

## Aclimatació a l'altitud: viure sense oxigen

### Ignasi Junyent Mora

Un dels aspectes més estudiats en fisiologia humana és els efectes que produeix l'altitud en el nostre organisme. És sabut que a mesura que va augmentant l'altitud, disminueix la pressió baromètrica i, per tant, també es redueix la disponibilitat d'oxigen, dificultant la vida humana a grans alçades. Davant d'aquesta manca d'oxigen, es produeixen una sèrie de canvis funcionals i/o estructurals en l'organisme que permeten poder fer front a les condicions ambientals a les quals s'està sotmès. Aquesta sèrie de canvis és coneguda com a aclimatació, sol trigar entre dues i tres setmanes a produir-se, i és el que experimenten per exemple els alpinistes quan realitzen expedicions d'alta muntanya.

L'augment de la popularitat de l'alpinisme, així com de l'esquí i del turisme en zones d'alta muntanya, ha fet que cada cop hi hagi més gent que s'exposi a l'altura i això ha fet créixer l'interès per entendre millor com es produeix aquest procés d'aclimatació. Però no només hi ha més gent que s'exposa a l'altitud per motius de lleure, sinó també per motius professionals, com ara els treballadors d'explotacions mineres que es troben en altitud o els equips de rescat de muntanya. És per tant important la investigació per descobrir quins mecanismes de resposta té l'organisme per fer front a les condicions adverses a les quals es troba quan és en altitud, ja que pot comportar beneficis sanitaris i de qualitat de vida per aquells que han de passar un període de temps en altura.

Al Departament de Fisiologia de la Facultat de Biologia hi trobem el Grup de Fisiologia Adaptativa: Exercici i Hipòxia, amb el Dr. Ginés Viscor al capdavant. Aquest grup, amb una àmplia trajectòria d'investigació a la UB, ha basat gran part de la seva investigació a estudiar quines i com són les respostes adaptatives provocades per una restricció en el subministrament d'oxigen als teixits, i centra una especial atenció sobre els ajustaments centrals i perifèrics que es produeixen quan s'està sota una exposició intermitent a hipòxia hipobàrica.



## Ambients amb manca d'oxigen

Entre tots els elements desfavorables per la vida humana presents en altitud, el més difícil de vèncer és la hipòxia. Com més amunt s'està, més baixa és la pressió atmosfèrica. Això fa que hi hagi una disminució en la pressió parcial d'oxigen i que es produeixi una condició d'hipòxia hipobàrica. Quan els humans es troben exposats a la hipòxia, s'activen una sèrie de mecanismes fisiològics controlats pel sistema nerviós per tal de fer front a la situació i compensar les condicions atmosfèriques adverses a les quals està sotmès.

La baixa pressió atmosfèrica es tradueix en un descens en la pressió parcial de l'oxigen en els alvèols pulmonars, que a la vegada causa que disminueixi la pressió parcial d'oxigen arterial, és a dir, que provoca una disminució en la quantitat d'oxigen que transporta la sang. El descens de la pressió parcial de l'oxigen arterial estimula uns quimiorceptors que, a través d'impulsos nerviosos provoquen una hiperventilació de l'organisme per tal de poder augmentar el transport d'oxigen en sang. Aquesta hiperventilació també fa que s'eliminin grans quantitats de diòxid de carboni, de manera que disminueix la seva pressió parcial arterial i es produeix un augment en el pH sanguini. Aquest augment del pH provoca una resposta per part del ronyó, que augmenta la secreció de bicarbonat i disminueix la de protons. A més, també augmenta la freqüència cardíaca per tal de mantenir la relació que manté amb la ventilació i per mantenir el transport d'oxigen a nivells basals. També es produeix un augment en la capacitat de difusió pulmonar de l'oxigen i una vasoconstricció pulmonar.

La permanència prolongada a grans altituds fa que l'organisme generi unes respostes a mitjà termini que permeten suportar la hipòxia hipobàrica, és el que es coneix com a aclimatació. Una d'aquestes respostes ja l'hem comentada anteriorment i es tracta de la hiperventilació. Però a part d'això, també hi ha un augment en el nombre de glòbuls vermells. Això fa que a la vegada augmenti la concentració d'hemoglobina, la proteïna encarregada de transportar l'oxigen a la sang. També hi ha un augment en el nombre de capil·lars circulatoris i un augment en el nombre de mitocondris cel·lulars, de manera que la utilització de l'oxigen és més eficaç.

Aquestes respostes depenen en gran part de l'expressió del factor de transcripció induïble per hipòxia (HIF-1 $\alpha$ ), un dímer que es troba present en tots els teixits. Quan els nivells d'oxigen són els normals, l'HIF-1 $\alpha$  és degradat a la cèl·lula, ja que una altra molècula l'hidroxila (i.e. canvia un àtom d'hidrogen per un grup hidroxil) i el marca per ser degradat. Però quan l'organisme es troba en ambient d'hipòxia, aquesta segona molècula no pot hidroxilar l'HIF-1 $\alpha$ , de manera que no només no es degrada, sinó que a més a més entra al nucli cel·lular i actua com a factor de transcripció unint-se a certs elements presents a l'ADN.

L'exposició prolongada a la hipòxia hipobàrica, però, també pot tenir efectes negatius per l'organisme. Entre d'altres efectes, es produeix un deteriorament físic, amb una disminució del pes corporal, en part causat per una reducció de la massa muscular. L'augment del nombre de glòbuls vermells pot fer augmentar la viscositat de la sang i també pot causar una trombosi venosa profunda. A més, hi ha una sèrie de patologies que estan associades a l'altitud, com ara el mal de muntanya o la malaltia de Monge.

Tot i els efectes negatius que pot causar la hipòxia hipobàrica, hi ha més de 100 milions de persones al món que viuen a altituds superiors als 2.500 metres, i de fet als Andes hi ha poblacions estables a més de 4.900 metres. Aquests individus han integrat les respostes anteriorment descrites al seu material genètic al llarg de l'evolució i es troben totalment adaptats genèticament a l'altitud.

## Hipòxia hipobàrica intermitent

Una de les tècniques utilitzades per produir els efectes de l'acclimatació en persones que no viuen en altitud, és el que es coneix com a hipòxia hipobàrica intermitent (IHH, de l'anglès *Intermittent Hypobaric Hypoxia*). Aquesta tècnica s'ha utilitzat històricament per millorar la condició física i per tractar diverses malalties, sobretot en països que formaven part de la Unió Soviètica, i consisteix a realitzar unes quantes sessions durant uns quants dies en les quals l'individu s'exposa a condicions d'hipòxia en una cambra hipobàrica.

Un dels estudis realitzats pel grup del Dr. Viscor l'any 2000 consistia a trobar un protocol d'IHH capaç de produir els efectes de l'acclimatació amb el mínim temps d'exposició a la hipòxia possible, per tal de no interferir gaire amb l'activitat diària de les persones que volen obtenir els efectes de l'acclimatació. Per tal de fer això, van dissenyar tres protocols d'IHH de diferents duracions. En el primer d'ells (protocol A) es van estudiar 6 individus que es van sotmetre a 17 sessions d'hipòxia a la cambra d'entre 3 i 5 hores, durant 17 dies. En el segon protocol (protocol B), els individus estudiats es van sotmetre a 9 sessions també entre 3 i 5 hores, durant 9 dies; i finalment en el tercer protocol (protocol C), es van estudiar 8 persones que es van sotmetre a 9 sessions de 90 minuts al llarg de 21 dies. Aquest estudi es va realitzar amb individus sans en la cambra hipobàrica del Servei d'Hipobària INEFC-UB.

Els resultats obtinguts amb l'estudi mostraven un increment en el nombre de glòbuls vermells, de l'hematòcrit i de la concentració d'hemoglobina amb tots tres protocols, i a més a més, no es va observar un augment significatiu de la viscositat sanguínia, com es podria esperar tenint en compte que havia augmentat el nombre d'eritròcits. Comparant els diferents protocols entre ells, es va veure que els resultats havien sigut força similars, excepte en el nombre de glòbuls vermells, que era superior en els individus del protocol B. Pel que fa a l'objectiu principal de



Figura 1. Cambra hipobàrica del Servei d'Hipobària INEFC-UB, on el grup del Dr. Viscor realitza bona part de les seves investigacions.

l'estudi, el protocol B va resultar ser el més eficient, ja que va ser el que va aconseguir els millors resultats en relació als dies de duració de l'estudi (només 9), mentre que el protocol C va ser el que va necessitar menys hores d'exposició per obtenir bons resultats. En termes absoluts però, els millors resultats els va obtenir el protocol A, amb el qual es van aconseguir uns nivells hematològics alts i estables. Així doncs, es van obtenir tres protocols de característiques diferents i efectius, de manera que, depenent de la disponibilitat de l'individu i de les seves necessitats, en podria fer servir un o altre.

## Treballar amb o sense oxigen?

Els efectes que pot produir la hipòxia en el rendiment esportiu han sigut àmpliament estudiats en els últims 50 anys. L'origen d'aquestes investigacions va ser la designació de Ciutat de Mèxic com a ciutat organitzadora dels Jocs Olímpics d'estiu de 1968. La capital mexicana es troba a 2300 metres sobre el nivell del mar, i això va generar una sèrie de dubtes sobre com afectaria aquest fet al rendiment esportiu. De fet, alguns metges esportius es van queixar d'aquesta designació, ja que afirmaven que els atletes de països a baixa altitud estarien en desavantatge.

Els resultats d'aquells Jocs Olímpics van ser sorprenents. D'una banda, els atletes participants en proves curtes van aconseguir grans marques i van superar diversos rècords mundials, i d'altra banda, els atletes especialitzats en proves de fons van patir les conseqüències de competir en altitud i van obtenir mals resultats. Després d'això, es va investigar fervorosament els efectes produïts per l'entrenament en altitud. Actualment, la tècnica que es considera més efectiva per millorar el rendiment esportiu és viure en altitud i entrenar al nivell del mar, però, per raons pràctiques, no seria una tècnica ideal. Per aquest motiu s'han creat diversos sistemes d'hipòxia artificial per ajudar a millorar el rendiment esportiu dels esportistes d'elit.



*Figura 2. L'atleta Colette Besson arribant a la meta en la prova dels 400 metres llisos dels Jocs Olímpics d'estiu de 1968, on va guanyar la medalla d'or. En aquests Jocs disputats a Mèxic, es van fer molt bones marques en proves com aquesta, mentre que en les proves de fons les marques van ser dolentes.*

En fisiologia esportiva es diferencia entre dos tipus de metabolisme de les fibres musculars, el metabolisme aeròbic i el metabolisme anaeròbic. El metabolisme aeròbic utilitza glucosa i àcids grassos com a font d'energia, i depèn principalment de la disponibilitat d'oxigen en el múscul. Pel que fa al metabolisme anaeròbic, es diferencia en dos tipus: el metabolisme anaeròbic alàctic i el làctic. El metabolisme anaeròbic alàctic és el que predomina en les etapes inicials de l'exercici, en les quals s'utilitzen fosfàgens (substàncies fosforilades d'elevat nivell energètic) presents en el múscul com a font d'energia. Aquests fosfàgens, però, són escassos, de manera que si l'exercici intens continua, s'esgoten. El metabolisme anaeròbic làctic utilitza bàsicament glucosa

com a font d'energia i apareix quan la demanda d'oxigen per part dels músculs és superior a la capacitat de subministrar-los-hi oxigen. Aquest tipus de metabolisme té un rendiment energètic petit, perquè consumeix molt combustible i, a més, provoca una acumulació d'àcid làctic al múscul, que a mesura que va passant el temps produeixen la condició de fatiga.

Metabòlicament es pot distingir entre dos tipus d'esforç: el de potència i el de resistència. En el de potència predomina el metabolisme anaeròbic, ja que presenta una gran demanda energètica per part dels músculs i la capacitat de subministrar oxigen no és prou alta. D'altra banda, el de resistència presenta una predominança del metabolisme aeròbic perquè la demanda energètica no és tan elevada i, a més a més, l'augment de la freqüència cardíaca i de la freqüència respiratòria permet satisfer les altes demandes d'oxigen.

Tot això explicaria els resultats que es van observar en les proves d'atletisme dels Jocs Olímpics d'estiu celebrats a Mèxic. Per una banda, en les proves de fons es van obtenir mals resultats, ja que la quantitat d'oxigen en l'aire era menor a causa d'una menor pressió atmosfèrica causada per l'altitud, de manera que van utilitzar el metabolisme anaeròbic més del normal, provocant una major acumulació d'àcid làctic del normal, i augmentant la sensació de fatiga. D'altra banda, els atletes participants en proves curtes van obtenir grans marques, ja que a aquella altitud l'aire és menys dens i ofereix menys resistència, i la gravetat també és una mica menor que a nivell del mar. A més, com que en aquestes proves domina el metabolisme anaeròbic, el fet que hi hagués més o menys disponibilitat d'oxigen en l'aire no va influir en el rendiment dels atletes.

Així doncs, hem pogut veure la importància del metabolisme aeròbic en diverses proves

atlètiques. En aquest sentit, el grup del Dr. Viscor va estudiar l'any 1997 els efectes que tindria en la capacitat aeròbica al nivell del mar una exposició intermitent a un ambient d'hipòxia moderada durant un període de temps de només 9 dies. A més, també van voler comparar els efectes de la hipòxia hipobàrica quan es realitzava combinant-la amb exercici de baixa intensitat o sense realitzar exercici. Aquesta investigació es va dur a terme també a la cambra hipobàrica del Servei d'Hipobària INEFC-UB amb un grup de 17 membres de 3 expedicions d'alta muntanya. Els subjectes d'estudi es van dividir aleatòriament en dos grups i un dels grups va combinar l'exposició a un ambient d'hipòxia amb un protocol d'exercici diari d'entre 30 i 75 minuts de baixa intensitat. Cada dia s'anava augmentant l'altitud simulada, començant el primer dia amb una altitud simulada propera als 4000 metres i finalitzant el novè dia amb una altitud simulada de 5500 metres. A més, abans de començar i en finalitzar l'estudi es va avaluar el rendiment esportiu dels participants i el seu estat mèdic.

Els resultats obtinguts no van mostrar cap diferència ni pel que fa al perfil hematològic ni a pel que fa al rendiment esportiu entre ambdós grups d'estudi. On sí que van veure diferències va ser en el test d'exercici màxim realitzat. Després del programa d'aclimatació en la cambra hipobàrica, els participants van mostrar un augment en el temps màxim d'exercici i en la ventilació màxima pulmonar (i.e. el volum total espirat en un minut). Un altre resultat interessant va ser l'observació d'un desplaçament cap a la dreta de la corba del lactat en tots els subjectes estudiats (Figura 3). Aquest desplaçament implica que va augmentar el llindar del lactat en tots els participants, és a dir, que cal una major intensitat d'exercici perquè es comenci a fer servir el metabolisme anaeròbic. Això fa que es pugui fer exercici a més intensitat sense que s'acumuli àcid làctic i que, per tant, trigui més a aparèixer la sensació de fatiga. Aquest augment en el llindar del lactat explicaria l'increment en el temps màxim d'exercici experimentat, causat per una menor acumulació de lactat durant l'exercici i un augment en la capacitat aeròbica.

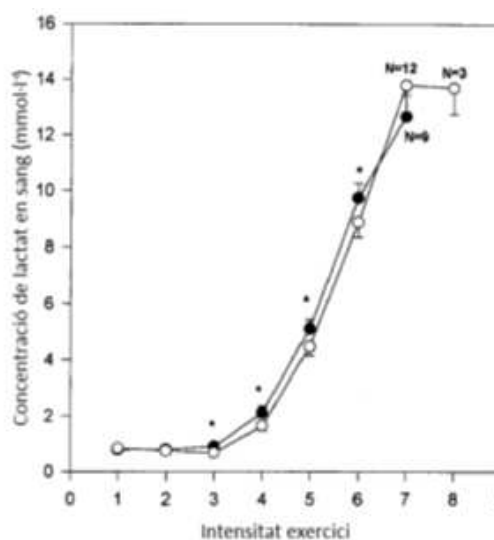


Figura 3. Corba del lactat dels participants en la investigació del grup abans (punts en negre) i després (punts en blanc) de realitzar l'estudi. Es pot observar un desplaçament cap a la dreta de la corba del lactat, indicant un augment en la capacitat aeròbica dels subjectes participants.

També van obtenir resultats interessants pel que fa als paràmetres hematològics. Per exemple, es va observar un augment de l'hematòcrit, del nombre de glòbuls vermells, del nombre de reticulòcits (i.e. glòbuls vermells immadurs) i de la concentració d'hemoglobina. Tots aquests canvis es van associar a una clara millora en la capacitat de transportar oxigen a la sang i demostraven que l'exposició intermitent a la hipòxia, a part de ser una tècnica eficaç per augmentar el rendiment esportiu en subjectes sans, també estimula l'eritropoesi. De fet, van demostrar que l'eritropoesi s'estimulava igual que amb altres protocols d'hipòxia on el temps d'exposició era més llarg.

## Producció de glòbuls vermells

La síntesi de glòbuls vermells és controlada en gran part per l'eritropoetina (EPO), una glicoproteïna produïda majoritàriament en les cèl·lules del tub proximal del ronyó i també en part al fetge. El principal regulador de la síntesi de l'EPO és la disponibilitat d'oxigen tant al ronyó com al fetge. En malalts d'anèmia, per exemple, hi ha una menor capacitat de la sang de transportar oxigen, i aquesta menor concentració d'oxigen en sang estimula la producció de l'EPO, que posteriorment s'uneix als seus receptors específics presents a la medul·la òssia i produeix un augment de la síntesi de glòbuls vermells.

Hi ha situacions, però, en els quals el mecanisme de la producció d'EPO no és del tot eficient. Per exemple, de vegades en operacions de cirurgia es fan autotransfusions de sang amb sang prèviament extreta del mateix pacient abans de l'operació. En aquests casos hi ha una disminució de glòbuls vermells i, en conseqüència, una lleugera anèmia, però és insuficient com per provocar una hipòxia suficient per produir un augment en la síntesi d'EPO. També es coneixen alguns tipus d'anèmia associats a certes malalties cròniques, com ara la insuficiència renal crònica, en les quals la secreció endògena d'EPO és baixa i insuficient per fer front a l'anèmia.

El grup va dur a terme una investigació per tractar de determinar si una exposició de 90 minuts en un ambient d'hipòxia a la cambra hipobàrica seria suficient per provocar un augment en la producció d'EPO. Els resultats van mostrar que 3 hores després d'acabar l'exposició es produïa un pic en la concentració d'EPO, i que 5 hores més tard els nivells d'EPO tornaven a valors propers als basals. A més a més, també van estudiar com afectava l'exposició cada dos dies durant 3 setmanes a la cambra hipobàrica, i van veure un augment del nombre de glòbuls vermells al final de la tercera setmana, que es mantenia durant dues setmanes. El mateix s'observava amb la concentració d'hemoglobina i en el nombre de reticulòcits.

Tots aquests resultats suggerien que l'IHH podria ser una bona tècnica per fer front a l'anèmia causada per autotransfusions de sang realitzades durant una operació, per tractar les anèmies associades a malalties cròniques i per produir una preacimatació en alpinistes abans de començar l'expedició de muntanya i un augment en el seu rendiment físic.

Una altra investigació duta a terme pel grup del Dr. Viscor tenia com a objectiu determinar si l'ús de l'IHH podria mobilitzar les cèl·lules mare hematopoètiques i incrementar la seva presència en la circulació sanguínia.

Les cèl·lules mare són un tipus de cèl·lules no diferenciades que tenen la capacitat de diferenciar-se en altres tipus cel·lulars. En algunes malalties, com ara en infarts de miocardi, s'ha observat que hi ha un augment en el nombre de cèl·lules mare. Aquest increment també s'observa quan es deixa de fumar, durant la menstruació o després de 12 setmanes d'exercici. Diversos estudis conduïts per altres grups d'investigació han mostrat que existeix una relació entre les concentracions elevades de cèl·lules mare i la millora clínica dels pacients. A més a més, en altres estudis s'ha vist un augment de les cèl·lules mare hematopoètiques induït per l'EPO.

En la investigació del grup, es van realitzar tres protocols diferents amb els subjectes de l'estudi. En el primer protocol rebien només estímuls hipòxics, en el segon rebien estímuls hipòxics i electroestimulació muscular, i en el tercer només se'ls aplicava l'electroestimulació muscular. L'estímul hipòxic consistia en una exposició de 3 hores durant tres dies consecutius a

la cambra hipobàrica.

Els resultats van mostrar que el percentatge de cèl·lules mare hematopoètiques havia augmentat de manera significativa només quan es combinava l'electroestimulació muscular amb l'exposició a la cambra hipobàrica. Aquest augment seguia sent visible 7 dies després de l'exposició a l'ambient d'hipòxia sense que semblés que s'havia arribat a un màxim. En el protocol amb el qual els subjectes de l'estudi només rebien estímuls hipòxics no es va observar el mateix augment, però probablement això es deu al fet que el temps d'exposició va ser molt curt i no va ser suficient per causar un augment significatiu del nombre de cèl·lules mare hematopoètiques. Cal

destacar també que el fet que els millors resultats s'obtinguessin amb una electroestimulació mentre s'estava exposat a un ambient d'hipòxia té una sèrie de punts positius, i és que l'electroestimulació muscular és fàcil de mesurar i reproduir i es pot aplicar a la gran majoria de persones, fins i tot a aquelles que tenen limitacions físiques per realitzar exercici.

L'ús de la cambra hipobàrica i de tècniques com l'IHH poden ser molt útils per la societat. Per una banda pot ser útil de cara a tractar certes malalties i a millorar-ne el seu pronòstic, i d'altra banda pot ajudar a produir un efecte d'acimatació a l'altitud tot i estar a nivell del mar, fet que és útil no només a nivell lúdic pels alpinistes, sinó que també és útil per exemple per equips de rescat han d'estar preparats per actuar en altitud en qualsevol moment. En aquest sentit doncs, trobem a la Facultat de Biologia un grup de recerca amb una àmplia trajectòria que intenta cada dia aportar una mica més de llum als dubtes que encara existeixen en aquest àmbit.

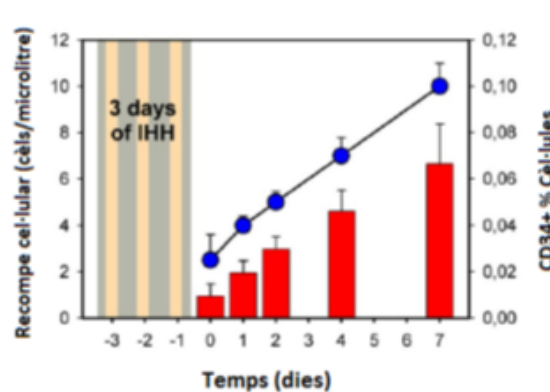


Figura 4. Recompte cel·lular del nombre de cèl·lules mare hematopoètiques al llarg del temps. Es pot observar un increment en la seva concentració fins 7 dies després de ser sotmès a IHH.

## Entrevista a la Dra. Teresa Pagès



Apassionada des de sempre per la biologia, va començar de ben jove a col·leccionar plantes, insectes, guardar rèptils en formol, etc. Va començar la seva tasca d'investigació estudiant les tortugues i finalment es va decantar per aportar els seus coneixements a les respostes cardiorespiratòries a la hipòxia. Ha compaginat sempre la seva tasca d'investigadora amb la de docent, primer en un institut de batxillerat i finalment a la Universitat de Barcelona, on encara exerceix de professora mentre fa recerca dins del grup del Dr. Viscor.

### Per què va estudiar Biologia?

Des de sempre m'havia agradat. Mai vaig dubtar que volia estudiar Biologia. M'agradaven tots els camps lligats a la Biologia. Des de joveneta feia col·leccions de plantes, insectes, sortia a observar ocells, guardava en formol qualsevol rèptil o amfibi que em trobava, feia cria de llagostes, m'agradava observar preparacions al microscopi, etc. El temps a les classes de ciències naturals de batxillerat em passava volant escoltant les explicacions de la meua professora. Tot això mostra que si havia d'estudiar alguna cosa, era biologia.

### Com va començar a treballar amb aquest grup?

Després d'acabar la tesis doctoral em vaig replantejar canviar de línia de treball, ja que el tema que havia estudiat fins aleshores (regulació tèrmica i respostes ventilatòries en tortugues) no era punter i era difícil aconseguir finançament. Vaig creure que podia aportar els meus coneixements a un altre àmbit, com era l'adaptació a l'altitud i les respostes cardiorespiratòries a la hipòxia.

### Hi ha gaire competitivitat amb altres grups?

No hi ha massa competitivitat en aquest tema, ja que la infraestructura que tenim és única a l'Estat i a Europa només n'hi ha un altre i és privada: és la cambra hipobàrica que permet fer aclimatacions a l'altitud fins a 6000 metres. Es tracta d'un sistema que permet reproduir les condicions d'hipòxia hipobàrica que es produeixen amb l'alçada. Alguns dels estudis es poden fer utilitzant sistemes hipòxics (barreja de gasos), però les condicions de simulació són bastant diferents de les que hi ha a la muntanya.

### Col·laboreu amb altres grups de fora de la UB?

Sí, col·laborem amb investigadors de la Universitat d'Oporto i amb universitats xilenes, sobretot d'Antofagasta. Liderem una xarxa iberoamericana de medicina y fisiología d'altura (ALTMEDFIS) del programa CYTED (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo) des del 2012, en el que hi ha implicats 15 grups de 15 universitats espanyoles i iberoamericanes, i 112 investigadors.

### Actualment, en quina línia de recerca està treballant?

El nom de l'últim projecte és: Efecte sinèrgic del fred i la hipòxia en la reparació del dany muscular induït en rates de laboratori. Forma part d'un projecte coordinat amb un grup d'investigadors de l'IDIBELL, on tenim la cambra hipobàrica.



*Biol. on-line: Vol. 3, Núm. 1 (Febrer de 2014)*

*ISSN: 2339-5745 online*

**Quina aplicació creu que pot tenir la vostra investigació en la societat?**

Pot ajudar a reparar i a prevenir els danys musculars provocats per l'exercici en esportistes i en patologies o traumatismes.

**Creu que la societat està plenament conscienciada amb els temes en què treballa?**

No, no n'està conscienciada i, de fet, crec que la societat no sap massa bé que s'està fent a la universitat. No sabem o no ens preocupem d'explicar què fem i per què ho fem.

**Considera que el finançament que rep el grup és suficient per a la investigació?**

Anem tirant. Hi ha hagut anys que els ajuts han estat molt minsos i hem hagut de sobreviure com hem pogut per no tancar la línia. En aquest moment, estem esperant la resolució de l'última convocatòria del Ministeri. Esperem aconseguir-la perquè, si no, perilla l'acabament de les tesis que estan en marxa.

**Què és el que més li agrada de fer recerca?**

La sensació de poder treballar en coses que t'agraden, programar-te la feina i la incògnita que representa el no saber què trobaràs i, sobretot, el fet de poder col·laborar amb gent d'arreu del món que té les mateixes inquietuds que nosaltres.

**Com creu que es podria millorar la recerca?**

Amb més mitjans i col·laboracions entre grups, fent rendiment de comptes de com s'utilitzen els recursos i, sobretot, fent difusió perquè la societat s'assabenti del que es fa i per què es fa.

**Com és un dia normal per vostè a la universitat?**

Un no parar, ja que la majoria de professors sèniors hem de compaginar la recerca i la docència. Malgrat que intentem fer-ho tot, i a ser possible bé, s'ha de prioritzar i decidir en cada moment a quin àmbit has de o pots dedicar més temps.

**És complicat doncs compaginar la feina com a investigadora amb la docència?**

És complicat i costós perquè falten hores que s'han de treure de la vida personal. No és bo això. Hi ha moments en què s'ha de dir prou i fer altres activitats fora de la feina, si no pots caure en l'aïllament i perdre fins i tot la relació amb amics i família.

**Ha marxat mai a fer recerca a l'estranger?**

No, quan vaig començar la meua carrera a la universitat no hi havia gaires ajudes i les possibilitats de marxar eren molt minsos. A més a més, compaginava la meua tesi doctoral i els primers treballs a la universitat amb una feina a fora, ja que el que em donaven no em permetia mantenir-me. Amb aquestes condicions era pràcticament impossible fer una estada fora. Més endavant, eren els lligams familiars qui ja no m'ho permetien. Sí que he fet estades curtes i puntuals, sobretot lligades amb els projectes, amb els grups amb els quals hem col·laborat o estem col·laborant.

**Quines expectatives de futur tenia quan va començar a dedicar-se a la investigació?**

Les expectatives d'obtenir una plaça eren molt poc clares, ja que no en sortia gairebé cap, però sí que tenia clar el meu objectiu, que era fer carrera a la universitat fos com fos. Per poder continuar a la universitat, que és el que volia, fent la tesina primer i la tesi després, vaig compaginar la recerca amb la docència com a professora de batxillerat en instituts de secundària. Durant aquest temps vaig aconseguir aprovar les oposicions d'agregat d'institut, i això em va donar tranquil·litat per poder continuar amb la meua tesi. Quan la vaig acabar, va sortir una plaça d'ajudant al meu departament i vaig poder demanar l'excedència per incorporar-me per fi a la universitat i continuar la carrera aquí, fins que vaig aconseguir una

*Biol. on-line: Vol. 3, Núm. 1 (Febrer de 2014)*

*ISSN: 2339-5745 online*

plaça de titular.

**Creu que els esforços fets fins ara s'han vist recompensats?**

Sí, molt. He aconseguit el que volia fer des de sempre. Ha valgut la pena els esforços fets i la dedicació de moltes hores de treball, per arribar on sóc ara. No ho canviaria per res. Totes les vivències han sigut bones i, fins i tot els mals moments passats, amb el temps, es recorden com anècdotes que han ajudat a formar-te el caràcter.

## Entrevista al doctorand Juan Gabriel Ríos Kristjánsson



Llicenciat en bioquímica a la Universitat d'Islàndia, va saber des de sempre que volia estudiar fisiologia. Va realitzar dos màsters a la Universitat de Barcelona, on en un d'ells va poder conèixer el Dr. Viscor, qui li va donar l'oportunitat de realitzar el doctorat al seu grup de recerca. Rebre la beca FPI l'ha ajudat a poder fer el doctorat, tot i que l'ajuda financera que rep no és suficient per tenir un salari digne. És un incansable treballador per al grup, actualment porta tres fronts d'estudi a la vegada, és el representant dels estudiants de doctorat de la línia de fisiologia a l'Escola de Doctorat de la UB i al llarg de l'entrevista aporta una visió interessant sobre molts aspectes en l'àmbit de la recerca.

### Ignasi Junyent: Què has estudiat i per què?

Juan Gabriel Ríos: Vaig estudiar bioquímica a la Universitat d'Islàndia. Sempre vaig saber que volia estudiar fisiologia i sentia que els cursos relacionats amb la bioquímica em proporcionarien una millor preparació bàsica, que després podria enfocar més cap a la fisiologia. També he fet dos màsters de la Universitat de Barcelona, un en Fisiologia Integrativa i un altre en Química Avançada: Química Analítica. D'altra banda, juntament amb els meus estudis de doctorat, estic cursant un MBA de la Universitat de Liverpool a través del programa Laureate i recentment vaig començar un màster propi de la UB, el Màster en Docència Universitària per al Professorat Novell.

### IJ: Quan i per què vas decidir fer un doctorat?

JGR: Quan vaig començar a estudiar a escala universitària, vaig saber que volia fer un doctorat. No sabia com ni on, però, després d'haver estudiat durant diversos anys i també després de fer l'entrenament de laboratori i treballar professionalment com a bioquímic, la idea de fer un doctorat es va reforçar en la meva ment i vaig saber que volia obtenir el màxim grau acadèmic.

### IJ: Quin camí vas seguir fins a arribar a treballar en el grup del Dr. Viscor?

JGR: Per entrar al programa de doctorat en el Departament de Fisiologia un primer ha d'acabar el Màster oficial en Fisiologia Integrativa. A través d'aquest programa vaig arribar a conèixer al Dr. Viscor, que va ser el tutor de la meva tesina de màster. Després d'acabar-la no estava segur de quin seria el meu pas següent, perquè el finançament dels estudis sempre és un factor important per decidir si seguir estudiant. Em vaig inscriure al programa de màster oficial del Departament de Química Analítica, però després el Dr. Viscor em va proposar la possibilitat de fer el doctorat sota la seva direcció gràcies a rebre la beca FPI. D'aquesta manera vaig iniciar el doctorat i des del març/abril de 2012 sóc representant dels estudiants de doctorat de la línia de fisiologia a l'Escola de Doctorat de la UB.

### IJ: Quin és el teu rol en el grup?

JGR: El meu paper és bastant multifuncional. M'ocupo de l'execució i supervisió diària de les tasques relacionades amb el projecte nacional, amb el qual està vinculada la meva beca FPI. Disseny i superviso els procediments de manteniment intern dels nostres instruments i per al laboratori en general. M'asseguro que tots els estudiants nous s'incorporin coneixent adequadament els protocols i els procediments, i també que els estudiants d'Erasmus tinguin un pla general a seguir. A més, superviso la nostra xarxa social-professional del laboratori, la plataforma digital (en el núvol) i les nostres bases de dades.

**IJ: Actualment, en quina línia de recerca estàs treballant?**

JGR: Treballo en dues línies, una que involucra el projecte nacional esmentat anteriorment, que és sobre l'efecte de la hipòxia intermitent i l'exercici lleuger en rates entrenades després de patir dany muscular induït. La meva anàlisi se centra en la quantificació dels marcadors plasmàtics del dany i en els nivells d'expressió genètica en relació amb els diferents tractaments experimentals de recuperació. En l'altra línia treballo a perfilar l'oxigenació dels músculs esquelètics en diferents tipus d'activitats, amb espectrometria d'infraroig proper en temps real.

**IJ: Creu que la societat té suficient coneixement sobre els temes en què treballa?**

JGR: Estic segur que no hi ha molta consciència entre el públic general i, normalment, només els resultats que aparenten ser un gran avanç interessen als mitjans de comunicació. De totes maneres, crec que han de ser mitjans especialitzats els que s'encarreguin d'aquesta divulgació, perquè en cas contrari hi podria haver una gran quantitat d'informació mal entesa o mal interpretada i informes massa simplificats.

**IJ: I creus que es valora suficientment el treball d'un investigador?**

JGR: Qualsevol persona que consideri el treball d'un estudiant de doctorat com una simple dedicació de 40 hores setmanals, no entén la situació. Realment és com una llarga carrera de selecció, una contínua preparació pel que vindrà a continuació, ja sigui seguir al món acadèmic, en els instituts governamentals, o entrar en el sector privat. La raó per la qual entenc l'estudi com una carrera de fons, és perquè em sembla que té poca lògica pensar que tot s'acaba amb l'obtenció d'un títol de doctor, crec que el que hauria de ser l'objectiu és el que ve després d'obtenir el títol. Per tant, un ha de posar moltes hores addicionals per assegurar-se que és el millor candidat per a les possibles futures opcions laborals. En resum, no crec que el treball estigui valorat apropiadament.

**IJ: Com és un dia de treball normal per a tu? Tens un horari programat o et van sorgint cada dia feines diferents?**

JGR: El Dr. Viscor crea un entorn laboral que em permet prendre el control i ser responsable del meu propi treball. Estic molt d'acord amb aquesta filosofia i com a estudiant de doctorat constantment aprofito aquestes condicions.

Dit això, no començo més tard de les 9:00. Tinc les meves pròpies tasques setmanals programades, però poden ser molt diverses: realitzar experiments, preparar el mostreig en termes d'assegurar-se que hi hagi suficient material, personal i formularis per registrar l'activitat; entrenar noves persones d'acord a les nostres normes de manteniment i rutines de treball, analitzar les dades obtingudes, mantenir les nostres bases de dades, assegurar que les nostres rutines de manteniment instrumental es duen a terme correctament, preparar manuscrits, etc. La llista és realment inacabable. És un treball continu i inesgotable, i és qüestió de donar prioritat al que cal fer en cada moment. Al món professional, si algú arriba a la feina i no sap què cal fer, simplement no entén el seu entorn laboral. Fer un doctorat no és diferent, sempre té com a objectiu últim finalitzar la tesi doctoral.

**IJ: Quines virtuts creu que ha de tenir algú que es dediqui a la recerca?**

JGR: D'una banda, crec que un sempre ha de ser capaç de veure tot el panorama per complet. D'altra banda, crec que l'aplicació de normes de qualitat dins de l'entorn de recerca acadèmica és una cosa necessària i en el qual s'hi haurà de fer més èmfasi en el futur, ja que el sector privat i d'altres institucions governamentals ja han fet aquest pas fa un temps. Per tant, crec que és necessari que els estudiants tinguin implementada la mentalitat de la comprensió dels requisits de treballar en un ambient estandarditzat i amb control de qualitat. Aquestes són qualitats que he anat desenvolupant al llarg de la meva vida acadèmica.

**IJ: Creus que és important per a un investigador treballar fora del seu país?**

JGR: Crec que és absolutament necessari. En general, sempre tinc una mentalitat oberta a la globalització i és molt difícil per a mi entendre la mentalitat d'algú a qui no li agrada tenir tantes portes obertes com sigui possible i explorar diferents possibilitats. Treballar a l'estranger et dóna l'oportunitat de crear contactes diferents, la qual cosa és necessari per a qualsevol professional en desenvolupament, per poder pensar com serà el següent pas en la seva vida. No significa necessàriament que un s'hagi d'establir a l'estranger, sinó que fer relacions et donarà majors oportunitats i facilitats de tenir àrbitres internacionals, establir possibles col·laboracions en el futur, etc.

**IJ: Quin futur professional esperes tenir?**

JGR: Honestament, tot i que tinc molt clar què haig de fer dins del meu estudi de doctorat, no tinc ni idea de què succeirà un cop finalitzat. Crec que faré el que més em beneficiï econòmicament. No crec que tanqui la porta per complet a la recerca, perquè m'interessa, però un es cansa de no tenir un ingrés econòmic adequat, un fet al qual ja hi estic acostumat, ja que sempre he treballat mentre estudiava, des de l'edat de 15 anys. Però ara, com que porto tres fronts d'estudis diferents alhora, i amb la meua beca FPI, no puc tenir un treball regular. A més, el següent pas ha de tenir un nivell d'ingressos que ens permeti funcionar a la meua parella i a mi.

**IJ: Creus que els esforços realitzats fins al moment s'han vist recompensats?**

JGR: Aquesta pregunta té dos vessants. D'una banda, vaig treballar dos terços d'un any sense cap ajuda financera, de manera que em vaig adonar que sóc molt afortunat i estic agraït per haver rebut la beca FPI per estudiar. Però, tot i que tècnicament es tracta d'una ajuda financera, en realitat, no suposa un salari adequat. Crec que guanyaria més sou en un centre de trucades. Per tant, en respondre a aquesta pregunta, no puc ignorar aquest fet evident. Però d'altra banda, en termes de carrera professional, fins al moment els meus esforços han estat recompensats pel reconeixement per part del Dr. Viscor, qui m'ha donat oportunitats i m'ha permès desenvolupar amb el seu suport quelcom que considero amb la meua màxima estima.

## Bibliografia

- F A Rodríguez, H Casas, M Casas, T Pagés, R Rama, A Ricart, J L Ventura, J Ibáñez, G Viscor (1999) Intermittent hypobaric hypoxia stimulates erythropoiesis and improves aerobic capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31: 2. 264-268.
- A Ricart, H Casas, M Casas, T Pagés, L Palacios, R Rama, F A Rodríguez, G Viscor, J L Ventura (2000) Acclimatization near home? Early respiratory changes after short-term intermittent exposure to simulated altitude. *Wilderness and Environmental Medicine* 11: 2. 84-88.
- F A Rodríguez, J L Ventura, M Casas, H Casas, T Pagés, R Rama, A Ricart, L Palacios, G Viscor (2000) Erythropoietin acute reaction and haematological adaptations to short, intermittent hypobaric hypoxia. *European Journal of Applied Physiology* 82: 3. 170-177.
- M Casas, H Casas, T Pagés, R Rama, A Ricart, J L Ventura, J Ibáñez, F A Rodríguez, G Viscor (2000) Intermittent hypobaric hypoxia induces altitude acclimation and improves the lactate threshold. *Aviation Space and Environmental Medicine* 71: 2. 125-130.
- Héctor Casas, Mireia Casas, Antoni Ricart, Ramón Rama, Jordi Ibáñez, Luis Palacios, Ferran A Rodríguez, Josep L Ventura, Ginés Viscor, Teresa Pagés (2000) Effectiveness of Three Short Intermittent Hypobaric Hypoxia Protocols: Hematological Responses *Journal of Exercise Physiology online* 3: 2. 38-45.
- Pere Panisello, Joan Ramon Torrella, Teresa Pagés, Ginés Viscor (2007) Capillary supply and fiber morphometry in rat myocardium after intermittent exposure to hypobaric hypoxia. *High Altitude Medicine and Biology* 8: 4. 322-330.
- Pere Panisello, Joan Ramon Torrella, Santiago Esteva, Teresa Pagés, Ginés Viscor (2008) Capillary supply, fibre types and fibre morphometry in rat tibialis anterior and diaphragm muscles after intermittent exposure to hypobaric hypoxia. *European Journal of Applied Physiology* 103: 2. 203-213.
- Santiago Esteva, Pere Panisello, Joan Ramon Torrella, Teresa Pagés, Ginés Viscor (2009) Blood rheology adjustments in rats after a program of intermittent exposure to hypobaric hypoxia. *High Altitude Medicine and Biology* 10: 3. 275-281.
- Santi Esteva, Pere Panisello, Joan Ramon Torrella, Teresa Pagès, Gines Viscor (2009) Enzyme activity and myoglobin concentration in rat myocardium and skeletal muscles after passive intermittent simulated altitude exposure. *Journal of Sports Sciences* 27: 6. 633-640.
- Ginés Viscor, Casimiro Javierre, Teresa Pagès, Josep-Lluís Ventura, Antoni Ricart, Gregorio Martín-Henao, Carmen Azqueta, Ramon Segura (2009) Combined intermittent hypoxia and surface muscle electrostimulation as a method to increase peripheral blood progenitor cell concentration. *Journal of Translational Medicine* 7: 1. 10.
- Núñez-Espinosa C, Douziech A, Ríos-Kristjánsson JG, Rizo D, Torrella JR, Pagès T, Viscor G. (2014) Effect of intermittent hypoxia and exercise on blood rheology and oxygen transport in trained rats. *Respiratory Physiology & Neurobiology*. 1;192:112-7.
- Viscor G, Javierre C, Pagès T, Ventura JL, Ricart A, Martín-Henao G, Azqueta C, Segura R. (2009) Combined intermittent hypoxia and surface muscle electrostimulation as a method to increase peripheral blood progenitor cell concentration. *Journal of*

translational medicine 29;7:91.

- Viscor G., Pagès T. (2006) Mal de muntanya i aclimatació a l'altitud: un exemple de resposta adaptativa integrada. *Omnis cellula*. 11:7-13.
- López Chicharro J., Fernández Vaquero A. *Fisiología del ejercicio*. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana S.A., 2001.
- Platonov V. N. *Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico*. 1ª ed. Barcelona: Editorial Paidotribo, 2001.