



NOVES METODOLOGIES ANDORRANES, BASADES EN LA NATURA, PER MILLORAR LA GESTIÓ TÈCNICA DEL REURS HÍDRIC, EN CONDICIONS DE CANVI CLIMATIC I CREIXEMENT POBLACIONAL

Novembre 2024

SILVAGRINA SL, C/ Dr. Nequi 5 1er. Andorra La Vella.

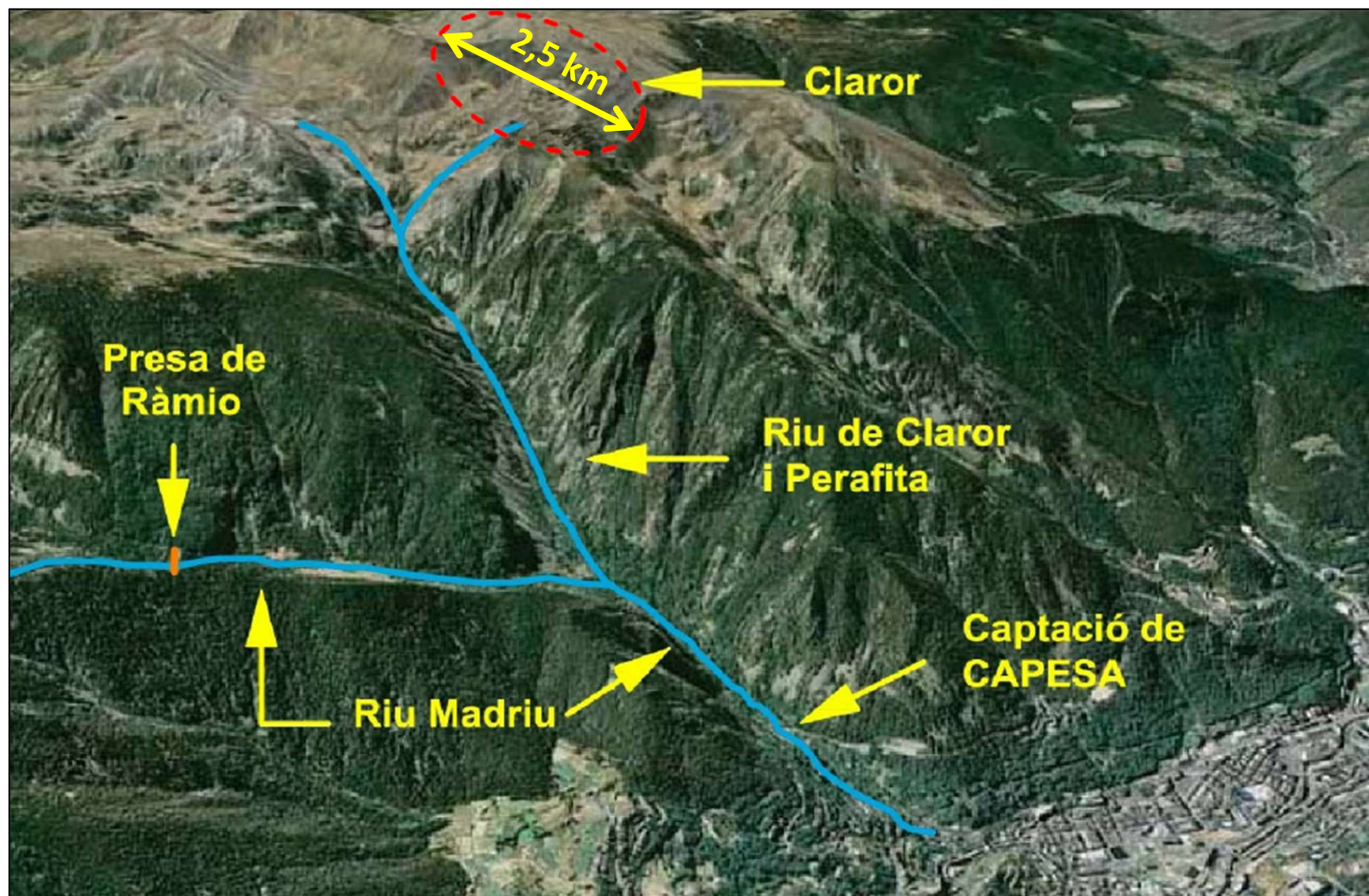
Tel. fix: 00 376 827337 / mb : 00 376 331307 / e-mail: silvagrina@andorra.ad

Entre 68 i 71 mm/h. Total 96 mm

Terbolesa > 500 NTU

Torrentada 21/07/2015

MILLORA DE LA QUALITAT DE L'AIGUA: REDUCCIÓ DE LA TERBOLESA MITJANÇANT CONTROL DE L'EROSIÓ

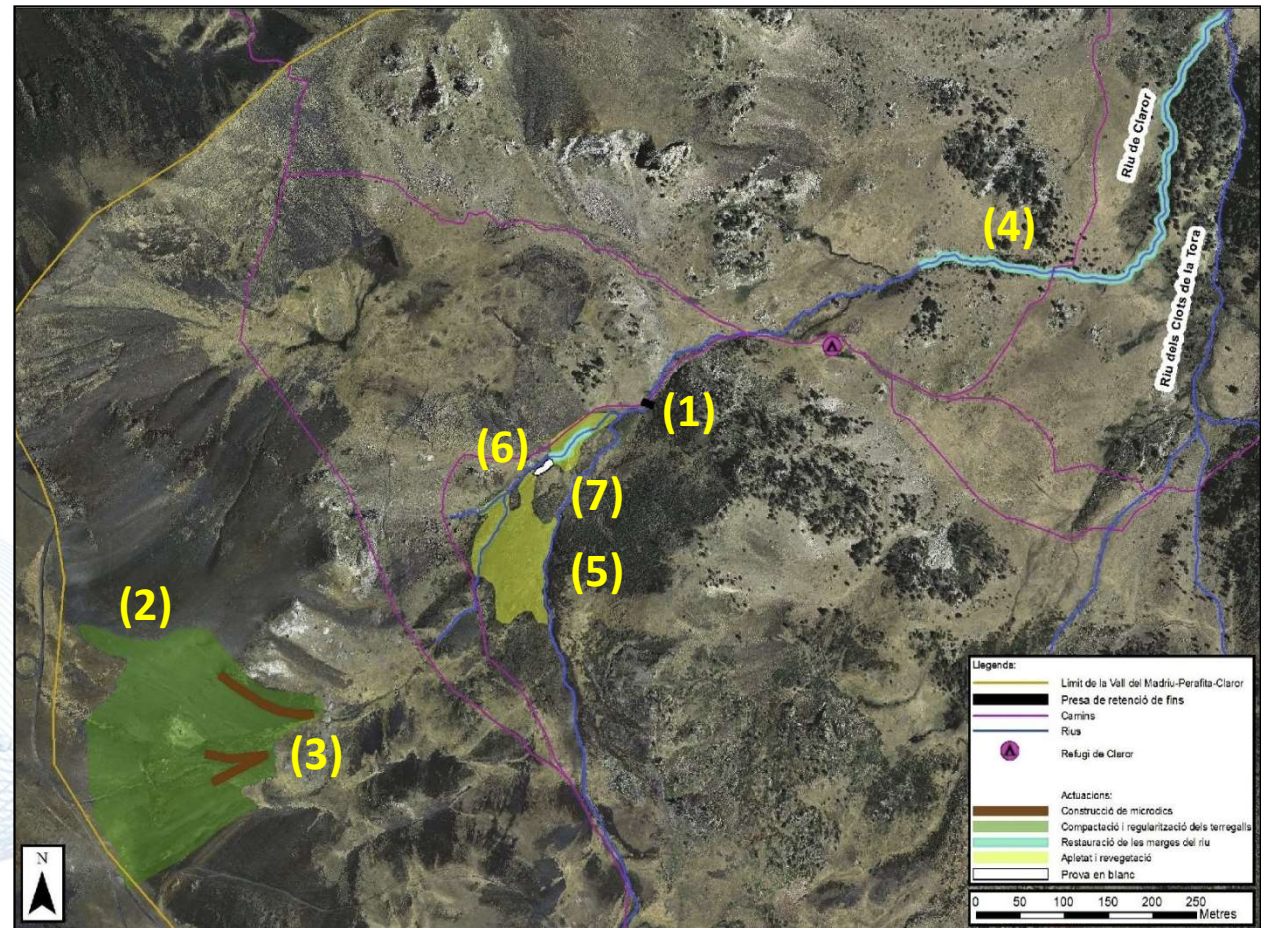


Vista panoràmica de la vall de Perafita-Claror. Font: Google Maps. En vermell, l'abast de la zona afectada per precipitació torrencial i erosió extrema.

MILLORA DE LA QUALITAT DE L'AIGUA: REDUCCIÓ DE LA TERBOLESA MITJANÇANT CONTROL DE L'EROSIÓ

BIOTÈCNIES DE RESTAURACIÓ AMBIENTAL EMPRADES

- (1) Dic de retenció de fins
- (2) Compactació i regularització dels terregalls de capçalera de conca
- (3) Microdics de brancada
- (4) Restauració de marges del riu de Claror
- (5) Apletat mitjançant ramat d'ovelles
- (6) Revegetació
- (7) Prova en blanc



MILLORA DE LA QUALITAT DE L'AIGUA: REDUCCIÓ DE LA TERBOLESA MITJANÇANT CONTROL DE L'EROSIÓ

1) OVINOREMEIACIÓ:

A) COMPACTACIÓ I REGULARITZACIÓ DELS TERREGALLS



Definim **ovinoremeiació** com aquelles tècniques de restauració ambiental que es basen en l'ús d'un ramat d'ovelles per a tasques de mitigació de riscos i de millora ambiental.



Els treballs d'ovinoremeiació, per mitjà de 1.400 ovelles, van accelerar el procés de consolidació natural, deixant els xaragalls més còncaus.

MILLORA DE LA QUALITAT DE L'AIGUA: REDUCCIÓ DE LA TERBOLESA MITJANÇANT CONTROL DE L'EROSIÓ

COMPACTACIÓ I REGULARITZACIÓ DELS TERREGALLS. - RESULTATS -



Els xaragalls al 2015 tenien una profunditat d'entre 1 i 3 metres, amb parets pràcticament verticals, un home no els podia creuar seguint una corba de nivell, era impossible. Després dels treballs d'ovinoremeiació, la regularització de la superfície era tal, que al 2022 fins hi tot s'hi va poder fer la sembra experimental contractada per MONTCLIMA.

MILLORA DE LA QUALITAT DE L'AIGUA: REDUCCIÓ DE LA TERBOLESA MITJANÇANT CONTROL DE L'EROSIÓ

1) OVINOREMEIACIÓ:

B) BOGAT PER APLETAT AMB RAMAT D'OVELLES

- Assaig molt favorable el 2015, fet que va permetre escollir aquesta pràctica per fertilitzar el sòl prèviament a la sembra general de 2016



MILLORA DE LA QUALITAT DE L'AIGUA: REDUCCIÓ DE LA TERBOLESA MITJANÇANT CONTROL DE L'EROSIÓ

2) CONSTRUCCIÓ DE MICRODICS DE RAMATGE

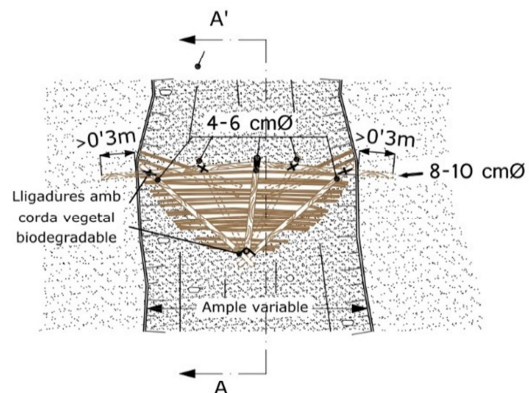


Ramatge d'avellaners helitransportats procedents del desbrossat dels marges del camí de la Muntanya d'Entremesaigües a Ràmio.

MILLORA DE LA QUALITAT DE L'AIGUA: REDUCCIÓ DE LA TERBOLESA MITJANÇANT CONTROL DE L'EROSIÓ

CONSTRUCCIÓ DE MICRODICS DE RAMATGE

PLANTA MICRODIC DE RAMATGE TRIANGULAR PER XARAGALL EN "U"

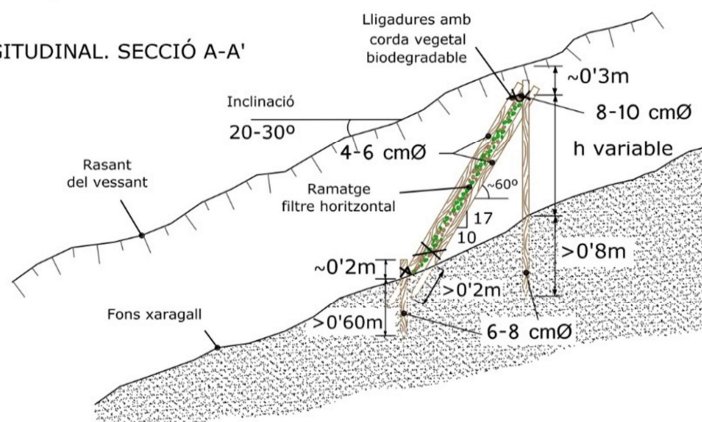


Microdic recentment construït vist des de dalt.



El mateix microdic vist frontalment des de sota. Ja ple de sediment en la cara d'aigües amunt.

PERFIL LONGITUDINAL. SECCIÓ A-A'



Notes:

- 1.- L'equidistància entre microdics serà indicada per la D.F. directament sobre el terreny. Calculada en base al pendent del vessant i la tipologia de la lava torrental a contenir.
- 2.- Pels xaragalls de més de 1'5m de fondària la recuperació de la rasant del terreny es realitzarà per etapes en anys successius.
- 3.- Els piquets seran d'avellaner, o eventualment de bag que es claven verticalment a l'eix del xaragall. Tindran un diàmetre d'entre 6 a 8cm i s'hi farà punxa per facilitar clavar-los al terreny. La resta de barres verticals amb funció estructural col·locades en forma de V tindrà un diàmetre d'entre 4 a 6cm. Horitzontalment es col·locarà la resta de brancada de contenidors del sediment a mode de filtre vegetal, que per millorar la retenció es col·locarà amb un cert grau d'entrecruament solapant-se.
- 4.- A la coronació es posarà horitzontalment una barra de 8 a 10cm de Ø col·locada banda a banda, clavada dins del terreny 30cm com a mínim. La barra estarà flexionada a mode de presa en arc (veure planta), i es deixarà el centre uns 10 a 20cm més baix que els laterals per facilitar la circulació de les laves que la coronin pel centre, limitant així l'erosió dels laterals.
- 5.- Queda prohibida la reproducció i utilització indeguda d'aquest plànol, sense el permís per escrit de SILVAGRINA, S.L.

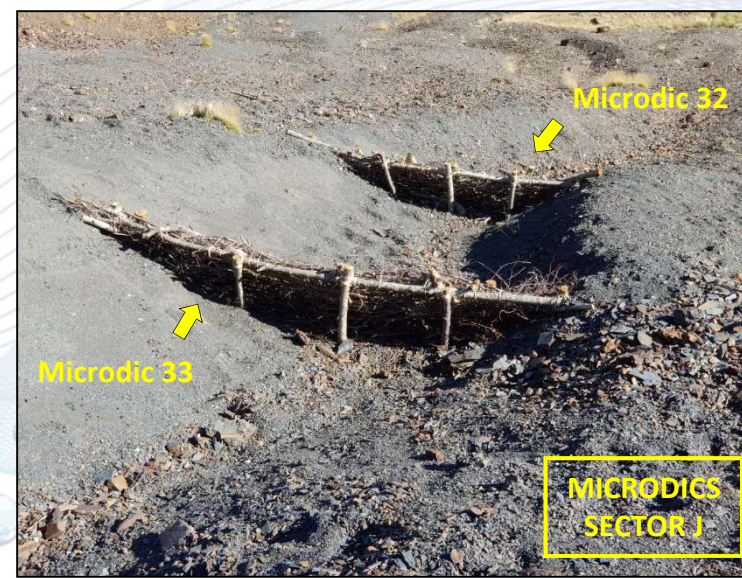
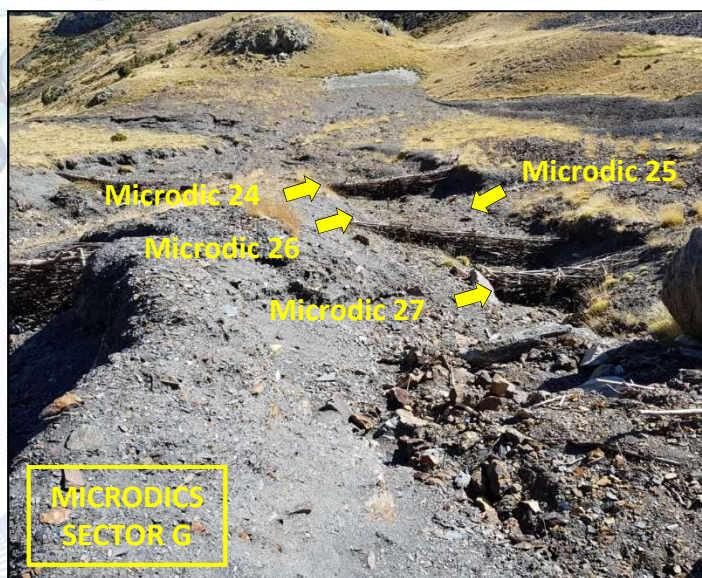
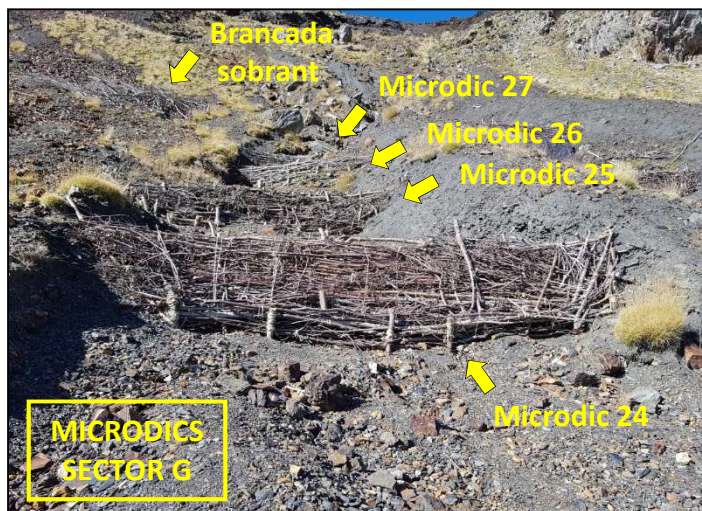


Correcció de xaragall amb microdics de ramatge.

18-08-23	EXEMPLE DE TREBALL	
DATA DE MODIFICACIÓ	TIPUS DE MODIFICACIÓ	NOU FETXER MODIFICAT
TREBALLS DE CONTROL DE L'EROSIÓ A REALITZAR A LA CONCA DEL RIU DE CLAROR. ANY 2023 I POSTERIORIS		
AUTOR DEL PROJECTE	TÍTOL DEL PLÀNOL	DISENYER
SILVAGRINA INGENIERIA CONSULTORS	DETALLS CONSTRUCTIUS, MICRODICS DE RAMATGE PEL CONTROL DE LAVES TORRENCIALS	JORDI DEU POJAL
	PROPIETARI	DELINQUEDO
	COMO D'ANDORRA LA VELLA COMO DE LES ESCALDES-ENGORDANY	DAVID DOMINGO TURRI
		DATA
		11 de juliol de 2023
		ESCALA
		1:40
		NÚM. PLÀNOL
		XX
		Original A3

MILLORA DE LA QUALITAT DE L'AIGUA: REDUCCIÓ DE LA TERBOLESA MITJANÇANT CONTROL DE L'EROSIÓ

CONSTRUCCIÓ DE MICRODICS DE RAMATGE 2023



MILLORA DE LA QUALITAT DE L'AIGUA: REDUCCIÓ DE LA TERBOLESA MITJANÇANT CONTROL DE L'EROSIÓ

3) REVEGETACIÓ. MÈTODE CLAROR

- Per motius ambientals, interessa recuperar la vegetació autòctona preexistent
- Per motius antròpics, interessa controlar l'erosió per limitar els problemes de potabilització.
- Punt clau: Control de l'erosionabilitat de sòl nu. El factor C (USLE) es redueix més de 150 vegades, en sòl recobert (>95%) per herbàcies.

MILLORA DE LA QUALITAT DE L'AIGUA: REDUCCIÓ DE LA TERBOLESA MITJANÇANT CONTROL DE L'EROSIÓ

REVEGETACIÓ. MÈTODE CLAROR



- **Recollida manual** de *Festuca eskia*: ~ 0,5 a 1 kg/dia/persona
- **Recollida mecanitzada** de *Festuca eskia*: ~ 7 kg llavor/dia. Llabor amb major % d'impuresa que recollida manual.
- **Preu de cost**: 400 a 900 €/kg



MILLORA DE LA QUALITAT DE L'AIGUA: REDUCCIÓ DE LA TERBOLESA MITJANÇANT CONTROL DE L'EROSIÓ

REVEGETACIÓ. MÈTODE CLAROR

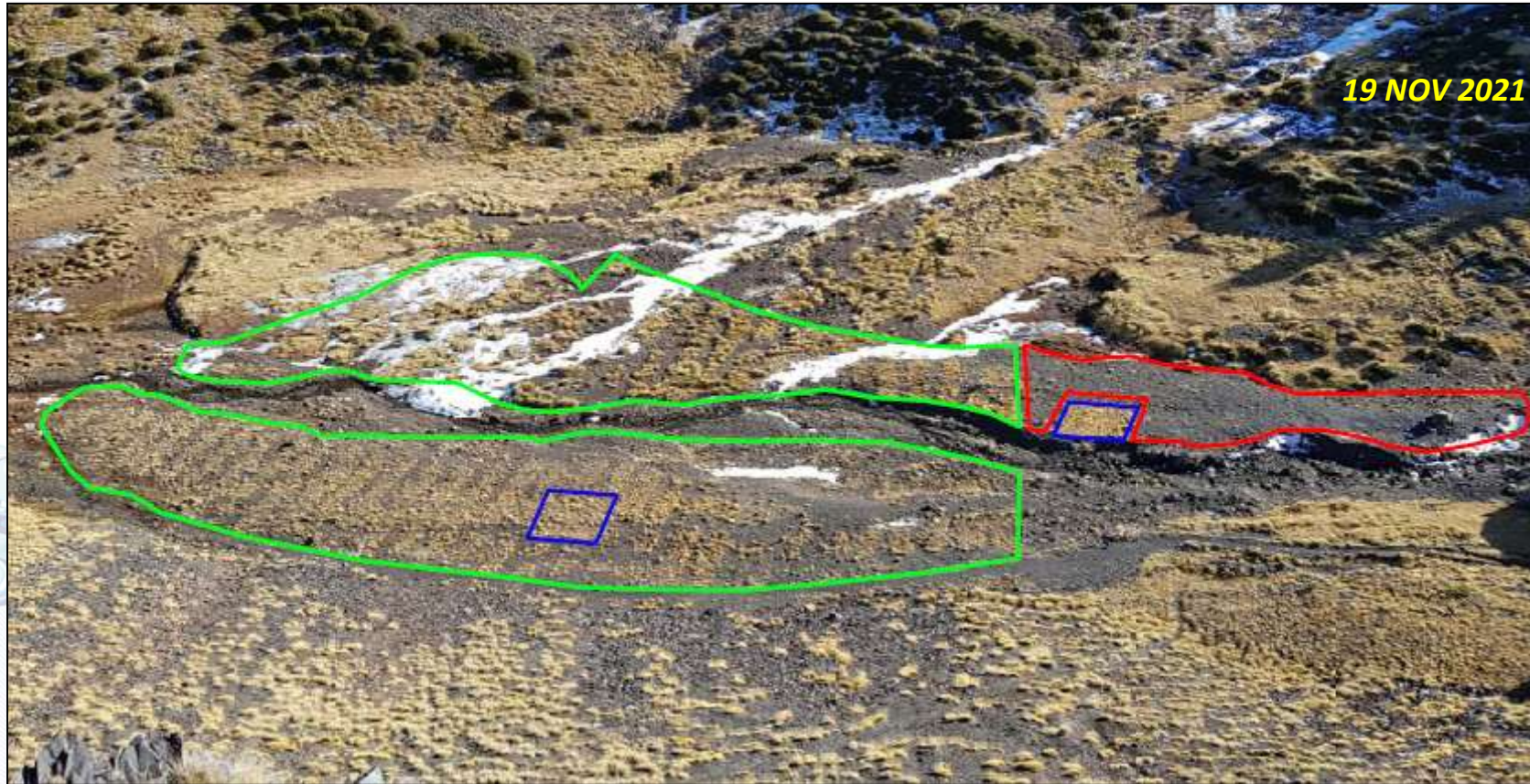


- *Sembra experimental de Festuca eskia a tardor 2015. Fi del primer cycle vegetatiu.*
- *Sembra definitiva 2016.*
- *Sembra a bandes amb mulch de palla. Metre sembrat, metre erm.*

Cost dels treballs revegetació per aplicació del “mètode Claror”: 2,5 €/m² (tot inclòs), assimilable a hidrosembra amb espècies comercials (no autòctones).

MILLORA DE LA QUALITAT DE L'AIGUA: REDUCCIÓ DE LA TERBOLESA MITJANÇANT CONTROL DE L'EROSIÓ

4) PROVA EN BLANC



- SEMBRA EXPERIMENTAL 2015
- SEMBRA TARDOR 2016
- PROVA EN BLANC

MILLORA DE LA QUALITAT DE L'AIGUA: REDUCCIÓ DE LA TERBOLESA MITJANÇANT CONTROL DE L'EROSIÓ

Guía de actuación Mitigación del impacto del cambio climático en alta montaña Pirenaica

Control de la erosión hídrica mediante soluciones
basadas en la naturaleza

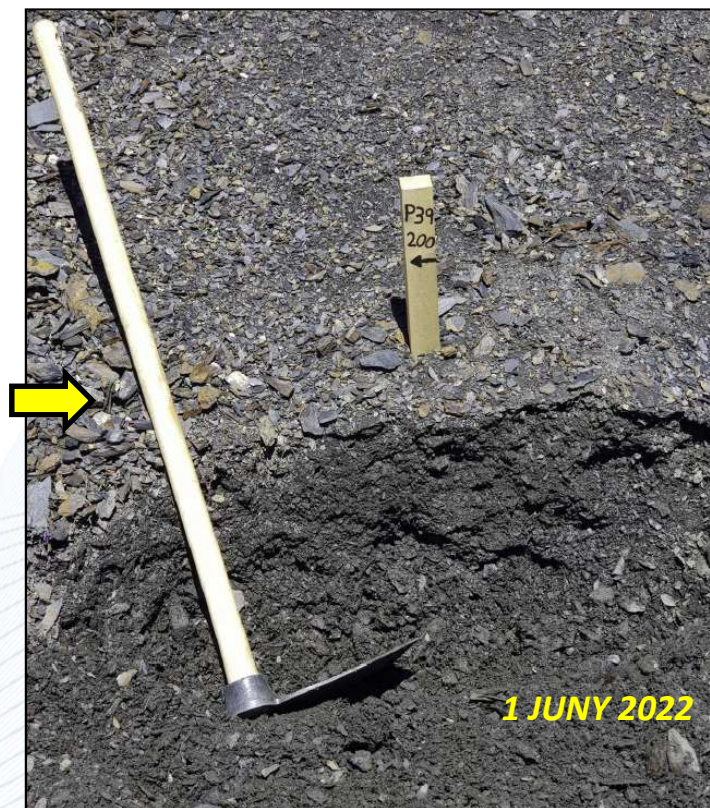


SEMBRA EXPERIMENTAL MONTCLIMA 2022



← **Prat alpí**
Ph = 4,9 → àcid
M.O. = 4,6 % → alt
NO₃⁻ → deficient
P₂O₅ → baix
K₂O → baix
Micronutrients → mig

Sòl estèril sembrat
Ph = 5,2 → àcid
M.O. = 0,6 % → deficient
NO₃⁻ → deficient
P₂O₅ → mig
K₂O → baix
Micronutrients → baix



ANÀLISI DE SÒLS

- *Objectiu: optimitzar la revegetació reduint la densitat de sembra i de mulch, incrementant la fertilització nitrogenada (N).*
- *L'anàlisi de sòls permet decidir sobre els tipus i dosis de fertilitzants a assajar.*
- *Es constata un potencial d'increment del 4% de la M.O. del sòl (200 t/ha), que equival a fixar 460 t CO₂ eq./ha → Possibilitat d'autofinançament parcial dels projectes de restauració gràcies als crèdits de carboni, que per aquesta quantia, equivaldríen a uns 2 €/m².*

SEMBRA EXPERIMENTAL MONTCLIMA 2022



Aprenentatge

- **Fracàs de la sembra de primavera 2022.** Cal aprofundir en l'estudi de les exigències agro-ecològiques de *Festuca eskia*, per a la seva utilització massiva en el control de l'erosió en alçada.
- Les ones de calor i la sequera per CC comprometen la revegetació. El seguiment i manteniment és indispensable, almenys durant 5 a 8 anys.
- La fertilització a baixa dosi durant els primers anys és essencial per a un ràpid recobriment vegetal del sòl exposat a l'erosió.

Identificació d'un nou risc

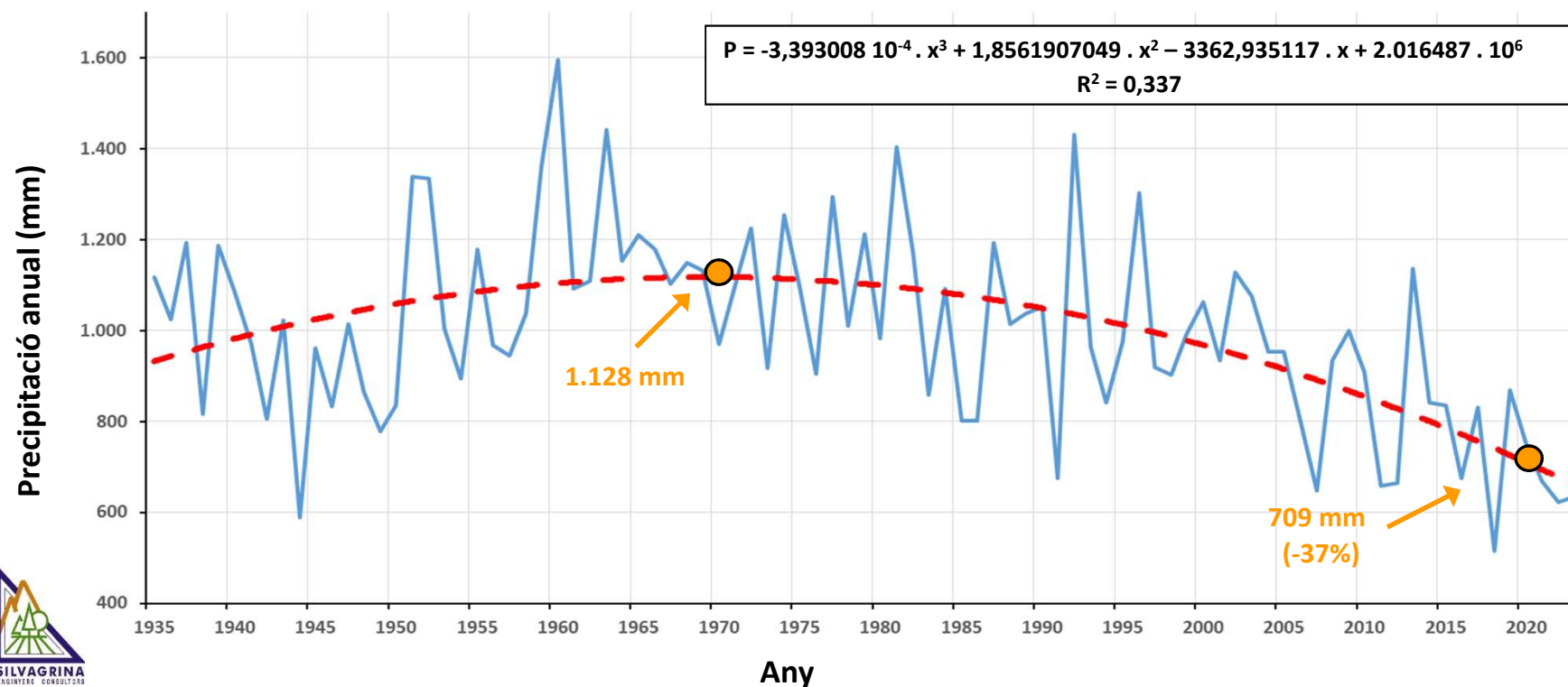
- Si el CC provoca una regressió de la única coberta vegetal d'alçada capaç de controlar l'erosió en sòls àcids (*Festucion eskia*), per reducció progressiva del banc de llavors del sòl, als Pirineus quedarien exposades enormes quantitats de material erosionable en vessants escarpades. Les hipòtesis de disseny de les infraestructures hidràuliques i la zonificació dels riscos geològics quedarien obsoletes, i tindrien que ser substituïdes en alguns casos per l'estudi de fluxos de lava torrencial (debris flow), molt més destructius. A més, l'augment de l'erosió provocaria l'obstrucció de les lleres dels torrents en les zones urbanes per sediments, i el seu desbordament.
- Com a mesura preventiva, s'ha d'estudiar i s'ha de controlar sistemàticament l'evolució de la coberta vegetal protectora en la zona altament erosionable. **Sense aquesta planta, el sòl en alçada deixarà d'existir.**

Reptes Actuals en la Gestió Quantitativa de l'Aigua. Hidrograma sintètic de recès.

- **Tindrem un increment de risc de secada hidrològica per canvi climàtic.**
- **Els riscos d'escassetat són cada cop menys tolerats per a les societats modernes benestants acostumades a la disponibilitat d'aigua a voluntat.**

ESCENARI DE REDUCCIÓ DE LES PRECIPITACIONS A ANDORRA

Precipitacions anuals Ransol (1641 msnm), en 88 anys (1935-2023)



- El màxim de precipitacions en l'ajust polinòmic es produeix a la dècada dels 70 amb **1128 mm**, mentre que la mitjana dels darrers cinc anys (2019-2023) ha estat de **709 mm**, amb una reducció del **37%** respecte d'aquell màxim.
- La tendència a les estacions d'Engolasters i d'Encamp, és similar, si bé a Encamp el descens de precipitació no és tant marcat.
- Cal depurar dades, i aprofundir en l'estudi amb indicadors de secada, però hi ha com a mínim una **tendència preocupant, sobre la que caldria centrar l'atenció, i desenvolupar amb urgència mesures preventives.**

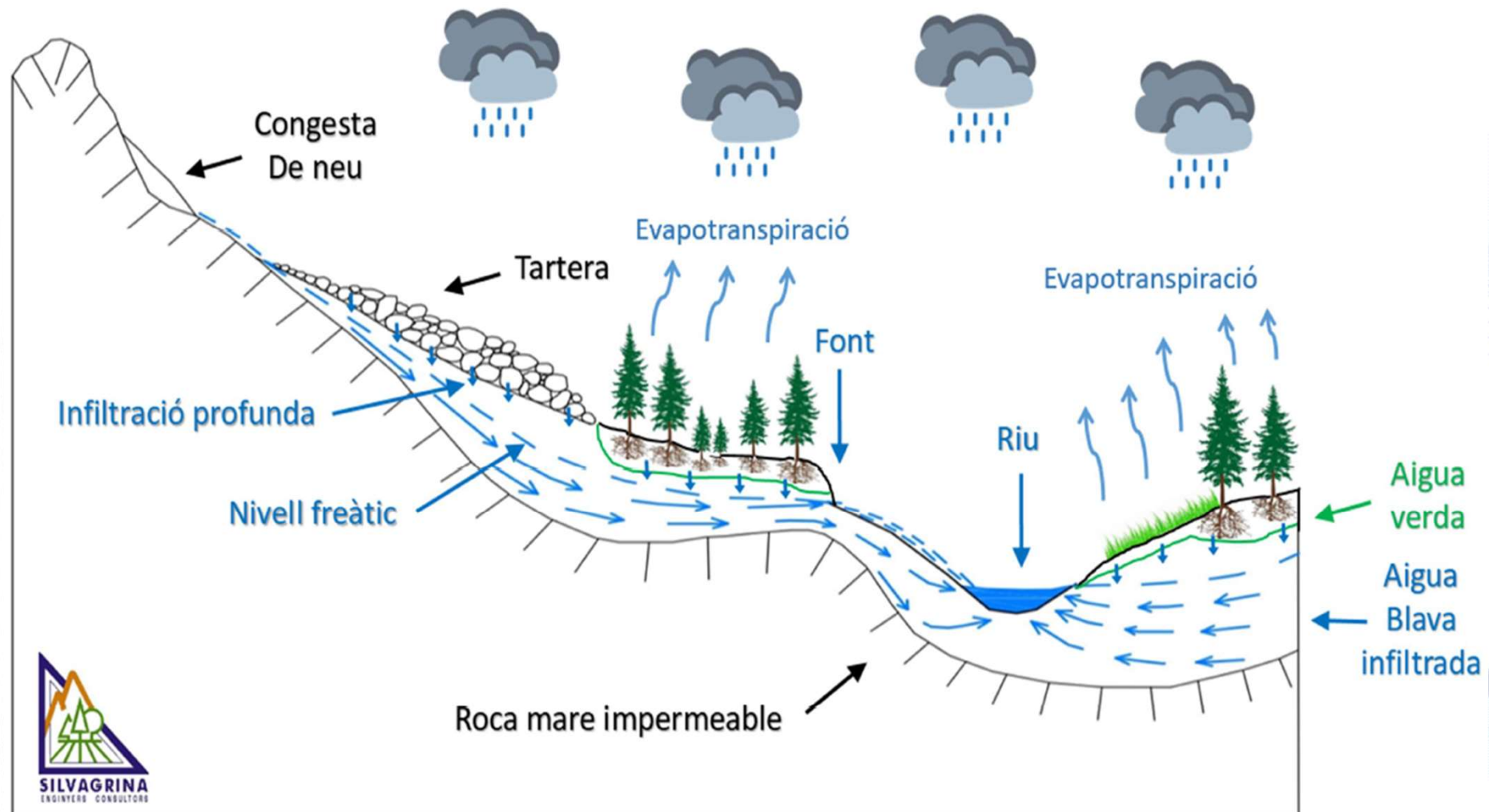
MILLORA DE LA GESTIÓ DE L'AIGUA EN SECADA: HIDROGRAMA SINTÈTIC DE RECÈS

La Solució Innovadora de SILVAGRINA

- SILVAGRINA ha desenvolupat una **metodologia pròpia, de base empírica**, amb fonament hidrològic, per modelitzar el comportament dels aquífers lliures de vessant, que es drenen naturalment generant aigua superficial a nivell de les fonts, u alimentant rierols i rius.
- El model hidrològic estima a futur el cabal d'aigua superficial que ens arribarà a la captació en condicions de secada, ja sigui per manca de precipitacions, ja sigui per manca de fosa de neu.
- És una solució pensada per ésser utilitzada a efectes de planificació per organismes amb competències en la gestió d'aigua, i per a la concepció urbanística.

Concepció Hidrològica

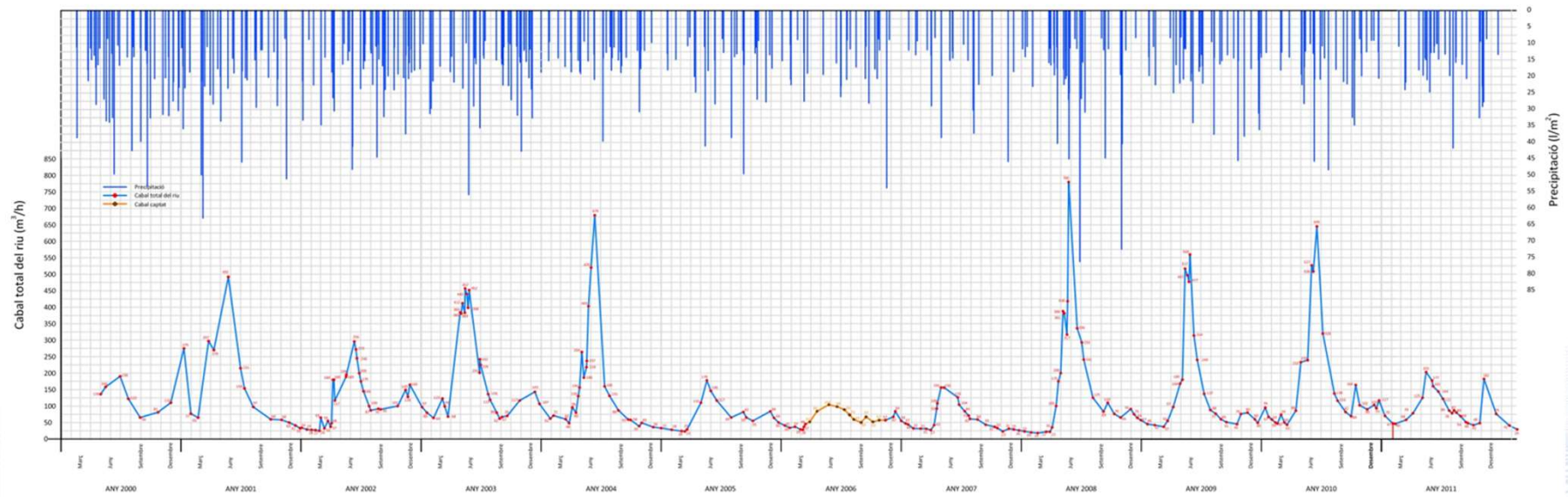
Aqüífer de vessant en alta muntanya. Secció transversal.



Realització d'Aforaments Sistemàtics

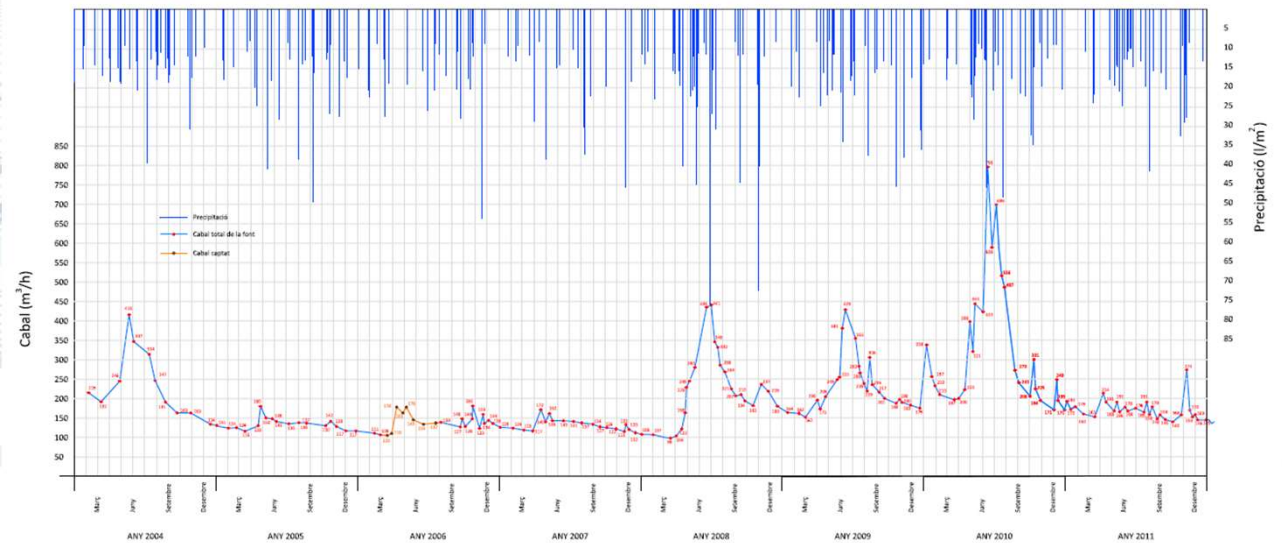
- **S'ha de muntar un aforador de cabal a la captació.**
- **Cal realitzar aforaments en moments sense escolament superficial a la conca.** Els tècnics han de tenir coneixements en hidrologia per decidir els moments idonis, quan ja no hi hagi escolament superficial, o bé aquest sigui mínim (en fosa de neu).
- Un cop es disposa de prou dades es procedeix a la representació gràfica per poder calcular l'hidrograma sintètic de recés per a la producció d'aigua blava infiltrada.

Gràfica dels Aforaments



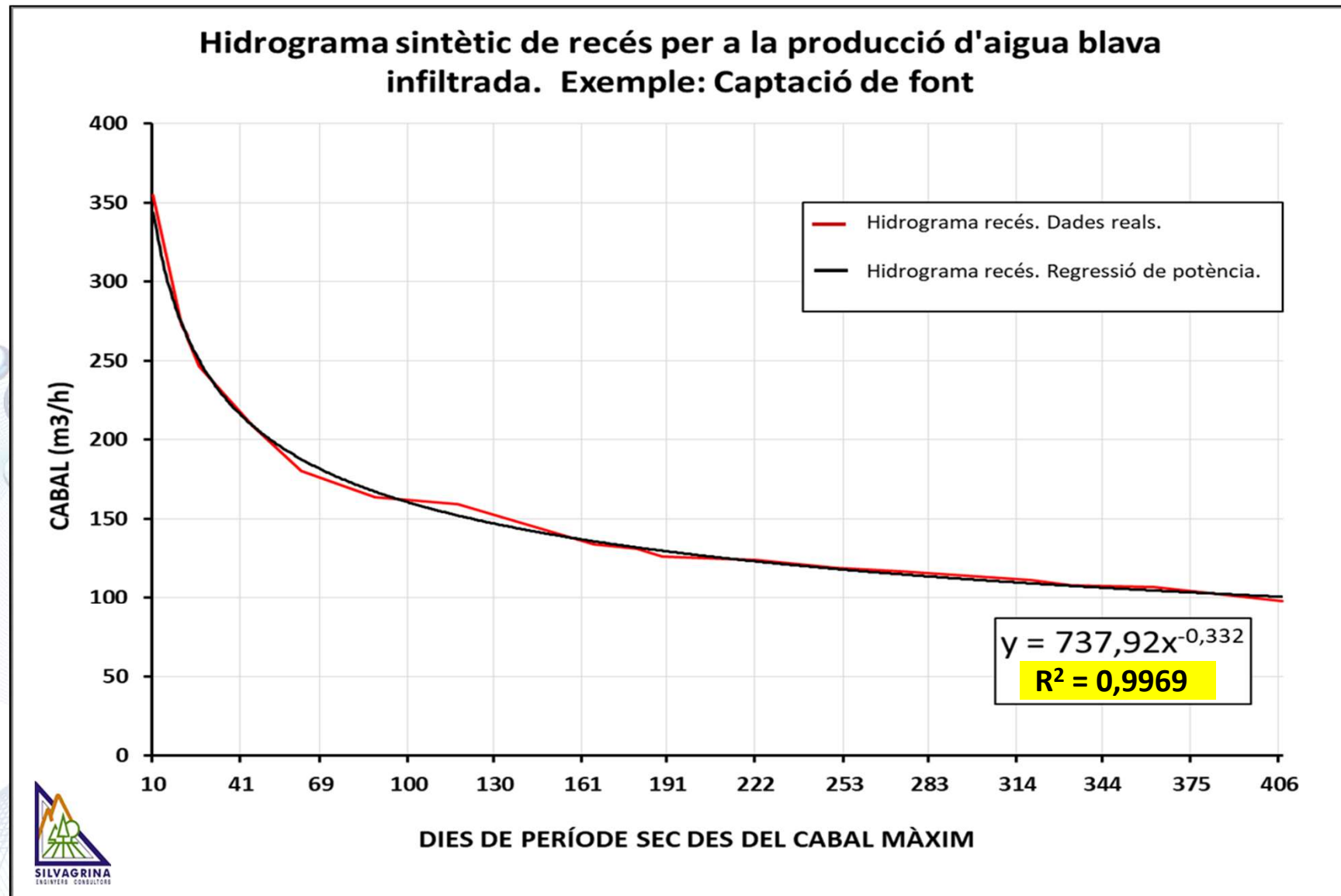
Captació superficial

Font



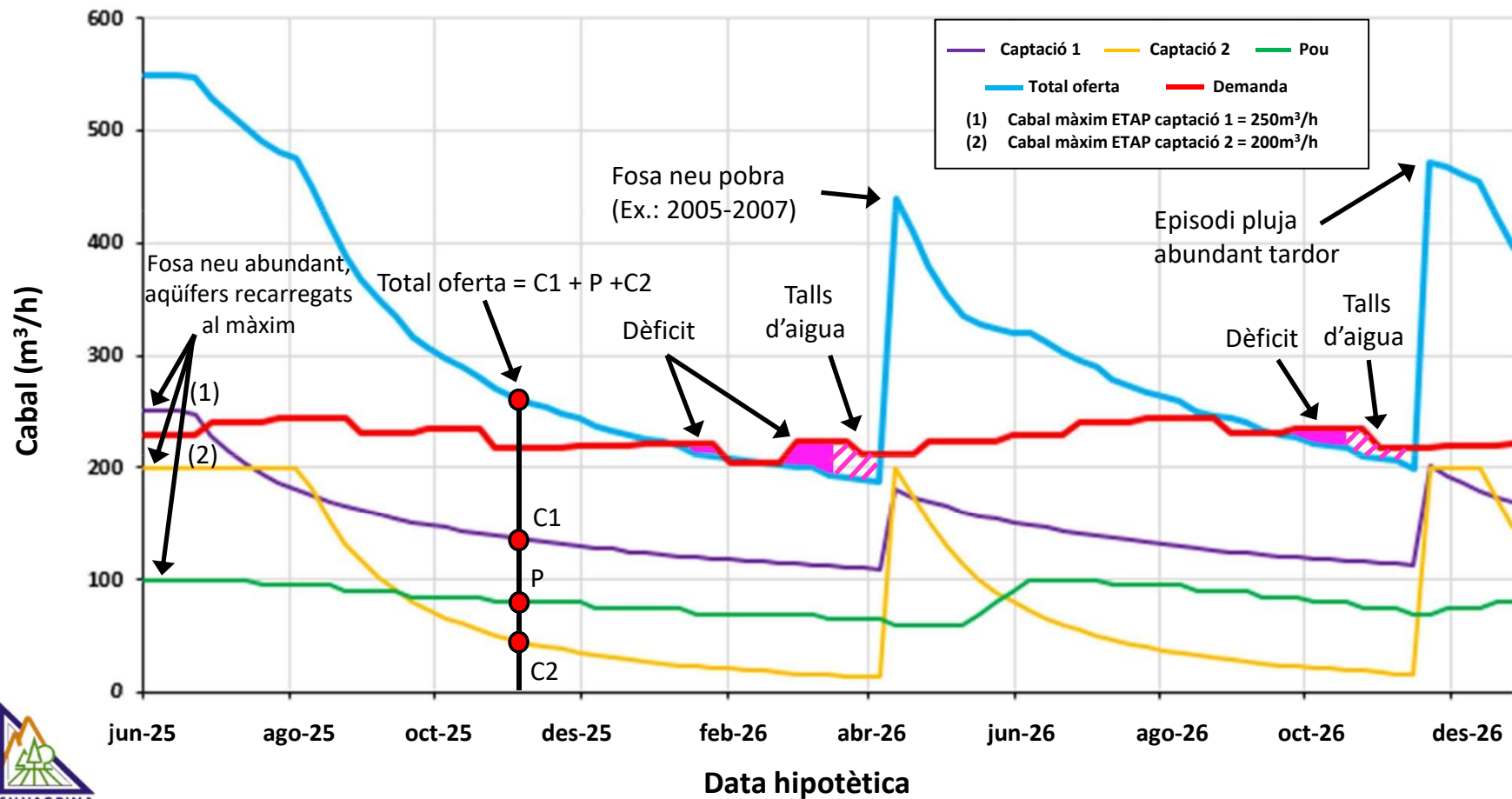
Data

Hidrograma sintètic de recés



Exemple d'aplicació pràctica

Exemple hipotètic d'aplicació pràctica de la metodologia de l'hidrograma sintètic de recés per a la producció d'aigua blava infiltrada a una xarxa d'aigua potable



Estratègies de Gestió

- En base a les prediccions en hipòtesi pessimista que permet l'aplicació de la metodologia, es poden **planificar preventivament** amb temps suficient mesures pal·liatives que ajustin les corbes de la demanda i de l'oferta, com ara:
- **Reducció demanda:**
 - Campanyes de sensibilització enfocades a l'estalvi d'aigua.
 - Increment tarifari segons usos de l'aigua.
 - Campanya de detecció de fuites (millora de l'eficiència de la xarxa).
 - Imposició de restriccions segons usos o activitats.
 - Talls programats en el subministrament per sectors.
- **Increment oferta:**
 - Aportació d'aigua amb cisternes des d'altres conques.
 - Activació de captacions existents en desús, de pitjor qualitat.

Beneficis Addicionals de la Metodologia

- Facilita la gestió del **cabal ecològic**.
- **Permet planificar obres de manteniment i reparació de captacions i ETAP's que temporalment s'hagin de deixar fora de servei**, aprofitant moments d'excedents de la resta de captacions, fixant en la licitació el termini màxim per a la realització de les obres, sense risc d'afectar el subministrament.
- **Possibilitaria determinar el límit poblacional sostenible en base a criteris de risc de subministrament assumible (període de retorn)**, procedint similarment a com es fa en urbanisme amb la hidrologia torrencial.
- En millorar el coneixement dels cabals en període anticiclònic u hivernal, permet **optimitzar la monetització del turbinatge en centrals hidroelèctriques, i també l'emissió de GEH**.

Transparència i Diligència en la Gestió

- Utilitzant la metodologia proposada, **es podrà demostrar als clients/usuaris que s'ha defugit de la improvisació, gestionant l'estrès hídric amb una metodologia avançada.** Lo que redundarà en la **reducció de responsabilitats jurídiques i polítiques** gràcies a una gestió diligent.
- Millora de la comunicació amb els usuaris i **augment de la confiança en la gestió.**

Gràcies per la seva atenció!