



**Universitat de les
Illes Balears**

Efectes dels superaliments (alga clorel·la i cianobacteri espirulina) en atletes amb deficiència de ferro

Margalida Morey Cortès

Enginyera Agrònoma, 2010, Universitat de Lleida

Memòria del Treball de Final de Màster

Màster Universitari de Nutrició Humana i Qualitat dels Aliments

de la

UNIVERSITAT DE LES ILLES BALEARS

Juny, 2017

Signatures

Autor _____ Margalida Morey Cortès
01/06/2017

Certificat _____
Josep Vidal Conti
Tutor del Treball

Acceptat _____
Josep Antoni Tur Mari
Director del Màster Universitari de Nutrició Humana i Qualitat dels Aliments

ÍNDIX

1. Antecedents.....	3
1.1. Marc teòric de l'estudi.....	3
1.1.1. El metabolisme del ferro.....	3
1.1.1.1. Distribució del ferro en l'organisme.....	3
1.1.1.2. Cicle biològic del ferro.....	4
1.1.1.3. Absorció del ferro.....	6
1.1.1.4. Deficiència de ferro.....	9
1.1.1.5. Anèmia dels esportistes.....	15
1.1.2. Superaliments.....	19
1.1.2.1. Espirulina.....	20
1.1.2.2. Clorel·la.....	27
1.2. Problemàtica de l'estudi.....	30
1.3. Àrea d'estudi.....	32
1.4. Justificació de l'estudi.....	32
2. Bibliografia.....	34
3. Hipòtesi de treball.....	41
4. Objectius.....	43
5. Material i mètodes.....	44
5.1. Material.....	44
5.2. Mètodes.....	44
5.3. Subjectes d'estudi.....	45
5.4. Variables.....	45
5.5. Recollida i anàlisi de dades.....	47
5.6. Limitacions de l'estudi.....	48
5.7. Fortaleses de l'estudi.....	48
6. Pla de treball i calendari d'actuació.....	53
6.1. Etapes de desenvolupament.....	53
6.2. Distribució de tasques i lloc de treball.....	54

1. Antecedents

1.1. Marc teòric de l'estudi

1.1.1. El metabolisme del ferro

El ferro és un micronutrient essencial per la vida. Això és degut a què intervé en el transport d'oxigen, la síntesi de ADN, la respiració cel·lular i en la majoria dels processos d'oxidació-reducció. Encara que, per altra part, l'excés d'aquest metall també pot ocasionar importants alteracions orgàniques. Per aquests motius, el ferro és un dels nutrients més investigats i millor coneguts (*Mataix, 2009*).

1.1.1.1. Distribució del ferro en l'organisme

En un individu normal el contingut total de ferro oscil·la entre 3,5 i 4 g en les dones i entre 4 i 5 g en els homes. D'aquest ferro total, podem diferenciar-ne dues formes de trobar-lo en l'organisme; una primera i majoritària en forma funcional i, l'altra, en forma de reserva. El ferro funcional o d'utilització comprèn aproximadament un 80% del total, mentre que els dipòsits de ferro el 20% restant (*Forrellat et al., 2000*).

Del ferro funcional, un 80% forma part de l'hemoglobina, un 12,5% es troba contingut en la mioglobina dels músculs i un 7,5% es distribueix en els citocroms i en els diferents enzims que el requereixen com a cofactor. Només entre un 0,1 i un 0,2% es troba unit a la transferrina com a ferro circulant.

L'hemoglobina és un tetràmer format per quatre cadenes de globina i cada una d'elles associada a un grup hemo amb un àtom de ferro. Aquesta proteïna es troba en els eritròcits i la seva funció principal és transportar l'oxigen des dels pulmons a la resta de teixits.

La mioglobina és una altra proteïna constituïda per una molècula de globina i un grup hemo. La seva funció és transportar i emmagatzemar l'oxigen per ser utilitzat durant la contracció muscular.

Un altre grup de molècules amb importants funcions metabòliques són els citocroms. Aquests es troben formats bàsicament per una molècula de globina i un grup hemo i intervenen en els processos de transport d'electrons.

Les catalases i peroxidases són alguns dels enzims en els quals el ferro intervé com a cofactor. Aquests enzims no serien metabòlicament actius en absència d'aquest metall.

Per altra part, el ferro de reserva o tissular es troba un 60% en el fetge formant part de les cèl·lules del parènquima hepàtic i un 40% en els macròfags del sistema reticle endotelial. Aquest ferro es troba unit a proteïnes específiques; la ferritina i l'hemosiderina. La ferritina conté el 95% del ferro hepàtic mentre que la seva forma degradada, l'hemosiderina, conté el 5% restant.

La ferritina està formada per 24 subunitats polipeptídiques les quals formen una cavitat esfèrica on s'emmagatzema el ferro lliure. És la principal proteïna que emmagatzema ferro a l'interior de les cèl·lules de forma segura. Una molècula de ferritina pot arribar a contenir 4500 àtoms de ferro els quals es troben majoritàriament en forma de fosfat hidratat polimolecular i òxid fèrric.

Quan el contingut de ferro supera aproximadament els 4000 àtoms de ferro, la molècula de ferritina es degradada pels enzims lisosomals i es forma l'hemosiderina. L'hemosiderina és una proteïna insoluble i les formes químiques del ferro que conté són menys reactives que les de la ferritina (*Boccio et al., 2003*).

El ferro que es troba en circulació ho fa gràcies a la transferrina, una glicoproteïna que presenta dos dominis homòlegs d'unió pel ferro fèrric. Es denomina apotransferrina a la proteïna que no conté ferro, transferrina monofèrica quan conté un àtom de ferro i difèrrica quan en conté dos.

1.1.1.2. Cicle biològic del ferro

Degut a l'elevat potencial redox del ferro i a la facilitat que presenta per promoure la formació de composts tòxics altament reactius, hi ha d'haver un potent

sistema regulador per controlar el metabolisme del ferro. El cicle de circulació entre les diferents formes que es troba el ferro és pràcticament tancat i molt eficient. Una de les peculiaritats del metabolisme d'aquest mineral és la carència d'un mecanisme específic d'excreció. És degut això que l'absorció del ferro a través de la mucosa intestinal és el principal punt de regulació el qual permet l'homeòstasi d'aquest element en l'organisme.

De totes formes, existeixen pèrdues de ferro a través dels enterocits que es descamen de la mucosa intestinal, de l'orina i la suor o descamació cutània, les quals només suposen entre 1 i 2 mg de ferro al dia (*Paredes, 2009*). A més, en les dones en edat reproductiva, la menstruació pot donar lloc a unes pèrdues addicionals de fins a 1 mg al dia. Finalment, també es poden donar situacions particulars (hemorràgies, infeccions per paràsits hematòfags, donacions de sang, presa regular d'alguns medicaments,...) que comportin un augment de les pèrdues de ferro.

Del ferro que s'ingereix (aproximadament uns 10-14 mg/dia) només se n'absorbeix entre 1 i 2 mg el que representa aproximadament entre un 10 i un 15%. Però, encara que la proporció de ferro absorbit sigui tan baixa, és suficient quantitat per reposar les pèrdues. Part del ferro absorbit, queda a formar part dels enterocits de la mucosa intestinal com a ferritina enterocitària i hemosiderina. Una altra part és transportat a través del plasma mitjançant la transferrina cap als diferents teixits i òrgans. El ferro que arriba a la medul·la òssia s'utilitza en la síntesi d'hemoglobina i la formació d'eritròcits, el que arriba a les cèl·lules del sistema reticle endotelial, al fetge i a la melsa passa a formar part dels dipòsits i la resta es requereix en totes les cèl·lules per la síntesi d'enzims que presenten el ferro com a cofactor.

Un cop han passat els 120 dies de vida mitja dels eritròcits, el ferro es cedit als fagòcits del sistema reticle endotelial. D'aquesta forma s'obté la major part dels requeriments de ferro; un promig de 20 mg diaris provenen de l'hemoglobina reciclada. El ferro dipositat en forma de ferritina pot ser utilitzat fàcilment per poder cobrir qualsevol de les necessitats funcionals orgàniques i cel·lulars. En canvi, l'hemosiderina presenta una baixa mobilitat.

1.1.1.3. Absorció del ferro

Per poder comprendre completament el metabolisme del ferro i concretament el procés d'absorció, s'ha de diferenciar entre el ferro hemo i el ferro no hemo o inorgànic. Aquests, segueixen una ruta diferent alhora de la seva transferència a través de les cèl·lules de la mucosa intestinal. L'absorció del ferro té lloc al llarg de tot l'intestí però, és més eficient al llarg del duodè i a la part alta del jejú (*Forrellat et al., 2000*).

El ferro hemo és el que es troba present només en els aliments d'origen animal i forma part de l'hemoglobina, la mioglobina, dels citocroms i altres hemoproteïnes. El grup hemo present en aquestes proteïnes està format per un anell orgànic anomenat protoporfirina i un àtom de ferro en estat ferrós. L'àtom de ferro presenta sis unions; quatre formen la molècula de protoporfirina, una amb el nitrogen de la fracció proteica i l'altra queda lliure per unir-se amb l'oxigen.

El ferro inorgànic és aquell que no es troba unit al grup hemo i està present en productes d'origen vegetal i en alguns d'origen animal com la llet i els ous. Està format principalment per sals inorgàniques de ferro amb la forma fèrrica i el trobem en enzims relacionats amb el metabolisme oxidatiu.

El ferro hemo, en estat ferrós, és soluble en el medi àlcali de l'intestí i, motiu pel qual és absorbit al voltant d'un 20% del total ingerit. La seva absorció es dona en forma d'estructura porfirínica intacta a través de receptors específics que es troben a la mucosa intestinal. Aquest tipus d'absorció es troba poc influenciada pels factors luminals, en gran part perquè la forma en que està el ferro no pot ser quelatada pels diferents lligands. Una vegada el ferro es troba a l'interior de l'enterocit és degradat per l'hemoxygenasa a ferro, monòxid de carboni i bilirubina.

En canvi, el ferro no hemo és insoluble en el medi de l'intestí i per ser absorbit ha de passar primer a la forma ferrosa. Sinó, aquest precipita i és eliminat juntament amb la femta (menys d'un 5% del ferro inorgànic ingerit és absorbit). Per tant, en aquest cas, intervenen les proteases i l'àcid clorhídric de l'estómac que permeten alliberar el ferro de la matriu alimentària i passar-lo a la seva forma reduïda (Fe^{2+}). Encara que també pot ser reduït per una reductasa que es troba a la membrana apical de l'enterocit.

Una vegada es troba en la forma ferrosa, és transferit al citoplasma enterocitari pel transportador de cations divalents (DCT-1, divalent cation transporter-1).

Finalment, una vegada el ferro es troba a l'interior de l'enterocit (tant el derivat del ferro lliure com el ferro hemínic) pot passar a formar part dels dipòsits intraenterocítics com a ferritina o és exportat al plasma a través de la ferroportina. Una vegada es troba a l'espai extracel·lular, el ferro és reduït gràcies a la ferroxidasa. D'aquesta forma es pot incorporar a l'apotransferrina per donar lloc a la transferrina.

Hi ha diversos factors que afecten a l'absorció del ferro. Un d'ells és el tipus de ferro ingerit (hemo o no hemo), el qual ja s'ha detallat en els paràgrafs anteriors. Altres factors són l'estat nutricional de l'organisme per aquest element i la presència d'activadors i/o inhibidors de l'absorció existents en el lumen intestinal juntament amb el ferro. A més, aquests factors es poden trobar interrelacionats entre ells i actuar simultàniament.

En condicions de deficiència de ferro, es dona un augment en l'absorció i el transport, encara que del ferro no hemo en major proporció. En canvi, en condicions de saturació dels dipòsits, només una petita quantitat de ferro es troba biodisponible. Aquesta regulació de l'absorció es creu que té lloc mitjançant mecanismes hormonals, concretament a través de l'hepcidina i altres proteïnes, les quals són majoritàriament sintetitzades pels hepatòcits.

En referència als factors alimentaris, s'ha de diferenciar el ferro hemo del no hemo. En el cas del ferro hemo, l'absorció es veu molt poc influenciada pels aliments ingerits; només es veu mínimament incrementada per proteïnes d'origen animal i lleugerament inhibida pel calci. Per altra part, l'absorció del ferro no hemo es veu notablement influenciada per la dieta; l'àcid ascòrbic, les proteïnes d'origen animal, els àcids orgànics (cítric, màlic, tartàric) i l'alcohol (en consum moderat) potencien l'absorció. En canvi, els fitats, oxalats, polifenols, proteïnes vegetals i diversos minerals (zinc, manganès, magnesi, coure, calci) inhibeixen l'absorció.

L'àcid ascòrbic, a més de reduir el ferro a la forma ferrosa, també permet la seva quelació i així es manté el ferro soluble i biodisponible. En canvi, els fitats, tanins, fosfats i el calci formen composts insolubles que inhibeixen l'absorció del ferro.

Com ja s'ha citat, l'estat nutricional del ferro en l'organisme és un factor que influeix en l'absorció. Aprofundint més, l'organisme presenta diversos sistemes de regulació de l'absorció de ferro per assegurar l'homeòstasi sistèmica i cel·lular d'aquest element. El primer dels quals consisteix en el bloqueig de la mucosa intestinal en els casos en què s'ingereix una dosi elevada de ferro. És a dir, els enteròcits inhibeixen la captació de ferro un cop han assolit el llindar màxim. Aquest bloqueig pot durar fins que els enteròcits completen el seu cicle de vida.

Un segon model de regulació depèn dels dipòsits i, actualment, es coneix que actua mitjançant una proteïna reguladora; l'hepcidina. Aquesta, és una hormona peptídica sintetitzada fonamentalment pels hepatocits i és considerada el regulador central de l'homeòstasi del ferro (*García et al., 2010*). Es coneix que l'hepcidina produeix una disminució del ferro plasmàtic degut a què inhibeix la seva alliberació per part de les cèl·lules, especialment pels enterocits i macròfags. En aquest cas, l'hepcidina s'uneix a la ferroportina i causa la seva fosforilació. Després és internalitzada i finalment degradada pels lisosomes. Quan es torna a requerir ferro a la medul·la òssia, la ferroportina és reexpressada i es torna a donar l'alliberament de ferro a la circulació (*Pietrangelo, 2011*).

L'expressió del gen de l'hepcidina augmenta amb la sobrecàrrega de ferro i la inflamació i disminueix en situacions de deficiència de ferro, d'hipòxia o quan augmenta l'eritropoiesi. La seva regulació no està completament dilucidada però, es coneix que tres proteïnes són les que hi intervenen. Aquestes són: l'hemojuvelina, el receptor de transferrina-2 i la proteïna de l'hemocromatosi hereditària. L'hemojuvelina, en condicions normals, estimula l'expressió de l'hepcidina. Per altra part, quan la transferrina es troba saturada, el receptor de la transferrina-2 forma un complex amb la proteïna de l'hemocromatosi hereditària el qual activa la senyalització de l'hemojuvelina (*Forrellat et al., 2012*).

Finalment, a nivell cel·lular, l'homeòstasi es manté mitjançant proteïnes reguladores del ferro (IRPs) i elements responedors al ferro (IREs) localitzats en els ARN missatgers d'aquestes proteïnes. Es coneixen dos tipus d'IRPs amb activitats diferents depenent del nivell de ferro cel·lular. Tant IRP1 com IRP2, quan la concentració intracel·lular de ferro és baixa, presenten una elevada afinitat per les seqüències IRE. Quan aquesta interacció té lloc amb l'IRE 3' de l'ARN del receptor de la transferrina, permet que l'ARN sigui estable i, en conseqüència, el receptor pugui ser sintetitzat. I, en el cas que la unió sigui amb la seqüència de l'ARN de la ferritina (IRE 5'), bloqueja la traducció de l'ARN i la ferritina no es pot sintetitzar. Per tant, s'obté un augment dels receptors de la transferrina i disminueix la síntesi de ferritina, el que comporta una major captació i disponibilitat intracel·lular de ferro (*Pietrangelo, 2002*). En concentracions elevades de ferro, es dona el contrari; s'inactiva la unió de les IRPs als IREs i, per tant, augmenta la síntesi de ferritina per l'emmagatzematge i es degrada l'ARN dels receptors de la transferrina.

1.1.1.4. Deficiència de ferro

La deficiència nutricional de ferro és la més comuna arreu de la població, encara que pot ser previnguda en gran mesura. Els seus efectes es coneixen des de l'Edat Medieval, encara que es descrivia com una malaltia anomenada "clorosi" i no sempre es tractava amb ferro. Després, abans de la Segona Guerra Mundial, va desaparèixer de l'àmbit clínic (*Andrews NC, 1999*).

L'anèmia és una malaltia deguda a una concentració d'eritròcits o hemoglobina inferior al valor de referència per cada individu segons l'edat i el gènere. La majoria d'anèmies tenen l'origen en un dèficit dels nutrients que intervenen en la síntesi dels eritròcits; fonamentalment ferro, vitamina B₁₂ i àcid fòlic. Concretament, l'anèmia ferropènica és deguda exclusivament a la carència de ferro.

A més de les anèmies causades per deficiències nutricionals, trobem altres tipus d'anèmies com, per exemple, les causades per malalties cròniques les quals es relacionen amb trastorns inflamatoris crònics, infeccions cròniques i càncer. En aquest tipus d'anèmies es dona una insuficient eritropoesi degut a un defecte en el reciclat del ferro; en l'alliberació de ferro dels macròfags, en la càrrega de ferro sobre la transferrina

plasmàtica o ambdós. A diferència de l'anèmia ferropènica, les reserves orgàniques de ferro són normals.

Finalment, un altre tipus d'anèmies són les anomenades anèmies hemolítiques. En la majoria de les anèmies hemolítiques els macròfags eliminen els eritròcits de la circulació per fagocitosi. Per tant, es dona un escurçament de la vida dels eritròcits. Una reducció de 5 a 10 dies respecte a l'habitual (120 dies) implicarà que la medulla òssia no ho podrà compensar amb una major eritropoesi i derivarà amb anèmia hemolítica.

Les anèmies hemolítiques poden ser hereditàries o adquirides depenent de l'origen d'aquestes. Dintre de les alteracions hereditàries causants d'anèmia hemolítica trobem la talassèmia, la qual es deu majoritàriament en delecions d'un o varis gens responsables de la codificació de les proteïnes que conformen l'hemoglobina. Problemes autoimmunitaris i l'exposició a alguns productes químics, fàrmacs i toxines són algunes de les causes de les anèmies hemolítiques adquirides.

Per altra part, els tipus d'anèmies també es poden classificar segons la mida dels eritròcits en tres grans grups; microcítiques hipocròmiques, macrocítiques i normocítiques. L'anèmia ferropènica és quasi sempre microcítica i hipocròmica, degut a la insuficient producció d'hemoglobina per part dels eritròcits (*Chris S R Hatton, et. al., 2014*).

Les possibles causes de la deficiència de ferro o ferropènia són la insuficient ingesta de ferro per cobrir les necessitats fisiològiques, l'absorció deficient de ferro al duodè o l'augment de la pèrdua de ferro. L'absorció deficient sol ser deguda a causes relacionades amb l'alimentació com la baixa biodisponibilitat del tipus de ferro ingerit, l'excés de fibra dietètica, tanins, fitats o midó, les teràpies antiàcides o un pH gàstric elevat. Altres casos en què es veu reduïda l'absorció poden ser la pèrdua o disminució dels eritròcits absorbents, la celiaquia o la malaltia inflamatòria intestinal. Per altra part, les pèrdues de ferro són majoritàriament degudes a pèrdues gastrointestinals (a causa de gastritis, varius, tumors, diverticulosi, parasitosi, hemorroides, etc.), encara que aquestes pèrdues també es poden donar a través del tracte genitourinari o dels pulmons.

No obstant, de totes les causes possibles de la ferropènia comentades, la més freqüent és la pèrdua d'eritrocits a través d'hemorràgies gastrointestinals o, en el cas de dones en edat reproductiva, la menorràgia.

Els grups de població amb major predisposició a la ferropènia són els nins, degut als majors requeriments determinats pel creixement, i les dones en edat fèrtil, degut a la pèrdua de ferro amb la menstruació o a les majors necessitats d'aquest mineral durant l'embaràs (*Olivares G, Manuel, et. al., 2003*).

Al llarg del primer any de vida, s'estima que les necessitats de ferro es troben en valors de 0,7 a 1,0 mg/kg/dia (*Lönnerdal B, et. al., 1995*). Durant aquesta etapa es poden distingir diversos períodes segons l'estat nutricional en ferro. El primer, comprèn fins a les 6-8 setmanes i el ferro alliberat producte de la destrucció d'eritrocits és suficient per cobrir les necessitats durant aquest temps. En el segon període s'inicia l'eritropoesi, utilitzant el ferro producte de la destrucció d'hematies de l'etapa anterior i, per tant, suposa un augment dels nivells d'hemoglobina. Finalment, a partir del quart mes de vida s'incrementa la dependència de ferro alimentari per garantir una eritropoesi eficient. En els nadons prematurs, la predisposició a desenvolupar anèmia és major degut als menors dipòsits de ferro en néixer i requeriments de ferro més elevats.

Al llarg de la infància els requeriments de ferro es redueixen, encara que continuen elevats respecte als de l'adult, per tant, no desapareix el risc de desenvolupar anèmia. Un altre increment en les necessitats de ferro es dona durant l'adolescència, com a conseqüència del creixement accelerat.

Durant l'embaràs, els requeriments de ferro són variables, augmentant al llarg de la gestació. Durant el primer trimestre, la quantitat mitjana de ferro absorbit requerit diàriament és de 0,8 mg i durant el segon i tercer trimestre 4,4 mg i 6,3 mg, respectivament (*FAO/WHO, 1988*). L'absorció de ferro també augmenta progressivament al llarg de l'embaràs, tot i així es necessiten entre 300 i 500 mg de ferro procedent dels dipòsits per cobrir el dèficit net de ferro que suposa l'embaràs. Els estudis en els quals s'ha avaluat l'efecte de l'anèmia ferropènica sobre l'embaràs han demostrat que l'anèmia que es dona en les primeres setmanes de l'embaràs s'associa a

un risc relatiu 2,66 vegades major de part prematur i 3,1 vegades de baix pes al néixer (Scholl TO, et. al., 1992).

Els símptomes de la ferropènia es presenten en funció al grau d'anèmia de l'individu i, aquests, inclouen fatiga, pal·lidesa, cefalees, marejos, taquicàrdia, ungles dèbils, baixa tolerància a l'exercici i disminució del rendiment psíquic. A més, també pot aparèixer la "pica", trastorn en el comportament alimentari caracteritzat pel consum de substàncies no nutritives com el gel o terra. Però, en anèmies que es desenvolupen de forma gradual, l'organisme adapta els seus sistemes a l'anèmia i potser no es pugui apreciar una simptomatologia clara.

Si bé es presenten aquests signes i símptomes, a més dels antecedents mèdics apropiats, és necessària la confirmació del diagnòstic de la ferropènia. Aquesta confirmació es realitza, majoritàriament, mitjançant un hemograma complet i la determinació dels paràmetres bioquímics associats al metabolisme del ferro; les concentracions sèriques de ferritina, transferrina i ferro (ferremia), juntament amb la saturació de transferrina. Encara que per sí sols aquests paràmetres no són indicadors perfectes de l'estat del ferro, en conjunt ens permeten una millor determinació d'aquest.

Al llarg del desenvolupament progressiu de la deficiència de ferro es poden distingir tres etapes diferents. En una primera etapa es produeix bàsicament una disminució de ferro en els dipòsits orgànics, el qual es reflexa en la disminució de la concentració sèrica de ferritina. La ferritina sèrica baixa ($<15 \mu\text{g/l}$) sempre està associada a una eritropoesi deficiente en ferro i és un paràmetre útil per detectar la deficiència de ferro en aquesta primera etapa. La segona etapa es caracteritza per una disminució de la concentració sèrica de ferro (inferior a $60 \mu\text{g/dl}$) juntament amb un augment de la capacitat de fixació de ferro, el que suposa una disminució en el percentatge de saturació de la transferrina inferior al 15%. El ferro sèric, encara que disminueix, és un indicador poc fiable degut a les variacions que pot sofrir però, en el context de la concentració de transferrina, proporciona la mesura de la saturació de transferrina. Finalment, l'última etapa en la qual es dona l'anèmia ferropènica, disminueix dràsticament la concentració d'hemoglobina i de l'hematocrit. També destaca la disminució de ferro plasmàtic (inferior a $40 \mu\text{g/dl}$), de ferritina (per sota de $10 \mu\text{g/l}$) i un gran augment de la capacitat de fixació del ferro total.

Paràmetre	Normal	Etapa I (Pèrdua de ferro)	Etapa II (Eritropoesi amb deficiència de ferro)	Etapa III (Anèmia ferropènica)
Ferritina plasmàtica (ng/ml)	100±60	20	10	<10
Absorció de ferro (%)	5-10	10-15	10-20	10-20
Ferrèmia (µg/dl)	115±50	115	<60	<40
Saturació de transferrina (%)	35±15	30	<15	<15

▲ Taula 1: Variacions en els paràmetres bioquímics associats al metabolisme del ferro al llarg del desenvolupament progressiu de la deficiència de ferro (*Boccio J, et. al., 2003*).

Una prova que es sol·licita amb menys freqüència és la determinació dels valors del receptor soluble de transferrina en sèrum. S'ha demostrat que és un excel·lent paràmetre per estimar les reserves de ferro, sense estar influenciat (com la ferritina sèrica) per les infeccions i que permet diferenciar l'anèmia ferropènica de les anèmies per malalties cròniques. Encara que no es pot utilitzar àmpliament a causa de la manca d'estandardització i l'elevat cost dels assajos.

Pel tractament de la deficiència de ferro, en primer lloc, s'ha de conèixer la causa d'aquesta. Per exemple, en el cas que la causa sigui la pèrdua de ferro degut a una hemorràgia gastrointestinal, s'ha de detectar on es troba i intervenir. Després, es poden seguir tres estratègies per tractar la deficiència de ferro; la suplementació, la fortificació i l'educació alimentària i nutricional envers el ferro (*Zimmermann M B, et. al., 2007*).

Per a la suplementació oral es recomana el sulfat ferrós o el gluconat ferrós pel seu baix cost i l'elevada biodisponibilitat. I la dosi estàndard per l'anèmia per deficiència de ferro en adults és un comprimit de 300 mg de sulfat ferrós (60 mg de ferro). La resposta en els nivells d'hemoglobina es donarà a partir de la quarta setmana del tractament. En pacients que no toleren el ferro oral, que encara presenten pèrdues hemàtiques substancials o que tenen algun síndrome d'absorció deficient greu se'ls pot administrar preparats parenterals de ferro.

Per altra banda, la fortificació és el tractament més adequat a llarg termini. L'únic inconvenient que presenta és que incorporar ferro en alguns aliments és difícil degut a que els composts de ferro amb major biodisponibilitat són solubles en aigua o en algun àcid dissolt i això dóna lloc a alteracions del producte com canvis en el color o oxidacions del greix.

Finalment, l'educació alimentària i nutricional és essencial i de gran utilitat per augmentar la ingesta de ferro i especialment per millorar la seva biodisponibilitat. Varis factors són els que determinen l'eficàcia i la viabilitat de les diferents estratègies, com els recursos sanitaris d'una societat, l'economia i l'accés als mètodes adequats de fortificació de ferro.

Grup	Edat (anys)	Mitjana del pes corporal (kg)	Necessitats totals absolutes mitjanes (mg/dia)
Nadons i nens	0,5-1	9	0,72
	1-3	13	0,46
	4-6	19	0,50
	7-10	28	0,71
Homes	11-14	45	1,17
	15-17	64	1,50
	18+	75	1,05
Dones	11-14	46	1,68
	15-17	56	1,62
	18+	62	1,46
Postmenopàusiques		62	0,87
En període de lactància		62	1,15

▲ Taula 2: Necessitats nutricionals absolutes de ferro tenint en compte les necessitats pel creixement i les pèrdues basals, en funció dels diferents grups de població. (FAO/WHO, 2002).

Al llarg dels últims anys s'ha valorat la biofortificació com una altra estratègia per augmentar el contingut de ferro en aliments bàsics i així facilitar la prevenció de la ferropènia en països en vies de desenvolupament. En general, els estudis realitzats suggereixen que el contingut en ferro pot ser augmentat en aliments bàsics gràcies a la millora vegetal i a l'enginyeria genètica, encara que l'elevat contingut d'inhibidors com

els fitats i els polifenols d'aquests aliments no permeten obtenir resultats completament positius.

1.1.1.5. Anèmia dels esportistes

L'anèmia ferropènica pot tenir gran influència sobre el rendiment físic dels esportistes (*Mettler S, et. al., 2010*). La capacitat de transport d'oxigen i la capacitat d'extracció i utilització d'aquest en el múscul són factors limitants del rendiment de resistència.

Les causes del descens en els dipòsits de ferro poden ser majoritàriament degudes a l'increment de les necessitats, a una major pèrdua o per una ingesta insuficient (*Lukaski HC, 2004*). Encara que en la literatura científica estigui en debat el paper de l'hemòlisi i les causes de la deficiència de ferro en els esportistes, majoritàriament, es coincideix en que l'exercici físic pot ser un possible causant d'anèmia.

L'anomenada anèmia del corredor o hemòlisi per esforç és descrita com l'anèmia deguda a l'estrès oxidatiu i a l'hemòlisi directament relacionada amb els impactes amb el terreny (*Schumacher YO, et. al., 2002*). L'augment de la temperatura corporal i de la velocitat del flux sanguini són altres factors hemolítics a considerar. A més, una vegada realitzat un exercici intens els eritròcits es troben en un estat més susceptible a l'estrès, ja sigui de tipus oxidatiu, mecànic o osmòtic, el que suposa una major taxa d'hemòlisi (*Telford RD, et. al., 2003*). Aquest estrès oxidatiu pot desencadenar una pertorbació de la homeòstasi iònica i facilitar la deshidratació cel·lular. Degut a aquests canvis, la deformabilitat de la cèl·lula disminueix la qual cosa dificulta la microcirculació d'aquesta i es genera hemòlisi.

Altres mecanismes causants de l'anèmia ferropènica en els esportistes són l'hemoglobinúria, l'hematúria, les pèrdues de sang intestinals i la sudoració. L'hemoglobinúria, a vegades relacionada amb hematúria, pot promoure una condició anèmica als esportistes, especialment als corredors de llargues distàncies (*Siegel AJ, et. al., 1979*). Tant les pèrdues gastrointestinals com l'hematúria també s'han associat a exercicis de llarga durada i d'elevada intensitat (*Lopes TR, et. al., 2009*). El tipus

d'hematúria que es dona amb la realització d'exercici és l'anomenada microhematúria, la qual no es pot detectar amb la inspecció de l'orina. Aquesta però, es corregeix a les 48-72 hores posteriors a la realització de l'exercici. Les pèrdues degudes al sagnat gastrointestinal tenen l'origen en la redistribució del flux sanguini el qual dona lloc a hipòxia i necrosi de les cèl·lules del tub digestiu. La pèrdua de ferro deguda a la sudoració, encara que no resulta excessiva, és major en exercicis intensos de llarga durada a altes temperatures. La gravetat dependrà de les reserves de ferro. (*DeRuisseau KC, et. al., 2002*).

Per tots els efectes negatius que suposa la ferropènia és completament justificat un pla preventiu per assegurar un adequat l'estat fèrric en l'esportista. Sobretot, en els casos en que ja es diagnostica l'anèmia en la primera etapa. Les pautes preventives consisteixen en minimitzar les pèrdues, assolir la ingesta dietètica de ferro requerida i controlar les càrregues d'entrenament. Es considera que a partir de valors de ferritina sèrica inferiors a 30 µg/l és el límit per a partir del qual prendre decisions al voltant de la prevenció d'una possible anèmia ferropènica (*Borrione P, et. al., 2011*).

Per minimitzar les pèrdues, ja que les degudes a l'hemòlisi són intrínseques a l'activitat física i les ocasionades per la sudoració no són importants, s'ha d'incidir en les pèrdues originades per l'hematúria i el sagnat gastrointestinal. Aquestes es poden reduir gràcies a un estat adequat d'hidratació durant la pràctica esportiva ja que tenen l'origen en la redistribució del flux sanguini. Al llarg de l'exercici és necessari un pla d'hidratació que contempli la taxa de sudoració per evitar la deshidratació i al finalitzar l'exercici s'ha de reposar una quantitat que suposi el 150% de les pèrdues reportades durant l'exercici, així com afegir sodi a la beguda per assegurar un correcte estat hídric (*Palacios N, et. al., 2008*).

Per altra part, amb el mateix objectiu de minimitzar les pèrdues de ferro en els esportistes, s'han d'evitar les donacions de sang i, en el cas de les dones, també es pot considerar la prescripció d'anticonceptius orals en dones esportistes amb elevades pèrdues degudes a la menstruació.

Per cobrir els requeriments de ferro és necessari prestar especial atenció a la quantitat i, sobretot, a la biodisponibilitat d'aquest. La suplementació en casos en els

quals no es presenta anèmia no és necessària; no aporta cap benefici i a partir de certa quantitat de ferro l'absorció comença a disminuir (*Casanueva E, et. al., 2008*). Fins inclús pot ser perjudicial per la salut ja que una suplementació crònica pot derivar a l'alteració del gen de la proteïna HFE, relacionat amb l'hemocromatosi hereditària la qual pot comportar malalties i alteracions greus (*López-Chicharro JL, et. al., 2004*). Per altra part, tampoc solucionaria casos amb esquemes nutricionals inadequats. Com s'ha citat anteriorment, hi ha certs factors dietètics que influeixen en l'absorció del ferro. Per tant, els consells nutricionals recomanats són la combinació d'aliments amb contingut de ferro hemo i no hemo, l'augment en el consum d'aliments rics en àcid ascòrbic (vitamina C) i vitamina A i la reducció o la separació de la ingesta d'aliments amb elevat contingut de calci, caseïna, fitats, polifenols i fibra insoluble. Algunes tècniques culinàries també poden augmentar o reduir la biodisponibilitat del ferro. Per exemple, la cocció a temperatures elevades, la congelació i l'emmagatzematge prolongat redueixen la biodisponibilitat del ferro degut a la destrucció de la vitamina C i a la transformació del ferro hemo a no hemo. I, per altra part, la fermentació, la maceració i deixar en remull (cereals, llegums i llavors) augmenten la biodisponibilitat gràcies a la reducció dels nivells de fitats, saponines i polifenols (*Urdampilleta A, et. al., 2010*).

Finalment, el control de la càrrega d'entrenament és l'última pràctica que es recomana per prevenir l'anèmia ferropènica. El control s'ha de realitzar tant en el volum com en la intensitat de l'entrenament. En persones amb deficiència de ferro o susceptibles a sofrir-ne, es recomana incloure sessions d'entrenament d'un volum moderat i baixa intensitat (inferior al 65% $VO_{2m\grave{a}x}$).

Tot i seguir les mesures preventives desenvolupades en els paràgrafs anteriors, el més important és la realització de controls periòdics per detectar l'anèmia en els primers estadis. Es recomana realitzar-los cada dos o tres mesos, almenys un o dos cops a l'any. Els controls consistiran en un hemograma complet i en la determinació dels paràmetres bioquímics ja descrits en l'apartat anterior.

En els esportistes, la ferritina continua essent un paràmetre adequat per avaluar les reserves corporals de ferro (*Burke L, 2010*). El aspectes que s'han de tenir en compte és que la ferritina pot augmentar durant el procés de diverses malalties o processos infecciosos i que les determinacions s'han de realitzar almenys 24 hores després de la

realització de l'exercici. Tampoc és recomanable realitzar entrenaments que suposin elevada exigència els dies previs a la determinació analítica. En els casos en que es detecti algun tipus de procés infecció, es considerarà anèmia a partir valors de ferritina sèrica inferiors a 30 µg/l (*WHO, 2001*).

Entre les adaptacions a l'exercici es troba l'anomenat "efecte hemodilucional" el qual deriva d'una expansió fisiològica del volum plasmàtic fins a un 25% (*Balaban EP, 1992*). Per tant, aquest efecte dilucional pot dificultar el diagnòstic de la vertadera anèmia en el esportistes ja que els valors d'hematòcrit i eritròcits seran inferiors respecte als que presenten individus sedentaris. Aquesta anèmia és anomenada "falsa anèmia" o "pseudoanèmia". Així, per un correcte diagnòstic de l'anèmia ferropènica en els esportistes és necessari avaluar diferents paràmetres. A més dels valors d'hemoglobina, és necessari considerar la saturació de transferrina i la ferritina sèrica. A la taula 3 es detallen aquests paràmetres. Per altra part, no es consideraran els valors d'hematòcrit i eritròcits, sinó la concentració d'hemoglobina corpuscular mitjana, la qual és independent dels efectes de l'hemodilució.

Paràmetre	Pseudoanèmia de l'esportista	Anèmia prelatent	Anèmia ferropènica vertadera
Hemoglobina (g/dl)	Nornal Homes >12 Dones >13	Nornal-Baixa Homes >12 Dones >13	Baixa Homes <12 Dones <13
Saturació de transferrina (%)	Normal	Baixa (<16)	Baixa (<16)
Ferritina plasmàtica (ng/ml)	Mitjana	Baixa (<20)	Baixa (<20)
Absorció de ferro (%)	Baixa	Mitjana-Alta	Alta

▲ Taula 3: Paràmetres a considerar per detectar els diferents estats de dèficit de ferro en els esportistes i diferenciar la pseudoanèmia de la vertadera anèmia ferropènica (*Urdampilleta A, et. al., 2010*).

1.1.2. Superaliments

Al llarg dels últims anys, les referències al terme “superaliment” s’han incrementat de forma exponencial. L’explicació resideix en el creixent interès per part dels consumidors (especialment dels països desenvolupats) cap a una alimentació saludable i, concretament envers als beneficis per a la salut de certs aliments i ingredients específics (*Comissió Europea, 2010*).

Però, no hi ha una definició oficial de la paraula “superaliment” i majoritàriament s’utilitza com a reclam comercial. Tot i així, s’entén com a “superaliment” aquell, majoritàriament de naturalesa vegetal, que conté intrínsecament una densitat notablement més elevada que altres aliments de nutrients, composts fitoquímics i antioxidants per la qual cosa, el seu consum aportarà beneficis per a la salut o protecció en front a malalties cròniques.

Existeixen alguns criteris objectius per considerar un aliment o ingredient com a “superaliment”. Per denominar un aliment com a “superaliment” el contingut en nutrients o composts bioactius respecte al contingut calòric ha de ser igual o superior al 7,6% (és l’anomenada densitat de nutrients o composts bioactius). A més, la relació entre la ingesta diària de referència (DRI) i la densitat de nutrients o composts bioactius ha de ser almenys d’un 75% (*Beaton G, 2007*).

Al mercat de cada vegada més es troben nous “superaliments” i, actualment, la majoria són productes vegetals com són els nabius, les magranes, la remolatxa, les baies de gogi, l’all negre, la ceba, el bròquil, etc. També trobem llavors com la xia, el gra de fajol o la quinoa. A més d’algunes algues com la clorel·la o la cianobactèria espirulina.

Dintre dels composts bioactius o fitoquímics, els quals presenten accions biològiques beneficioses per a la salut i que ajuden a prevenir malalties cròniques, es troben la fibra dietètica, els composts fenòlics, carotens, vitamines A, C i E, composts organosulfurats, etc. I, els mecanismes d’aquestes accions beneficioses estan relacionats amb l’activitat antioxidant, l’estimulació de la resposta immunitària, la modulació d’enzims detoxificants, la modificació dels processos inflamatoris, la modulació

favorable de la microbiota intestinal, l'alteració del metabolisme del colesterol, la modulació del metabolisme hormonal, la disminució de la pressió sanguínia, etc.

Certament, s'ha demostrat que aquests nutrients presenten les propietats saludables anteriorment mencionades però, és necessari adoptar una perspectiva objectiva degut a què existeixen dificultats alhora d'assolir els resultats obtinguts als estudis científics amb les dietes reals. Això, pot ser degut a les condicions amb les quals s'estudien aquests aliments; amb concentracions molt elevades dels nutrients (inassolibles a la vida quotidiana), en models animals o en experiències *in vitro* mitjançant cultius cel·lulars.

Per tant, es considera la idoneïtat d'anomenar a aquests aliments de forma rigorosa com aliments funcionals. Un dels principals motius és perquè aquests sí que han de complir uns requisits fonamentals per a la seva denominació, desenvolupament i comercialització. La normativa que ho regula és el Reglament (CE) núm. 1924/2006 del Parlament Europeu i del Consell, de 20 de desembre de 2006, relatiu a les declaracions nutricionals i de propietats saludables en els aliments, en el qual s'estableix que les propietats saludables han de ser avalades per assajos científics contrastats i aprovats per la EFSA (European Food Safety Authority).

En definitiva, no existeix un “superaliment” com a tal; la dieta més adequada és aquella que ens assegura una ingesta equilibrada de nutrients, la qual cosa només s'aconsegueix introduint una gran varietat d'aliments, majoritàriament fruites i verdures. S'ha de considerar que aliments tradicionals poden contenir la mateixa quantitat de nutrients o composts bioactius que algun altre recent introduït al mercat sota la denominació de “superaliment” i que a més solen ser aliments exòtics, difícils d'aconseguir i d'un elevat cost.

1.1.2.1. Espirulina

L'espíralina és un organisme multicel·lular de color blau verdós inclòs dintre del filum bacterià dels cianobacteris, caracteritzats per la seva capacitat fotosintètica. Les cèl·lules que la conformen són cilíndriques, d'una amplada de 3 a 12 μm i presenten filaments o tricomes. Aquests filaments són helicoïdals, forma característica del gènere,

i d'una llargària entre 50 i 500 µm. Els filaments, juntament amb les vacuoles plenes de gas, li confereixen la capacitat de flotació. Igual que altres cianobacteris, les cèl·lules de l'espírulina presenten una membrana plasmàtica envoltada per una paret cel·lular la qual conté polisacàrids que li atorguen forma i protecció osmòtica a la cèl·lula. Altres components cel·lulars són els grànuls de glucògen, que utilitzen com a font de carboni i energia, i els grànuls de lípids que s'utilitzen en la síntesi de la membrana cel·lular.

La reproducció té lloc mitjançant el procés de fissió binària. La multiplicació, de naturalesa intracel·lular, es produeix per fragmentació del filament destruint la cèl·lula existent dins els mateixos filaments. Si les condicions són òptimes la divisió es dona cada 7 hores. L'aigua alcalina (pH entre 8,5 i 11) i salina, amb concentracions de clorur sòdic superiors a 30 g/l, és el medi idoni per a la producció d'espírulina. També necessita d'elevats nivells de radiació solar i d'una temperatura elevada (35-37 °C) pel seu correcte creixement. La temperatura mínima diürna a la qual continua el creixement d'espírulina és de 15°C.

En aquestes condicions òptimes l'espírulina realitza la fotosíntesi (assimila el diòxid de carboni a través del cicle de Calvin per formar glucogen com a material de reserva), alhora que també fixa el nitrogen del medi. Per tant, és capaç de créixer en medis que contenguin CO₂ com a font de carboni i N₂ com a font de nitrogen a partir de restes, nitrogen atmosfèric o procedent de la respiració bacteriana.

En referència a la classificació taxonòmica, l'any 1852 Stizenberger va donar nom a un nou gènere; el gènere *Arthrospira*, en el qual va incloure l'espírulina que en l'actualitat s'utilitza com a suplement alimentari. L'*Arthrospira maxima* i l'*A. platensis* són les espècies més importants d'aquest gènere. D'aquesta forma es van diferenciar els dos gèneres, el gènere *Spirulina* i el gènere *Arthrospira*, basant-se en la forma helicoidal dels filaments, l'estructura multicel·lular i la presència de septes en la paret cel·lular. Altres caràcters diferenciadors són la mida, els patrons dels porus de la paret cel·lular i, per últim, que el gènere *Spirulina* no conté àcid γ-linoleic i cap de les espècies que es coneixen pertanyents a aquest gènere són comestibles (FAO, 2008). Val a dir però, que comunament es continua utilitzant el nom "espírulina" per fer referència al suplement alimentari.

Per altra part, els cianobacteris es van considerar microalgues fins que l'any 1962 es va distingir entre els organismes procariotes i eucariotes. La inclusió dels cianobacteris al regne procariota va ser acceptada i publicada el 1974 en el Manual de Bacteriologia Sistemàtica de Bergey (*Gugliemi G, et. al., 1993*).

L'espírulina és un organisme primitiu l'origen del qual es creu que data d'uns 3500 milions d'anys enrere. El seu consum per part de l'ésser humà s'inicia amb la civilització asteca, encara que també es dona a altres indrets del món com el Txad, a Àfrica central. Es coneix, gràcies a les cròniques dels conqueridors espanyols, que els asteques recollien el cianobacteri del llac de Tenochtitlan (en l'actualitat, ciutat de Mèxic) i l'assecaven formant una espècie de coques per després comercialitzar-lo al mercat de la mateixa ciutat (*Ciferri O, et. al., 1985*).

A finals de la dècada dels anys 60, es va redescobrir l'espírulina i a causa dels seus inusuals elevats valors nutricionals, es va promoure per lluitar contra la fam i la malnutrició en el món. L'any 1967 va ser establerta com a “meravellosa font d'aliment pel futur” per l'Associació Internacional de Microbiologia Aplicada. A més, i també gràcies a la seva notable concentració en nutrients, l'espírulina va ser recomanada, tant per l'Agència Espacial Nord-Americana (NASA) com per l'Agència Espacial Europea (ESA), com un dels principals aliments durant les missions espacials de llarga durada. Encara que finalment el microorganisme no va complir amb les expectatives de ser una font econòmica i de fàcil obtenció.

A partir de mitjans dels anys 80, s'han realitzat grans esforços i extenses investigacions que han donat lloc al desenvolupament de nutracèutics o aliments funcionals per prevenir o controlar diverses malalties. L'espírulina s'ha convertit en un d'aquests aliments funcionals amb diversos efectes beneficiosos els quals s'estan avaluant en nombrosos estudis en països com Rússia, França, Alemanya, Israel, Itàlia i Espanya. Actualment, en molts països s'extreu de forma tecnificada en grans piscines de cultiu. Els principals productors són Estats Units, Japó, Índia i Xina, entre d'altres. El cultiu es troba poc automatitzat i només en les grans instal·lacions es compta amb l'equipament adequat per controlar els paràmetres crítics del cultiu (pH, densitat de població i temperatura) i així poder rectificar mitjançant senyals correctives la dosi de nutrients, la bomba de cultiu i la temperatura. Les instal·lacions més modernes i

eficients són els fotobioreactors tubulars els quals, gràcies a que són tancats i completament automatitzats, gairebé no necessiten manteniment i asseguren l'assèpsia.

La recol·lecció i el processat de l'espírulina consta de 8 etapes principals. En primer lloc, es filtra i es neteja obtenint així una suspensió d'aproximadament un 9% de matèria seca per passar llavors a través de dues etapes de concentració (preconcentració i concentració). En les etapes posteriors es neutralitza amb una solució àcida, es desintegra per trencar els filaments i es deshidrata. La deshidratació té molta importància degut a què és l'etapa la qual suposa entre un 20 i un 30% del cost de producció de l'espírulina. Finalment, l'emballatge en bosses hermètiques per evitar l'humitat i l'emmagatzematge en llocs amb les condicions adequades (frescs, secs, sense llum i higiènic) són les dues últimes etapes del procés.

La composició, tant en macronutrients com en micronutrients, de l'espírulina és un dels aspectes de major interès d'aquest cianobacteri. Aquest, conté una elevada quantitat de proteïna, entre el 55 i 70% en pes sec, la qual és de gran qualitat. És una proteïna amb una composició molt completa i equilibrada, amb aminoàcids essencials com són la metionina, leucina, valina, isoleucina, cistina, lisina i el triptòfan (*Belay A, 2008*). L'espírulina que es comercialitza en forma de pols com a suplement alimentari conté un 60% de proteïna. Un altre tret positiu de la part proteica de l'espírulina és la seva digestibilitat. Gràcies a què les parets cel·lulars no contenen cel·lulosa es pot arribar a assimilar fins un 95% del total de la proteïna.

Del contingut total de lípids que presenta (entre 5 i 7%), més d'un 25% són àcids grassos poliinsaturats; àcids grassos essencials. Concretament, trobem l'àcid γ -linolènic, l'àcid linoleic, l'àcid estearidonoic, l'àcid eicosapentaenoic, l'àcid docosaheptaenoic i l'àcid araquidònic. L'àcid γ -linolènic és un àcid gras essencial rarament disponible en els aliments i que pot arribar a suposar un 31% dels àcids grassos de l'espírulina. Encara que l'àcid gras predominant és l'àcid palmític que es troba entre un 44 i un 54% del total dels àcids grassos (*Clément G, et. al., 1985*).

L'espírulina també és rica en minerals i en la produïda com a suplement pel consum humà els minerals representen fins a un 7% del pes total. És font d'una gran

diversitat de minerals; conté potassi, calci, crom, coure, ferro, magnesi, manganès, fòsfor, seleni, sodi i zinc.

Minerals	Contingut en l'espírulina (mg/kg)	Ingesta diària recomanada per un adult (mg/dia)
Calci	1300-14000	1200
Fòsfor	6700-9000	1000
Magnesi	2000-2900	220
Ferro	580-1800	18
Zinc	21-40	6
Coure	8-10	1,5-3
Crom	2,8	0,5-2
Manganès	25-37	5
Sodi	4500	500
Potasi	6400-15400	3500

▲ Taula 4: Contingut en minerals de l'espírulina, juntament amb els requeriments nutricionals d'aquests (*FAO/WHO, 2002*).

Finalment, és destacable el contingut en vitamines i pigments. Entre les vitamines trobem nombroses vitamines del grup B (vitamina B₁, B₂, B₆, B₉ i B₁₂), vitamina C, vitamina D i vitamina E. En referència als pigments fotosintètics l'espírulina presenta clorofil·la a, xantofil·la, β-carotè, entre d'altres.

La composició de l'espírulina però, es veurà modificada en funció de les condicions amb les què es cultivi. Per exemple, les cèl·lules adaptades a una major concentració salina, han presentat menors concentracions de proteïna i clorofil·la i, per altra part, majors concentracions de carbohidrats (*Vonshak A, et. al., 1996*).

Per tant, gràcies a aquests valors nutricionals citats, els efectes potencials de l'espírulina per a la salut humana són nombrosos i inclouen: la millora de la funció immunològica, l'activitat antioxidant, anticancerígena, antiviral i l'activitat antibacteriana, així com els efectes positius contra la malnutrició, la hiperlipidèmia, la

diabetis, l'obesitat, les reaccions al·lèrgiques inflamatòries, la toxicitat induïda per metalls pesats o productes químics, els danys causats per radiació i les anèmies (*Deng R, et. al., 2010*).

La deficiència de nutrients s'associa a canvis basats en les respostes immunes com el nombre de cèl·lules T, la resposta dels limfòcits, la funció fagocítica, la resposta secretora d'anticossos IgA i la producció de citoquinines. És a dir que l'aportació nutricional que suposa el consum d'espírulina permet la síntesi dels components implicats en el sistema immunitari. Però, a més d'incrementar la resposta immunitària, l'espírulina sembla tenir un efecte d'equilibri en les cèl·lules immunitàries importants i les citoquines. D'aquesta forma proporciona una correcta modulació de la funció del sistema immunitari. Gràcies a l'augment en la producció d'IgA, l'espírulina també aporta protecció front les reaccions al·lèrgiques.

El calci Spirulan (Ca-Sp), un polisacàrid sulfatat aïllat a partir de *A. platensis*, inhibeix diverses replicacions de virus i presenta activitat antiviral contra el virus de la grip (HSV-1), citomegalovirus humà (HVMV), virus de les galteres, virus de l'herpes, virus del xarampió i el virus d'immunodeficiència humana tipus 1 (VIH-1) (*Hayashi T, et. al., 1996*).

Altres components actius de l'espírulina són la ficocianina i el β -carotè, els quals són potents antioxidants i antiinflamatoris. La ficocianina (un dels pigments que es troben en l'espírulina) presenta la capacitat d'eliminar radicals lliures, inhibir la peroxidació lipídica i reduir la producció de nitrit. També, com a antiinflamatori, inhibeix la formació de citoquinines proinflamatòries. Per altra part, el β -carotè també actua protegint els lípids de la peroxidació, inhibint la producció d'òxid nítric i suprimint la transcripció de citoquinines inflamatòries, entre d'altres.

Encara que l'efecte sobre l'hiperlipidèmia de l'espírulina s'ha demostrat en estudis preclínic i clínic, no s'ha comprès completament el seu mecanisme d'acció. Es creu que la ficocianina pot unir-se a metabòlits de colesterol i redueix de solubilitat del colesterol (*Nagaoka S, et. al., 2005*). Altres teories associen la reducció del colesterol a l'acció de l'àcid γ -linolènic.

L'espírulina, degut al seu elevat contingut en ferro, va ser estudiada com a suplement d'aquest element. Els resultats que es van obtenir suggereixen que el ferro que es troba a l'espírulina presenta una biodisponibilitat un 60% superior a la del sulfat de ferro que habitualment s'utilitza (*Henrikson R, 1989*).

En contraposició, val a dir que els estudis i la gestió dels riscos en la producció de l'espírulina són relativament recents i que en alguns països no existeix suficient regulació per aquest tipus de producte. Alguns dels aspectes els quals és de vital importància contemplar pel manteniment de la salut pública són la possibilitat de contaminació del cultiu per altres cianobacteris els quals puguin produir microcistines (pèptids hepatotòxics que poden causar greus danys en humans), la concentració d'alguns metalls pesants, la càrrega microbiològica i els residus de productes fitosanitaris. Finalment, l'elevat contingut en àcids nucleics (entre 4,2 i 6% del pes sec) pot donar lloc a nivells elevats d'àcid úric com a conseqüència del metabolisme de les purines. Per aquest motiu, es recomana no sobrepassar el límit màxim d'ingesta diària de 30 g d'espírulina. Tot i així, la biomassa seca procedent de les espècies d'*Arthrospira* es troba classificada com a aliment segur segons l'Administració d'Aliments i Medicaments (FDA) dels EUA.

L'evolució del mercat a nivell mundial de l'espírulina va encaminada principalment cap a l'ús d'aquesta com a suplement alimentari en la dieta humana, ja sigui pel consum directe o inclosa en aliments processats com la pasta o algunes begudes. Però, altres productes comercials que contenen directament la biomassa o extractes de l'espírulina, tenen altres aplicacions. S'ha utilitzat l'espírulina com a adob per aportar nitrogen orgànic al sòl, com a suplement proteic en alimentació animal i fins inclús com a colorant natural en aliments i en productes cosmètics. En l'àmbit de l'aqüicultura, pot arribar a substituir completament l'aportació de proteïna en les piscifactories. D'aquesta forma es pot obtenir un aliment de major qualitat amb uns costos de producció inferiors. Finalment, una de les altres aplicacions de l'espírulina radica en la purificació d'aigües residuals degut a la capacitat d'aquesta per remoure nitrats i fosfats, entre d'altres elements.

1.1.2.2. Clorel·la

Chlorella és un gènere d'algues verdes unicel·lulars comprès dintre de la divisió *Chlorophyta*. Presenta una forma esfèrica, sense flagel i mesura entre 2 a 10 µm de diàmetre. Es multiplica mitjançant reproducció asexual i presenta una elevada eficiència fotosintètica. Inclús en condicions desfavorables d'estrès de llum o temperatura, aquesta microalga és altament productiva (Maxwell DP, et. al., 1994).

Degut a la complexa identificació al microscopi de les diferents espècies de *Chlorella*, fins no fa molts anys, unes 100 espècies diferents eren incloses dins aquest gènere. Estudis moleculars més recents han revelat que aquestes es distribueixen en classes filogenètiques diferents dins els cloròfits i actualment només es considera que són tres espècies les que pertanyen al gènere *Chlorella*; *C. vulgaris*, *C. sorokiniana* i *C. lobophora* (Krienitz L, et. al., 2004). La més utilitzada i estudiada és la *C. vulgaris*, no obstant, en la majoria de les publicacions científiques no s'especifica la soca utilitzada i en alguns ni tan sols l'espècie. La majoria dels fabricants tenen les seves pròpies soques per a la producció de biomassa.

Igualment com succeí amb l'espíralina, l'alga clorel·la es va veure com una possible font primària d'aliment la qual podria ser la solució a la crisi mundial d'aliments. Sobretot, després de la Segona Guerra Mundial, es va atribuir la falta d'aliments a la incapacitat del planeta per produir suficient quantitat d'aliments per alimentar al total de la població. D'aquesta forma, moltes institucions van promoure estudis sobre aquesta alga, ja que bàsicament només es necessita diòxid de carboni i llum per a la seva producció. Les investigacions i les produccions pilot desenvolupades per l'Institut Internacional de Recerca de Stanford van donar resultats molt positius però, no es va arribar a traslladar la producció de clorel·la a major escala (Belasco W, 1997). Es van adonar que alhora de cultivar-la a nivell industrial les condicions havien de ser artificialment modificades per obtenir la producció i les qualitats nutricionals desitjades.

No va ser fins la dècada dels anys 60 que no va ressorgir l'interès per la clorel·la i en l'actualitat es produïda per més de 70 empreses, la majoria de les quals promouen els seus efectes positius com a aliment funcional (Spolaore P, et. al., 2006).

La producció comercial de biomassa de clorel·la es porta a terme principalment en estanys oberts. Aquests sistemes són menys costosos i més durables que els grans reactors tancats i, per tant, d'ús més freqüent, en particular a l'est d'Àsia. No obstant això, el cultiu en estanys oberts està fortament associada al risc de contaminació per fongs, bacteris, cianobacteris (tòxic), protozous o alguna altra microalga. A més, la reproductibilitat dels paràmetres de producció depèn de les condicions ambientals i és altament variable (*Pulz O, et. al., 2001*), així com la qualitat de la biomassa d'algues obtinguda. En contrast, el cultiu en fotobioreactors tancats protegeix la biomassa de la possible introducció d'altres microorganismes i el cultiu es porta a terme sota condicions relativament constants. Tot i així, la major part de la biomassa clorel·la prové de sistemes oberts, que es tradueix en una considerable variabilitat en relació a la qualitat i el nivell de contaminació de la biomassa. A més de les condicions del cultiu, hi ha altres factors que afecten la qualitat dels productes obtinguts. Per exemple, el procés d'assecat influirà en la qualitat i també en els costos de producció. La majoria dels productors no revelen els secrets utilitzats en el processat per aconseguir una producció de qualitat mantenint els costos a un nivell acceptable. En l'àmbit de la qualitat, la concentració de pigments varia en funció de l'espècie i dels processos de cultiu i producció. La degradació dels pigments es deguda bàsicament a l'exposició de la biomassa a condicions de llum o temperatura desfavorables i extremes durant el processat o l'emmagatzematge.

La clorel·la, com l'espírulina, també destaca pels seus valors nutricionals. La proporció de proteïna representa el 60% del pes sec, la qual inclou aminoàcids essencials, entre els que destaquen la leucina, valina, lisina, fenilalanina i el triptòfan. En aquest cas però, a diferència de l'espírulina, la paret cel·lular de la clorel·la conté cel·lulosa el que fa que sigui rígida i indigerible. Per tant, ha de ser processada adequadament per rompre les parets cel·lulars abans del seu consum com a suplement dietètic.

Conté aproximadament un 12% d'àcids grassos, dels quals més d'un 80% són insaturats. Entre els àcids grassos saturats trobem el palmític, mirístic i làuric i entre els insaturats predominen l'àcid linoleic i el linolènic. (*Mišurcová L, et. al., 2014*). Els carbohidrats suposen entre un 20 i un 30% del pes sec i la fibra aproximadament un 7%.

Però, el que més destaca dels valors nutricionals de la clorel·la són els micronutrients; els pigments, minerals i les vitamines. Entre les vitamines destaca la vitamina B₁₂, de la qual s'ha demostrat recentment en un estudi la seva biodisponibilitat en humans (Merchant RE, et. al., 2014). El contingut de vitamina B₁₂ es troba al voltant dels 200 µg per 100 g de biomassa seca. També trobem en quantitats notables altres vitamines del grup B com la vitamina B₆, vitamina B₉ i vitamina B₃, a més de la vitamina C.

En referència als pigments, la clorofil·la a es troba en grans quantitats; els valors van de 2,5 fins a 17,5 mg per gram de producte sec. Aquesta es troba en els cloroplasts de la cèl·lula i en cap altre espècie vegetal es troba en concentracions tan elevades. A més és un indicador d'utilitat per determinar la qualitat de la clorel·la, una elevada concentració de clorofil·la a indica que les condicions de cultiu i processat han estat les idònies (Becker FW, 2004). La clorofil·la b i el β-carotè són altres pigments que conté la clorel·la.

Finalment, el fòsfor, el magnesi, el calci i el ferro són els minerals que trobem en major proporció.

Minerals	Contingut en la clorel·la (mg/100g)	Ingesta diària recomanada per un adult (mg/dia)
Calci	205	1200
Fòsfor	959	1000
Magnesi	315	220
Ferro	167	18
Zinc	71	6
Coure	0,08	1,5-3

▲ Taula 5: Contingut en minerals de la clorel·la, juntament amb els requeriments nutricionals d'aquests (FAO/WHO, 2002).

Els estudis realitzats fins al moment, indiquen que la clorel·la presenta nombrosos efectes beneficiosos per a la salut humana. Aquests, inclouen la disminució de radicals lliures i del colesterol sèric, la prevenció de l'anèmia, el control de la hipertensió i efectes immunomoduladors (*Suárez ER, et. al., 2005*) i antitumorals.

Per altra part, un estudi realitzat en ratolins (*Uchikawa T, et. al., 2010*), ha associat a la clorel·la amb una menor acumulació de mercuri en sang i en altres òrgans, alhora que amb una major eliminació a través de la femta i l'orina.

Concretant en la prevenció de l'anèmia, s'han realitzat alguns estudis amb resultats significatius. El primer es va realitzar en rates (*Matsuura E, et. al., 1991*) i es va obtenir un major contingut de ferro als eritròcits i una ràpida recuperació de l'estat anèmic, en relació als grups suplementats amb ferro. Una altra experiència amb dones embarassades (*Nakano S, et. al., 2010*), va associar la clorel·la a valors superiors d'hemoglobina i hematòcrit, respecte al control.

La demanda de productes nutracèutics elaborats a partir de microalgues ha augmentat durant les últimes dècades. S'estima que s'utilitza més del 75% de la producció total de biomassa de microalgues en la fabricació de pols, càpsules o pastilles destinats al consum humà. Aquesta biomassa que es ven com a suplement dietètic en la nutrició humana ha de ser de qualitat suprema, és a dir, ha de complir amb els requisits establerts i no suposar cap risc per a la salut del consumidor. Però, aquests requisits de qualitat depenen de l'aplicació de la biomassa d'algues. Una altra de les aplicacions de la clorel·la és la producció de biodièsel. En aquest cas, l'eficiència fotosintètica de les soques seleccionades tindrà prevalença en front al nivell de contaminació, contingut en clorofil·la, etc.

1.2. Problemàtica de l'estudi

Al llarg dels últims anys han entrat al mercat els anomenats “superaliments”. Aquests, en una societat cada cop més preocupada per la salut i per dur a terme una alimentació equilibrada han tingut una gran acceptació. Certament, ens trobem davant una nova generació dietètica.

Segons ha publicat el Centre Tecnològic AINIA i l'estudi realitzat per l'agència Mintel, les tendències en alimentació van encaminades cap a unes dietes basades en aliments naturals i saludables, on les opcions veganes i vegetarianes es troben molt presents. És a dir, que el consum de verdures i productes vegetals es va incrementant en detriment dels productes d'origen animal. També, i en consonància amb la constant preocupació per la salut, el consumidor de cada cop més s'interessa pels aliments que incorporen propietats saludables; els aliments funcionals.

Però, amb la rapidesa que s'han introduït al mercat alguns d'aquests “superaliments”, no hi ha estudis o no estan suficientment investigats per demostrar les propietats o els efectes que pretenen. És a dir, si veritablement són ingredients funcionals que ens ajuden a preservar la salut.

La majoria dels assajos clínics realitzats en humans es ressenten degut a una mida limitada de la mostra i alguns d'ells per un mal disseny experimental. Per exemple, les activitats antioxidants i/o antiinflamatòries de l'espíulina s'han demostrat en un gran nombre d'estudis preclínic, no obstant, un nombre limitat d'assajos clínics s'han dut a terme fins ara per confirmar aquest tipus d'activitats en humans. En l'actualitat, la nostra comprensió dels mecanismes subjacents de les activitats de l'espíulina és limitada.

Per tant, en aquest estudi es pretén determinar si els “superaliments” espíulina i clorel·la presenten efectes beneficiosos en la salut, concretament en la recuperació de l'anèmia ferropènica en atletes. És a dir, si el ferro contingut en aquests dos productes troba biodisponible i en suficients quantitats per ser utilitzats com a suplement en cas d'anèmia ferropènica en els atletes.

1.3. Àrea d'estudi

La població d'estudi seran atletes entre 25 i 35 anys que presentin valors en l'hemograma i en les determinacions bioquímiques els quals indiquin que es troben en un estat anèmic. La mida de la mostra serà d'un mínim de 100 atletes, repartits equitativament entre els dos sexes.

L'estudi es realitzarà en l'àmbit de les Illes Balears, on la Federació Balear de Muntanyisme i Escalada (FBME) facilitarà i organitzarà el contacte amb els subjectes necessaris per l'estudi.

L'assaig de l'estudi es durà a terme al llarg de la temporada d'atletisme 2018. Una vegada iniciada la temporada al mes de febrer, es deixaran transcórrer dos mesos per a l'adaptació dels atletes, i la primera setmana del mes d'abril es procedirà a realitzar la presa de dades i les primeres analítiques. La segona setmana del mateix mes d'abril, es determinaran els subjectes que participaran en l'estudi i se'ls assignarà el tractament a seguir. El tractament o intervenció dietètica durarà 12 setmanes i, per tant, finalitzarà la primera setmana de juliol quan es recolliran per segon cop les dades i les mostres dels atletes.

1.4. Justificació de l'estudi

L'anèmia ferropènica pot donar-se en atletes degut a diferents factors que impliquen la realització d'activitat física. En aquest cas, és anomenada anèmia del corredor i és d'especial importància en aquest sector de la població (sobretot en esportistes de resistència i en dones) degut als efectes negatius que poden tenir lloc en el seu rendiment. Entre els principals efectes negatius causats per l'anèmia trobem la reducció general del rendiment esportiu, la reducció de la termoregulació i la immunodeficiència. Aquests, són alguns dels motius pels quals el metabolisme del ferro sigui uns dels processos fisiològics més estudiats en el món de l'esport.

Entre els esportistes, l'anèmia ferropènica és el desordre nutricional més comú. Les xifres es situen al voltant d'un terç de dit grup poblacional (*Di Santolo M, et. al., 2008*).

L'anomenada anèmia del corredor però, s'ha de diferenciar de pseudoanèmies causades per l'increment del volum plasmàtic que produeix una disminució dels hematies.

Per tant, és necessari el seguiment dels esportistes mitjançant la realització de les proves corresponents per avaluar el seu estat en relació al metabolisme del ferro. I, en els casos en què es confirmi un estat de vertadera anèmia, realitzar una adequada intervenció dietètica a partir d'una suplementació a base de ferro, la qual està demostrat que millora clarament l'activitat de l'atleta i, sobretot, la seva capacitat aeròbica.

A més, l'anèmia ferropènica es pot prevenir. Per assegurar una aportació adequada de ferro, la dieta de l'esportista hauria d'augmentar entre un 30-70% la ingesta recomanada habitualment per a la població adulta. Per aquests motius, l'educació alimentària en els esportistes és essencial per a la prevenció de l'anèmia.

En contraposició, s'han donat alguns casos en què es detecta un excés en els dipòsits de ferro degut a una incorrecte suplementació. Per tant, la motivació també radica en establir una correcta intervenció dietètica, amb unes dosis adequades i que permetin la prevenció dels estats anèmics, evitant així la necessitat d'una suplementació. I en un món com l'atletisme que cada any guanya més adeptes, molts d'ells de forma aficionada i sense coneixements en l'àmbit de l'esport i l'alimentació, és de vital importància establir unes bones pautes en l'alimentació.

Finalment, els suplementes d'origen químic de vitamines i minerals solen presentar una biodisponibilitat reduïda, degut bàsicament a què l'organisme no presenta suficients agents capaços de fixar ions metàl·lics i no-metàl·lics. En canvi, l'absorció de l'espíulina és molt eficient, gràcies a què no conté cel·lulosa en les seves parets cel·lulars i, a més, presenta els filaments en forma d'espíral, compatible amb el gir de l'ADN humà.

En conclusió, crec en la necessitat d'un projecte d'investigació per determinar els efectes d'aquests aliments en la recuperació de l'anèmia, concretament, en atletes.

2. Bibliografía

Andrews NC. Disorders of iron metabolism. The New England Journal of Medicine. 1999; 341 (26).

Balaban EP. Sports anemia. Clin Sports Med. 1992; 11: 313.

Beaton G. Choice of DRI value for use in nutrition labelling. Journal of Nutrition. 2007; 137: 694-695.

Becker EW. Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology. Cambridge: Blackwell Science Ltd; 2004. Chapter 18, Microalgae in human and animal nutrition; p 312-351.

Belasco, W. Algae Burgers for a Hungry World? The Rise and Fall of Chlorella Cuisine. Technology and Culture. 1997; 38 (3): 608-634.

Belay A. *Spirulina* in Human Nutrition and Health. M. E. Gershwin, A. Belay, Eds., CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, London, New York. 2008; p. 1.

Boccio Jose, Salgueiro Jimena, Lysionek Alexis, Zubillaga Marcela, Goldman Cinthia, Weill Ricardo, Caro Ricardo. Metabolismo del hierro: conceptos actuales sobre un micronutriente esencial. ALAN. 2003; 53(2): 119-132.

Borrione, P., Spaccamiglio, A., Rizzo, M., Termine, A., Chierito, E., Campostrini, N., Quarante, F., Gianfrancesco, A., Pigozzi, F. Urinary hepcidin identifies a serum ferritin cut-off for iron supplementation in Young athletes: a pilot study. Journal of Biological Regulators and Homeostatic agents. 2011; 25 (3): 427-434.

Burke, L. Nutrición en el Deporte: Un enfoque práctico. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2010.

Casanueva E, Kaufer M, Pérez AB. Nutriología médica. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2008.

Chris S R Hatton, Nevin C Hughes-Jones, Deborah Hay, David Keeling. Hematología: Diagnóstico y tratamiento. 1ª Ed. México: El Manual Moderno, SA; 2014.

Ciferri O, Tiboni O. The biochemistry and industrial potential of *Spirulina*. Ann Rev Microbiol. 1985; 39:503-526.

Clément G, Giddey C, Menzi R. Amino Acid Composition and Nutritive Value of the Alga *Spirulina Maxima*. J. Sci. Fd. Agric. 1985; 18: 497-501.

Comisión Europea. Functional foods. DG Research. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2010.

Cook JD. Diagnosis and management of iron deficiency anaemia. Best Pract Res Clin Haematol. 2005; 18:319-32.

Deng R, Chow TJ. Hypolipidemic, antioxidant, and antiinflammatory activities of microalgae *Spirulina*. Cardiovasc. Ther. 2010; 28: 33-45.

DeRuisseau KC, Chevront SN, Haymes EM, Sharp RG. Sweat iron and zinc losses during prolonged exercise. Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2002; 12(4): 428-437.

Di Santolo M, Stel G, Gonano F, Cauci S. Anemia and iron status in Young fertile non-professional female athletes. Eur J Appl Physiol. 2008; 102: 703-9.

FAO. A review on culture, production and use of spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. FAO Fisheries and Aquaculture Circular. No. 1034. Rome: Food and Agriculture Organization, 2008.

FAO/WHO. Human vitamin and mineral requirements. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. FAO/WHO non-series publication. Rome: Food and Agriculture Organization, 2002; p. 246-278.

FAO/WHO. Requeriments of vitamin A, iron, folate and vitamin B₁₂. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation. Food and Nutrition Series No. 23. FAO/WHO, Rome, 1988; p. 1-107.

Forrellat Barrios M, Fernández Delgado N, Hernández Ramírez P. Nuevos conocimientos sobre el metabolismo del hierro. Revista cubana de hematología, inmunología y hemoterapia. 2005; 21(3).

Forrellat Barrios M, Fernández Delgado N, Hernández Ramírez P. Regulación de la hepcidina y homeostasis del hierro: avances y perspectivas. Revista cubana de hematología, inmunología y hemoterapia. 2012; 28(4): 347-356.

Forrellat Barrios M, Gautier Du Défaix Gómez H, Fernández Delgado N. Metabolismo del hierro. Revista cubana de hematología, inmunología y hemoterapia. 2000; 16(3):149-160.

García Rosolen N, Eandi Eberle S, Feliú Torres A, Musso AM. Conceptos actuales sobre fisiología y patología del hierro. Hematología. 2000; 14(2):48-57.

Guglielmi, G., Rippka, R., Tandeau De Marsac, N. Main properties that justify the different taxonomic position of *Spirulina* sp. and *Arthrospira* sp. among cyanobacteria. In F. Doumenge, H. Durand-Chastel & A. Toulemont, eds. Spiruline algae de vie. Bulletin de l'Institut Océanographique Monaco. Musée Océanographique. Numéro Special. 1993; 12: 13–23.

Guix P, Parera M, Castro JA, Picornell A, Ramón MM, Obrador A. Aspectos moleculares de la absorción duodenal de hierro. Papel del gen HFE. Gastroenterología y hepatología. 2003; 26(2): 86-93.

Hayashi T, Hayashi K, Maedaa M, Kojima I. Calcium spirulan, an inhibitor of enveloped virus replication, from a bluegreen alga *Spirulina platensis*. J Nat Prod. 1996; 59: 83-87.

Henrikson R. Earth food *Spirulina*. San Rafael, California, USA: Ronorc Enterprises, Inc; 1989.

Infusino I, Braga F, Dolci A, Panteghini M. Soluble transferrin receptor (sTfR) and sTfR/log ferritin index for the diagnosis of iron-deficiency anemia. A metaanalysis. *Am J Clin Pathol.* 2012; 138: 642-9.

International Nutritional Anemia Consultative Group (INACG), World Health Organization (WHO), United Nations Childrens Fund (UNICEF). Guidelines for the use of iron supplements to prevent and treat iron deficiency anemia. Washington, D.C.: ILSI Press; 1998.

Krienitz L, Hegewald EH, Hepperle D, Huss VA, Rohr T, Wolf M. Phylogenetic relationship of *Chlorella* and *Parachlorella* gen. nov. (Chlorophyta, Trebouxiophyceae). *Phycologia.* 2004; 43 (5): 529-542.

Mataix Verdú J. Nutrición y alimentación humana. 2ª Ed. Madrid: Ergon; 2009. Capítulo 9, Minerales; p. 280-286.

Matsuura E, Nemoto T, Hozumi H, Izumi K, Saito Y, Ishida H, Fukimbara T, Kawahara H. Effect of chlorella on rats with iron deficient anemia. *Kitasato Arch Exp Med.* 1991; 64(4): 193-204.

Maxwell DP, Falk S, Trick CG, Huner NPA. Growth at low-temperature mimics high-light acclimation in *Chlorella vulgaris*. *Plant Physiol.* 1994; 150(2): 535-543.

Merchant Randall Edward, Phillips Todd W, Udani Jay. Nutritional Supplementation with *Chlorella pyrenoidosa* Lowers Serum Methylmalonic Acid in Vegans and Vegetarians with a Suspected Vitamin B₁₂ Deficiency. *Journal of Medicinal Food.* 2015; 18(12): 1357-1362.

Mettler S, Zimmermann MB. Iron excess in recreacional marathon runners. *Eur J Clin Nutr.* 2010; 64(5): 490-494.

Mišurcová L, Buňka F, Vávra Ambrožová J, Machů L, Samek D, Kráčmar S. Amino acid composition of algal products and its contribution to RDI. *Food Chemistry.* 2014; 151: 120-125.

Muñoz M, García-Erce JA, Remacha AF. Disorders of iron metabolism. Part 1: Molecular basis of iron homeostasis. *J Clin Pathol*. 2011; 64: 281-286.

Nagaoka S, Shimizu K, Kaneko H, Shibayama F, Morikawa K, Kanamaru Y, Otsuka A, Hirahashi T, Kato T. A novel protein C-phycoerythrin plays a crucial role in the hypocholesterolemic action of *Spirulina platensis* concentrate in rats. *J Nutr*. 2005; 135: 2425-2430.

Nakano S, Takekoshi H, Nakano M. *Chlorella pyrenoidosa* supplementation reduces the risk of anemia, proteinuria and edema in pregnant women. *Plant Foods Hum Nutr*. 2010; 65: 25-30.

Lönnerdal B, Dewey KG. Epidemiología de la deficiencia de hierro en lactantes y niños. *An Nestlé*. 1995; 53: 12-9.

Lopes TR, Kirsztajn GM. Renal analysis in 75 km ultra-marathon participants. *Acta Paul Enferm* 2009; 22: 487-9.

López-Chicharro, J.L., Hoyos, J., Gómez-Gallego, F., Villa, J.G., Bandrés, F., Celaya, P., Jiménez, F., Alonso, J.M., Cordova, A. y Lucia, A. Mutations in the hereditary haemochromatosis gene HFE in professional endurance athletes. *British Journal of Sports Medicine*. 2004; 38: 418-421.

Lukaski HC. Vitamin and mineral status: effects on physical performance. *Nutrition* 2004; 20(7-8): 632-644.

Olivares G, Manuel, Walter K, Tomás. Consecuencias de la deficiencia de hierro. *Revista chilena de nutrición*. 2003; 30(3): 226-233.

Palacios N, Franco L, Manonelles P, Manuz B, Villa JA. Consenso sobre bebidas para el deportista. Composición y pautas de reposición de líquidos. Documento de consenso de la Federación Española de Medicina del Deporte. *Arch Med Dep* 2008; 126: 245-58.

Paredes Aguilera R,. Metabolismo del hierro. *Revista mexicana de medicina transfusional*. 2009; 2(1):87-89.

Pietrangelo A. Heparin in human iron disorders: therapeutic implications. *J Hepatol.* 2011; 54(1):173-81.

Pietrangelo A. Physiology of iron transport and the hemochromatosis gene. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2002; 282: 403-14.

Pulz O, Scheibenbogen K, Groß W. *Biotechnology Set.* 2nd ed. Germany: Wiley-VCH Verlag GMBH; 2001. Chapter 5, Biotechnology with Cyanobacteria and Microalgae; p. 105-136.

Quintero Ramírez G. *Anemia y Homeopática.* Nueva Delhi: B. Jain Publishers; 2004.

Scholl TO, Hediger ML, Fischer RL, Shearer JW. Anemia vs iron deficiency: increased risk of preterm delivery in a prospective study. *Am J Clin Nutr.* 1992; 55: 985-998.

Schumacher YO, Schmid A, Grathwohl D, Bultermann D, Berg A. Hematological indices and iron status in athletes of various sports and performances. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34(5): 869-875.

Siah CW, Ombiga J, Adams LA, et al. Normal iron metabolism and the physiopathology of iron overload disorders. *Clin Biochem Rev* 2006; 27:5-16.

Siegel AJ, Hennekens CH, Solomon HS, Van Boeckel B. Exercise-related hematuria. Findings in a group of marathon runners. *JAMA* 1979; 241(4):3 91-392.

Spolaore P, Joannis-Cassan C, Duran E, Isambert A. Commercial applications of microalgae. *J Biosci Bioeng.* 2006; 101: 87-96.

Suárez ER, Kralovec JA, Nosedá MD, Ewart HS, Barrow CJ, Lumsden MD, Grindley TB. Isolation, characterization and structural determination of a unique type of arabinogalactan from an immunostimulatory extract of *Chlorella pyrenoidosa*. *Carbohydr Res.* 2005; 340: 1489-1498.

Suedekum NA, Dimeff RJ. Iron and the athlete. *Curr Sports Med Rep.* 2005; 4(4): 199-202.

Telford RD, Sly GJ, Hahn AG, Cunningham RB, Bryant C, Smith JA. Footstrike is the major cause of hemolysis during running. *J Appl Physiol* 2003; 94(1): 38-42.

Thomas C, Thomas L. Biochemical markers and haematologic indices in the diagnosis of functional iron deficiency. *Clin Chem.* 2002; 48: 1066.

Uchikawa T, Yasutake A, Kumamoto Y, Maruyama I, Kumamoto S, Ando Y. The influence of *Parachlorella beyerinckii* CK-5 on the absorption and excretion of methylmercury (MeHg) in mice. *J Toxicol Sci.* 2010; 35(1): 101-5.

Urdampilleta A, Martínez-Sanz JM, González-Muniesa P. Intervención dietético-nutricional en la prevención de la deficiencia de hierro. *Nutr clín diet hosp.* 2010; 30(3): 27-41.

Vonshak A, Chanawongse L, Bunnag B, Tanticharoen M. Light acclimation and photoinhibition in three *Spirulina platensis* (Cyanobacteria) isolates. *J. Appl. Phycol.* 1996; 8: 35–40.

WHO/NHD. Iron deficiency anaemia: assessment, prevention and control. A guide for programme managers. (document WHO/NHD/01.3) ed. Geneva: World Health Organization; 2001.

Zimmermann Michel B, Hurrell Richard F. Nutritional iron deficiency. *The Lancet.* 2007; 370: 511–20.

3. Hipòtesi de treball

Tant l'espírulina com la clorel·la són aliments que presenten un elevat contingut en ferro. L'espírulina conté aproximadament 119 mg per 100 g i, la clorel·la una mitjana de 167 mg per 100 g de biomassa seca. A més, ambdues són riques en β -carotens (provitamina A), factor que incrementa l'absorció del ferro actuant com a estabilitzador front a factors que n'inhibeixen l'absorció.

Per aquests motius, amb les intervencions dietètiques que es realitzaran a base d'espírulina i clorel·la, els atletes amb anèmia per deficiència de ferro es recuperaran d'aquest estat després de les 12 setmanes que durarà l'assaig. És a dir, que tant els paràmetres hematimètrics com els bioquímics es trobaran dins els valors normals.

Gràcies al major contingut de β -carotè i ficocianina de l'espírulina, s'espera que els resultats obtinguts amb l'ús d'aquest cianobacteri siguin més satisfactoris que amb els aconseguits amb la clorel·la. La ficocianina, el pigment que es troba en aquest cianobacteri, s'uneix amb el ferro i dóna lloc a complexos amb una major biodisponibilitat. Per altra part, la presència de cel·lulosa en les parets cel·lulars i la falta de filament que li proporciona la forma en espiral a l'espírulina també donaran lloc a que els efectes en la recuperació de l'anèmia siguin menors en el tractament amb clorel·la.

Si es compara la intervenció amb els "superaliments" amb la suplementació habitual a base de sulfat ferrós, s'espera obtenir una major absorció del ferro provinent de l'espírulina i la clorel·la, degut a l'origen químic del sulfat ferrós.

Respecte a les comparacions entre els diferents grups de població segons el gènere, l'estat anèmic inicial i el nivell en l'activitat física dels atletes, s'obtindrà una menor recuperació de l'estat anèmic en el cas dels atletes femenines, en estat anèmic més avançat i en una major càrrega d'exercici.

Les atletes femenines en edat fèrtil presentaran les pèrdues de ferro degudes a les menstruacions i, per tant, amb les mateixes ingestes de ferro presentaran una menor recuperació que els atletes masculins.

Els atletes que hagin iniciat l'assaig amb estat d'anèmia ferropènica (etapa III) seran els que presentaran uns valors més baixos en els paràmetres bioquímics, en comparació amb els que es trobin en els primers estadis de la carència.

La intensitat de l'exercici físic és un altre factor que intervindrà en els valors obtinguts, quan més exigent sigui l'exercici, majors seran les pèrdues de ferro i per tant, més complexa i lenta serà la recuperació de l'anèmia.

Finalment, alhora d'analitzar la viabilitat del tractament de l'anèmia ferropènica amb espirulina i clorel·la no resultarà econòmicament viable degut a l'elevat cost que presenten actualment aquests productes al mercat. Les dosis necessàries d'aquests "superaliments" per tractar l'anèmia són molt elevades. En comparació amb el sulfat de ferro, la concentració de ferro en aquests aliments és 100 vegades inferior. Tot i així, en referència a la viabilitat econòmica, es proposen aquests aliments per contribuir en la prevenció de l'anèmia ferropènica i assegurar una aportació adequada de ferro en la dieta de l'esportista.

4. Objectius

Objectius generals:

- Determinar els efectes de l'alga clorel·la sobre els paràmetres hematològics relacionats amb el metabolisme del ferro en atletes amb anèmia.
- Determinar els efectes del cianobacteri espirulina sobre els paràmetres hematològics relacionats amb el metabolisme del ferro en atletes amb anèmia.

I, els objectius específics:

- Comparar els efectes de l'alga clorel·la amb els del cianobacteri espirulina en atletes amb anèmia.
- Comparar els efectes de la clorel·la i l'espirulina amb els efectes d'un tractament habitual contra l'anèmia de suplementació amb ferro.
- Estudiar i comparar els efectes de la clorel·la i l'espirulina segons el gènere, l'estat anèmic inicial i el nivell en la intensitat de l'activitat física dels atletes.
- Analitzar la viabilitat de tractar l'anèmia amb els superaliments clorel·la i espirulina.

5. Material i mètodes

5.1. Material

El material necessari per a l'estudi és el següent:

- Les enquestes núm. 1 i 2 per als atletes (veure annexes I i II).
- Els productes per els tractaments:
 - Espirulina en pols (aprox. 150mg Fe/ 100g)
 - Clorel·la en pols (aprox. 150 mg Fe/ 100g)
 - Sulfat de ferro en comprimits (15mg Fe elemental/ comprimit)
- El material necessari per a la recollida de les mostres
- Els reactius per a les diverses determinacions al laboratori (hemograma i determinacions bioquímiques)
- La instrumentació per a les diverses determinacions al laboratori (hemograma i determinacions bioquímiques)

5.2. Mètodes

Els mètodes utilitzats en les determinacions són els de la taula següent:

Paràmetre	Mètode analític
Eritòcits	Mètode automatitzat de recompte
Hemoglobina	Mètode automatitzat de recompte
Hematòcrit	Mètode automatitzat de recompte
Volum corpuscular mitjà	Càlcul matemàtic
Hemoglobina corpuscular mitjana	Càlcul matemàtic
Ferrèmia	Mètode colorimètric
Ferritina	Quimioluminescència directa
Saturació de transferrina	Càlcul matemàtic

▲ Taula 6: Mètodes analítics utilitzats per les determinacions dels diferents paràmetres pel diagnosi de l'anèmia ferropènica

5.3. Subjectes d'estudi

La població objecte d'estudi seran atletes entre 25 i 35 anys que presentin valors en l'hemograma i en les determinacions bioquímiques que indiquin que es troben en un estat anèmic. És a dir que s'exclouran de la segona fase de l'estudi aquells subjectes que no presentin anèmia en cap dels seus estadis, a més d'aquells que pateixin alguna malaltia, estiguin en tractament o prenguin algun tipus de suplementació que pugui afectar als resultats. Per tant, es pot dir que és un estudi de casos en el qual existeix un criteri de selecció de la població a estudiar.

A més, els atletes que formaran part de l'estudi hauran de practicar un mínim de 4 sessions setmanals d'activitat física de més d'una hora de durada per sessió. També hauran de participar en proves de competició, encara que sense la necessitat de competir de forma professional. D'aquesta forma, amb la selecció realitzada, s'aconseguirà una mostra representativa, homogènia, sense distorsió i accessible.

La mida de la mostra serà d'un mínim de 100 atletes, repartits equitativament entre els dos sexes. S'ha determinat la mida de la mostra segons les taules estadístiques predeterminades; amb 100 individus el nivell de precisió sempre serà menor a $\pm 10\%$, independentment de la mida de la població. Aquests 100 atletes rebran el tractament d'una de les tres intervencions plantejades; amb espirulina, amb clorel·la o amb sulfat de ferro (intervenció del grup comparador).

Per això, s'acudirà a la Federació Balear de Muntanyisme i Escalada a través de la qual es facilitarà el contacte amb els atletes, els quals rebran tota la informació necessària per decidir participar o no en l'estudi. En cas afirmatiu, consentiran que se'ls prengui les mostres per a les dues analítiques a més d'aportar les dades necessàries.

5.4. Variables

Les variables objecte de l'estudi que es determinaran són les següents:

- **Sexe:** Home (H) o dona (D).

- **Nivell d'activitat física**

- **Biodisponibilitat del ferro en la dieta**

- **Tipus de tractament:** espirulina, clorel·la i sulfat de ferro.

- **Eritròcits** ($\times 10^6/\text{mm}^3$): nombre de glòbuls vermells en circulació. Els valors normals en homes és de 4,5 a 5,6 $\times 10^6/\text{mm}^3$ i en dones de 4,2 a 5,4 $\times 10^6/\text{mm}^3$.

- **Hemoglobina** (g/dl): determinació de la concentració d'hemoglobina en sang. Els valors normals en dones és de 12,1 a 15,1 g/dl i en homes de 13,8 a 17,2 g/dl.

- **Hematòcrit** (%): és el percentatge en volum d'eritròcits en la sang; el volum de la massa cel·lular en relació a la sang total. Els valors normals es troben entre el 40 i el 50%

- **Volum corpuscular mitjà** (fL): reflexa el volum mitjà dels eritròcits circulants. Els valors normals es troben entre 80 i 100 fL.

- **Hemoglobina corpuscular mitjana** (pg): reflexa la quantitat mitjana d'hemoglobina als eritròcits circulants. Els valors normals es troben entre 20 i 35 pg.

- **Ferrèmia** ($\mu\text{g}/\text{dl}$): determinació del ferro lliure en circulació. També s'anomena ferro sèric i els valors normals es troben entre 50 i 175 $\mu\text{g}/\text{dl}$.

- **Ferritina plasmàtica** (ng/ml): determinació de la concentració d'aquesta proteïna en circulació. És la principal proteïna d'emmagatzematge de ferro. La seva presència és conseqüència de la seva excreció per part de les cèl·lules productores. Les concentracions normals són de 20 a 200 ng/ml.

- **Saturació de transferrina** (%): és el quocient entre el ferro sèric i la capacitat total d'unió del ferro a la transferrina. Els valors normals oscil·len entre el 20 i el 50%.

5.5. Recollida i anàlisi de dades

En primer lloc, es recolliran les dades obtingudes de la primera enquesta i de les primeres anàlisis. Amb els resultats obtinguts amb l'hemograma i la resta de determinacions bioquímiques, es seleccionaran només els subjectes que es trobin en estat anèmic, inclosos els que es trobin en els primers estadis de la malaltia (anèmia prelatent) (veure taula 3). Per altra part, amb les dades de l'enquesta es confirmaran els requisits en referència a l'exercici; intensitat, durada i modalitat. Els subjectes que no assoleixin les 4 sessions d'entrenament de més d'una hora de durada cada una d'elles més una sessió mensual d'alta intensitat ($>80\% \text{VO}_{2\text{màx}}$), s'exclouran de l'assaig. Abans de recopilar les dades de les enquestes, però, es comprovaran les dades recollides amb la finalitat de corregir possibles errors que s'hagin pogut donar al respondre.

Per a la realització dels tractaments, es dividirà el total de la població objecte d'estudi en diversos grups segons el sexe, la càrrega d'exercici i la biodisponibilitat del ferro en la dieta. La biodisponibilitat del ferro en la dieta es calcularà en funció de les dades recollides a l'enquesta núm. 1 (pes i hàbits dietètics), segons les taules establertes per la FAO (*FAO/WHO, 2002*).

En l'última etapa s'analitzaran els resultats de les segones enquestes i anàlisis. Amb les enquestes es descartaran els subjectes que no hagin complert amb les pautes recomanades pel tractament, que no hagin mantingut els requisits en el nivell d'exercici o que hagin modificat notablement els seu hàbits dietètics. A partir d'aquí s'analitzaran amb el programa estadístic adequat (Statgraphics o similar) les variables determinades amb les anàlisis. S'avaluarà la normalització dels paràmetres hematològics després d'haver rebut els tractaments. Alhora que també es compararan els diferents grups establerts segons tipus de tractament, el sexe, l'estat anèmic inicial, la càrrega d'exercici i la biodisponibilitat del ferro en la dieta mitjançant la prova khi-quadrat. Si les diferències són significatives es podran confirmar o desestimar les hipòtesis plantejades inicialment.

5.6. Limitacions de l'estudi

En primer lloc, una de les majors limitacions de l'estudi és la falta de bibliografia i informació científica prou fiable sobre l'espírulina i la clorel·la. És necessari un estudi amb més profunditat d'aquests productes per determinar-ne completament la seva naturalesa. A més, la major part dels productes comercials provenen de països tercers i, per tant, és complicat accedir a la informació sobre el tipus de tractaments que han sofert i el procés d'obtenció en sí de la biomassa. La qual cosa també implica que en la majoria no s'especifiqui l'espècie de cianobacteri o alga que contenen. Per aquest motiu, la composició de l'espírulina i la clorel·la pot presentar grans variacions, especialment en els micronutrients. En aquest estudi la importància radica en el contingut de ferro, β -carotè i calci.

En segon terme, la determinació de la biodisponibilitat del ferro en la dieta de cada un dels atletes és complexa, ja que influeixen tan factors dietètics com fisiològics. Amb les dades recopilades amb l'enquesta es valoren la major part dels factors dietètics i es reparteix la mostra en tres grups diferents en funció de la biodisponibilitat. Però, tot i així, hi ha alguns factors que s'escapen al control d'aquest estudi.

Finalment, el cost dels "superaliments" utilitzats impedirà que sigui econòmicament viable tractar l'anèmia ferropènica amb aquests, degut a les quantitats que serien necessàries.

5.7. Fortaleses de l'estudi

La principal fortalesa de l'estudi radica en que és fàcil de conduir, de reduït cost i de curta durada. La metodologia de les determinacions és relativament senzilla i majoritàriament accessible, per tant, no són costoses.

Per altra part, els resultats obtinguts podran servir per formular altres hipòtesis per a estudis posteriors. Com per exemple, estudiar els efectes de l'espírulina i la clorel·la en altres grups de població en risc d'anèmia (nens i dones embarassades).

Finalment, tot i que l'espírulina i la clorel·la presentin un cost elevat i el tractament de l'anèmia amb aquests no resulti econòmicament viable, poden ser grans suplementes en la prevenció de l'anèmia. L'educació alimentària per a la prevenció de l'anèmia ferropènica en els esportistes ha de ser bàsica i imprescindible i, per tant, si es demostra l'efecte d'aquests "superaliments" en la recuperació de l'anèmia, podran ser utilitzats per augmentar la ingesta diària de ferro. Sobretot, en casos de dietes vegetarianes o veganes en les que no es consumeix ferro hemo. Fins inclús, els resultats podrien ser d'utilitat en l'elaboració d'una guia per a la prevenció de l'anèmia en els esportistes.

Annex I

Enquesta núm. 1

Estudi: Efectes de l'espíridina i la clorel·la en atletes amb deficiència de ferro

1. Dades personals:

- 1.1. Sexe: H D
 1.2. Edat: ____ anys
 1.3. Pes: ____ kg
 1.4. Alçada: ____ m

2. Dades clíniques

- 2.1. Pateix alguna malaltia? Si en pateix alguna/es, quina/es és/són?
 No Si _____
- 2.2. Alguna vegada li han detectat anèmia? Si és que sí, quan?
 No Si _____
- 2.3. Pren alguna medicació o suplement dietètic? Si és que sí, quin/es és/són? I amb quina dosi?
 No Si _____
- 2.4. Acut a fer-se reconeixements metges rutinaris? No Si

3. Dades nutricionals i hàbits dietètics.

- 3.1. Segueix algun tipus de dieta estricta?
 Hipocalòrica ____
 Hiperproteica ____
 Vegetariana ____
 Vegana ____
 Altres ____
- 3.2. Quins horaris segueix de menjades al llarg del dia?

- 3.3. Descriu les menjades del dia anterior.
 Esmorzar _____
 Mig matí _____
 Dinar _____
 Berenar _____
 Sopar _____

3.4. Consumeix fruita? Quantes al dia? I de cítrics i kiwis?

No Si Núm. fruites/dia _____ Núm. cítrics i kiwis/dia _____

3.5. I verdura, quantes racions al dia? I concretament, de bròquil, pebre vermell, col i patata?

Núm. racions/dia _____ Núm. racions/setmana _____

3.6. Quants vasos de llet pren al dia? I iogurts o altres lactis?

Núm. vasos/dia _____ Núm. altres lactis/dia _____

3.7. Consumeix fruits secs? Amb quina quantitat?

No Si Núm. racions (aprox. 10g/ració)/setmana _____

3.8. Al llarg de la setmana, quantes vegades consumeix carn, peix i llegums?

Núm. racions de carn/setmana _____

Núm. racions de peix/setmana _____

Núm. racions de llegums/setmana _____

3.9. Acompanya les menjades amb pa? Si és així, és pa blanc o integral?

No Si _____

4. Hidratació

4.1. Quina quantitat beu al dia? Quants vasos d'aigua? I d'infusions, suc o altres begudes?

Núm. vasos de aigua (250 ml/vas)/dia _____ Núm. vasos altres begudes/dia _____

4.2. Concretament, quina quantitat de cafè i/o tè beu al dia?

Núm. tasses/dia _____

5. Exercici físic

5.1. Quantes sessions d'entrenament setmanals realitza? Quina durada té cada sessió?

Núm. de sessions/setmana _____ Temps/sessió de _____ a _____ min.

5.2. Realitza algun altre esport? Si és que sí, quants cops a la setmana el/s practica?

No Si _____

5.3. Participa habitualment en competicions? Quantes al mes?

No Si Núm. de competicions/mes _____

Annex II

Enquesta núm. 2

Estudi: Efectes de l'espírulina i la clorel·la en atletes amb deficiència de ferro

1. Dades personals:

1.1. Subjecte núm.: _____

2. Dades del tractament

2.1. Ha seguit les pautes del tractament assignat?

No Si

2.2. Si és que no, quins dels següents punts no ha complert?

No ha recordat prendre la dosi diàriament

No ha pres la dosi assignada

No ha consumit els aliments recomanats juntament amb la dosi

Ha consumit cafè, tè o lactis juntament amb la dosi

No ha esperat el mínim recomanat de dues hores després de la dosi

2.3. Ha pres alguna medicació o suplement dietètic? Si és que sí, quin/es és/són? I amb quina dosi?

No Si _____

2.4. Ha sofert algun tipus de molèstia durant el tractament? Si és que sí, quina/es?

No Si _____

3. Dades nutricionals i hàbits dietètics.

3.1. Ha modificat la dieta al llarg d'aquests tres mesos que ha durat el tractament?

No Si

3.2. Concretament, ha sofert variacions en el consum de productes carnis i lactis?

Si és que sí, especifica les racions setmanals.

No Si _____

3.3. I en el consum de cafè i tè? Si és que sí, especifica les racions diàries.

No Si _____

4. Dades sobre l'exercici físic

4.1. Quantes sessions d'entrenament ha realitzat?

Núm. de sessions/setmana _____

4.2. La durada de cada sessió ha superat els 60 min.?

No Si

4.3. Ha participat almenys en tres competicions en aquests últims tres mesos?

Quines ha realitzat?

No Si Competicions _____

4.4. Ha davallat la intensitat d'entrenament durant l'última setmana?

No Si

6. Pla de treball i calendari d'actuació

6.1. Etapes de desenvolupament

L'estudi tindrà una durada total de 6 mesos i està plantejat en tres grans etapes de desenvolupament; una primera etapa consistirà en realitzar la primera enquesta i les primeres anàlisis, una segona en la que es duran a terme els diferents tractaments front l'anèmia i la tercera en la que es repetiran les enquestes i les anàlisis.

Al llarg del mes de febrer de 2018 es trametrà tota la informació necessària a la Federació Balear de Muntanyisme i Escalada per a que els atletes coneguin l'assaig i s'interessin en participar. Als dos mesos, dia 2 d'abril de 2018, es prendran les mostres de sang a tots els atletes que hagin volgut participar de l'assaig i es recolliran les dades necessàries de cada un d'ells en l'enquesta. A partir d'aquí, es seleccionaran els atletes segons els requisits establerts en l'estudi.

El dia 9 d'abril, una vegada elegits els atletes, s'iniciaran els diferents tractaments. Prèviament s'haurà convocat als atletes per facilitar-los el material necessari per la intervenció dietètica i informar-los de les pautes a seguir durant l'assaig. Els tractaments tindran una durada de 12 setmanes, per tant finalitzaran dia 1 de juliol.

Ja en l'última etapa, concretament dia 2 de juliol, es procedirà a recollir per segon cop les mostres de sang i les dades dels atletes. Finalment, es durà a terme l'anàlisi estadístic de totes les dades recollides i abans de finals del mateix mes de juliol s'hauran pogut extreure els resultats i les conclusions finals de l'estudi.

	Etapa 1			Etapa 2	Etapa 3	
Data	feb-18	02-abr-18	Set. 02-abr-18	09-abr-18 a 01-jul-18	02-jul-18	fins 31-jul-18
Actuació	Informar als atletes de FBME	1a Enquesta i anàlisis	Selecció dels subjectes	Tractament de l'anèmia	2a Enquesta i anàlisis	Recopilació i anàlisi de dades

▲ Taula 7: Cronograma de l'estudi "Efectes dels superaliments (cianobacteri espirulina i alga clorel·la) en atletes amb deficiència de ferro.

6.2. Distribució de tasques i lloc de treball

La Federació Balear de Muntanyisme i Escalada aportarà els atletes que formaran part de l'estudi. També ajudaran en la gestió i organització alhora de realitzar les enquestes i les anàlisis.

Al laboratori d'anàlisis clíniques de l'Hospital Universitari de Son Espases es duran a terme les dues tandes d'anàlisis.

Finalment, a la Universitat de les Illes Balears serà on es centralitzarà l'estudi i es realitzarà l'anàlisi de totes les dades recopilades.