entrenament.
- Analitzar l'efecte de la cafeïna sobre el rendiment esportiu, la fatiga neuromuscular i el dany muscular segons sexe i nivell d'entrenament.

#### 8.2.2 Objectius específics:

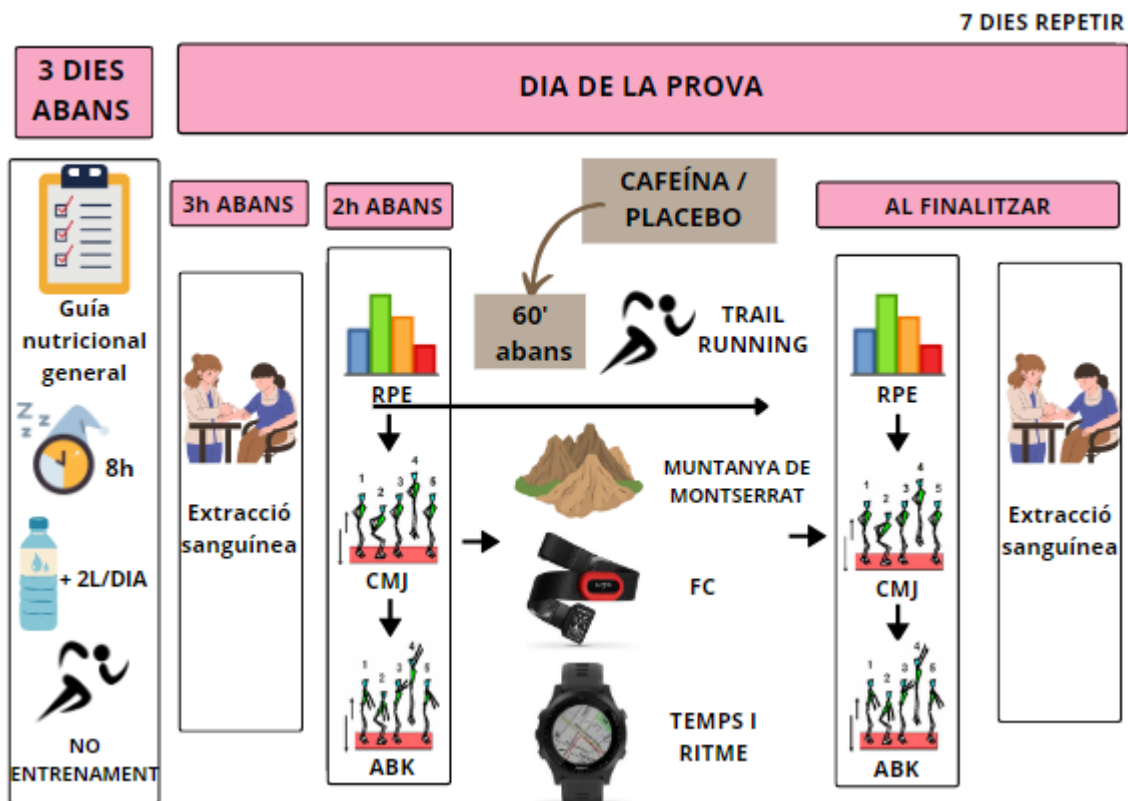
- Avaluat l'impacte de la suplementació de la cafeïna en el rendiment esportiu, percepció de l'esforç, fatiga neuromuscular i dany muscular en corredors de trail.
- Analitzar les diferències entre nivells d'entrenament en el rendiment, percepció d'esforç, fatiga neuromuscular i dany muscular després de la suplementació amb la cafeïna.
- Examinar les diferències entre sexes en el rendiment, percepció d'esforç, fatiga neuromuscular i dany muscular després de la suplementació amb la cafeïna.

## 9. Metodologia

### 9.1 Disseny de l'estudi

Es realitzarà un assaig clínic amb un control aleatoritzat creuat amb quatre grups d'intervenció.

La següent figura representa el procés que hauran de seguir els participants de l'estudi. Cada participant durà a terme el procés dos cops, una amb cafeïna i l'altre amb placebo.



**Figura 1:** Disseny de l'estudi

Tres dies abans de fer les proves hauran de seguir una guia nutricional, dormir vuit hores, veure més de dos litres d'aigua per dia i no fer cap mena d'entrenaments. Això es porta a cap per tal que tots i totes estiguin sota les mateixes condicions i n'hi hagi menys variabilitat en els resultats obtinguts.

Durant el dia de la prova, tres hores abans es farà una extracció sanguínia de 4mL per participant per veure el dany muscular, una hora després es faran els diferents tests de la percepció d'esforç (RPE) i la fatiga (CMJ, i ABK). Seixanta minuts abans de la realització del trail running per la muntanya, el test de rendiment, se'ls donarà amb una ampolla d'aigua amb la cafeïna o placebo i s'analitzarà la FC, el ritme, el temps i ritme en finalitzar amb els diferents dispositius. En finalitzar aquesta última prova es tornaran a fer tots els diferents tests.

Aquest procediment es torna a repetir passats set dies, per tal de canviar els grups de cafeïna i del placebo, i així poder fer les valoracions i comparacions entre grups d'intervenció.

## 9.2 Població i mostra

### 9.2.1 Població:

Aquest estudi va dirigit a atletes de trail running tant de sexe femení com masculí, i també de diferents nivells de rendiment esportiu de la comarca del Baix Llobregat.

Per a poder participar en aquest estudi, els participants han de complir els següents criteris d'inclusió, i pel contrari es queden exclosos aquells participants que compleixin amb algun criteri d'exclusió:

**Taula 1:** Criteris inclusió i exclusió

<b>CRITERIS D'INCLUSIÓ</b>	<b>CRITERIS D'EXCLUSIÓ</b>
Edat entre 18 i 40 anys	Diagnosticat amb malaltia cardiovascular o metabòlica
Federats des de fa 3 anys	Seguint una dieta especial.
Corredors de trail running amb més de 3 anys d'experiència	En tractament farmacològic
Les dones amb cicles menstruals regulars	Participants que prenguin cafeïna en el seu dia a dia (cafè, refrescs, begudes energètiques..)
Sense prendre anticonceptius hormonal	Participants en altres estudis o intervencions que puguin interferir amb la resposta de la cafeïna o amb els resultats de l'estudi.

- Consideració corredors grup amateur:

Els corredors de trail running es divideixen en diferents categories basades en la seva dedicació, rendiment i àmbit de competició. En aquest sentit, es considera com a grup amateur aquells corredors que mantenen una rutina de menys de 30-40 quilòmetres per setmana, amb un desnivell acumulat inferior a 1500 metres positius. Aquests esportistes centren les seves activitats a escala autonòmica, competint en esdeveniments de la seva zona o comarca.

- Consideració corredors d'alt nivell:

D'altra banda, es considera els corredors de trail running d'alt nivell, els quals es distingeixen per una dedicació més intensiva al seu esport. Aquests atletes cobreixen distàncies superiors a 80 quilòmetres

per setmana, combinades amb un desnivell acumulat que excedeix els 3000 metres positius. La seva participació en competicions no es limita al nivell local o regional, sinó que aspiren a competir a escala nacional, o fins i tot, internacional.

Aquesta informació és obtinguda a partir de Strava, una aplicació o ret social amb GPS que serveix per guardar, buscar i analitzar les activitats que fan els usuaris, i que la majoria de persones del món del trail running utilitzen. El període de temps que es tindrà en consideració serà l'últim any d'entrenaments i competicions.

## 9.2.2 Mostra

Aquest estudi està destinat a corredors i corredores de trail running, tant aficionats com de nivell competitiu, que estiguin federats i hagin practicat aquest esport durant un mínim de tres anys. Els participants han de tenir una edat compresa entre 18 i 40 anys i residir a la zona del Baix Llobregat.

La determinació de la mida de la mostra es va realitzar utilitzant el programa informàtic Gpower, una eina estadística específicament dissenyada per a l'estimació de la potència i el tamany de l'efecte en investigacions experimentals (11). La mostra necessària per a la realització de l'estudi son 43 participants acceptant un risc alfa de 0,05 i un poder estadístic de 0,95.

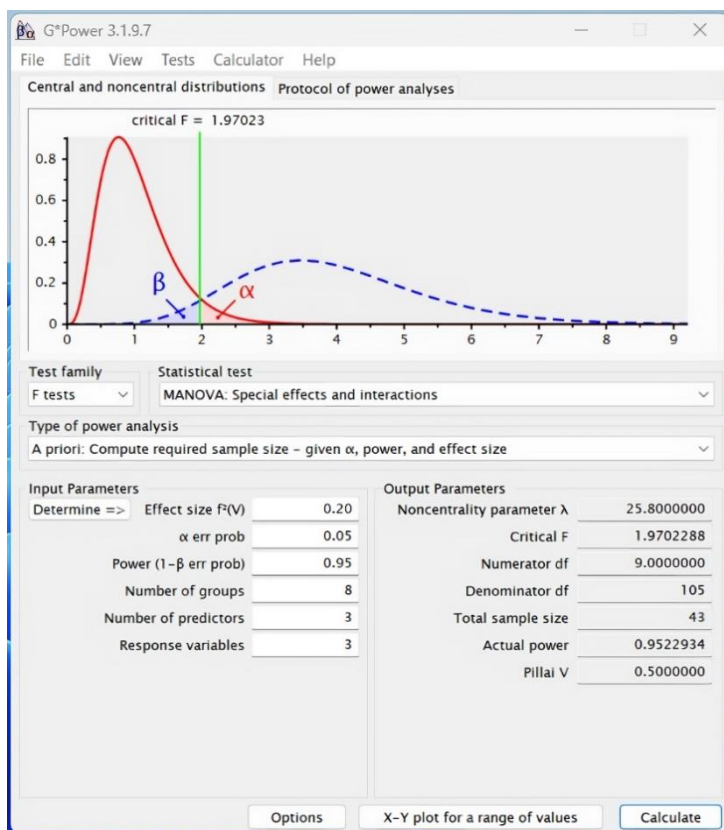


Figura 2: Mostra poblacional

### 9.3 Assignació dels individus als grups d'estudi

Els participants es reclutaran des de la Federació Catalana de Trail Running, però només aquells que visquin a la comarca del Baix Llobregat. Des dels equips, el coordinador de la Federació, detectarà per les dades personals els possibles participants de l'estudi, d'acord amb els criteris de selecció, i a través de correu electrònic se'ls enviarà la informació corresponent de l'estudi acompanyada d'una trucada telefònica. Aquelles persones que acceptin participar en l'estudi se'ls citarà al Pavelló Municipal Esportiu de Collbató per acabar de valorar els criteris, donar-los el full d'informació de l'estudi (Annex 1), i signar el consentiment informat (Annex 2).

Es realitzarà una classificació dels participants en diversos grups d'estudi basats en el seu rendiment esportiu i el seu sexe, amb l'objectiu de comprendre millor els efectes de la cafeïna en el trail running. Primer, es considera el nivell de rendiment esportiu dels participants, dividint-los en dues categories: aquells que competeixen a escala nacional i els que es consideren amateurs, és a dir, que no competeixen a escala nacional, sinó regional. A més, es tindrà en compte el sexe dels participants, amb una distinció entre homes i dones.

Així doncs, es formaran quatre grups d'estudi:

1. Grup de Dones en alt nivell esportiu
2. Grup de dones amateurs
3. Grup d'homes en alt nivell esportiu
4. Grup d'homes amateurs.

Aquesta segmentació en grups permetrà analitzar de manera més precisa com la cafeïna, afecten el rendiment esportiu en diferents contextos i nivells de competició, així com explorar possibles diferències entre sexes en aquest aspecte.

En la primera part de l'estudi els grups 1 i 3 faran les diferents proves amb els efectes de la cafeïna i els grups 2 i 4 amb placebo. Al cap de 7 setmanes més tard, es tornarà a dur a terme el mateix estudi, però al revés, els grups 1 i 3 amb el placebo, i els 2 i 4 amb cafeïna.



## 9.4 Variables d'estudi

Les variables d'estudi són les següents:

### 9.4.1 De rendiment en carrera:

En la valoració del rendiment dels participants, s'analitzaran diversos aspectes relacionats amb la seva actuació durant la prova, incloent-hi el temps emprat en completar-la, el ritme de la seva activitat i la freqüència cardíaca durant l'exercici. Aquesta variable serà valorada amb els diferents dispositius i amb l'ajuda d'una companya estudiant de CAFE, que serà qui farà l'explicació de la correcta utilització. I serà registrat a la taula de dades (Annex 3).

- Temps total en realitzar el circuit de trail running i ritme:

El temps fet servir en dur a terme la prova proporciona una mesura directa de l'eficiència i l'habilitat dels participants en aquesta activitat específica. A més, el ritme, que es refereix a la velocitat a la qual els esportistes es desplacen durant una distància determinada, és un indicador clau de la intensitat del seu entrenament. Un ritme més elevat sovint s'associa amb una millor condició física i una capacitat aeròbica més alta. Aquests paràmetres es registraran amb l'ús d'un rellotge Garmin Forerunner 945 que els participants portaran al canell durant la realització de la prova. Gràcies al màrqueting que es fa durant la realització de l'estudi, la marca Garmin ens atorgarà amb diversos dispositius de manera gratuïta per a fer l'investigació. Així doncs, tots els participants porten el mateix model de rellotge.

- Freqüència cardíaca:

D'altra banda, la freqüència cardíaca és un factor crucial en la valoració de l'esforç físic i la fatiga experimentada durant l'exercici. Indica el nombre de vegades que el cor batega per minut i, per tant, ofereix una indicació directa de la intensitat de l'activitat física, es valorarà la FC mitja. Una freqüència cardíaca més alta durant l'exercici pot indicar un esforç més gran i, potencialment, una fatiga més ràpida. Aquesta variable es mesurarà amb l'ús d'un pulsòmetre Garmin HRM Dual, que els participants portaran al pit sota l'esternó, en contacte directe amb la pell, durant la realització de la prova. També tots els participants portaran el mateix model de pulsòmetre gràcies al màrqueting per a la investigació de l'estudi.

### 9.4.2 La fatiga

En l'anàlisi de la fatiga dels participants, s'avaluaran diversos paràmetres que proporcionen una visió detallada del seu estat físic i el nivell de desgast experimentat durant l'activitat. Aquesta avaluació inclourà la mesura de la potència, l'alçada dels salts i el temps de vol. Aquesta variable serà valorada amb la plataforma de força amb l'ajuda de dos companys estudiants de CAFE, que seran qui faran

l'explicació dels diferents testos. Un serà l'encarregat de vetllar pel bon funcionament dels tests i l'altre serà qui haurà d'anar anotant els resultats dels tests a la taula de dades (Annex 4).

- Potència, alçada i temps de vol:

La potència, definida com la relació entre la força i la velocitat, és un indicador clau del rendiment muscular i la capacitat de generar energia de forma eficient. L'alçada dels salts, mesurada en centímetres positius en un salt vertical, proporciona informació sobre la capacitat de l'individu per a generar força explosiva i superar la gravetat. El temps de vol, que registra la durada en segons que l'individu es manté en l'aire durant un salt, reflecteix la seva habilitat per a mantenir-se en moviment i generar impuls.

- Avaluació CMJ i ABK:

Aquests paràmetres seran avaluats mitjançant l'ús d'un test de salt CMJ i ABK sobre una plataforma de força de la marca Vald Performance. En el test de CMJ, els participants es col·locaran sobre la plataforma en una posició de squat profund i hauran de realitzar un salt vertical amb tota la seva força amb les mans a la cintura, mentre que en el test de ABK, realitzaran el mateix salt, però amb la utilització dels braços per agafar més inèrcia i potència (12).

- RPE i avaluació:

El RPE és una eina utilitzada per mesurar la percepció de la intensitat de l'exercici. Els participants assignaran un valor numèric a la seva sensació d'esforç, amb 0 que representa estar en repòs total sense cap esforç percebut, i 10 que indica un esforç extrem, gairebé inabastable. Un valor de 5 s'associa a un exercici percebut com a pesat. Els participants indicaran amb el seu propi dit el nivell d'esforç que perceben abans de fer el trail running i just al finalitzar-lo.

### 9.4.3 I el dany muscular

En l'avaluació del dany muscular, es farà servir CK i LDH, dos biomarcadors que indiquen el grau de dany muscular i la producció d'àcid làctic com a resultat d'un esforç físic intens.

La CK és una enzima que es troba en diversos teixits del cos i que és llibera al torrent sanguini quan hi ha dany muscular. La seva presència en la sang indica l'extensió del dany als músculs. Per altra banda, el LDH és una enzima que està implicada en la producció d'àcid làctic durant l'exercici intens. La seva concentració en sang augmenta com a resposta a l'esforç físic.

- Avaluació:

Per avaluar aquests paràmetres, es duran a terme dues analítiques de sang, amb una extracció de 4 ml de sang, abans i després de completar el circuit de trail running a la muntanya de Montserrat. Aquestes analítiques seran fetes amb l'assistència d'un especialista sanitari i dues infermeres, companyes de la universitat Tecnocampus Mataró, garantint així una extracció de mostres segura i precisa. L'especialista sanitari serà l'encarregat d'omplir la taula de dades (Annex 5).

Les dades de les tres variables es recolliran dues hores abans de l'inici de l'entrenament de trail running, per establir una línia de base, i es tornaran a prendre al finalitzar la prova, per poder comparar els canvis experimentats després de l'esforç físic. Aquesta recollida de dades minuciosa i detallada permetrà una anàlisi exhaustiva dels efectes de l'activitat física sobre el dany muscular, oferint així una visió completa de la resposta fisiològica dels participants davant del repte de trail running a la muntanya de Montserrat.

#### 9.4.5 Control nutricional

Durant els tres dies previs a cada prova, es proporcionarà als participants una guia nutricional general que hauran de seguir per garantir condicions uniformes. Aquesta guia inclourà les següents recomanacions:

- Consum de 4-7 grams de carbohidrats per quilogram de pes corporal.
- Ingesta de proteïnes d'1,2-1,6 grams per quilogram de pes corporal.
- Hidratació amb un mínim de 2 litres de líquids al dia.

A més, s'indicarà als participants que descansin durant almenys 8 hores i que s'abstinguin de realitzar entrenaments durant les 72 hores prèvies a cada prova. Aquest enfocament té com a objectiu estandarditzar les condicions prèvies a les proves i minimitzar la variabilitat entre els participants (13).

#### 9.5 Recollida de dades

Per garantir la integritat del nostre estudi sobre els efectes de la cafeïna en el rendiment físic, he dissenyat un pla meticulós per a la recopilació de dades. Aquest procés abasta diverses variables clau, cada una essencial per a una comprensió completa dels resultats.

Els responsables de la recollida de dades seran companys del grau de Ciències de l'Activitat Física i de l'esport i del grau d'Infermeria de la Universitat Tecnocampus Mataró, ja companys graduats.

- Rendiment:

En primer lloc, la variable de rendiment serà meticulosament enregistrada en dues instàncies separades: una en la qual els participants han consumit cafeïna i una altra amb un placebo. Aquestes observacions seran facilitades per l'ús de tecnologia de punta, incloent-hi dispositius com el Garmin Forerunner 945 i el pulsòmetre Garmin HRM Dual. A través d'aquests aparells, capturarem dades precises sobre el temps, el ritme i la freqüència cardíaca durant la prova. A més, les dades s'emmagatzemaran automàticament a l'aplicació Garmin Connect mitjançant tecnologia Bluetooth. La

Claudia serà l'encarregada d'explicar-los el funcionament i el posicionament dels dispositius. Després de tenir la informació a l'aplicació serà traslladada a la taula de dades (Annex 3).

- **Fatiga:**

La variable de fatiga serà monitorada amb cura per un equip designat, un estudiant supervisant el procediment del test mentre que l'altre en registra les dades rellevants dels diferents tests. Aquestes observacions es realitzaran en quatre instàncies diferents: abans i després del trail running, tant amb cafeïna com amb placebo dues hores abans de realitzar el trail running. Recolliran tota la informació a la taula de dades (Annex 4).

- **Esforç:**

Per valorar l'esforç percebut: hi haurà un altre estudiant, qui anirà recollint les dades de l'esforç percebut abans i després de fer la prova, amb cafeïna i amb placebo. També es recollirà a la taula de dades (Annex 4).

- **Dany muscular:**

Finalment, per avaluar l'impacte de la cafeïna en el dany muscular, es portarà a cap una extracció sanguínia tres hores abans del trail running, després d'un període de dejuni, seguit d'un esmorzar estandarditzat. Aquest procés serà dut a terme per tres professionals qualificats en infermeria, garantint la integritat de les mostres. Les mostres s'emportaran al laboratori de l'hospital d'Igualada per a una anàlisi detallat i es reflectirà a la taula de dades (Annex 5).

Aquest esmorzar estandarditzat és una peça de fruita, dues llesques de pa al gust i un got de suc al gust (13).

### 9.5 Descripció dels grups d'estudi i proposta d'intervenció

El disseny d'aquest estudi consisteix a realitzar un circuit per la muntanya de 12,5 km, amb un desnivell acumulat de 600 m+ pel parc natural de Montserrat, amb la sortida i l'arriba al poble de Collbató. On els diferents 43 participants de l'estudi hauran de completar amb un monitoratge instantani.

El dia de la prova, els participants han de presentar-se al Pavelló Municipal de Collbató tres hores abans de la sortida per a l'extracció de sang, que es durà a terme amb l'assistència d'un especialista sanitari i dues infermeres. Aquesta extracció consistirà a obtenir 4 ml de sang per participant. Una hora després, tots els participants sotmetran a una sèrie de tests per avaluar diverses variables:

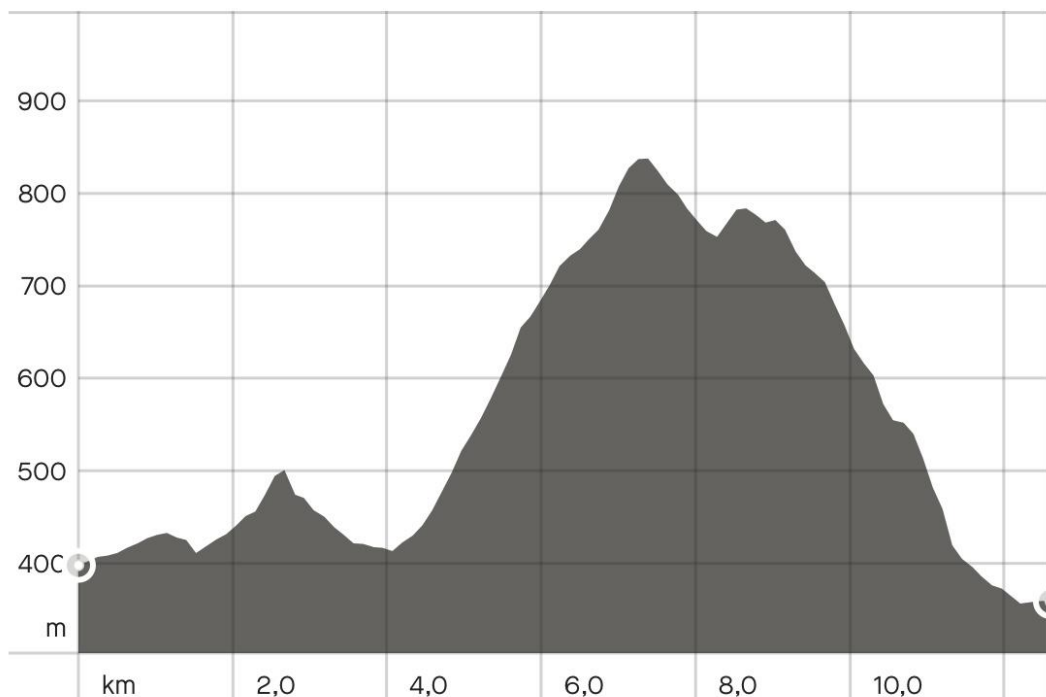
- El rendiment esportiu es mesurarà a través del temps de la prova, la freqüència cardíaca (FC), el ritme amb el rellotge Garmin i el pulsòmetre Garmin Dual. Comptarà amb l'ajuda de tres estudiants de CAFE de la Universitat Tecnocampus Mataró, per a una bona col·locació i explicació dels dispositius.

- Per avaluar la fatiga neuromuscular, es faran tests de salt CMJ i ABK, que mesuraran la potència, el temps de vol i l'alçada dels salts. A més, es recollirà la percepció subjectiva de l'esforç mitjançant l'escala de Borg per avaluar el RPE. Aquestes dades es recolliran amb el meu ordinador i amb una plataforma de força de la marca Vald Performance.
- El dany muscular el valorarem amb l'analítica, amb una extracció sanguínia de 4 ml que farem abans i després de dur a terme la prova. Concretament, la CK i LDH. Comptaré amb l'ajuda d'una especialista sanitària, i dues infermeres per a poder fer les analítiques.

Tots aquests tests es portaran a cap simultàniament i en les mateixes condicions climàtiques per assegurar la consistència dels resultats. També quedaran registrats en el següent annex, per tal de poder analitzar les dades amb posterioritat.

Seixanta abans de començar el trail running se'ls donarà a cada participant una ampolla d'aigua amb cafeïna o placebo soluble, ja que és el temps en fer efecte dintre de l'organisme. En aquesta ampolla s'introduirà el placebo Powdered en pols, o la cafeïna HSN en pols també amb una dosi de 4,5 mg.kg<sup>-1</sup>, barrejat amb 350 ml d'aigua.

El trail running que han de realitzar és per la muntanya de Montserrat i té el següent perfil:



**Figura 3:** Perfil Trail running Collbató

Tal com es pot veure és un perfil amb uns 820 metres de desnivell positius i amb 12,5 km per a realitzar. Abans de començar, jo mateixa els hi explicaré com funcionen els diferents dispositius (rellotge Garmin i Pulsòmetres Dual), per tal de poder monitorar la FC, el ritme i el temps en dur a terme el circuit. Just en finalitzar el circuit del trail running hauran de tornar a repetir els diferents tests, per tal de poder fer una comparació objectiva (extracció sanguínia, RPE, CMJ i ABK)

Es farà el mateix circuit dues vegades, amb una setmana de diferència, una amb cafeïna i un altre amb el placebo. En cap moment els participants sabran que estan prenent, per tal de no influir en els factors psicològics. Es donarà la cafeïna i el placebo diluïts en una ampolla d'aigua amb 350 ml d'aigua. Les dones ens hauran d'indicar en quina fase del cicle menstrual es troben per tal de tenir un millor control, i s'intentarà que totes facin les proves a la fase fol·licular del cicle menstrual (14). Durant el desenvolupament de la prova els participants no podran prendre cap mena d'alimentació ni gel; en canvi, sí que podran veure aigua en funció de les seves necessitats, és a dir, no es limita el seu consum.

També s'ha de considerar l'alimentació i la hidratació per a poder obtenir uns resultats amb un major grau d'especificitat. Amb l'ajuda d'una nutricionista, els participants el dia d'abans hauran de menjar per dinar 100 g de pasta amb tomàquet i per sopar 50 g d'arròs amb 200 g de pollastre. La seva hidratació haurà de ser de 2 litres. També hauran de descansar 8 hores, i estar sense entrenar 72 hores abans.

## 9.6 Anàlisi estadístic

Les dades recollides en l'estudi seran processades utilitzant el programari IBM SPSS 25.0 (15). Mitjançant aquesta eina, es durà a terme una anàlisi descriptiu per a les dades obtingudes, amb l'objectiu de presentar les mitjanes i les desviacions estàndard de les variables en funció del nivell dels participants i del seu sexe.

Per garantir la robustesa de l'anàlisi estadística, es durà a terme una comprovació de la normalitat de la distribució de les variables mitjançant la prova de Shapiro-Wilk. Aquesta prova permetrà avaluar si les dades segueixen una distribució normal, un requisit fonamental per a l'aplicació de determinats mètodes estadístics.

Posteriorment, s'aplicarà una anàlisi de la variància (ANOVA) de tres factors per a avaluar les possibles diferències entre les variables en funció del nivell dels participants, el tipus de suplementació fet servir i el sexe dels mateixos (16). Aquesta anàlisi permetrà determinar si hi ha una influència significativa dels diferents factors estudiats sobre les variables en anàlisi.

Es consideraran estadísticament significatives les diferències amb un valor de  $p < 0,05$ , segons el criteri estàndard en l'elaboració d'estudis científics. Així, aquesta metodologia estadística proporcionarà una comprensió més profunda de les relacions i els efectes entre les variables analitzades en l'estudi.

### 9.7 Consideracions ètiques

Abans de procedir amb la realització de l'estudi, és essencial obtenir l'aprovació del Comitè d'Ètica del Departament de Salut del Tecnocampus Mataró. Aquest pas és crucial per assegurar que tots els requisits ètics siguin complets de manera integral. Com a part d'aquest procés, es presenta el document pertinent en l'annex 1, el qual certifica la conformitat amb els estàndards ètics establerts amb tota la informació de l'estudi.

La investigació es durà a terme d'acord amb els principis ètics fonamentals consagrats en la Declaració de Helsinki de l'Associació Mèdica Mundial, revisada el 2013. Aquests principis constitueixen el marc ètic que guiarà cada fase de l'estudi, assegurant així el respecte absolut cap als participants involucrats. És de summa importància destacar que es garantirà en tot moment el dret dels participants a retirar-se voluntàriament de l'estudi si així ho desitgen, sense que aquesta decisió comporti cap mena de perjudici o alteració en el procediment que rebin. Aquest principi d'autonomia i llibertat de decisió dels participants es troba en consonància amb els preceptes ètics de la Declaració de Helsinki.

A més, es vetllarà pel respecte a la dignitat, integritat i drets dels participants en totes les etapes de la investigació. Qualsevol procediment o intervenció portarà implícit una anàlisi rigorós dels possibles riscos i beneficis, prioritzant sempre el benestar i la seguretat dels individus involucrats.

En cas que sorgissin situacions imprevistes o canvis en el protocol d'investigació, s'informarà de manera clara i comprensible als participants, assegurant així el seu ple coneixement i consentiment informat en tot moment. Aquest compromís amb la transparència i la comunicació ètica és fonamental per mantenir la confiança i la integritat de l'estudi.

A més és necessari que tots els participants signin un consentiment informat abans de participar en l'estudi. Aquest consentiment ha estat prèviament aprovat pel mateix Comitè de Salut del Tecnocampus, i el document relatiu s'adjunta igualment en l'annex 2. Aquest consentiment informat proporciona una clara exposició del tipus d'estudi, els procediments que es seguiran, els possibles riscos i beneficis associats, així com les mesures de seguiment que s'empraran. És imperatiu que aquest consentiment sigui signat per cada participant abans de l'inici de l'estudi, garantint així la seva comprensió i conformitat amb les condicions establertes.

Les dades només seran utilitzades amb finalitats de recerca, respectant sempre els drets i la privacitat dels participants. L'emmagatzematge d'aquestes dades es realitzarà de manera segura, assegurant la seva integritat i confidencialitat. Totes les dades recollides durant el transcurs del projecte seran manejades amb absoluta confidencialitat i només estaran accessibles per als investigadors autoritzats. En el marc d'aquest estudi, es garantirà la protecció de la informació personal dels participants conforme al Reglament General de Protecció de Dades (RGPD) de la Unió Europea 2016/679 i la Llei Orgànica 3/2018, així com a la legislació nacional pertinent.



# 10.Cronograma

Dies	Horari Octubre															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17 SEPT	07:00h															
	08:00h															
	09:00h															
	10:00h	X	X													
	11:00h															
	12:00h															
	13:00h															
	14:00h															
	15:00h															
	16:00h															
24 SEPT	07:00h															
	08:00h															
	09:00h			X												
	10:00h				X											
	11:00h															
	12:00h															
	13:00h															
	14:00h						X									
	15:00h															
	16:00h															

Dies	Horari Octubre																		
	Contacte dels subjectes de l'estudi	Enviament informació per correu electrònic	Valoració de criteris en persona	Signar consentiment informat i full informació de l'estudi	Assignació de grups	Recollida material Tecnocampus	Recollida material hospital Igualada	Preparació del material	Enviament guia nutricional	Reclutament participants	1a extracció sanguínea	1ers Tests CMJ, ABK i RPE	Administració placebo/cafeïna	Circuit trail running	2ns Tests CMJ, ABK i RPE	2a extracció sanguínea	Trasllat Analítiques Hospital	Recollida de dades	Anàlisi de dades
1 OCT	07:00h																		
	08:00h																		
	09:00h				X														
	10:00h					X													
	11:00h																		
	12:00h																		
	13:00h																		
	14:00h																		
	15:00h																		
16:00h																			
2 OCT	07:00h																		
	08:00h																		
	09:00h																		
	10:00h						X												
	11:00h																		
	12:00h																		
	13:00h																		
	14:00h																		
	15:00h																		
16:00h																			

Dies	Horari Octubre																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
3 OCT	07:00h																			
	08:00h																			
	09:00h							X												
	10:00h																			
	11:00h																			
	12:00h																			
	13:00h																			
	14:00h																			
	15:00h																			
	16:00h																			
6 OCT	07:00h									X										
	08:00h									X										
	09:00h										X									
	10:00h											X								
	11:00h												X							
	12:00h																			
	13:00h														X					
	14:00h															X	X			
	15:00h																		X	
	16:00h																			X

Dies	Horari Octubre																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
10 OCT	07:00h																	
	08:00h																	
	09:00h							X										
	10:00h																	
	11:00h																	
	12:00h																	
	13:00h																	
	14:00h																	
	15:00h																	
16:00h																		
13 OCT	07:00h								X									
	08:00h								X									
	09:00h									X								
	10:00h										X							
	11:00h											X						
	12:00h												X					
	13:00h													X				
	14:00h														X			
	15:00h															X		
16:00h																X		

## 11.Pressupost

S'ha separat el material i el personal segons les diferents variables per a una millor comprensió:

- Rendiment→Material

**Taula 2:** Material rendiment

<b>MATERIAL</b>	<b>PREU-UNITAT</b>	<b>PÀGINA WEB</b>	<b>PREU TOTAL</b>
Garmin Forerunner 945	433,95 €	(17)	Patrocini gratuït
Pulsòmetre HRM Dual	55,95 €	(18)	Patrocini gratuït
Taula dades i bolígraf	-	-	-

El rellotge Garmin Forerunner 945 i el pulsòmetre Garmin HRM Dual ens el deixarà la mateixa marca Garmin per tal de poder fer patrocini i propaganda a l'estudi, en finalitzar-lo els haurem de tornar. Amb el rellotge es mesura el temps i el ritme, i amb el pulsòmetre la FC.

La taula de dades serà un document per l'anotació dels diferents resultats que vagin obtenint els participants després del trail running.

- Rendiment→Personal

**Taula 3:** Personal rendiment

<b>PERSONAL</b>	<b>DEDICACIÓ</b>	<b>ACCIÓ</b>
CAFE	Entrenadora personal	Explicació per a la utilització del rellotge i pulsòmetre
Nutricionista	Dietes i suplementació	Nutrició i suplementació de tot el procés de l'estudi.

L'estudiant de CAFE de la Universitat Tecnocampus Mataró, serà responsable d'explicar als participants com utilitzar correctament el rellotge Garmin i els pulsòmetres Dual durant el desenvolupament del circuit de trail running. La seva tasca consistirà a assegurar que els participants puguin monitorar la seva freqüència cardíaca, el ritme i el temps durant la prova, garantint així una recopilació de dades precisa i fiable.

Per altra banda, la nutricionista encarregada de supervisar la nutrició i suplementació de tot el procés de l'estudi, jugarà un paper crucial en l'òptima preparació dels participants. Patricia assegurarà que la dieta i la suplementació dels participants estiguin adequades per a les exigències de la prova i els objectius de l'estudi, contribuint a una millor comprensió dels efectes de la cafeïna i el placebo en el rendiment físic dels participants.

- Fatiga → Material

**Taula 4:** Material fatiga

MATERIAL	PREU-UNITAT	PÀGINA WEB	PREU TOTAL
Plataforma de força Vald Performance	-	-	Deixat per la Universitat Tecnocampus Mataró
Ordinador	-	-	Utensili propi
Taula dades i bolígraf	-	-	-

La plataforma de força Vald Performance ens el deixarà la Universitat Tecnocampus Mataró per a la realització de l'estudi. En finalitzar els diferents tests s'ha de tornar.

La taula de dades serà un document per l'anotació dels diferents resultats que vagin obtenint els participants després del trail running, aquestes dades aniran sortint a l'ordinador a mesura que es vagin fent el test de manera sistemàtica.

- Fatiga → Personal

**Taula 5:** Personal fatiga

PERSONAL	DEDICACIÓ	ACCIÓ A REALITZAR
CAFE	Entrenador personal	Explicació i correcció dels tests
CAFE	Rehabilitador de lesions	Apuntar els resultats dels diferents tests amb la plataforma de força
CAFE	Rehabilitador de lesions	Apuntar resultats de RPE.

L'estudiant de CAFE de la Universitat Tecnocampus Mataró, serà encarregat d'explicar i corregir els diferents tests realitzats durant l'estudi. La seva responsabilitat inclourà assegurar que els participants facin els tests de manera adequada. L'altre estudiant del CAFE, tindrà la tasca d'apuntar els resultats dels diferents tests que aniran sortint en la pantalla de l'ordinador de manera sistemàtica a la taula de

dades. La seva funció serà garantir que els resultats es registrin de manera sistemàtica i eficient, assegurant una recopilació de dades completa per a l'estudi.

I l'últim estudiant del CAFE, serà responsable d'apuntar els resultats de la Percepció Subjectiva de l'Esforç (RPE). La seva tasca consistirà a registrar les respostes dels participants respecte al seu nivell de percepció d'esforç abans i després de la prova trail running, proporcionant així una valuosa informació sobre la seva percepció de la intensitat de l'exercici.

- Dany muscular → Material

**Taula 6:** Material dany muscular

<b>MATERIAL</b>	<b>PREU-UNITAT</b>	<b>PÀGINA WEB</b>	<b>PREU TOTAL</b>
D'extracció sanguínia (Guants, porta tubs, agulles hipodèrmiques, torniquet, gases, antisèptic, etiquetes d'identificació de les mostres.	-	-	Deixat des de l'Hospital Universitari d'Igualada

Els materials necessaris per a l'extracció sanguínia inclouen guants, porta tubs, agulles hipodèrmiques, torniquet, gases, antisèptic i etiquetes d'identificació de les mostres. Aquests elements són essencials per a assegurar un procediment d'extracció de sang segur i eficaç durant l'estudi. A més, s'ha rebut un subministrament d'aquests materials de l'Hospital Universitari d'Igualada, contribuint a la disponibilitat i adequació dels recursos per a l'execució de l'extracció sanguínia amb èxit.

- Dany muscular→Personal

**Taula 7:** Personal dany muscular

PERSONAL	DEDICACIÓ	ACCIÓ A REALITZAR
Especialista sanitari	Instrumentalista	Ajuda a les extraccions sanguínies
Infermera	Infermera	Analítiques i portar les extraccions al laboratori de L'hospital Universitari d'Igualada
Infermera	Infermera	Analítiques i portar les extraccions al laboratori de L'hospital Universitari d'Igualada.

L'especialista sanitari, col·laborarà en l'extracció de mostres sanguínies durant l'estudi, aportant la seva experiència i habilitats per a garantir un procediment segur i eficaç. Les infermeres, seran responsables de realitzar les analítiques i portar les mostres extretes al laboratori de l'Hospital Universitari d'Igualada. La seva tasca serà vital per a assegurar que les mostres siguin processades adequadament i que els resultats siguin disponibles per a l'anàlisi posterior.

On en l'encarregat del laboratori ja ens estarà esperant per a fer l'anàlisi de les extraccions sanguínies.

## 12. Limitacions i perspectives de futur

Les limitacions imprevistes durant la realització d'aquest projecte podrien presentar-se en diverses formes, però una de les més rellevants és l'impacte de les condicions meteorològiques adverses. Forts vents o temperatures elevades podrien influir significativament en el desenvolupament de l'estudi, ja que aquests factors podrien afectar la capacitat dels participants per a completar el circuit de trail running amb precisió i seguretat. A més, les condicions climàtiques extremes també podrien alterar els resultats dels tests fisiològics realitzats durant la prova, pel fet que el cos dels participants podria reaccionar de manera diferent davant de condicions ambientals poc habituals.

Quant a l'aplicació dels resultats de l'estudi, és important destacar que els seus efectes se centrarien especialment en el rendiment esportiu, amb un enfocament particular en atletes. Aquest grup de població és el més interessat a comprendre els efectes de la cafeïna sobre la resistència i la capacitat



aeròbica, ja que aquesta substància pot millorar significativament la producció d'energia durant l'entrenament. Així, la investigació s'orienta a proporcionar una base científica sòlida per a aquesta comunitat, amb l'objectiu de millorar el seu rendiment esportiu i la seva preparació física.

Per tal d'ampliar els resultats i obrir noves línies de recerca, seria interessant considerar l'execució d'un ultra trail de 80 quilòmetres en lloc d'un circuit de 12,5 quilòmetres. Aquesta ampliació permetria explorar si els efectes observats de la cafeïna sobre el rendiment i la fatiga muscular es mantenen en un context d'esforç físic més intens i prolongat. A més, la comparació entre les respostes dels participants en ambdós tipus de circuits podria oferir insights valuosos sobre com la durada i la intensitat de l'activitat física poden influir en l'eficàcia de la cafeïna com a suplement ergogènic. En definitiva, aquesta ampliació del disseny experimental podria enriquir significativament les conclusions de l'estudi i contribuir al desenvolupament de futurs treballs en aquest àmbit.

En el camp de la nutrició esportiva, els resultats podrien proporcionar informació crucial sobre l'eficàcia de la cafeïna com a suplement per millorar el rendiment en l'esport del trail running. Això permetria als professionals de la salut i l'entrenament esportiu prescriure la cafeïna de manera més precisa i personalitzada als corredors, tenint en compte el seu sexe i nivell d'experiència esportiva.

D'altra banda, en l'àmbit de la medicina esportiva, els resultats podrien influir en la prescripció de tractaments i estratègies preventives per a la fatiga i el dany muscular en aquest tipus d'esportistes. Si s'evidencia que la cafeïna pot reduir la fatiga i minimitzar el dany muscular, això podria tenir implicacions directes en la prevenció de lesions i la millora del temps de recuperació després de les competicions.

Finalment, en el camp de la investigació esportiva, els resultats d'aquest estudi podrien obrir la porta a futures investigacions sobre altres suplementos o estratègies ergogèniques en el trail running, així com a l'estudi més profund de les diferències de gènere i nivell d'experiència en aquest esport.

En resum, els resultats d'aquest estudi podrien tenir un impacte significatiu en la pràctica professional, influint en la prescripció de suplementos, tractaments i estratègies d'entrenament per als corredors de trail running, així com en la direcció de futura investigació en aquest camp.

### 13. Referència Bibliogràfica

1. Guest N, Corey P, Vescovi J, El-Sohemy A. Caffeine, CYP1A2 Genotype, and Endurance Performance in Athletes. *Med Sci Sports Exerc.* agosto de 2018;50(8):1570.
2. Guest NS, VanDusseldorp TA, Nelson MT, Grgic J, Schoenfeld BJ, Jenkins NDM, et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr.* 2 de enero de 2021;18:1.
3. Burke LM. Caffeine and sports performance. *Appl Physiol Nutr Metab.* diciembre de 2008;33(6):1319-34.
4. Pickering C, Grgic J. Caffeine and Exercise: What Next? *Sports Med Auckl Nz.* 2019;49(7):1007-30.
5. Wang Z, Qiu B, Gao J, Del Coso J. Effects of Caffeine Intake on Endurance Running Performance and Time to Exhaustion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients.* 28 de diciembre de 2022;15(1):148.
6. Martins GL, Guilherme JPLF, Ferreira LHB, de Souza-Junior TP, Lancha AH. Caffeine and Exercise Performance: Possible Directions for Definitive Findings. *Front Sports Act Living.* 11 de diciembre de 2020;2:574854.
7. Collomp K, Ahmaidi S, Chatard JC, Audran M, Préfaut C. Benefits of caffeine ingestion on sprint performance in trained and untrained swimmers. *Eur J Appl Physiol.* 1992;64(4):377-80.
8. Jodra P, Lago-Rodríguez A, Sánchez-Oliver AJ, López-Samanes A, Pérez-López A, Veiga-Herreros P, et al. Effects of caffeine supplementation on physical performance and mood dimensions in elite and trained-recreational athletes. *J Int Soc Sports Nutr.* 3 de enero de 2020;17(1):2.
9. Pradas F, Falcón D, Peñarrubia-Lozano C, Toro-Román V, Carrasco L, Castellar C. Effects of Ultratrail Running on Neuromuscular Function, Muscle Damage and Hydration Status. Differences According to Training Level. *Int J Environ Res Public Health.* 12 de mayo de 2021;18(10):5119.
10. Jiménez-Alfageme R, Rubio-Quintanilla N, Romero-García D, Sanchez-Oliver AJ, Sospedra I, Martínez-Sanz JM. Are the Consumption Patterns of Sports Supplements Similar among Spanish Mountain Runners? *Nutrients.* 4 de enero de 2023;15(2):262.
11. Universität Düsseldorf: G\*Power [Internet]. [citado 14 de abril de 2024]. Disponible en: <https://www.psychologie.hhu.de/arbeitsgruppen/allgemeine-psychologie-und-arbeitspsychologie/gpower>

12. Bosco C, Luhtanen P, Komi PV. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol*. 1983;50(2):273-82.
13. Costa RJS, Knechtle B, Tarnopolsky M, Hoffman MD. Nutrition for Ultramarathon Running: Trail, Track, and Road. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 1 de marzo de 2019;29(2):130-40.
14. Wohlgemuth KJ, Arieta LR, Brewer GJ, Hoselton AL, Gould LM, Smith-Ryan AE. Sex differences and considerations for female specific nutritional strategies: a narrative review. *J Int Soc Sports Nutr*. 1 de abril de 2021;18(1):27.
15. IBM SPSS Statistics [Internet]. [citado 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/products/spss-statistics>
16. ANOVA (Análisis de la varianza) - Simplemente explicado - DATAtab [Internet]. [citado 6 de mayo de 2024]. Disponible en: <https://datatab.es/tutorial/anova>
17. deporvillage.com [Internet]. [citado 30 de abril de 2024]. Garmin Forerunner 945 LTE | Deporvillage. Disponible en: <https://www.deporvillage.com/garmin-forerunner-945-lte>
18. deporvillage.com [Internet]. [citado 30 de abril de 2024]. Pulsómetro Garmin HRM-Dual | Deporvillage. Disponible en: <https://www.deporvillage.com/pulsometro-garmin-hrm-dual>

## **14. Annex**

### **ANNEX 1: Full d'informació de l'estudi**

TÍTUL DE L'ESTUDI: Efectes de la suplementació de la cafeïna sobre el rendiment, fatiga i dany muscular en corredors de trail running comparant entre sexes i nivell esportiu

INVESTIGADORA: Sandra Galcerán Mendizábal / CONTACTE: 645235096

CENTRE de treball de l'investigador: Tecnocampus Mataró

#### 1. INTRODUCCIÓ

Ens dirigim a vostè per informar-lo sobre l'estudi d'investigació que duran a terme l'autor del mateix mencionat anteriorment. L'única intenció és que vostè rebi la informació correcta i suficient per poder avaluar i jutjar si desitja o no que les seves dades s'inclouen en el nostre estudi.

Per això, li preguem que llegeixi aquest full informatiu amb atenció, podent consultar amb les persones que consideri oportunes, i li aclarirem els dubtes que li puguin sorgir.

#### 2. OBJECTIUS

Determinar l'eficàcia de la cafeïna centrant-nos a augmentar el rendiment esportiu, reduir la fatiga neuromuscular i prevenir el dany muscular comparat amb el grup control. Resoldre les diferències entre sexes i nivell esportiu.

#### 3. PARTICIPACIÓ VOLUNTÀRIA

Cal que sàpiga que la seva participació en aquest estudi és totalment voluntària, i que pot decidir no participar, o canviar la seva decisió i retirar el seu consentiment en qualsevol moment.

#### 4. DESCRIPCIÓ GENERAL DE L'ESTUDI

L'estudi consisteix a avaluar l'eficàcia de la cafeïna en corredors i corredores de trail running tant a escala amateur com alt nivell esportiu. Si decideix participar seràs assignat en un d'aquests quatre grups:

1. Grup de Dones en alt nivell esportiu
2. Grup de dones amateurs
3. Grup d'homes en alt nivell esportiu
4. Grup d'homes amateurs.

A partir d'aquí, es duran a terme dues intervencions amb una setmana de diferència, en les quals rebràs cafeïna HSN en pols amb una dosi de 4.5 mg/kg-1 o un placebo Powdered, contingut dins d'una ampolla d'aigua amb 350 ml.

Tres dies abans de cada intervenció, se t'oferirà una guia nutricional general amb pautes a seguir. El dia de l'estudi, hauràs de presentar-te tres hores abans de cada intervenció per a realitzar una extracció sanguínia de 4 ml, necessària per a l'anàlisi posterior. Aquesta extracció sanguínia es durà a terme dues hores abans de l'inici dels tests de salt de CMJ i ABK, així com l'avaluació del RPE de la sensació d'esforç percebut.

Seixanta minuts abans de l'inici de la prova de trail running, se t'administrarà la cafeïna o el placebo, i després es farà un recorregut per la muntanya de Montserrat amb una distància de 12,5 km. Durant aquest recorregut, portaràs un rellotge i un pulsòmetre per a l'anàlisi de les teves dades de ritme, temps i freqüència cardíaca (FC). En finalitzar el circuit, es repetiran els tests de salt i la percepció de l'esforç, a més de portar a cap una segona extracció sanguínia. Una setmana després, es repetirà el mateix procediment sense conèixer en cap moment si s'està prenent cafeïna o placebo, per tal de no influir en els resultats. A més, ha de conèixer que, tot i que les seves dades es recolliran al complet, en l'estudi no figuraran les seves dades personals, ja que les sotmetrem a un procés d'anonimització de manera que ningú extern al projecte pugui relacionar-la amb el mateix.

## 5. BENEFICIS I RISCS

Els beneficis de participar amb l'estudi és saber sobre el teu organisme quins són els beneficis de la suplementació de la cafeïna, i d'aquesta manera com poder millorar sobre el rendiment, tenir menys fatiga i dany muscular.

Els riscos associats amb la participació en aquest estudi són mínims, ja que estan relacionats principalment amb la ingesta de la cafeïna i la fatiga muscular. Cal que sàpiga que sempre que ho desitgi podrà interrompre la seva participació en el projecte.

## 6. CONFIDENCIALITAT I TRACTAMENT DE DADES

El tractament, la comunicació i la cessió de les dades de caràcter personal de tots els participants es regiran pel Reglament General de Protecció de Dades (RGPD), que va entrar en vigor el 25 de maig de 2018, derogant la Llei Orgànica 15/1999, del 13 de desembre, relativa a la protecció de les persones físiques en el que respecta al tractament de les dades personals. D'acord amb el que estableix la legislació esmentada, vostè pot exercir els drets d'accés, modificació, oposició i cancel·lació de les dades, per al que s'haurà de dirigir a la responsable de l'estudi, per deixar constància de la seva decisió.

## ANNEX 2: consentiment informat

### DECLARACIÓ DE CONSENTIMENT INFORMAT

Jo, .....amb DNI nº.....

Manifesto que he llegit i entès el full d'informació que se m'ha entregat, que he fet les preguntes que em van sorgir sobre el projecte i que he rebut informació suficient sobre el mateix.

Comprendo que la meua participació és totalment voluntària, que puc retirar-me de l'estudi quan vulgui sense haver de donar explicacions i sense que això repercuteixi en els meus cuidats mèdics. Presto lliurement el meu consentiment per participar en el Projecte d'Investigació titulat **"Efectes de la suplementació de la cafeïna sobre el rendiment, fatiga i dany muscular en corredors de trail running comparant entre sexes i nivell esportiu"**

També se m'ha informat que les meves dades personals seran protegides i incloses en un fitxer que ha d'estar subjecte a i amb les garanties del Reglament General de Protecció de Dades (RGPD), que va entrar en vigor el 25 de maig de 2018 i que suposa la derogació de la Llei Orgànica 15/1999, del 13 de desembre, referida a la protecció de les persones físiques pel que fa al tractament de dades personals.

Tenint en compte això, OTORGO el meu CONSENTIMENT per cobrir els objectius especificats en el projecte.

Collbató, a      de      de 2024

### ANNEX 3: taula de dades rendiment

RENDIMENT			
	TEMPS	RITME	FC
Participant 1			
Participant 2			
Participant 3			
Participant 4			
Participant 5			
Participant 6			
Participant 7			
Participant 8			
Participant 9			
Participant 10			
Participant 11			
Participant 12			
Participant 13			
Participant 14			
Participant 15			
Participant 16			
Participant 17			
Participant 18			
Participant 19			
Participant 20			
Participant 21			
Participant 22			
Participant 23			
Participant 24			
Participant 25			
Participant 26			
Participant 27			
Participant 28			
Participant 29			
Participant 30			
Participant 31			
Participant 32			
Participant 33			
Participant 34			
Participant 35			
Participant 36			
Participant 37			
Participant 38			
Participant 39			
Participant 40			
Participant 41			
Participant 42			
Participant 43			

#### ANNEX 4: Taula de dades fatiga

	FATIGA						RPE
	CMJ			ABK			
	POTÈNCIA	ALÇADA DE VOL	TEMP S DE VOL	POTÈNCIA	ALÇADA DE VOL	TEMP S DE VOL	
Participant 1							
Participant 2							
Participant 3							
Participant 4							
Participant 5							
Participant 6							
Participant 7							
Participant 8							
Participant 9							
Participant 10							
Participant 11							
Participant 12							
Participant 13							
Participant 14							
Participant 15							
Participant 16							
Participant 17							
Participant 18							
Participant 19							
Participant 20							
Participant 21							
Participant 22							
Participant 23							
Participant 24							
Participant 25							
Participant 26							
Participant 27							
Participant 28							
Participant 29							
Participant 30							
Participant 31							
Participant 32							
Participant 33							
Participant 34							
Participant 35							
Participant 36							
Participant 37							
Participant 38							
Participant 39							
Participant 40							
Participant 41							
Participant 42							
Participant 43							



## ANNEX 5: Taula de dades dany muscular

DANY MUSCULAR		
	CK	LDH
Participant 1		
Participant 2		
Participant 3		
Participant 4		
Participant 5		
Participant 6		
Participant 7		
Participant 8		
Participant 9		
Participant 10		
Participant 11		
Participant 12		
Participant 13		
Participant 14		
Participant 15		
Participant 16		
Participant 17		
Participant 18		
Participant 19		
Participant 20		
Participant 21		
Participant 22		
Participant 23		
Participant 24		
Participant 25		

Participant 26		
Participant 27		
Participant 28		
Participant 29		
Participant 30		
Participant 31		
Participant 32		
Participant 33		
Participant 34		
Participant 35		
Participant 36		
Participant 37		
Participant 38		
Participant 39		
Participant 40		
Participant 41		
Participant 42		
Participant 43		