

Valoració dels efectes erosius associats a una activitat de bicicletes de muntanya, el cas de la volta a Menorca (illes Balears)

Francesc Xavier Roig-Munar^{1, 3, 4}, Miquel Truyol Olives², Carla Garcia-Lozano⁴, Josep Pintó Fusalba⁴ & Pablo Fraile Jurado⁵

1. Investigador independent. Consultor ambiental. Menorca, illes Balears, Espanya.

2. Àrea de Medi Ambient del Consell Insular de Menorca.

3. Grup de Ciències de la Terra. Departament de Biologia Universitat de les Illes Balears.

4. Laboratori d'Anàlisi i Gestió del Paisatge (LAGP). Universitat de Girona.

5. Departamento de Geografía Física y A.G.R. Universidad de Sevilla.

S'ha avaluat l'impacte d'erosió associada a una prova organitzada de muntanya (BTT) dins la finca pública d'Alforí, Menorca, 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.

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.

Paraules clau: Menorca, bicicletes de muntanya (BTT), activitats esportives, valoració d'erosió.

Evaluation of the erosive effects of Mountain Biking in Menorca (Balearic Islands)

The impact of erosion associated with an organised test of mountain biking (MTB) in the publicly owned reserve of d'Alforí, Menorca, has been evaluated by quantifying soil erosion, compaction and rockiness of the affected areas. This data allows the geo-environmental repercussions on the terrain associated with competitive 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 such racing.

Keywords: Menorca, mountain bike (MTB), sport, erosion assessment.

La pràctica de bicicleta tot terreny (BTT) o Mountain bike (MTB) aporta importants beneficis, però el seu ràpid creixement com a pràctica i els esdeveniments esportius associats procipien la massificació i la degradació del medi en el qual es desenvolupen (White *et al.*, 2006). Darrerament hi ha un creixent del nombre de persones que busquen explorar nous llocs o crear rutes més atractives i desafiantes, especialment per a BTT dins àrees protegides (Farias-Torbidoni *et al.*, 2018). Les àrees protegides, sovint ben conservades, ofereixen nombrosos serveis ecosistèmics, però aquestes activitats poden provocar processos de degradació en els espais protegits (Thurston & Reader, 2001). Aquesta pressió té efectes sobre els ecosistemes i l'ús de camins per part de les activitats esportives i recreatives, i provoquen, segons Leung

& Marion (1996): pèrdua de biomassa vegetal, introducció d'espècies exòtiques, pertorbació de la fauna i el seu hàbitat, augment dels residus a l'entorn, i alteració de la qualitat de l'aigua. Segons Hawkins & Weintraub (2011) els impactes de tipus morfològic serien: la pèrdua de matèria orgànica i d'humitat del sòl, l'augment de la compactació dels sòls, el despreniment i transport del sòl per erosió i exposició d'arrels, l'augment del rentat superficial, i alteracions de les propietats químiques de l'aigua.

Segons Hammitt & Cole (1998) els impactes o afecions mediambientals que poden arribar a provocar aquest tipus d'activitat, la BTT, no depenen d'un sol aspecte, sinó d'un continu de factors com ara el tipus d'hàbitat natural en el qual es desenvolupen, les característiques intrínseques de l'activitat practicada, les

Finca d'Alfurí

La finca d'Alfurí va ser expropiada el 1999 per la Direcció General de Costes (Ministeri de Medi Ambient), i incorporada al domini públic marítimo-terrestre. La finca disposa de les figures de protecció Àrea Natural d'Espècial Interès, segons la Llei 1/1991 del Parlament Balear, a més de formar part de la xarxa Natura 2000 com a ZEC i ZEPA (Codi ES5310113). Actualment, la titularitat dels terrenys pertanyen a l'Organisme Autònom Parcs Nacionals, i la gestió es basa en actuacions de manteniment i millora de caràcter conservacionista, necessàries per evitar la degradació dels hàbitats. La gestió i ús va ser cedida l'any 2015 al Consell Insular de Menorca, i són el Departament de Medi Ambient i l'Agència Menorca Reserva de Biosfera els encarregats de la seva gestió.

Geològicament a la finca el substrat dominant és del Triàsic inferior, format bàsicament per roques detrítiques com turbidites i pelites, dels quals destaquen els afloraments de dunes fòssils del Quaternari que

s'internen des de la cala Pilar fins a 3 km terra a dins. Morfològicament presenta formacions associades a processos litorals que s'internen cap a terra, processos torrencials i processos erosius gravitacionals. Edafològicament presenta sòls que no mostren cap desenvolupament definit de perfils i que es corresponen amb l'ordre d'entisol. Dins l'àmbit de la finca trobem diverses xarxes de camins, com el camí de Cavalls, el camí del Milocar, el camí de cala Pilar i el camí Reial, i és als dos darrers on es realitzà la VM.

Camí Reial del Nord (CR)

És un camí d'1,4 km amb una secció de traça mitjana de 2,6 m. Morfològicament se sustenta sobre materials del Quaternari i del Triàsic (Fig. 2). El seu primer tram transcorre sobre eolianites i presenta una densa cobertura vegetal associada a la traça, tot i que podem trobar alguns trams testimonials d'empedrat. A la zona de substrat triàsic el camí transcorre per vessants parcialment estabilitzats i creuat per una xarxa de torrents que



FIGURA 2. Trams del camí Reial sobre el Triàsic. Observem poca cobertura vegetal associada a la traça i sòls pobres amb presència de xaragalls.

Sections of the camí Reial over the Triassic. We observe little plant cover associated with the track together with poor soils and the presence of gullies.



FIGURA 3. Trams del camí de cala Pilar. Observem encaixament d'ordre mètric de la secció de traça sobre morfologies dunars i denudació d'arrels.

Sections of the Cala Pilar path. We observe a measure of the track section on dune morphologies and denudation of roots.

donen lloc a canvis de pendents al llarg de la traça, on la seva cobertura vegetal és més escassa i, per això, hi ha trams denudats de vegetació arbòria i arbustiva. En línies generals el camí presenta erosió en molts dels trams, però amb poques pèrdues significatives de sòls més enllà de la traça, a causa de la tipologia de camí i els entorns associats. Molts d'aquests processos erosius són atribuïbles a la manca de gestió i canalització de fluxos hídrics. Al llarg del CR no es donen processos de fragmentació d'hàbitat per creació de traces paral·leles ni dreces.

Camí de cala Pilar (CP)

És un camí d'1,5 km amb una secció de traça mitjana de 2,6 m. Morfològicament se sustenta sobre materials del Quaternari, on hi ha diferents morfologies dunars estabilitzades i fragmentades per la traça del camí, la qual cosa ha donat lloc al seu encaixament (Fig. 3). El camí no presenta estructures tradicionals d'empedrat i la seva cobertura vegetal al llarg de tota la traça és densa. En línies generals presenta erosió en molts punts. Així, s'observa que hi ha trams en què es donen processos de pèrdues de sòls mitjançant xaragalls i que amb el pas del temps tendeixen a l'ampliació de la traça. Els trams més erosius es troben associats a morfologies dunars remuntants i estabilitzades, amb un encaixament de la traça sobre lòbuls de sòls arenosos no consolidats, que donen lloc a una desaparició constant de formes i a una pèrdua de sòls. Al llarg de les traces es dona aflorament de substrat i desarrelaments de vegetació de port arbori, amb un percentatge important de trencament d'arrels. S'aprecien algunes actuacions recents de canalització d'aigües mitjançant drenats cap a la zona de bosc, cosa que afavoreix les pèrdues irreversibles de sediment més enllà del camí.

Metodologia

Prèvia a l'anàlisi dels processos erosius s'analitzà l'ús real de les traces mitjançant el marcatge amb l'ús de marmolines (Mata *et al.*, 2005). Aquest mètode permet determinar l'ús predominant de la secció de traça i poder observar si l'ús és uniforme o si aquests eviten els pas per processos erosius. Es marquen 3 traces al CR i 8 al CP, amb una amplada de marcat de 25 cm i un seguiment de 20 dies.

Per l'anàlisi de l'erosió associada a la VM s'ha seguit la metodologia de Salesa i Cerdà (2019) i de Roig-Munar *et al.* (2023a), amb les fases següents:

1. Recorregut previ a la realització del traçat de la VM, i identificació dels punts i de les àrees vulnerables, existents i/o potencials.
2. Definició d'estacions de mostreig (EM) representatives i identificades com a vulnerables i/o susceptibles a l'erosió. S'han realitzat 5 EM per cada camí.
3. S'han utilitzat metodologies que permeten el seguiment i l'anàlisi de les taxes d'erosió, trasllat i compactació de sòls associats a la carrera (Roig-Munar i Pintó, 2022; Roig-Munar *et al.*, 2023b; Díez-Hebrero *et al.*, 2023) mitjançant l'ús de:
 - a. Ús de perfilòmetre per a la realització de seccions de 0,75 m associades a la traça identificant pèrdues de sòls.
 - b. Anàlisi de la pedregositat per valorar els efectes de trasllat, relacionant-ho amb erosions de sòls, manifestat en percentatges de cobertures en parcel·les de 3 m².
 - c. Anàlisi del descalç d'arrels mitjançant marcatge i seguiment.
 - d. Anàlisi de pèrdua superficial de sòls arenosos associats a talussos de morfologies dunars semiestabilitzades.
4. S'han pres mesures a les EM prèvies i posteriors a les curses, amb un temps previ màxim de 4 hores a la cursa, i un temps màxim d'1,5 hores posterior a la cursa, minimitzant així els afectes d'altres activitats.
5. Dia 14 i 15 d'octubre va haver-hi un període de pluges (7,6 l/m²) que va ser avaluat qualitativament en alguns trams del CR i del CP, així com un anàlisi 60 dies després de la prova esportiva.

EM	Substrat	Vegetació	Pedregositat	Descalç
EMR-01	Sòls i graves	Arbustiva	Si	Si
EMR-02	Sòls i graves	Arbustiva	Si	No
EMR-03	Sòls i graves	Arbustiva	Si	No
EMR-04	Sòls i graves	Mixta	Si	Si
EMR-05	Sòls i graves	Mixta	Si	Si
EMP-01	Arenós	Mixta	No	Si
EMP-02	Arenós	Mixta	No	Si
EMP-03	Arenós	Mixta	No	Si
EMP-04	Arenós	Mixta	No	Si
EMP-05	Arenós	Mixta	No	Si

TAULA 1. Dades sobre substrats, vegetació i pedregositat associada a cada EM.

Data on substrates, vegetation and rockiness associated with each MS.

Resultats

Ús de les traces

Els resultats obtinguts mitjançant el control de les seccions de traça representatives permet una estimació de l'ús real de la secció, que per camins són els següents:

CR obtenim un ús real de traça de 63,6%, circumscrita a les zones centrals i evitant l'ús dels marges del camí. No s'identifiquen usos fora del camí ni usos que donin lloc a formes incipients d'erosió, ni la creació de vials paral·lels. En aquells espais on es donen processos d'escorrentia d'ordre decimètric els usos els eviten, ja que el trànsit per aquests punts implica cert risc de caiguda.

CP obtenim un ús real de traça de 57,7%, circumscrita a les zones centrals de la traça, especialment en trams on es dona aflorament de materials lítics, mentre que en els trams més arenosos, s'eviten els usos dels marges

per dificultat de pas sobre potències superiors als 10 cm d'arena. Presenta alguns sectors de fragmentació d'hàbitat a causa de traces paral·leles creades pels usuaris i presenta usos similars a la traça principal, i amb usos majoritàriament de BTT, ja que el substrat encara no ha estat totalment descalçat i presenta més resistència al rodament. A les zones que presenten elevats graus d'erosió l'usuari cerca una traça més estable per al trànsit, cosa que dona lloc a la fragmentació.

Els resultats d'ús del CR i del CP determina que els usos donen prioritat a zones estables del camí i s'eviten les zones erosionades, les zones amb abundant potència d'arenas i les zones de peu de talussos (Fig. 4).

Erosió de la cursa

S'han fet 10 EM representatives, 5 EM per cada camí (Fig. 1). A cada EM s'han realitzat mesures que permeten una estimació dels efectes erosius circumscrits únicament a l'activitat de VM. Les metodologies no s'han pogut aplicar a totes les EM, ja que aquestes es troben condicionades per les característiques morfològiques de cada EM. Observem a la Taula 1 dades relatives a les EM de cada camí.

Camí Reial

S'analitzen les dades de pèrdua de sòls de EMR-01 i EMR-05. La primera presenta una secció mitjana de 2,7m i un pendent de 13° amb escàs sòl. La seva cobertura vegetal és escassa i la secció presenta talussos de descalç de potència inferior als 15cm. L'EMR-05 té una secció mitjana de 2,5m i un pendent de 8° i escàs sòl. Els resultats obtinguts a les dues EM, realitzats mitjançant perfilòmetre amb intervals de 5 cm, donen a l'EMR-01 trasllats de sediments associats a zones amb escàs sòl i presència de xaragalls, amb pèrdues per compactació o trasllats de 0,1 mm, coincidents amb la zona de màxim ús de traça. L'EMR-05 té un trasllat estimat de 0,2 mm cap a la cota inferior. Aquests resultats són admissibles com a trasllats i modificacions del perfil associats a la VM, però aquests resultats en morfologies erosives tendeixen a agreujar-se amb el pas del temps per usos ordinaris de caràcter anual i per afectacions climàtiques sobre les traces, degut a tractar-se d'espais vulnerables a l'erosió, amb escassa potència de sòls i poc protegits per cobertures vegetals. Observem a la Fig. 5 com predomina la compactació a les dues seccions analitzades, sense trasllats de graves ni descalços de talussos.



FIGURA 4. Observem com els usos de les traces dominen zones segures o zones compactes, que donen lloc a la compactació de sòls i generen fragmentació quan els sòls presenten erosió.

We observe how the uses of the tracks dominate safe areas or compact areas, giving rise to the compaction of soils, generating fragmentation when soils show erosion.

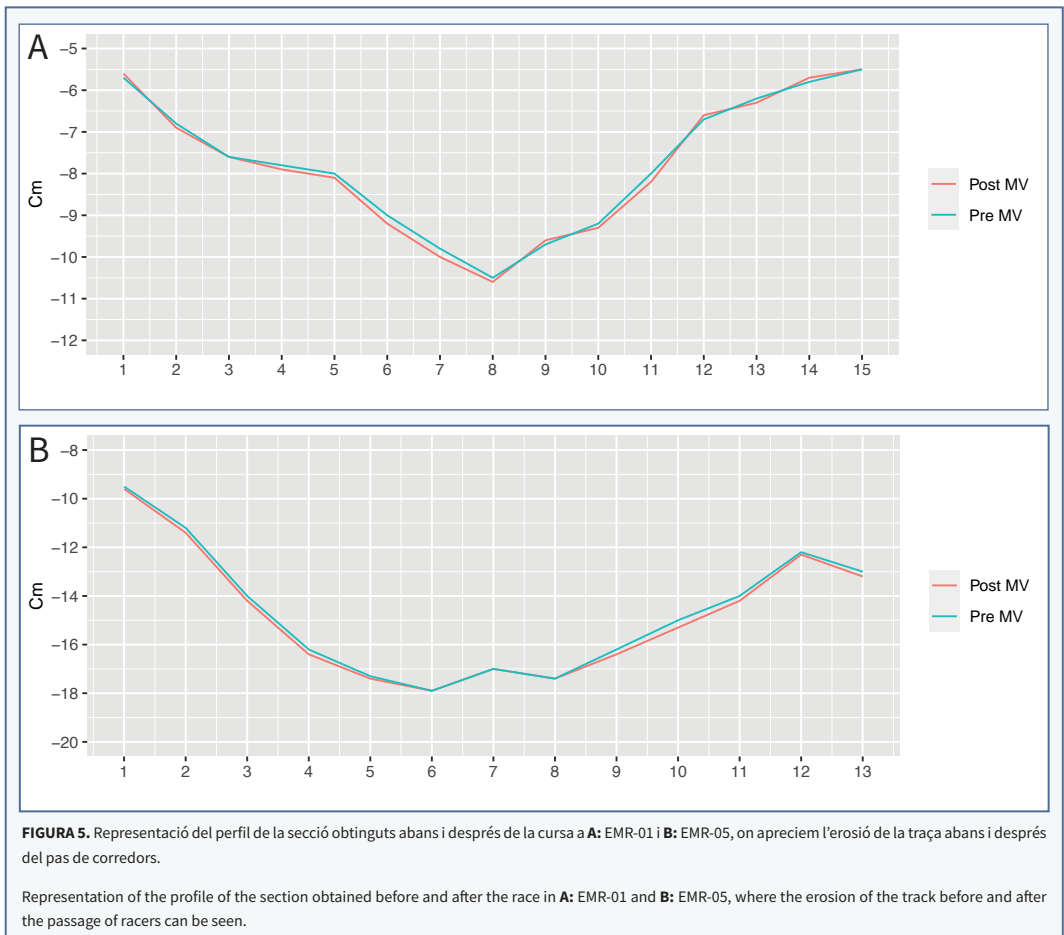
Dades de desplaçament de pedregositat

A causa de les característiques del CR, amb pocs sòls a molts sectors, es realitzen parcel·les de seguiment associades a pedregositat amb la finalitat d'observar el trasllat de materials associat a la traça de la VM. Les dues EM es realitzen mitjançant el mostreig de parcel·les ubicades en pendents i aprofitant que la VM té un recorregut unidireccional. Es marquen dues seccions de la traça, una en pujada i una altra en baixada, amb una amplada d'1,5 m i s'obté una franja marcada mitjançant un traçador ecològic compost per una base d'aigua i aerosol amb permanència inferior als 5 dies. Els resultats obtinguts de cadascuna de les seccions són:

EMR-02, presenta una secció de traça de 2,2 m amb un percentatge de pedregositat d'ordre centimètric

superior al 90% i un pendent de 11°. La cobertura vegetal és mixta i la traça no permet la creació de drecceres, i no presenta xaragalls associats. La secció de pas dominant durant la VM ha estat d'1,1 m en baixada i el desplaçament de graves presenta una mitjana cap a cotes inferiors de 26 cm, amb màxims de 45 cm (Fig. 6).

EMR-03 presenta una secció de traça de 2,35 m amb una pedregositat d'ordre centimètric superior a 95% i un pendent de 13°. La cobertura vegetal és mixta i la traça no permet la creació de drecceres. Presenta processos erosius amb xaragalls d'ordre centimètric en una part del camí. La secció de pas dominant durant la VM ha estat d'1,25 m en pujada i el desplaçament de graves presenta una mitjana cap a cotes inferiors d'1,25 cm, amb màxims de 2,7 m (Fig. 6).



Dades de descalçament associades a arrels exposades

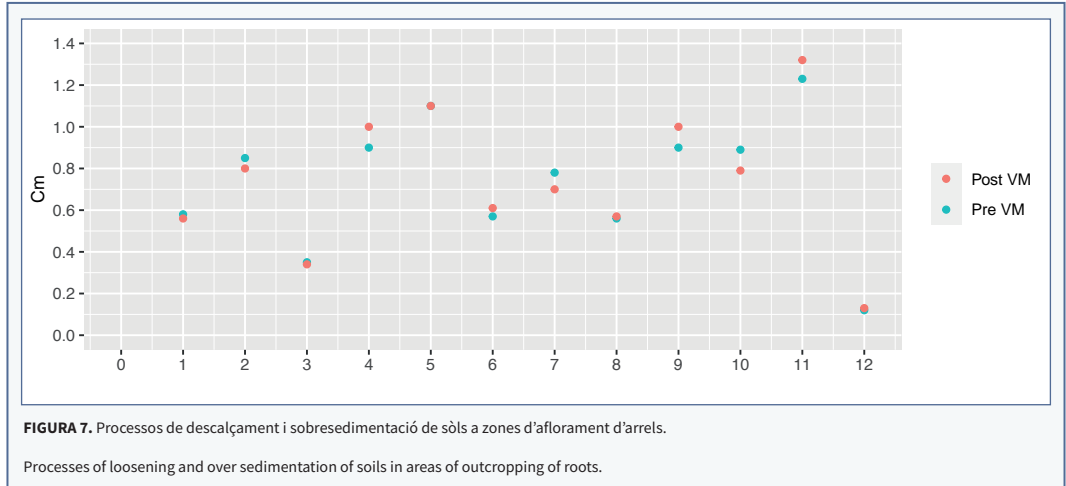
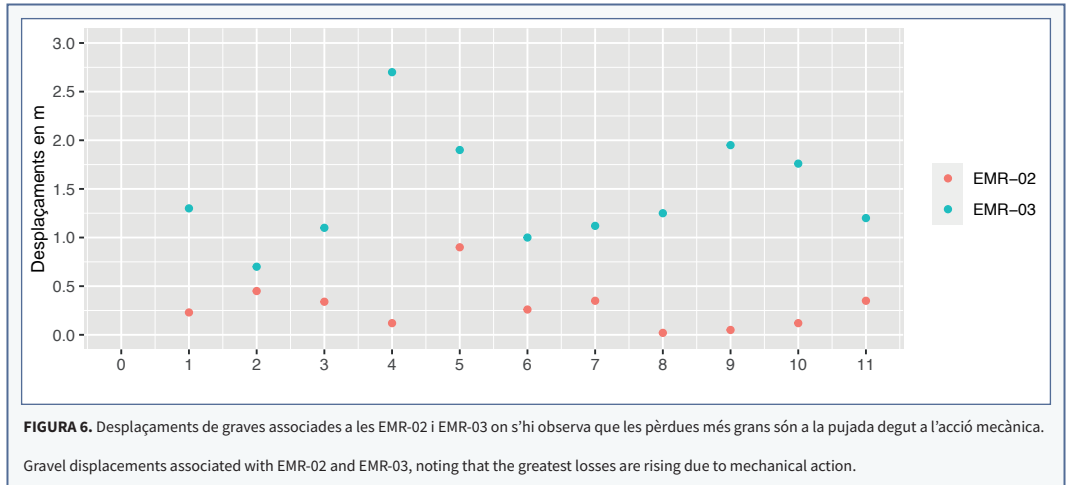
Les zones associades a descalços d'arrels al CR les trobem associades als trams on afloren el Quaternari, on s'han marcat 12 arrels exposades en cada EM, amb diàmetres d'arrels compresos entre 5 mm i 2 cm. Es marquen arrels exposades a la zona de màxim ús de la traça i associades a zones de viratge, on les BTT tendeixen a exercir accions d'arrossegament de sòls i arrels. L'EMR-05 es troba en sòls altament compactats associats a alzinars i amb descalç continu d'arrels. Es tracta d'una EM ubicada en una zona amb escàs pendent i amb una secció de 2,9m. L'EMR-04 s'ubica a la intersecció de dos camins, el CR i el camí del Milocar, presenta una secció de 2,8m, i la distribució d'arrels abasta tota la traça. Els resultats obtinguts mostren

un lleuger desplaçament de terres i un lleuger descalç d'arrels (Fig. 7), així com la compactació o sedimentació sobre les arrels. L'activitat puntual de la VM no ha donat lloc a fragmentacions d'arrels ni a trasllats de sòls de rellevància que donin lloc a processos degeneratius irreversibles. La circulació de BTT sobre aquestes traces ha generat més efectes de compactació de sòls que no pas erosió per descalç i trencament, amb unes estimacions a cada EM inferior com a mitja de totes les marques de 0,5mm.

Camí de cala Pilar

Dades de descalços associades a arrels exposades

Les zones associades a descalços d'arrels al CP es troben als trams on aflora el Quaternari, on s'han



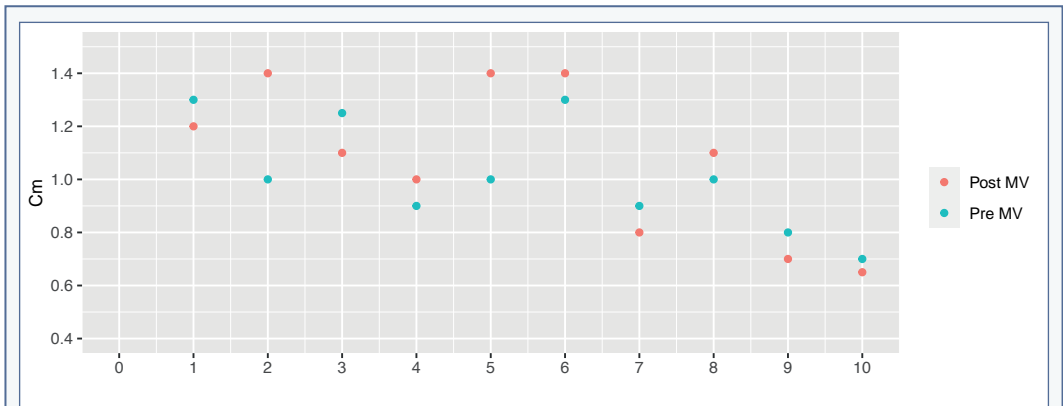


FIGURA 8. Processos de descalçament i sobredimentació de sòls a zones d'aflorament d'arrels.

Processes of loosening and over sedimentation of soils in areas of outcropping of roots.

marcat 10 arrels exposades a l'EM, amb diàmetres compresos entre 5 mm i 1,5 cm, totes elles a la zona de màxim ús de la traça i associades a zones de viratge, on les BTT tendeixen a exercir mecanismes d'arrossegament i arrabassament de sòls i arrels. L'EMP-01 i l'EMP-02 es troben en sòls arenosos altament compactats associats a alzinars i amb descalç continu d'arrels, amb tendència a la seva fragmentació. Els resultats obtinguts en aquests EM donen una pèrdua de sòls de 0,02 mm cap a cotes inferiors (Fig. 8).

Erosió de talussos

S'han valorat els descalços de talussos dunars a zones on el CP es troba encaixat en morfologies dunars amb potències superiors als 1,3 m (Fig. 3). A causa de la manca d'elements de fixació, s'han marcat 8 parcel·les de seguiment de descalç dels talussos de les formes erosionades i encaixades per valorar-ne l'erosió, mitjançant 8 parcel·les. Els resultats obtinguts donen pèrdues granulars de 27,9% de pèrdues en les bases del tal·lus per fregament i viratges de les BTT sobre estructures de sòls no compactes.

Precipitacions posterior a la cursa

Un cop finalitzada l'activitat de la VM els dies 14 i 15 d'octubre va tenir lloc un període de pluja de 7,6 l/m². Aprofitant aquesta inclemència meteorològica es va visitar la zona per comprovar els efectes sobre la traça, on apreciàrem que els trasllats de sòls en massa associats a processos de petita escala (inferiors a 2,5 mm de

potència i amplades de 0,65 m) donaren lloc a majors pèrdues de sediments associats a les traces erosionades sense mecanismes eficients de retenció de sòls (Fig. 9). S'observà que en les EM amb arrels marcades, aquestes exerciren la seva funció de retenir sòls de forma laminar, amb retencions associades a les arrels de 3 mm de mitjana a diferents arrels. Per tant, els valors obtinguts a la VM i la seva relació amb els valors observats en dies posteriors a les pluges són dispersos; s'identificaren majors erosions associades a la pluja que no a l'activitat de VM, degut especialment a la manca de gestió de dues traces erosionades, el CR i el CP. Posteriorment 60 dies després de la VM es realitzà una visita per comprovar l'estat de les EM associades a arrels i sobre talussos, i s'observà que moltes de les marques realitzades sobre terres i talussos han desaparegut en un 100% en 5 parcel·les, mentre que a les tres restants tan sols queda només un 5% de la parcel·la marcada. De les arrels marcades per al seguiment s'observà que hi ha una erosió d'arrels que deixa les brides exposades i també s'observaren trencaments d'arrels i desaparició de tretze d'elles.

Discussió i conclusions

El traçat analitzat presenta una erosió constant afavorida per una manca de manteniment de les dues traces (CR i CP), on la cursa no ha generat processos erosius remarcables, els quals han quedat circumscrits a petits trasllats de potències de sòls, així com processos de sedimentació d'escassa potència d'ordre mil·limètric.



FIGURA 9. Procesos d'escorrentia laminar sobre la traça de CP a les EM 01 i 02.

Laminar flow processes on the CP track in EM 01 and 02.

Dels resultats obtinguts de la valoració, conjuntament amb els valors del dia següent de pluges i la visita de camp 60 dies més tard, es conclou:

1. Que l'activitat més nociva a nivell erosiu ha estat sobre sòls amb presència de graves i associats a pendents de pujada, per l'acció mecànica de les BTT.
2. Que l'afectació de més pèrdues de sòls és atribuïble a inclemències meteorològiques, com la pluja, que ha donat lloc a trasllats laminars de sòls cap a cotes inferiors de les traces, retingudes parcialment per les arrels denudades del camí.
3. Que aquests valors erosius identificats a la VM i els dies posteriors a la valoració de l'activitat de caràcter massiu són atribuïbles a un mal estat de molts trams del CR i el CP.
4. Que els valors obtinguts 60 dies després de la VM mostren que la major afectació de tipus erosiu sobre les traces és per l'ús ordinari, atribuïble a diferents activitats recreatives i fenòmens naturals no circumscrits a una activitat reglada.

A mode de conclusió es pot establir que l'activitat VM dins l'àmbit de la finca pública d'Alfurí, des d'un punt de vista erosiu, no dona lloc a canvis substancials del substrat ni dona lloc a afavorir processos de tipus erosiu ni a agreujar els processos existents. 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.

Agraïments

Els resultats exposats en el present treball han estat realitzats dins el marc de l'assistència tècnica per l'estudi: Avaluació de l'ús públic pels Itineraris de la finca pública d'Alfurí i la realització de propostes de conservació. Expedient: C4300-2023-000383, encarregat per l'Àrea de Medi Ambient del Consell Insular de Menorca, oficina de Menorca Reserva de Biosfera. Així mateix els autors volen agrair als dos revisors anònims les seves aportacions al treball.

Bibliografia

- Barros, A., Gonnet, J., & Pickering, C. (2013).** Impacts of informal trails on vegetation and soils in the highest protected area in the Southern Hemisphere. *Journal of Environmental Management*, 127, 50-60.
- Cessford, G. R. (2003).** Perception and reality of conflict: Walkers and mountain bikes on the Queen Charlotte Track in New Zealand. *Journal for Nature Conservation*, 11(4), 310-316.
- Chiu, L., & Kriwoken, L. (2003).** Managing recreational mountain biking in Wellington Park, Tasmania, Australia. *Annals of Leisure Research*, 6, 339-361.
- Díez Herrero, A., Carcavilla, L., Faucha, M., P. Tejado, P. & Benayas, F.J. 2023.** Hacia un protocolo de caracterización y seguimiento de la Gea en relación con las actividades deportivas de montaña en senderos recreativos En: G. Desir, E. Nadal y D. Regües (Eds.). Libro actas de la XVI Reunión Nacional de Geomorfología, SEG, pp. 162-163.
- 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.
- Hammit, W. E. & Cole, D. N. (1998).** *Wildland Recreation: Ecology and Management* (2nd Ed.). New York: John Wiley and Sons. 361pp.
- 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. F. & Marion, J. L. (1996).** Trail degradation as influenced by environmental factors: a state-of-the-knowledge review. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51(2), 130-136.
- Mata, C.; Hervás, I., Herranz, J., Suárez, F. & Malo, J. E. (2005).** Complementary use by vertebrates of crossing structures along a fenced Spanish motorway. *Biological Conservation*, 124, 397-405.
- Newsome, D. & Davis, C. (2009).** A case study in estimating the area of informal trail development and associated impacts caused by mountain bike activity in John Forrest National Park, Western Australia. *Journal of Ecotourism*, 8(3): 237-253.
- Newsome, D., Lacroix, C. & Pickering, M. (2011).** Adventure Racing events in Australia. Context, assessment and implications for protected area management. *Australian Geographer*, 42 (4), 403-418.
- Pickering, C. M., Rossi, S. & Barros, A. (2011).** Assessing the impacts of mountain biking and hiking on subalpine grassland in Australia using an experimental protocol. *Journal of Environmental Management*, 92 (12), 3049-3057.
- 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., Pintó, J. & Fraile, P. (2023a).** Valoració dels efectes erosius de les curses de muntanya i ultra trails a l'àmbit del parc natural del Cap de Creus, Alt Empordà (Girona, Catalunya). *Nemus*, 13, 32-43.
- Roig-Munar, F. X., Pintó, J. & Garcia-Lozano, C. (2023b).** Anàlisi dels efectes geoambientals de les curses Trail i les curses BTT dins l'àmbit del Parc Natural de la Zona Volcànica de la Garrotxa, Girona. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural*, 87 (4), 249-255.
- Salesa, A. & Cerdà, A. (2019).** Four-year soil erosion rates in a running-mountain trail in eastern Iberian Peninsula. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 45, 309-331.
- 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, 397-409.
- White, D. D., Waskey, M. T., Brodehl, G. P. & Foti, P. E. (2006).** A comparative study of impacts to mountain bike trails in five common ecological regions of the south-western U.S. *Journal of Park and Recreation Administration*, 24(2), 21-41.