
La qualitat de l'aigua en funció de les característiques vegetals de la conca de recepció. Implicacions en la gestió del Parc

Jordi Nadal,
Joan Manuel Soriano i
David Molina

*Laboratori de Geografia Física
Departament de Geografia
Universitat Autònoma de Barcelona*

Resum

L'abandonament de terres marginals és un procés antic als països rics i, dins d'aquests, en l'àrea mediterrània té característiques especials, tant socioeconòmiques com naturals, amb efectes que han estat estudiats per diversos autors.

En aquest estudi s'han observat i valorat set conques hidrogràfiques de l'ordre d'1 km² aproximadament que tenen diferents usos: aflorament rocós, pineda, matoll, alzinar, camps de conreu actius i conreus abandonats. Totes aquestes conques es troben dins del Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac, amb una litologia predominant de conglomerats eocènics i una vegetació típica de la regió mediterrània septentrional, constituïda en aquest punt per boscos esclerofil·les amb comunitats d'alzinar, garriga, pineda, etc., de les quals l'alzinar és la vegetació potencial. Cal destacar-ne també el règim climàtic, de caràcter mediterrani, modificat per l'altura de les parts culminants del massís, amb una precipitació mitjana anual lleugerament superior als 600 mm.

El mostreig a les conques hidrogràfiques ha consistit a recollir mostres d'aigua de forma manual en punts concrets dels torrents relacionats durant els episodis de pluja, o immediatament després que s'hagués produït. Prèviament a això s'ha realitzat una intensa campanya de camp per determinar la localització idònia dels punts de mostreig, a fi que no es donessin dos o més usos contradictoris en el mateix punt. En el moment de recollir les mostres es prenen dades de temperatura de l'aigua, el pH i la conductivitat elèctrica i en el laboratori es van analitzar el residu sec, els nitrats, els bicarbonats, els clorurs, el magnesi, el sodi i el potassi.

Paraules clau

Paisatge, canvi d'usos, abandonament agrícola, conques hidrogràfiques, nutrients

Resumen

La calidad del agua en función de las características vegetales de la cuenca de recepción. Implicaciones en la gestión del Parque

El abandono de tierras marginales es un proceso antiguo en los países ricos y, dentro de estos, en las áreas mediterráneas tiene características especiales, tanto socio-económicas como naturales, con efectos que han sido estudiados por diversos autores.

En este estudio se han observado y valorado siete cuencas hidrográficas del orden de 1 km² aproximadamente que tienen diferentes usos: roca, pinar, matorral, encinar, campos de cultivo activos y campos abandonados. Todas estas cuencas se encuentran en el Parque Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac, con una litología predominantemente de conglomerados eocénicos y una vegetación típica de la región mediterránea septentrional, constituida en este punto por bosques esclerófilos con comunidades de encinar, garriga, pinar, etc., de los cuales el encinar es la vegetación potencial. Es importante también el régimen climático, de carácter mediterráneo, modificado por la altura en las partes culminantes del macizo, con una precipitación mediana anual ligeramente superior a los 600 mm.

El muestreo de las cuencas hidrográficas ha consistido en recoger muestras de agua de forma manual en puntos concretos de los torrentes relacionados durante los episodios de lluvia, o inmediatamente después que se produjeran. Previamente a esto se ha realizado una intensa campaña de campo para determinar la localización idónea de los puntos de muestreo, para que no se dieran dos o más usos contradictorios en el mismo punto. En el momento de recoger las muestras se tomaron datos de temperatura, pH y conductividad eléctrica, y en el laboratorio se analizó el residuo seco, los nitratos, los bicarbonatos, los cloruros, el magnesio, el sodio y el potasio.

Palabras clave

Paisaje, cambio de usos, abandono agrícola, cuencas hidrográficas, nutrientes

Abstract

Water quality as a function of the vegetation type of the catchment area: repercussions for Park management

There is a long history of abandonment of marginal land in rich countries, and in the Mediterranean area the process displays special socioeconomic and natural characteristics, with effects that have been studied by several authors.

In this study we observed and assessed seven drainage basins of approximately 1 sq km each, with different land uses: rocky outcrops, pine forest, scrub, holm oak forest, active farmland and abandoned farmland. All these drainage basins are in Sant Llorenç del Munt i l'Obac Nature Park, which consists mainly of Eocene conglomerates with vegetation typical of the northern Mediterranean region, here in the form of sclerophyllous woodland with holm oak, garrigue, pine and other communities, the potential vegetation being holm oak. The climate is also of a Mediterranean type, modified by the height of the summits of the massif, with a mean annual precipitation of just over 600 mm.

The samples of water in each drainage basin were collected manually at particular points of the related streams, during or immediately after rainfall episodes. Prior to this, a thorough field campaign was carried out to determine the best points for taking the samples, in order to avoid two or more contradictory uses at the same point. Water temperature, pH and electric conductivity were measured at the time of sampling, and total solids, nitrates, bicarbonates, chlorides, magnesium, sodium and potassium were analysed in the laboratory.

Keywords

Landscape, land use change, abandoned farmland, drainage basins, nutrients

La hipòtesi de la qual es parteix en aquest estudi és que podem utilitzar l'aigua com a vector d'informació en l'evolució del paisatge, i que les diferents cobertures vegetals produeixen nivells d'exportació de sediments i de nutrients diferents, i per tant diferents graus de protecció del sòl. Així doncs, qualsevol actuació antròpica en una conca hidrogràfica tindrà una implicació territorial que es veurà reflectida en l'aigua, i per tant podrà ser avaluada.

Taula 1. Superfícies i usos de les conques.

Tipus de conques estudiades			
Ús	Superfície	km²	% ús estudiat
Roca		0,15	52,32
Roca	76690,62		
Alzinar	67656,65		
Matoll	2228,68		
Abandonat		0,63	10,39
Abandonat	65152,08		
Actiu	8605,61		
Pineda	25331,98		
Alzinar + pi	440719,18		
Matoll	59202,41		
Roca	27873,49		
Alzinar		1,01	83,87
Alzinar	11277,82		
Alzinar + pi	835344,81		
Matoll	4752,35		
Roca	158124,47		
Actiu1		2,95	1,86
Actiu	54829,59		
Abandonat	188518,87		
Pineda	47184,87		
Alzinar	20785,31		
Alzinar + pi	2274856,34		
Matoll	80840,25		
Roca	280066,08		
Pineda		2,74	78,82
Pineda	2160531,96		
Abandonat	24147,25		
Actiu	1443,00		
Alzinar	181686,88		
Roca	207622,88		
Matoll	164906,83		
Edificat	896,88		
Actiu2		0,65	4,00
Actiu	25899,08		
Abandonat	6124,04		
Pineda	57036,76		
Alzinar	217908,46		
Matoll	271921,23		
Roca	65845,63		
Edificat	2134,75		
Matoll		0,45	69,56
Matoll	314537,13		
Alzinar	91074,84		
Alzinar + pi	25910,70		
Roca	20646,94		

Les premisses per escollir les conques han estat diverses, ja que ha calgut una homogeneïtzació de variables per tal de fer comparables els resultats obtinguts:

- a) que les conques fossin el més homogènies possibles d'usos;
- b) que la superfície de les conques fos del mateix ordre;
- c) que quedin representades les cobertes vegetals i usos antròpics dominants al Parc.

Dins del punt a) hi ha dos nivells d'homogeneïtat: el que se'n podria anomenar intrahomogeneïtat i la interhomogeneïtat. La primera fa referència a l'estat del tipus de cobertura vegetal seleccionat, ja que sovint hi ha pinedes amb sotabosc d'alzinar, matolls de transició cap a pinedes o alzinars, etc. La segona es refereix a les diferents cobertures vegetals que pot tenir una mateixa conca, ja que en un territori prou fraccionat com aquest és habitual trobar conques amb alzinars en capçalera i pinedes a les parts més baixes, per exemple. La interhomogeneïtat ha quedat resolta mostrejant en un punt de la conca tal que les aigües drenades no ho fossin en més d'un ús.

En la taula 1 es mostra el detall de cadascuna de les conques i s'especifica la superfície de cadascun dels usos que s'hi donen i el percentatge que representa l'ús estudiat sobre el total de la conca.

La segona premissa s'ha ajustat tot el que ha estat possible, tot i que l'homogeneïtat d'usos ha predominat sobre la superfície de la conca. La darrera premissa s'ha acomplert mostrejant el nombre suficient de conques.

Per últim ha calgut trobar rieres i canals amb una circulació suficientment important per portar aigua en les hores immediatament posteriors als episodis plujosos. És de sobres sabut el caràcter efímer dels cursos fluvials del Parc a causa de la concentració de les pluges i sobretot de la cars-tificació dels conglomerats que forcen la circulació subterrània en detriment de la superficial. Per últim ha calgut trobar conques amb una superfície total relativament semblant. Així doncs, l'elecció de les conques estudiades ha estat una combinació de:

- Homogeneïtat de coberta vegetal.
- Dimensions equiparables.
- Presència d'aigua durant les 12 hores posteriors a l'episodi plujós.

A més de les conques amb les característiques descrites fins ara, i que estan en funció dels usos del sòl que les cobreixen, se n'han mostrejat dues més en les quals es vol avaluar especialment la influència d'una pista forestal.

Descripció de les conques hidrogràfiques analitzades

La relació de conques hidrogràfiques treballades i les seves característiques concretes són les que es relacionen a continuació. En cadascuna apareixen les coordenades UTM del punt de mostreig, que pot coincidir o no amb el punt més baix de la conca. Això és degut a dos factors: el més important és que s'ha buscat un punt en què totes les aigües que hi circulen provinguin exclusivament de l'ús indicat; i el segon és que fos un punt adequat de mostreig, cosa que no sempre ha succeït en el punt més baix de la conca estudiada.

Conca de roca

A l'hora d'establir el mostreig de conques, va semblar útil tenir una conca al menys forestada possible per utilitzar-la per comparar els resultats que s'obtinguin amb les conques d'usos estudiats. Tot i que els resultats obtinguts no han estat els esperats, es reflecteixen en el treball.

Aquesta és la més petita de les conques mostrejades i recull aigües de l'escolament superficial del vessant oest del Montcau, a través del canal del Sec. El punt de mostreig és la desembocadura d'aquesta canal al torrent d'Estenalles (416650/4614275).

Conca d'alzinar

Correspon a la part superior de la riera de les Arenes, que rep el nom de canal del Cellerot, des dels colls d'Estella i d'Eres fins a la font de la Llicona. L'alzinar s'esté molt més enllà, però a partir d'aquest punt rep les aigües dels torrents que drenen la Mata, per la qual cosa la lectura dels resultats estaria distorsionada per l'aportació d'aigües dels camps de conreu.

La conca de recepció treballada és pràcticament d'un km² i la uniformitat de la cobertura vegetal molt gran, i més si es té en compte que la zona de roca és a la capçalera de la conca, per la qual cosa l'aigua que prové d'aquesta part arriba totalment dissolta en la de l'alzinar. El punt de mostreig se situa per sobre de la font de la Llicona (416800/4613650).

Conca de pineda

Situada al sector oriental del Parc, està drenada pel torrent del Sot de la Carda. El punt de mostreig està situat just per sobre del mas del Sabater Vell, evitant els antics camps de conreu que envolten la casa.

A l'igual que succeeix a la conca d'alzinar, el seu grau d'homogeneïtat és molt alt. La part descrita com a roca correspon als contraforts est de la Mola, i per tant l'aigua d'escolament és de la capçalera de la conca (421581/4610166).

Conca de matoll

Drenada pel torrent de les Foradades, a l'oest del Parc. Correspon a una zona cremada fa més de vint anys, i coberta actualment per un matoll dens que en certs punts dona pas al primer estadi de recolonització de l'alzinar.

L'homogeneïtat de la coberta vegetal és superior al setanta per cent expressat en la taula 1, ja que la part considerada com a alzinar i alzinar amb pi correspon a aquest primer estadi descrit, i per tant és equiparable a l'alzinar. El punt de mostreig se situa a la part baixa de l'esmentat torrent (415250/4607500).

Conca de camps de conreu actius (ac1)

L'homogeneïtat present en les conques «naturals» desapareix totalment en les «antròpiques».

La marginalitat històrica d'aquest territori com a terrenys de conreu, sumat a l'abandonament contemporani, fa que les zones treballades actualment siguin simbòliques,

per la qual cosa no es pot pensar en conques totalment treballades ara o en el passat.

El torrent dels Codolosos recull les aigües dels camps de conreu del Puig de la Balma, que malgrat ser encara no un 2% del total de la superfície de la conca, ha servit per obtenir resultats força interessants. Les mostres s'han pres a la desembocadura del torrent a la riera de les Nespres (414029/4617239).

Conca de camps de conreu actius (ac2)

Drenada pel torrent del Romeu, tributari del de la Vall d'Horta, a la part més oriental de Sant Llorenç. La relació d'usos és molt similar a l'anterior, tot i que amb un domini de l'alzinar molt menor. Les mostres d'aigua s'han pres a la confluència amb el torrent de Pregona (418720/4616040).

Conca de camps de conreu abandonats (ab)

Mostrejada al torrent de Reixac, molt a prop de Mura, just per sobre dels horts que envolten la font del Formatget, recull la conca de drenatge de les antigues vinyes d'aquesta part del municipi.

Com ja s'ha explicat, l'expansió de l'agricultura malgrat ser marginal va ser molt superior a l'actual i per tant el percentatge d'aquest ús en la conca estudiada també és superior als de les conques actives. Els camps de conreu d'aquesta conca van ser majoritàriament abandonats a la dècada dels anys seixanta del segle xx (414750/4616850).

Conca de pineda amb una pista forestal de grans dimensions

Drenada pel torrent del Castelló, afluent del riu Ripoll. S'ha mostrejat a l'altura de la font del Plàtan (x, y), i la desembocadura amb el Ripoll (x, y), per tal de veure les diferències que hagi pogut introduir el redimensionament de la pista forestal que transcorre pel fons d'aquesta vall.

Descripció dels paràmetres fisicoquímics

pH

El pH és el logaritme de l'invers de la concentració d'ions H⁺ de l'aigua, i pot oscil·lar dins d'una escala d'1 a 14. Les substàncies àcides donen valors entre 0 i 7, els neutres 7, i les bàsiques entre 7 i 14. En aigües naturals aquest paràmetre fluctua generalment entre els valors de 6,5 i 8,7, acceptant-se per normativa el rang comprès entre 6,5 i 9,5.

Dins de les conques estudiades el valor més alt es dona a la conca de camps actius durant la darrera campanya

Taula 2. Valors fisicoquímics del riu Ripoll a St. Llorenç (1) i a St. Feliu del Racó, 1997 (2). (Font: Argemí, E. *et al.* (1991) per a (1) i Prat, N. *et al.* (1996) per a (2).)

		pH	CE	Ca	Mg	Na	K	Cl	NO ₃
1	campanyes	8,27	318,00	20,04	36,50	38,00	3,40	35,46	0,76
		7,21	540,00	72,14	38,91	72,50	1,62	44,33	0,36
		8,21	586,00	80,16	48,64	32,00	1,49	51,42	0,42
		8,14	466,00	84,17	38,92	61,20	3,22	53,19	0,31
		7,96 (±0,5)	477,50 (±117,3)	64,13 (±29,8)	40,74 (±5,4)	50,93 (±19,1)	2,43 (±1,0)	46,10 (±8,1)	0,46 (±0,2)
2	camp.	8,05	745,00					20,80	0,30
		8,01	713,00					11,70	0,34
		8,03 (±0,02)	729,00 (±16)					16,50 (±4,55)	0,32 (±0,02)

(C12), amb 9,13, i el més baix amb 6,66 també es dona als camps actius, durant la C8. Aquestes variacions s'expliquen per la presència de contaminants procedents dels conreus.

Comparant els valors mitjans de les dotze campanyes, les conques s'ordenen (de menor a major):

matoll < alzarar < camps abandonats
< pineda < roca < camps actius

Els valors obtinguts en el conjunt del riu Ripoll (taula 2) se situen propers als de l'alzarar i el matoll. Tot i això, les diferències de valors de pH entre conques són molt petites i no són significatives (vegeu Metodologia d'anàlisi).

Conductivitat elèctrica. CE

Aquest paràmetre relaciona la quantitat total d'ions en dissolució i el material en suspensió contingut en l'aigua. A l'efecte natural d'augment de la CE aigües avall a causa del rentat dels sòls, cal afegir-hi el produït per abocaments domèstics i industrials, però en les conques estudiades això no és un problema, perquè aquestes conques són de capçalera i no suporten activitat antròpica fora de l'agrícola.

Les conques estudiades tenen valors que van dels 598 mg/l dels camps abandonats en la C9, als 67,4 de l'alzarar durant la C8. El valor de l'alzarar és anormalment baix, perquè la mitjana d'aquesta conca se situa en 177,46 mg/l. Tot i tenir els valors extrems en aquestes dues conques, el coeficient de variació (CV) és molt bo per als camps de conreu abandonats (17,27%) i acceptable per a l'alzarar (35,95%).

Per ordre creixent, les mitjanes de CE tenen la seqüència següent:

pineda < matoll < alzarar < roca < camps actius
< camps abandonats

L'agrupació de conques que s'estableix a partir de l'A-NOVA és: pineda-matollar-alzarar i camps abandonats-camps actius.

Els valors que presenta el riu Ripoll són força més alts que els obtinguts en el present estudi, producte de l'esmentada acumulació del paràmetre aigües avall, i sols té una mitjana propera la conca de camps abandonats, durant la C9.

Residu sòlid. RS

Aquest residu correspon a la part sòlida que resta de l'evaporació d'un volum conegut de mostra. En aquest cas l'estudi d'Argemí i el de Prat no van valorar aquest paràmetre i per tant no es pot fer la comparació entre el conjunt del riu Ripoll i les conques treballades en aquest estudi.

El valor mínim obtingut correspon a la conca d'alzarar durant la C8, amb 40 mg/l, però en aquesta mateixa conca hi ha un valor de 540 mg/l, per la qual cosa aquesta gran variabilitat fa pensar que el volum del cabal té gran influència en els valors. Això porta a un coeficient de variació del 61,58%.

El màxim absolut correspon a la C3 en la conca de camps de conreu actius, amb 600 mg/l, conca que sempre es manté en valors alts. Per últim observar que la seqüència és:

pineda < matoll < alzarar < roca < camps actius
< camps abandonats

Nitrats. NO₃

Les formes presents de nitrogen a l'aigua són de procedència fonamentalment biològica i les vies d'entrada més normals són el rentat de sòls agrícoles femats, i la neteja de l'atmosfera per l'aigua de pluja en zones de contaminació ambiental.

El cicle natural del nitrogen a l'aigua comença per l'oxidació de l'amoni a nitrit, i aquest nitrit posteriorment passa a nitrat, que tendeix a disminuir aigües avall, a causa de l'assimilació dels vegetals.

Les quantitats detectades en totes les conques són mínimes, excepte en dos mostres: la C9 a la pineda i la C3 al matoll, amb valors propers a 10 mg/l en ambdós casos. A les analítiques en les quals el resultat és zero cal entendre que els valors són tan ínfims que el mètode utilitzat no ha estat suficient per detectar-los.

En el cas del nitrats l'ordre de les conques és:

camps abandonats < alzarar < camps actius < roca
< matoll < pineda

Els valors obtinguts són lleugerament superiors als del conjunt del Ripoll mesurats per Argemí, que en cap cas arriba a 1 mg/l, i per contra en el present estudi valors de 2 i 3 mg/l són normals. Prat dona una mitjana de 0,32, que se situa per sota de la mitjana de totes les conques estudiades. Tot plegat sembla indicar que el nitrat té una variació temporal molt elevada que el porta a valors molt oscil·lants.

Si analitzem el contingut de nitrats per conques, les de camps abandonats i actius tenen els valors més baixos, junt amb l'alzarar. La conca de camps abandonats té un valor mitjà de 0,49 mg/l, malgrat que el seu coeficient de variació és de 251,04%, perquè en tres campanyes el valor era imperceptible i en la C8 el valor va ser de 4,3 mg/l. Per a la conca d'actius passa gairebé el mateix, amb un màxim de 3,2 mg/l a la mateixa campanya, i també amb nombroses dades imperceptibles, que donen un CV de 151,4%.

L'alzarar també té un valor mitjà inferior a 1 mg/l, i una gran variabilitat entre campanyes com la resta de les conques. Per últim citar les tres conques amb valors superiors a 1 mg/l, roca, matoll i pineda. La conca de roca presenta un sol valor relativament alt: 3,82 per a la C9, la mateixa campanya en què la pineda està per sobre de 10 mg/l i la resta de conques no tenen cap quantitat enregistrada, per a la qual cosa no tenim cap explicació que no sigui la variabilitat espacial esmentada dels nitrats. Si exclouem aquesta dada extrema en la sèrie de l'alzarar, aquest queda en una mitjana de 0,9 mg/l i el CV millora molt (76,4%).

El mateix succeeix per al matoll, que presenta un valor anormalment alt (C3), quan per a la mateixa campanya la resta de conques tenen valors ínfims. Un cop més, si exclouem aquesta dada la seva mitjana queda en 1,1 mg/l, darrere de la conca de pineda, i el percentatge del coeficient de variació passa a ser del 87.

A nivell estadístic aquest paràmetre també resulta de difícil interpretació, amb una sèrie de dades que tenen una distribució no normal i sense homogeneïtat de variàncies. Aplicant-li el test de Dunn les conques s'agrupen en dos conjunts en els quals sols se separen de forma clara les conques de camps actius de les d'abandonats.

Bicarbonat. HCO₃

Per a aquest paràmetre no tenim dades del riu Ripoll, per la qual cosa la comparació sols podrà ser entre les conques

d'estudi. Els valors de bicarbonats tenen unes mitjanes relativament uniformes, amb un màxim de 276,43 mg/l als camps de conreu abandonats i un mínim de 82,01 mg/l al matoll. Així mateix l'homogeneïtat entre les diverses campanyes també és força acceptable, amb un coeficient de variació màxim del 40,89% al matoll, i mínima als camps abandonats amb el 16,73%.

En aquest cas la seqüència és:

pineda < matoll < alzinar < roca < camps actius
< camps abandonats

Estadísticament apareixen dos grups de conques segons el seu contingut en bicarbonats: matoll-alzinar-pineda i roca-camps abandonats-camps actius.

Clorurs. Cl

La presència de clor a l'aigua és un símptoma de contaminació, perquè aquest element té una presència molt escassa a la natura. Aquest caràcter antropitzant que defineix el clor, i que en certs llocs s'utilitza com a nivell de prosperitat econòmica, en el nostre cas serveix com a mesura de l'antropització dels cabals.

La seqüència, segons els valors mitjans de les dotze campanyes, és:

alzinar < pineda < roca < matoll < camps abandonats
< camps actius

Les sèries de mostres són molt homogènies, tant entre les diferents conques com entre les diferents campanyes, a excepció potser del matoll i la pineda que tenen un coeficient de variació per sobre del 60%. De fet el valor mitjà mínim que és de 6,63 mg/l, corresponent a l'alzinar, és tan sols la meitat que el màxim (14,75 mg/l), lectura que pertany als camps actius.

Aquesta darrera conca és l'única que presenta un valor que sobresurt de la resta (31 mg/l a la C6), però si analitzem aquesta conca sense tenir en compte aquest valor es redueix una mica la mitjana i sobretot la sèrie pren consistència, restant la CV per sota del 30%.

Les dades obtingudes en aquest estudi són considerablement més baixes que les del conjunt del riu Ripoll, que se situen en 46,1 mg/l per a Argemí i 16,5 mg/l per a Prat. Tot i això, són valors perfectament comparables, tenint en compte el caràcter antropitzant de la presència d'aquest element en l'aigua, motiu pel qual en el mostreig del Ripoll a Sant Llorenç Savall els valors són més alts que en les rieres tributàries estudiades aquí.

Estadísticament, un cop més les conques s'agrupen en dos subconjunts: roca-matoll-alzinar-pineda i camps actius-camps abandonats.

Calci. Ca

L'entrada natural de calci a la xarxa hidrogràfica prové del drenat de sòls rics en aquest element i per l'erosió i meteorització de roques, amb un alt contingut en calci, com és el cas dels conglomerats de matriu calcària sobre els quals s'instal·len les conques analitzades.

El nivell màxim de concentració d'aquest element per al consum humà és de 200 mg/l, per la qual cosa els valors obtinguts en aquest estudi són objectivament molt baixos, tot i que és la comparació relativa entre conques el que més interessa.

El valor registrat pel riu Ripoll al seu pas per Sant Llorenç Savall és de 64 mg/l, valor no tan llunyà dels més de 50 mg/l que té la conca de camps actius.

A l'igual que succeeix amb el clor, destaca l'homogeneïtat entre les conques, i sobretot entre les campanyes, amb coeficients de variació que van del 12% per als camps abandonats, al 35% per al matoll.

Els valors absoluts més alts els ofereixen les conques de camps abandonats i de camps actius, com era d'esperar. També semblen lògics els valors alts de la conca de roca, ja que la circulació de l'aigua és directa sobre els conglomerats calcaris. Per aquesta mateixa lògica també semblen correctes els valors més baixos de la conca de pineda, alzinar i matoll. La seqüència és:

pineda < matoll < alzinar < roca < camps actius
< camps abandonats

Estadísticament citar aquí sols que les conques un cop més s'agrupen en naturals i antròpiques: pineda-matoll-alzinar i roca-camps actius-camps abandonats.

Magnesi. Mg

Els continguts de magnesi són més baixos que els del calci en tots els àmbits naturals, perquè és menys abundant en la mateixa natura i perquè s'utilitza menys en els processos agrícoles i industrials.

A l'igual que en el calci de les conques analitzades, el magnesi està molt per sota de la normativa d'aigües de consum, que és de 50 mg/l. Els valors obtinguts van dels 51,05 mg/l de la C9 a la conca de camps abandonats, fins a valors molt petits, com ara els 0,24 mg/l de la pineda per a la C6.

Les dades de les diferents campanyes no són tan homogènies com en el calci, amb un coeficient de variació que va del 32% en els camps abandonats al 112% en la pineda, producte d'una majoria de valors molt baixos al costat d'uns 13,61 mg/l per a la C9, campanya amb valors molt alts a quasi totes les conques.

L'ordre de valors de les conques és el mateix que en el calci:

pineda < matoll < alzinar < roca < camps actius
< camps abandonats

A nivell estadístic també es dona la mateixa agrupació de conques que en el calci, tot i que ara la conca de roca apareix en el subconjunt natural i en el subconjunt antròpic. Els valors obtinguts per Argemí al riu Ripoll són més elevats, producte de l'antropització i per tant la contaminació d'aquest, però amb valors que no superen en cap anàlisi els 50 mg/l de llindar màxim per al consum humà.

Sodi. Na

L'entrada natural d'aquesta sal a les aigües és a través de minerals rics en sodi, però els fertilitzants agrícoles són els que introdueixen un nivell més alt d'aquest element. Per aquest motiu les conques de camps de conreu actius i de camps de conreu abandonats donen els valors més alts.

El valor màxim correspon als camps actius durant la C3 (6,9 mg/l), i el valor mínim, sobtadament, es dona en els camps abandonats, amb 0,04 mg/l (C8). Aquest darrer valor està molt per sota dels de la resta de campanyes, fins al punt que si no es té en compte, la mitjana d'aquesta sèrie

puja fins als 3,92 mg/l, amb un CV del 25,5%, valors que s'apropen als dels camps actius. La seqüència és:

alzinar < pineda < roca < matoll < camps abandonats
< camps actius

Malgrat les diferències explicades, els valors absoluts de totes les conques són baixos, i estan molt per sota dels 20 mg/l que es consideren el límit per a les aigües de consum. També estan lluny dels 50,93 mg/l de mitjana del riu Ripoll, producte de la contaminació amb la qual aquest arriba a Sant Llorenç Savall.

Potassi. K

Aquest element presenta moltes similituds amb el sodi: ambdós són molt abundants al planeta i són molt solubles, però el potassi és molt més resistent a l'erosió i el sòl tendeix a absorbir més potassi que sodi, per la qual cosa els valors de potassi dissolts en les aigües són menors que els de sodi.

Els màxims es donen en els camps de conreu actius, amb una mitjana de 2,89 mg/l, per la contaminació que introdueixen els adobs agrícoles. És de destacar el comportament poc clar de la pineda, amb el valor màxim (8,1 mg/l) i un dels mínims (0,9 mg/l), que acaben per donar la mitjana més alta (3,59 mg/l). El valor mitjà del riu Ripoll és de 2,43, superat sols pels camps actius, pel motiu explicat, i per la pineda.

El coeficient de variació és proper o superior al 50% en totes les conques estudiades, el que dona idea de l'heterogeneïtat entre campanyes. Per últim exposar la seqüència de valors mitjans:

roca < camps abandonats < alzinar < matoll
< camps actius < pineda

Metodologia d'anàlisi

Per a cadascuna de les conques se'ls ha analitzat els paràmetres fisicoquímics que s'expressen en la taula 3. Aquests elements analitzats permeten veure el diferent comportament pel que fa a l'exportació de sediments i la pèrdua de nutrients del sòl.

Taula 3. Variables analitzades per a cada conca al Laboratori de Geografia Física.

Elements analitzats		Conques hidrogràfiques	
pH	pH	Roca	R
Conductivitat elèctrica	CE	Matoll	Mat
Residu sec	RS	Alzinar	Al
Nitrat	NO ₃	Pineda	Pi
Bicarbonat	HCO ₃	Camps abandonats	Ab
Clorur	Cl	Camps actius 1	Ac1
Calci	Ca	Camps actius 2	Ac2
Magnesi	Mg	Pista forestal 1	Pf1
Sodi	N	Pista forestal 2	Pf2
Potassi	K		

La tècnica d'anàlisi que s'ha seguit al Laboratori de Geografia Física del Departament de Geografia de la Universitat Autònoma ha estat la que es detalla a continuació (taula 4):

Taula 4. Tècniques analítiques utilitzades.

Paràmetre	Tècnica analítica
pH	Mètode instrumental amb pHmetre portàtil Crison 502
Conductivitat elèctrica	Mètode instrumental amb conductímetre portàtil Crison 502
Residu sec	Evaporació amb estufa a 105°C
Nitrat	Espectofotometria a 220 i 274 nm
Bicarbonat	Mètode volumètric
Clorur	Mètode de Mohr
Calci	Determinació complexomètrica
Magnesi	Determinació complexomètrica
Sodi	Fotometria de flama
Potassi	Fotometria de flama

Un cop obtingudes les dades analítiques al laboratori s'han utilitzat diversos tests estadístics (taula 9) per avaluar els resultats obtinguts per a cadascuna de les variables estudiades (taula 2). Aquests tests s'han dut a terme amb el programa informàtic SPSS 10.0.6.

Seguint el procés habitual en estadística s'ha fet una prova per veure si els resultats tenen una distribució normal i si les seves variàncies són homogènies, com a pas previ per continuar amb els tests d'estadística paramètrica.

Per a la normalitat s'ha emprat el test de Kolmogorov-Smirnov i s'ha utilitzat el nivell de significació 0,05.

Tal i com sol ser habitual en aquests tipus de tests, els valors de l'estadístic inferiors al 0,05 es consideren no significatius. Es rebutja la hipòtesi nul·la, en la qual la variable té una distribució normal, quan la probabilitat que l'estadístic prengui el valor observat sigui inferior al 5%, i s'accepta la hipòtesi 1, que suposa una distribució no normal.

De les conques analitzades, les variables que tenen una distribució normal són: pH, CE, RS i Ca.

Pel que fa a l'estudi de l'homogeneïtat de les variàncies entre les diferents conques, s'ha escollit l'estadístic de Levene amb un nivell de significació del 0,05. Les variables d'anàlisi que presenten la mateixa variància en les diferents conques són: pH, RS, NO₃ i Mg.

Ja hem dit que per poder realitzar els contrastos paramètrics, cal que les variables compleixin les dues condicions, que tinguin una distribució normal i que les variàncies siguin homogènies. Així doncs, les dues úniques variables d'anàlisi que ho són el pH i el RS.

L'anàlisi de la variància (ANOVA) ha donat els valors de l'estadístic F següents per a les dues variables: F_{pH} = 1,125 (p = 0,358 > 0,05) i F_{RS} = 6,294 (p=0,000 < 0,05). A partir d'aquests valors acceptem que no hi ha diferències entre els nivells de pH de les diverses conques; i que sí que hi ha diferències significatives entre les conques respecte a la variable RS, i per tant cal agrupar les conques en subgrups homogenis dins dels quals no hi hagi diferències significatives.

L'agrupació de les conques en subgrups homogenis per a aquest valor s'ha fet amb el test de Scheffé (taula 5).

Taula 5. Subconjunts homogenis per a la variable RS (test de Scheffé).

Subconjunt 1	Subconjunt 2	Subconjunt 3
Pi		
Al	Al	
Mat	Mat	
Ac2	Ac2	Ac2
	Ac1	Ac1
		Ab

Atenent als valors de l'estadístic per a cada conca dins de cada grup homogeni, es pot donar una interpretació en termes de conques naturals i conques antròpiques. Aquesta segona classificació està fora dels paràmetres estadístics i simplement s'ha deduït de l'anterior, agafant-ne els valors més propers dins de cada subconjunt (taula 6).

Taula 6. Reclassificació dels subconjunts homogenis per a la variable RS.

Subconjunt natural	Subconjunt antròpic	Subconjunt antròpic
Pi	Ac2	Ac2
Al	Ac1	Ac1
Mat		Ab

Pel que fa al RS, es pot considerar que les conques naturals tenen un nivell d'exportació de sediments igual (subconjunt natural); i les conques antròpiques estan en els dos subgrups següents, tot i que no segueixen una discriminació tan clara com les anteriors. Les dues conques de camps actius (Ac1 i Ac2) són homogènies entre elles en els dos subgrups antròpics, i a més també ho són amb la Ab en el tercer subgrup.

Per a la resta de variables analitzades s'ha utilitzat l'estadística no paramètrica. Tal i com hem vist, NO₃, K, CE, Cl, Ca, Mg, N i HCO₃ no compleixen la premissa de tenir una distribució normal i una variància homogènia, per la qual cosa no es pot utilitzar l'estadística paramètrica.

El primer test que s'ha utilitzat per a aquestes variables ha estat el de Kruskal-Wallis, que considera el rang dels valors observats de cada variable per a totes les conques i valora la distribució dels rangs entre les conques. Aquest primer test és l'equivalent no paramètric a l'ANOVA. Els nivells de significació d'aquest test entre les conques per a cada variable analitzada és el següent i es reflecteixen en la taula 8.

Un cop més, si prenem com a nivell de significació el 0,05 l'única variable per a la qual no hi ha diferències significatives entre les conques i no es pot fer cap distinció entre elles és el nitrat.

A la resta de variables se'ls aplica el test de Dunn, que compara els rangs mitjans observats per a cada conca mitjançant un estadístic T que segueix una distribució aproximadament normal. Els resultats obtinguts són els següents (taula 7):

Taula 7. Test de Dunn. Subgrups homogenis.

	K			CE			Cl			Ca			Mg			N			HCO ₃		
R	Mat	Pi		R	Mat	Al	R	Ab	R	Mat	Ab	Mat	R	Al	A	Mat	R				
	Al	Ac1		Ab	Al	Pi		Ab		Al	Ac1	Al	Ab	Pi	Ac2	Al	Al				
	Ab	Ac2		Ac1	Pi	Mat		Ac2		Pi	Ac2	Pi	Ac1	R	Mat	Pi	Pi				
	Ac1			Ac2		R						R	Ac2	Ac2	Ab	R	R				
	Ac2														Ac1						

Taula 8. Nivells de significació per a l'estadístic Kruskal-Wallis.

Variable	Valor
CE	≈ 0,000
NO ₃	0,222
HCO ₃	≈ 0,000
Cl	≈ 0,000
Ca	≈ 0,000
Mg	≈ 0,000
N	0,001
K	≈ 0,000

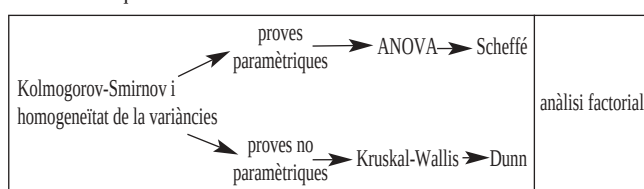
Els subgrups homogenis obtinguts són molt similars als del RS: les conques naturalitzades s'agrupen, a l'igual que ho fan les antròpiques.

En el cas del K la conca forestal de pineda queda en el mateix grup que els camps de conreu actius; i la de camps de conreu abandonats ho fa amb la de matoll i alzinar.

Un altre valor que no segueix aquesta divisió és el N, que en el matoll se situa en el grup de les conques antròpiques, i en la conca camps actius 2 ho fa amb les conques forestals.

La resta de variables CE, Cl, Ca, Mg i HCO₃ han quedat perfectament agrupades en dues: conques naturalitzades i conques antròpiques.

Taula 9. Seqüència de tests estadístics utilitzats.



De forma complementària als tests d'estadística paramètrica i no paramètrica descrits fins ara, s'ha fet una anàlisi factorial. Aquesta nova prova estadística ha servit per corroborar els resultats obtinguts fins ara.

De les 10 variables analitzades a cada conca s'ha passat a 3 nous components que expliquen quasi el 80% de la variància inicial. El primer component dona el 50% d'aquesta variància, el segon el 18% i el tercer el 10%.

Utilitzant el percentatge de la variància explicada superior al 70% (50% per a les variables entre parèntesi) s'obtenen els components següents (taula 10):

Taula 10. Matriu de components.

Primer component	Segon component	Tercer component
CE	NO ₃	pH
RS	K	(K)
HCO ₃	(pH)	
Cl		
Mg		
N		
K		
NO ₃		

Dèiem que els resultats són similars als anteriors, ja que les conques naturalitzades presenten valors baixos en els dos eixos, en oposició a les conques antròpiques que tenen valors alts.

En el gràfic que se situen els punts dels components 1 i 2, és el primer el que domina clarament la distribució dels dos tipus de conques, donant valors positius a les conques antròpiques i valors negatius a les naturals.

En el gràfic 1-3 succeeix el mateix. El factor 1 discrimina les conques en dos grups, però el component 3 no ho fa de forma clara. De fet ja sabíem que el pH és una variable amb resultats estadísticament iguals per a totes les conques.

Resultats

En conclusió, doncs, els tests estadístics aplicats als resultats de l'anàlisi de laboratori són concloents. Les conques hidrogràfiques analitzades es divideixen en dos grups: les naturalitzades i les antròpiques. Ja s'ha explicat clarament quin significat té en el nostre context la descripció de conca antròpica i de conca natural, o naturalitzada.

Un cop vistos els resultats obtinguts amb aquesta anàlisi estadística de les dades obtingudes a partir de les mostres d'aigua recollides en les diverses conques hidrogràfiques, se'n poden treure diverses conclusions:

El comportament del que tota l'estona venim anomenant

conques naturals i conques antròpiques és absolutament diferent.

Respecte de les conques naturals:

El nivell de protecció que ofereixen els matolls respecte de les conques arbrades és perfectament comparable, per la qual cosa no es justificaria una intervenció per accelerar el pas del matoll a l'estadi arbori. Cal insistir en el fet que es tracta d'un matoll ben desenvolupat, dens i estratificat.

Alzinars i pinedes donen valors comparables, a la qual cosa segurament contribueix el fet de tractar-se de pinedes ben constituïdes i amb un sotabosc sovint amb abundants plançons d'alzina, per la qual cosa en realitat estem parlant d'una pineda clarament de transició cap a un alzinar.

Respecte de les conques antròpiques: Les dues conques de camps actius han quedat classificades juntes, per la qual cosa la relació dels seus resultats és inequívoca. Tot i això les diferències observades provenen, com ja s'ha explicat, de la relativa activitat agrícola, és a dir, que sols estan treballades en part i no en la seva totalitat, restant una part com a camps de conreu abandonats, pinedes, etc.

La pervivència de resultats un cop abandonats els camps de conreu. El lapse de temps entre l'abandonament i la forestació de la conca fa que aquesta se segueixi comportant com si encara estigués conreada, donant un inèrcia de dècades pel que fa a l'exportació de sediments.