

Valoració dels efectes erosius de les curses de muntanya i ultra trails en l'àmbit del parc natural de Cap de Creus, Alt Empordà (Girona, Catalunya)

Francesc Xavier Roig-Munar ^{1,2,3}, Josep Pintó Fusalba ³ & Pablo Fraile Jurado ⁴

1. Investigador independent. Consultor ambiental. C/ Carritxaret 18-apt. 6, es Migjorn Gran, Menorca. 07749, illes Balears.

2. Grup de Ciències de la Terra. Departament de Biologia Universitat de les Illes Balears. Crta. Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma (Mallorca, illes Balears).

3. Laboratori d'Anàlisi i Gestió del Paisatge (LAGP). Universitat de Girona. Pl. Ferrater Mora, 1. 17004 Girona.

4. Departamento de Geografía Física y A.G.R. Universidad de Sevilla. C/ Doña María de Padilla s./n. 41004, Sevilla.

S'ha avaluat l'impacte d'erosió associada a curses de muntanya dins el parc natural de Cap de Creus, l'Alt Empordà, Girona, mitjançant la quantificació de l'erosió de sòls, la compactació i la pedregositat, dades que permeten establir les repercussions geoambientals sobre el terreny, associats a activitats de competició.

Els resultats obtinguts indiquen que aquestes activitats provoquen impactes com pèrdua de sòl i compactació del sòl admissibles i compatibles amb el medi i associats a l'activitat de la cursa, demostrant que l'ús de camins tradicionals o consolidats no generen impactes significatius i fomenten el seu manteniment.

Paraules clau: *cap de Creus, parc natural, activitats esportives, valoració d'erosió.*

Evaluation of the erosive effects of Mountain and Ultra-Trails in the Cap de Creus Natural Park, Alt Empordà (Girona, Catalonia)

The impact of erosion associated with mountain races within the Natural Park of Cap de Creus, Alt Empordà, Girona, has been evaluated by quantifying soil erosion, compaction and rockiness of the affected areas, data that allows the geo-environmental repercussions on the terrain that is associated with competition activities to be established.

The results obtained indicate that these activities cause impacts such as soil loss and soil compaction that are permissible and compatible with the environment and associated with the race activity, demonstrating that the use of traditional or consolidated paths do not generate significant impacts, and encourage its maintenance.

Keywords: *Cap de Creus, Natural Park, sports activities, erosion assessment.*

El medi natural ha passat de ser un espai esportiu restringit a grans especialistes i a persones molt preparades físicament, amb un gran respecte i sensibilitat cap al medi, per convertir-se en un escenari de pràctica menys selectiva i oberta a qualsevol tipus de persona que desitja iniciar-se en la pràctica esportiva en qual-sevol de les seves múltiples modalitats (Puchan, 2005; Granero & Baena, 2010). L'ús de les zones muntanyoses per a activitats esportives ha crescut en nombre de participants i, per tant, en impactes socials, econòmics i ambientals (Nepal & Way, 2007). Aquest tipus d'activitats ha estat guanyant popularitat durant els últims anys a tot el món (Bodoque *et al.*, 2017), i hi ha un nombre creixent de persones que busquen explorar

nous llocs o crear rutes més atractives i desafiantes, especialment per a bicicletes de muntanya (Goett & Alder, 2001), i curses de muntanya (Farias-Torbidoni *et al.*, 2018) i dins àrees protegides (Rochat *et al.*, 2017). Les àrees protegides, sovint ben conservades, ofereixen nombrosos serveis ecosistèmics i contribueixen positivament a la salut humana (Wolf & Wohlfart, 2014; Brevik *et al.*, 2018). Tanmateix, el ciclisme, el senderisme i córrer són activitats d'oci que poden provocar processos de degradació en àrees naturals (Thurston & Reader, 2001), i quan es fan en espais protegits es pot generar un conflicte, ja que aquestes àrees es van crear per preservar ecosistemes naturals d'alt valor.

S'han generat dades per valorar l'impacte econòmic

i social dels usos com activitats de lleure (Duglio & Beltramo, 2017), però són pocs els estudis focalitzats en els impactes d'aquestes activitats en el medi, entre d'altres, degut que la consciència del problema entre el públic en general és baixa. Són nombroses les evidències que demostren la consolidació de l'ús del medi natural com a escenari de pràctiques físicoesportives, i també l'aparició de noves tendències de consum i, en conseqüència, de negoci, vinculades a l'increment a l'organització d'esdeveniments esportius al medi natural. Aquesta pressió sobre el medi té efectes sobre els ecosistemes i així segons Leung & Marion (2000) l'ús de senders per part dels excursionistes pot provocar: (i) pèrdua de biomassa vegetal per trepitjada, (ii) introducció d'espècies exòtiques i provocar la seva dispersió, (iii) dificultar el moviment de la fauna i pertorbar el seu hàbitat, (iv) augmentar de residus a l'entorn; i, (v) alterar la qualitat de l'aigua augmentant la terbolesa a causa del sòl erosionat. Els impactes a nivell morfològic, segons Hawkins & Weintraub (2011) són (i) la pèrdua de matèria orgànica i d'humitat del sòl, (ii) l'augment de la compactació de sòls, (iii) el despeniment i transport del sòl per erosió i l'exposició d'arrels, (iv) l'augment del rentat superficial; i, (v) alteracions del sòl i propietats químiques de l'aigua. Aquests impactes s'accentuen a les regions amb baixes taxes de formació del sòl, sobretot en algunes zones de la Mediterrània (Butzer, 2005; González Hidalgo *et al.*, 2007).

Aquesta forma d'impacte en el paisatge és nova ja que els nous senders no segueixen les estratègies de conservació en el disseny i manteniment, com ho fan els senders de muntanya tradicionals construïts per agricultors, pastors i traginers. Per avançar cap a una gestió més sostenible dels senders de muntanya i del seu ús i explotació cal quantificar els impactes i les taxes d'erosió del sòl (Roig-Munar & Cardona, 2013), ja que el nombre creixent d'activitats relacionades amb curses de muntanya al Mediterrani, les denominades Ultra Trails, trekking o curses de BTT, en espais naturals protegits suposa una valorització de la cultura del contacte amb el medi natural, però també implica uns impactes derivats de l'afluència i ús d'aquests espais. Aquests nous usos dins àmbits naturals protegits, amb un augment de la freqüentació i participants, any rere any (Farias *et al.*, 2018), també pot implicar un increment dels impactes geoambientals sobre el medi, principalment de tipus erosius, així com la fragmentació

d'hàbitats i l'augment de la fragilitat ecològica. Actualment hi ha pocs estudis sobre l'impacte en el medi natural provocat per l'afluència massiva de participants i acompanyants a les curses de muntanya en la conca mediterrània (Roig-Munar & Pintó, 2022).

El parc natural de Cap de Creus se situa al sector nord-oriental de la comarca de l'Alt Empordà (Fig. 1). L'any 1992 va ser declarat espai d'interès natural pels seus valors geològics, ecològics, paisatgístics, botànics i d'interès cultural (Decret 328/1992). Al 1998 va ser declarat parc natural per la Llei 4 / 1998, de 12 de març, de protecció del cap de Creus, que es va modificar amb la Llei 10/2011, del 29 de desembre, de simplificació i millora de la regulació normativa (Llei Òmnibus). La Llei creà així el parc natural marítim i terrestre, amb una superfície és de 13.843 ha, de les quals 10.780 ha corresponen a la part terrestre i 3.063 ha a la marina, i inclou parts de 8 municipis de la comarca de l'Alt Empordà. L'àmbit del parc forma part de la zona d'especial protecció per a les aus (ZEPA) i esdevé lloc d'importància comunitària (LIC).

Geològicament el cap de Creus està format pels relleus muntanyosos de la serralada pirinenca, constituït per unitats que perden gradualment alçada cap a l'E. Des del punt de vista geomorfològic del massís de cap de Creus està dominat per un relleu rocallós, de poca alçada, amb una costa abrupta amb penya-segats i petites cales. Els condicionants que han donat lloc aquest paisatge són els diversos tipus de roques, les estructures tectòniques, els processos erosius i la meteorització. Les litologies més presents són de 4 tipus: sedimentàries, volcàniques, plutòniques i metamòrfiques, i edafològicament trobem tres tipus de sòls: carbonatats, sòls silícics àcids i sòls desenvolupats sobre un substrat no consolidat. El medi abiòtic es troba definit per 124 hàbitats, dels quals 28 corresponen a hàbitats d'interès comunitari i, d'aquests, 5 són prioritaris. Les comunitats vegetals d'interès han determinat que la zona estigui inclosa a la Xarxa Natura 2000. A grans trets el paisatge vegetal de la península de cap de Creus es pot dividir en dues àrees diferenciades: la franja litoral dominada per una morfologia de penya-segats i costes rocoses, i les terres d'interior dominades principalment per la brolla mediterrània, amb presència d'espècies adaptades al clima, amb condicions de sequera estival i l'alta recurrència d'incendis. La temperatura mitjana anual oscil·la entre els

14 i 16°C, amb règim pluviomètric estacional variable, que marca el caràcter sec del clima mediterrani.

Dins l'àmbit del parc es desenvolupen diferents activitats esportives i recreatives al llarg de l'extensa xarxa de camins, senders i rutes, algunes regulades i altres informals. El present treball analitza dues curses de muntanya que es desenvolupen amb autorització dins l'àmbit del parc natural de Cap de Creus (Fig. 1). Les característiques de les curses són:

1. Cursa marxa de resistència de 24 hores, amb una

longitud: 87,27 Km i un temps màxim per la realització de 24 hores. Hi participaren 600 corredors i una estimació de 1.500 persones, comptant personals d'organització, públic i acompanyants.

2. Cursa Trail Cap de Creus, amb una longitud de 42 Km i un temps màxim per la realització de 24 hores. Hi participaren en les diferents modalitats 951 corredors, i una estimació de més de 2.000 persones, comptant personal d'organització, públic i acompanyants.

Les dues curses tenen un recorregut que transcorre



FIGURA 1. Mapa de situació del parc natural de Cap de Creus i localització de les traces de les curses analitzades (en vermell Trail Cap de Creus, en taronja, marxa de resistència), zones sensibles establertes com a zones d'estudi (en groc) i els 11 punts de control analitzats.

Location map of the Cap de Creus Natural Park and location traces of the analyzed races (red Cap de Creus Trail, orange resistance march), sensitive areas established as study areas (in yellow) and the 11 analyzed control points.

en un elevat percentatge per corriols i senders associats a grans recorreguts (GRs), petit recorregut (PR) i/o bé camins consolidats tradicionals, cosa per la qual

es considera que la traça s'adapta a camins ben definits i en bon estat de conservació, a excepció de la serra de Verdera i la zona de la Tamariua que són senders



FIGURA 2. Algunes de les traces per on transcorren les curses analitzades. **A:** Desarrelament i generació de duplicitat i fragmentació (PC01). **B:** Trams amb desarrelament i alta pedregositat (PC02). **C, D:** Diferents tipologies de camins empedrats (PC06). **E:** Punt de la traça amb encaixament, pèrdua de sòl i descalçament (PC03). **F:** Tirany sobre carena amb caiguda de blocs i desarrelament (PC04).

Some tracks along which the analyzed races take place. **A:** Uprooting and generation of duplication and fragmentation (PC01). **B:** Sections with uprooting and high rockiness (PC02). **C, D:** Different types of paved paths (PC06). **E:** Point of the trace with fitting, loss of soil and stripping (PC03). **F:** Pull over ridge with falling blocks and uprooting (PC04).

de carena. El traçat analitzat presenta erosió constant afavorida pel pendent, encaixament i aprofundiment del camí.

Els objectius d'aquest treball són avaluar les taxes d'erosió del sòl causades per curses de muntanya, i determinar els factors que influeixen en les taxes d'erosió associats als recorreguts de la trail Cap de Creus i la marxa de resistència de 24 h, mitjançant l'avaluació d'impacte geomorfològic sobre la traça de les curses amb la definició de punts de control, centrat en l'estudi d'aquells geoambients on es puguin generar alteracions i/o impactes associats.

Metodologia

S'ha seguit la metodologia centrada en l'anàlisi quantitativa de l'impacte erosiu de curses de muntanya, seguint els criteris de Roig-Munar & Cardona (2013), amb les següents fases:

1. Recorregut previ a la realització del traçat de les curses (Fig. 1) amb la identificació dels punts i àrees vulnerables, on s'han tingut presents els punts erosius, existents i/o potencials.

2. Definició de punts de control representatius identificats com a vulnerables i/o susceptibles a l'erosió associada a la cursa. En cada punt de control s'ha realitzat com a mínim una estació de treball. En tots ells s'han realitzat repliques després del pas de la cursa per valorar únicament l'ús esportiu. S'han escollit 11 punts de control (PC) d'erosió representatius (Figs. 1, 2). Per cada punt de control s'han realitzat dues estacions de mesura, d'acord

amb els següents criteris: distribuïts al llarg de tota a la zona d'estudi, representatius dels diferents tipus de sòls, vegetació i substrat o morfologia i àrees d'elevada vulnerabilitat a l'erosió o bé fragilitat ambiental.

Observem a la Taula 1 la tipologia de les traces de la cursa sobre els quals s'han realitzat els PC (empedrat, tirany o drecceres), la cobertura vegetal dominant i les dades d'usos que s'hi donen (senderisme, trail i/o bicicletes tot terreny (BTT)), ja que aquestes dades poden informar de les tendències erosives. Així doncs la cobertura arbòria dissipa efectes erosius de les pluges i dona major fixació de sòls, a diferència de la cobertura herbàcia i arbustiva que no dissipa tant els processos erosius. Aquesta erosió també estarà lligada a la tipologia de sòls, pendents i vessants, així com els usos dominants que es donen a cada punt i que permeten fer estimacions de l'erosió.

3. Per a l'estudi d'erosió s'han utilitzat les següents metodologies que permeten el seguiment i anàlisi de les taxes d'erosió, trasllat i compactació de sòls associats a la cursa (Roig-Munar & Pintó, 2022):

Ús de perfilòmetre per la realització de seccions d'1 m amb mesures d'interval cada 5 cm, amb l'objectiu d'obtenir dades de pèrdua i/o guanys de material sedimentari en volums de cm^3 .

Ús d'escleròmetre per mesurar la compactació del sòl, amb l'objectiu d'obtenir la dada de compactació associada a cada perfil i secció. Aquesta dada s'obté del rebot inicial donada per l'escleròmetre com a mitjana de la duresa o resistència del sòl a la pressió (kg/cm^2).

Punt	Empedrat	Tirany	Drecceres	Arbori	Arbustiu	Senderisme	Trail	BTT
PC01	No	Si	Si	No	No	Si	Si	Si
PC02	No	Si	No	No	Si	Si	Si	Si
PC03	No	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si
PC04	No	Si	No	No	Si	Si	Si	No
PC05	No	Si	Si	Si	Si	Si	No	No
PC06	Si	No	No	No	Si	Si	Si	Si
PC07	No	No	No	No	Si	Si	Si	Si
PC08	No	Si	No	No	Si	Si	Si	No
PC09	No	Si	No	No	Si	Si	Si	No
PC10	No	No	No	No	Si	Si	Si	No
PC11	No	Si	Si	No	Si	Si	Si	No

TAULA 1. Dades qualitatives de les tipologies del camí i cobertura vegetal associada als punts de control i usos associats als punts de control.

Qualitative data on the types of road and plant cover associated with the control points and uses associated with the control points.

Anàlisi de la pedregositat per valorar els efectes de trasllat o pèrdues de pedres soltes o fixades, i relacionar-ho amb erosions de sòls, manifestat en percentatges de cobertures en parcel·les associades al mostreig de 2 m.

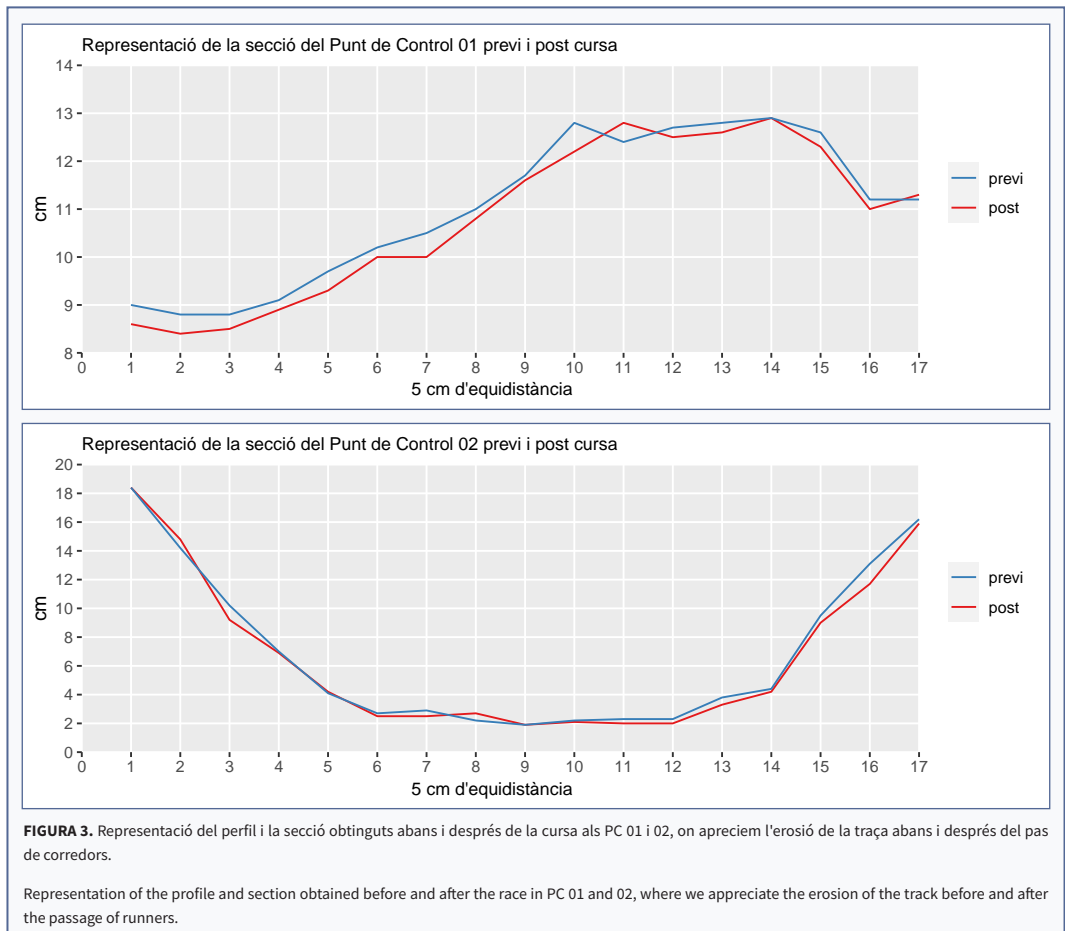
S'han pres mesures dels punts de control prèvies i posteriors a les curses, amb un temps previ màxim de 30 hores a la cursa, i un temps màxim de 26 hores posterior a la cursa, minimitzant d'aquesta manera afectes d'altres d'activitats i a possibles inclemències meteorològiques que puguin afectar a cada punt.

Resultats

El resultat obtingut permeten identificar l'impacte geoambiental a escala centimètrica associada a les curses analitzades, donant l'anàlisi dels 11 PC els següents resultats:

PC01, camí del Far (Jugadora)

És tracta d'un camí que es troba sobre esquistos amb sòls arenosos i llimosos, i sense cobertura vegetal, ja que transcorre per una àrea cremada i presenta símptomes erosius continus. S'aprecia fragmentació per l'existència de duplicitat del camí i formació de drecceres, on el camí no es troba prou definit, amb presència d'arrels denudades de tipus arbustiu. La pèrdua de sòl estimada ha estat de 88,75 cm³ de la seva secció, apreciand una lleugera compactació de tot el seu conjunt (Fig. 3A). L'erosió ha estat homogènia i associada a un tipus de sòl, destacant que tot i la pèrdua l'ús de la zona és limita a la traça. La penetració de l'escleròmetre ha passat 2,6 cm a 1,80 cm amb manteniment de pendents, i una pèrdua de pedregositat de 10 a 5%. Observem que el perfil presenta un desplaçament homogeni, on sols



destaca el descalçament i trasllat de la pedregositat.

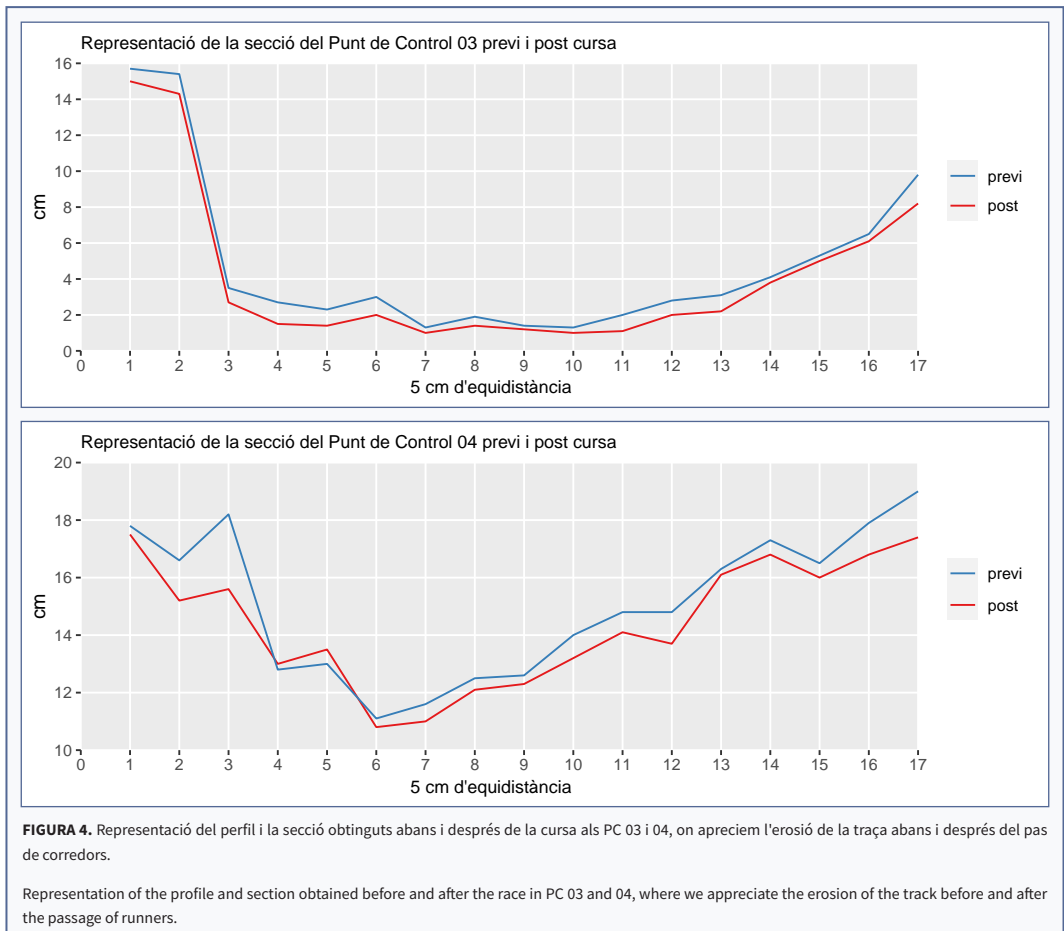
PC02, camí de Cadaqués al Far

És tracta d'un camí que es troba parcialment empedrat i ben definit sobre esquistos, amb sòls formats per graves i arenes, i vegetació arbustiva. No s'aprecia fragmentació ni duplicat ja que el camí queda prou definit, i la vegetació abundant als seus marges no afavoreix la creació de camins alternatius. La pèrdua de sòl estimada per aquesta zona ha estat de 0,98 cm³, en tota la secció, amb una compactació del 2,15 a 1,70, afavorida per la pèrdua de pedregositat i no apreciant canvis significatius en la secció del camí (Fig. 3B).

PCE03, pujada al castell de Sant Salvador

El camí és presenta força erosionat que transcorre per un talús estabilitzat sobre materials d'esquistos i sòls de llims i graves, i amb cobertura herbàcia i

arbustiva al llarg de la traça. Es pot considerar una zona d'alta fragilitat i amb alt risc d'erosió constant i irreversible en l'estat actual que presenta. La pèrdua de sòl estimada ha estat de 1,38 cm³ en la part alta i central de la traça, mentre que a la part baixa s'ha donat una compactació de sòl amb tendència a l'encaixament (Fig. 4A) sobre un espai amb símptomes erosius previs. Es detecta una compactació del sòl de 2,25 a 1,83 cm, fet que pot afectar l'escorrentia superficial degut al pendent que presenta el camí. El perfil del camí ha mantingut la morfologia donant lloc a una incisió que es tradueix en un descalçament per l'ús massiu de bastons, passant d'una densitat de marques de bastons de 13 a 40 m/l, fet que afecta l'estabilitat dels talussos del camí encaixat, tot i que la variable de pedregositat és testimonial.



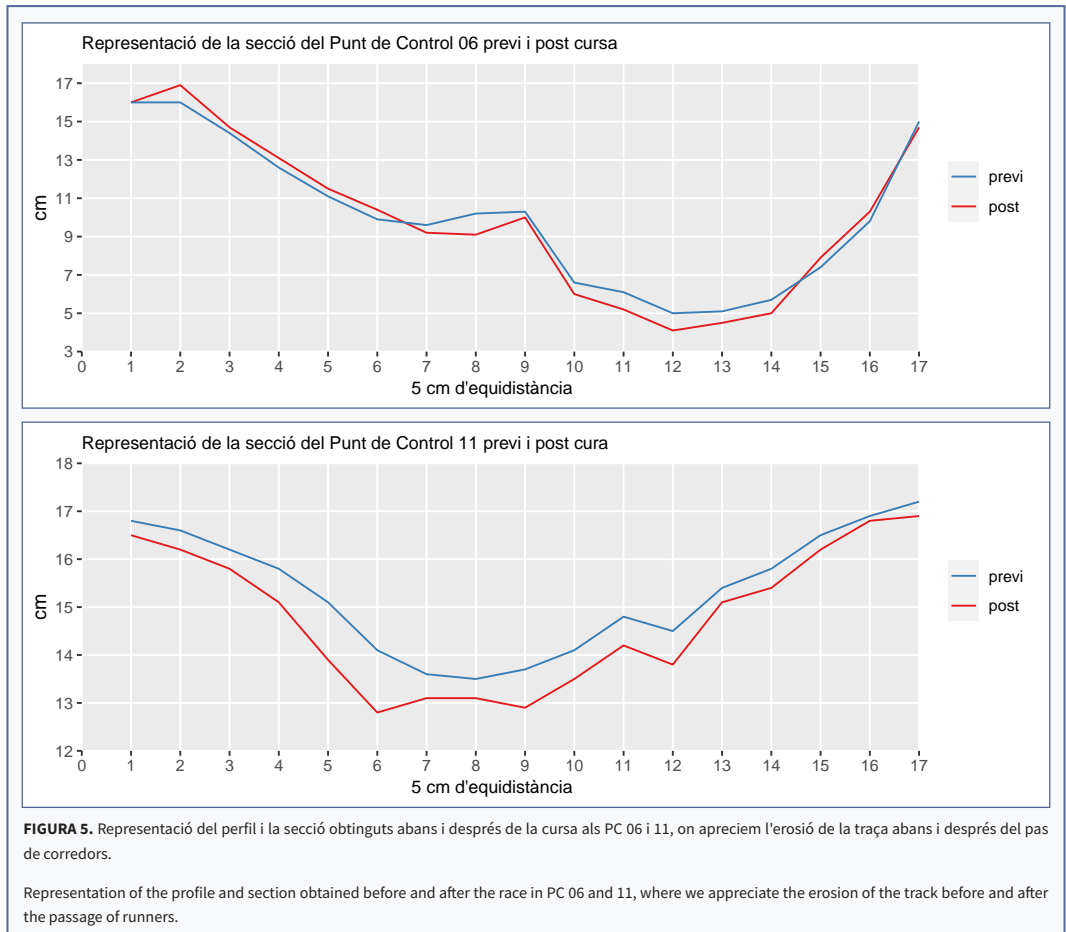
PC04, camí de Verdera (carena)

El camí transcorre per una carena d'esquistos amb sòls arenosos i llimosos, i presència de vegetació arbustiva i arbòria aïllada. Limitat per vessants amb talussos rocallosos inestables no permet la creació de drecceres associades al camí. La poca vegetació pateix desarrelament i pèrdua de sòl constant per processos mixtos (naturals i antròpics). La pèrdua de sòl estimada per aquesta zona ha estat de 1,34 cm³ (Fig. 4B) amb pèrdues de pedregositat de 80 a 50% pendent avall, tractant-se bàsicament de pèrdua associada a la reactivació de processos de vessants inestables, ja que la dificultat de pas obliga a la recerca de punts de fràgils de repòs per part dels corredors. S'ha donat una compactació significativa passant d'una compactació de 2,83 a 1,75 cm, fet que en aquest tipus de sòls i alçades desproveïdes de vegetació agreuja l'estabilitat del sòl. A nivell de secció

hi ha canvis destacables, conseqüència de la caiguda, arrabassament o desplaçaments de blocs, donant lloc a un canvi morfològic. Aquesta tipologia de camí dificulta el pas donant lloc a punts on l'usuari ha de grimpar, fet que implica, degut a la tipologia de roca, força fragmentada, a la caiguda de blocs d'ordre centimètric pendent avall, conseqüència del pendent i l'alt grau de fracturació del massís. Els moviments de sòls han estat més greus associats a senglars.

PC05, camí de Verdera (els Quindals)

Corriol amb força drecceres i fragmentació sobre vessant amb forta pendent d'esquistos i sòls arenosos i graves, amb vegetació arbustiva i arbòria. En aquest sector la senyalització de la cursa és mínima, cosa que afavoreix la duplicitat de la traça per part dels corredors. S'ha produït una lleugera pèrdua de sòl de 0,34 cm³ i una compactació de 3,30 a 2,40 amb desplaçament de



graves de 60 a 30%. Degut a la tipologia de traça no s'han pogut realitzar mesures de secció.

PC06, camí de Cadaqués a Jóncols

Camí que transcorre per vessant rocallós sobre substrat d'esquistos i afloraments rocosos, amb vegetació arbustiva i herbàcia associada. És un camí tradicional i empedrat, limitat per mur de pedra en sec. No s'ha donat compactació significativa, ja que el camí es troba empedrat, però sí d'incipient on el camí està deteriorat sobre aflorament de roca. La compactació és baixa, de 2,67 a 2,47, sense modificació de percentatges de graves. La pèrdua de sòl estimada per aquesta zona ha estat de 0,26 cm³, on cal destacar que aquesta pèrdua és en termes positius (Fig. 5A), ja que es tracta de la pèrdua sedimentària sobre trams empedrats, afavorint aquesta erosió la recuperació de l'antic camí en la part alta i central de la traça, mentre que a la part baixa s'ha donat tan sols una compactació de sòl. Estem davant un espai tradicional que presentava abandonament en les darreres dècades i que degut a l'ús per part del senderisme ha donat lloc a l'"erosió positiva" del camí. Es a dir, l'ús d'aquest per part d'un nombre d'usuaris al llarg de l'any afavoreix el manteniment del camí i descarna les capes sedimentàries que anaven reblint l'empedrat.

PC07, mas Ventós Rodes

Camí ben delimitat sobre granit i sòls arenosos amb vegetació herbàcia. Aquest és un camí consolidat, on per la seva tipologia no s'ha identificat impactes negatius associats a la cursa.

PC08, cala Jóncols

Es tracta d'un camí que transcorre pel vessant amb substrat d'esquistos i sòls arenosos i llimosos, on trobem vegetació arbustiva. Es tracta d'un corriol associat a PR, que presenta erosió constant afavorida pels pendents i per la tipologia de sòl. A nivell de secció, hi ha canvis destacables a causa del desplaçament de blocs, amb una canvi morfològic i d'encaixament, amb una pèrdua de sòl estimada per aquesta zona ha estat de 1,26 cm³, que cal considerar com pèrdua de sòl admissible per la tipologia de vial i ús, ja que estem en una zona de forta freqüentació. Pel que fa a la compactació observem un pas de 1,78 a 1,97 atribuïble a processos del calçament de la pedregositat, passant del 80 al 50%. Constitueix una zona de susceptibilitat alta especialment per processos de petits desprendiments.

PC09, Montjoi

Aquest és un camí consolidat que transcorre per un vessant amb substrats de calcoesquistos amb sòls arenosos i llimosos, i amb vegetació herbàcia i arbustiva. S'ha considerat adient no realitzar estacions de presa de dades, i tan sols s'ha dut a terme una observació visual sense que s'hagin determinat repercussions significatives.

PC10, pla de Gates

Aquest és un camí consolidat que transcorre per un vessant amb substrats de calcoesquistos i sòls arenosos i llimosos amb vegetació herbàcia i arbustiva. S'ha considerat oportú no realitzar estacions de presa de dades, i



FIGURA 6. Pèrdues de blocs per accions de grimpat associats a la recerca d'una traça segura per part del corredor que transcorre per un vial poc definit i susceptible d'erosió (PC04).

Losses of blocks due to climbing actions associated with the search for a safe route by the runner who runs along a poorly defined road susceptible to erosion (PC04).

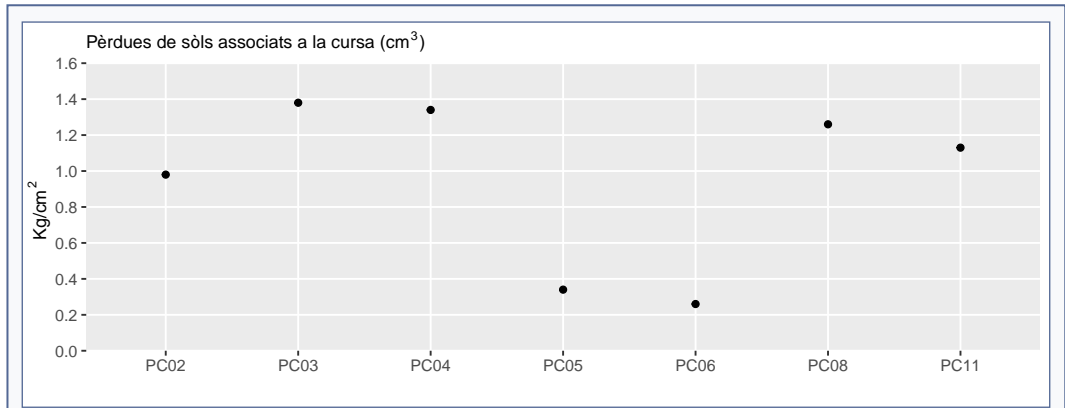


FIGURA 7. Representació dels valors de pèrdues de sòls.

Representation of soil loss values.

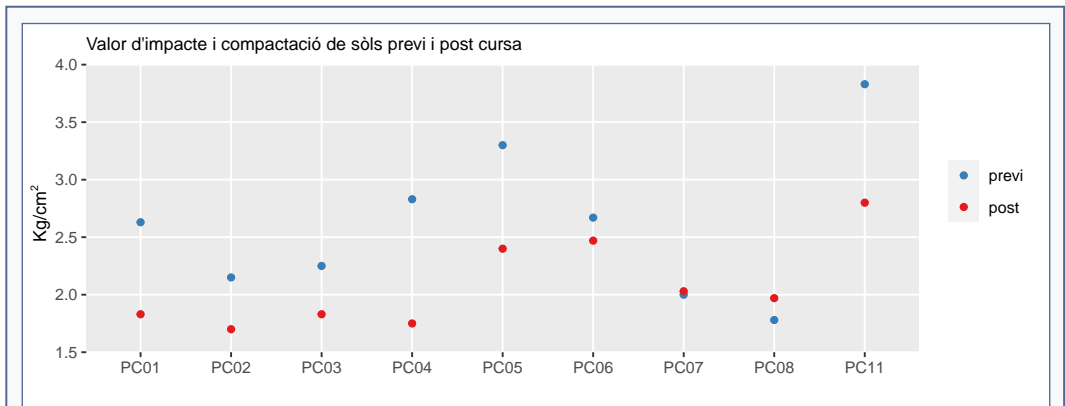


FIGURA 8. Representació de la compactació de sòl.

Representation of soil compaction.

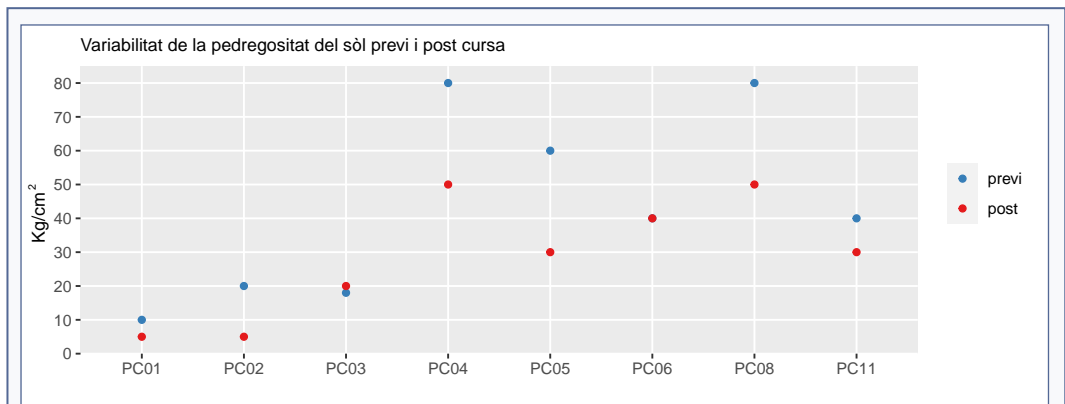


FIGURA 9. Representació de pèrdues o desplaçaments de la pedregositat

Representation of losses or displacements of the stoniness.

no s'han observat efectes significatius, considerant la cursa com activitat admissible.

PC11, Tamariua

Camí que transcorre per una cresta amb substrat d'esquistos i pegmatita amb sòls arenosos i llimosos i vegetació arbustiva. La zona presenta principalment pèrdua de sòl i descalçament. A nivell de secció hi ha canvis, conseqüència d'una pèrdua de sòl generalitzada i arrabassament de graves, que ha donat lloc a un lleuger canvi morfològic. La cursa ha provocat una compactació, encaixament i aprofundiment del camí, la qual cosa afavoreix l'escorrentia i l'erosió generalitzada, amb una pèrdua de sòl estimada de 1,13 m³ (Fig. 5B) i una lleugera pèrdua de pedregositat, afavorint la compactació, passant de 3,83 a 2,80.

Conclusions

El traçat analitzat presenta una erosió constant afavorida pel pendent, on la cursa ha provocat una compactació, encaixament i aprofundiment del camí admissible, tot i que possiblement els resultats dels PC afavoreixen l'escorrentia i l'erosió generalitzada en períodes més llargs, i tenint presents tots els usos que s'hi donen. Es pot considerar en tot el seu conjunt que la zona presenta una erosió de pèrdua de sòl, descalçament, moviment de blocs i graves associats a un nombre elevat d'usuaris en un moment puntual, però que els processos erosius continus no s'han amplificat amb la cursa, tan sols s'han modificat parcialment en alguns punts i amb ordre màxim de magnitud centimètrica.

Destaquen com a punts sensibles, per la manca de traça, aquells que transcorren per carenes i vials o traces poc definides, cosa que implica la recerca de passos segurs per part del corredor, en moltes ocasions amb el grimpat, donant lloc al descalçament de blocs, pèrdues de sòl, pèrdua de blocs i desarrelaments puntual de vegetació arbustiva (Fig. 6).

En termes generals podem estimar una pèrdua de sòl mitja dels 8 PC mesurats d'un valor de 1,19 cm³ (Fig. 7), amb màxims de 88,75 al PC01 i mínims de 0,26 als PC06. En tots els punts analitzats s'ha donat compactació, la qual cosa comporta una pèrdua de la qualitat del sòl, i en conseqüència una afectació directa a la vegetació, així com una disminució de la capacitat d'infiltració del subsòl. Tot i això, l'efecte erosiu és considerat admissible, però podria ser preocupant a les zones del

camí del Far (PC01), camí de Vereda (PC04) i Tamariua (PC11). La compactació mitjana ha donat un valor de 2,00 pels 8 PC, amb valors màxims al PC04 i valors mínims als punts PC07 i al PC08 (Fig. 8). Pel que fa a la pedregositat obtenim uns valors de 30% de canvi o desplaçaments, amb màxims als PC 04 i 05 i mínims al PC 06 (Fig. 9), i que amb el pas del temps afavoreixen la compactació amb els altres usos que s'hi donen per manca de pedregositat.

A mode de conclusió es pot establir que l'activitat analitzada dins el parc natural de Cap de Creus, amb 11 PC, i sobre zones vulnerables i fràgils, des d'un punt de vista geoambiental i erosiu, no dona lloc a canvis substancials a nivell erosiu. Que aquestes erosions no sols són atribuïbles a les activitats de caire esportiu analitzades, sinó també a activitats de tipus recreatiu de diferents tipologia i al llarg de l'any, ja que alguns punts analitzats presenten erosions continuades de caràcter greu i no associades a les curses analitzades.

Els resultats de les dades preses just abans i just després de la cursa, preses totes en condicions climàtiques seques, mostren que la prova no ha provocat alteracions en el medi físic ni agreuja els processos erosius identificats de caràcter greu. Les modificacions han estat més aviat petites compactacions i modificacions de la rugositat del terreny, sense detectar-hi grans volums de pèrdues. Principalment els canvis es detecten en la compactació de sòl, petites pèrdues de sòl i petits trasllats de graves, que amb el pas del temps tendeixen, per naturalesa, a la renaturalització degut a la tipologia d'alguns vials i a l'ús i freqüentació d'altres. Aquestes alteracions es consideren en termes generals corregibles amb l'aplicació de mesures específiques i adaptades a cada tram. Les zones de major fragilitat són els punts 4, 5 i 6, associats a sòls pobres, amb grans pendents i sense un vial ben definit, fet que agreuja processos erosius derivats de l'ús ordinari i de caràcter anual, agreujats per l'escorrentia i per l'escassa presència de vegetació arbustiva i arbòria que mitiguen l'erosió associada a la pluja. A diferència d'altres GR o PR ubicats a majors cotes, aquests traçats del cap de Creus presenten una freqüentació de caràcter anual intensa i una vegetació escassa en molts de PC (Taula 1), fet que dificulta els processos de renaturalització en èpoques de poc ús recreatiu. Els resultats obtinguts han de servir com a referència per evitar que les noves curses no passin pels indrets més fràgils identificats a l'estudi, així

com prendre mesures de correcció dels punts erosius i extrapolables a altre indrets de similars característiques morfològiques dins l'àmbit del parc natural.

Agraïments

Els autors volen agrair els comentaris d'un revisor anònim i els comentaris de Luís Vilar, ja que considerem que han ajudat a millorar la comprensió de l'article.

Bibliografia

- Bodoque, J. M., Ballesteros-Cánovas, J. A., Rubiales, J. M., Perucha, M. Á., Nadal-Romero, E. & Stoffel, M. (2017).** Quantifying Soil Erosion from Hiking Trail in a Protected Natural Area in the Spanish Pyrenees. *Land Degradation & Development*, 28, 2.255-2.267.
- Brevik, E. C., Perreg, L., Steffan, J. J. & Burgess, L. C. (2018).** Soil ecosystem services and human health. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 5, 87-92.
- Butzer, K. W. (2005).** Environmental history in the Mediterranean world: cross-disciplinary investigation of cause-and-effect for degradation and soil erosion. *Journal of Archaeological Science*, 32 (12), 1.773-1.800.
- Decret 328/1992**, de 14 de desembre de 1992, pel qual s'aprova el Pla d'espais d'interès natural.
- Duglio, S. & Beltramo, R. (2017).** Estimating the economic impacts of a small-scale sport tourism event: The case of the Italo-Swiss Mountain Trail CollonTrek. *Sustainability*, 9 (3), 343.
- Farias-Torbidoni, E. I., Urbaneja, J. S., Ferrer, R. & Dorado, V. (2018).** Carreras de trail running y marchas por montaña en España. Número, evolución e incidencia sobre la Red Natura 2000. *Pirineos*, 173, 9-18.
- Goeft, U. & Alder, J. (2001).** Sustainable mountain biking: a case study from the southwest of Western Australia. *Journal of Sustainable Tourism*, 9 (3), 193-211.
- González-Hidalgo, J. C., Peña-Monné, J. L. & de Luis, M. (2007).** A review of daily soil erosion in Western Mediterranean areas. *Catena*, 71 (2), 193-199.
- Granero, A. & Baena, A. (2010).** The search for nature as a way of compensation of the new urban lifestyle. *Journal of Sport and Health Research*, 2(1), 17-25.
- Hawkins, J. & Weintraub, M. N. (2011).** The Effect of Trails on Soil in the Oak Openings of Northwest Ohio. *Natural Areas Journal*, 31 (4), 391-399.
- Leung, Y. & Marion, J. (2000).** Recreation Impacts and Management in Wilderness: A State-of-Knowledge Review. En D. N. Cole, S. F. McCool, D. J. Parsons & P. J. Brown. *Proceedings of Wilderness science in a time of change* (Vol. 5, pp. 23-48). USDA Forest Service Ogden.
- Lei 4/1998**, de 12 de març de Protecció de Cap de Creus, Girona.
- Lei 10/2011**, del 29 de desembre, de simplificació i millorament de la regulació normativa del Parc Natural de Cap de Creus.
- Nepal, S. K. & Way, P. (2007).** Characterizing and comparing backcountry trail conditions in Mount Robson Provincial Park, Canada. *Ambio*, 36 (5), 394-400.
- Puchan, H. (2005).** Living extreme: adventure sports, media and commercialization. *Journal of Communication Management*, 9 (2), 171-178.
- Rochat, N., Hauw, D., Philippe, R. A., von Roten, F. C. & Seifert, L. (2017).** Comparison of vitality states of finishers and withdrawers in trail running: An enactive and phenomenological perspective. *PLoS One*, 12 (3), e0173667.
- Roig-Munar, F. X. & Pintó, J. (2022).** Primeres estimacions sobre els efectes erosius de les curses de muntanya. El cas de la Ultra Trail del Cadí Moixeró. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 86 (3), 105-109.
- Roig-Munar, F. X. & Cardona, J. (2013).** L'estudi dels processos erosius associats al Camí de Cavalls de Menorca com a mesura de gestió i recuperació. VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Societat d'Història Natural de Balears: 365-367.
- Thurston, E. & Reader, R. J. 2001.** Impacts of experimentally applied mountain biking and hiking on vegetation and soil of a deciduous forest. *Environmental management*, 27 (3), 397-409.
- Wolf, I. D. & Wohlfart, T. (2014).** Walking, hiking and running in parks: A multidisciplinary assessment of health and well-being benefits. *Landscape and Urban Planning*, 130, 89-103.