

GUIA DE LA SORTIDA DE TREBALL DE CAMP A UNA CONCA EXPERIMENTAL

Xavier Úbeda
Joaquim Farguell
Amparo Cortés
Luís Outeiro

Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional
Departament de Productes Naturals, Biologia Vegetal i Edafologia

GUIA DE LA SORTIDA DE TREBALL DE CAMP A UNA CONCA EXPERIMENTAL

Xavier Úbeda
Joaquim Farguell
Amparo Cortés*
Luís Outeiro

Departament de Geografia Física i Anàlisi Geogràfica Regional
*Departament de Productes Naturals, Biologia Vegetal i Edafologia

Índex

INTRODUCCIÓ

1. OBJECTIUS DE LA GUIA	9
2. OBJECTIUS DELS ESTUDIS EN CONQUES EXPERIMENTALS.	
LA CONCA EXPERIMENTAL DE VERNEGÀ	9
3. L'ÀREA D'ESTUDI	10
3.1. La geologia	11
3.2. La climatologia	11
3.3. La hidrologia	12
3.4. Els sòls	13
3.5. La vegetació	14

SORTIDA DE CAMP

1. ESTACIONS D'AFORAMENT	17
1.1. Mesura del nivell del riu	18
1.2. Mesura del transport sòlid	20
1.3. Mesura dels paràmetres bàsics de l'aigua	23
2. ESTACIÓ METEOROLÒGICA	24
2.1. Mesura de la precipitació	25
2.2. Mesura de l'evaporació	26
3. AIGÜES SUBTERRÀNIES	27
4. QUALITAT DE L'AIGUA	28
4.1. Pluja	29
4.2. Superficial	29
4.3. Subterrània	29
5. VESSANTS	30
5.1. Mesura de la infiltració	30
5.2. Mesura de l'escolament i moviments de sediment al vessant	32

BIBLIOGRAFIA	35
---------------------	----

ANNEXOS	37
----------------	----

1. Llista de pràctiques proposades	37
2. Dades	37

INTRODUCCIÓ

1. Objectius de la guia

Aquesta guia té com a objectiu principal introduir els alumnes a l'estudi experimental i quantitatiu de la geografia física amb bases metodològiques. Els objectius específics es basen en l'estudi de l'aigua, els sòls i els processos hidroedafogeomorfològics associats que tenen lloc en una conca fluvial experimental, localitzada al massís de les Gavarres, a cavall del Gironès i el Baix Empordà, i que és un exemple representatiu d'un àmbit de muntanya baixa mediterrània.

La part teòrica s'explica a classe, on es desenvolupen els conceptes del cicle hidrològic i la manera de mesurar totes les variables involucrades en aquest procés. A Geografia es fa èmfasi en la part d'hidrologia superficial, és a dir, tot allò que té a veure amb la generació d'escolament, el cabal del riu, l'erosió, el transport del sediment en les diferents modalitats i la quantitat exportada fora de la conca. Aquests conceptes exposats teòricament a l'aula són els que es poden veure físicament a la sortida de camp i a la conca experimental, la qual cosa permet fixar molt millor els coneixements adquirits, entendre els processos físics que s'hi duen a terme i veure la relació amb la geografia física, la geomorfologia, la hidrologia i els canvis introduïts per l'home en els usos del sòl, així com les conseqüències sobre el medi.

La sortida de camp és una unitat de pràctiques perquè permet el coneixement, la visualització i l'observació de processos dinàmics explicats durant les classes teòriques, alhora que permet un contacte directe amb aquests processos. Tot i que la guia de camp està emmarcada en l'assignatura d'Hidrogeografia i Geografia dels Sòls, també pot servir per a qualsevol altre tipus d'assignatura, treball o recerca que es vulgui portar a terme que relacioni els processos hidrològics i l'estudi de conques o l'estudi integral de balanços hídrics.

2. Objectius dels estudis en conques experimentals. La conca experimental de Vernegà

L'objecte d'estudi és el coneixement integral del cicle de l'aigua per dur a terme balanços hídrics a la conca d'estudi i determinar la interrelació entre l'aigua i els processos geomorfològics que hi tenen lloc. L'àrea d'estudi és la conca de Vernegà, a la propietat de Mas Bassets. Per dur a terme aquesta tasca, s'han construït progressivament instal·lacions per mesurar l'aigua en totes les parts del cicle. Es mesura l'aigua que entra a la conca mitjançant els pluviòmetres; la que en surt a través de l'escolament, mitjançant les estacions d'aforament anomenades Bosc (que controla una part de la conca on l'ús del sòl predominant és forestal) i Campàs (que recull les aigües de Bosc i controla la part baixa de la conca, formada en la seva major part per terrenys agrícoles); també es mesura l'aigua que se'n va a través de l'evaporació mitjançant l'estació meteorològica, i finalment, es mesura la variació de l'aigua subterrània mitjançant la mesura de la fondària de l'aigua als pous. Aquestes variables ens permeten resoldre totes les incògnites de l'equació del balanç hídric per conèixer com es comporta l'aigua en una conca que és representativa de la muntanya baixa mediterrània.

A més a més, la circulació de l'aigua per la superfície després de la precipitació implica que es posin en marxa diversos processos i mecanismes que dissolen, arrossegueu i mobi-

3. L'àrea d'estudi

El massís limita al nord amb la plana del Baix Empordà mitjançant un seguit de turons, coneguts amb el nom de Pregavarres; al nord-est està en contacte amb la serralada Transversal, que en aquest punt separa les planes de l'Empordà i de la Selva; a l'oest limita amb la mateixa Selva, i al sud amb la vall d'Aro, petita depressió on el Ridaura separa les Gavarres del massís de l'Ardenya.



És un massís de formes arrodonides, i que té com a punts més elevats els puigs bessons de la Gavarra i d'Arques, amb 533 i 527 metres, respectivament. Altres cims destacats són el de la Mare de Déu dels Àngels (485 m), el Montigalar (467 m), el Puig Cargol (363 m), Santa Pellaia (353 m) i el Montnegre (285 m). Ubicades entre planes fortament humanitzades i a prop d'un litoral alterat substancialment, les Gavarres ofereixen un extens paisatge forestal, perceptible arreu.

3.1. La geologia

Les roques que formen el massís són de l'era paleozoica, però també es compon de roques sedimentàries, vulcanosedimentàries i plutòniques. Al nord del massís la litologia es compon principalment de metasediments i esquists i al sud trobem els granits. Aquest massís s'ha vist afectat pels moviments periòdics de plegament durant el cicle orogènic alpí i els processos de metamorfisme associat. Les estructures estan representades per plects hercinians i per fractures de petita magnitud que es van reactivar durant el cicle orogènic alpí i tenen un sistema de falles orientades ENE-OSO, NE-SO, NO i SE. La conca d'estudi es troba a l'extrem SO de les Gavarres i hi afloren els granits, i a causa dels processos de meteorització, tenen una estructura fràgil. A les depressions del voltant hi ha acumulacions de sediments quaternaris, compostos principalment de sorra (ventalls al·luvials, col·luvials i terrasses fluvials).

3.2. La climatologia

El clima de la zona d'estudi es classifica com a mediterrani subhúmit, la temperatura mitjana anual del qual és de 14 °C. La mitjana de les mínimes és de 7,8 °C i la mitjana de les màximes és de 19,8 °C. La precipitació mitjana anual és de 768 mm i es caracteritza per una gran variabilitat interanual (1982-2009). La pluja es presenta sobretot a la tardor i a l'hivern, i representa el 31% i el 29% de la pluja total anual, respectivament, mentre que a la primavera se'n registra un 25% del total; a l'estiu és quan la quantitat de pluja és menor, amb un 15%.

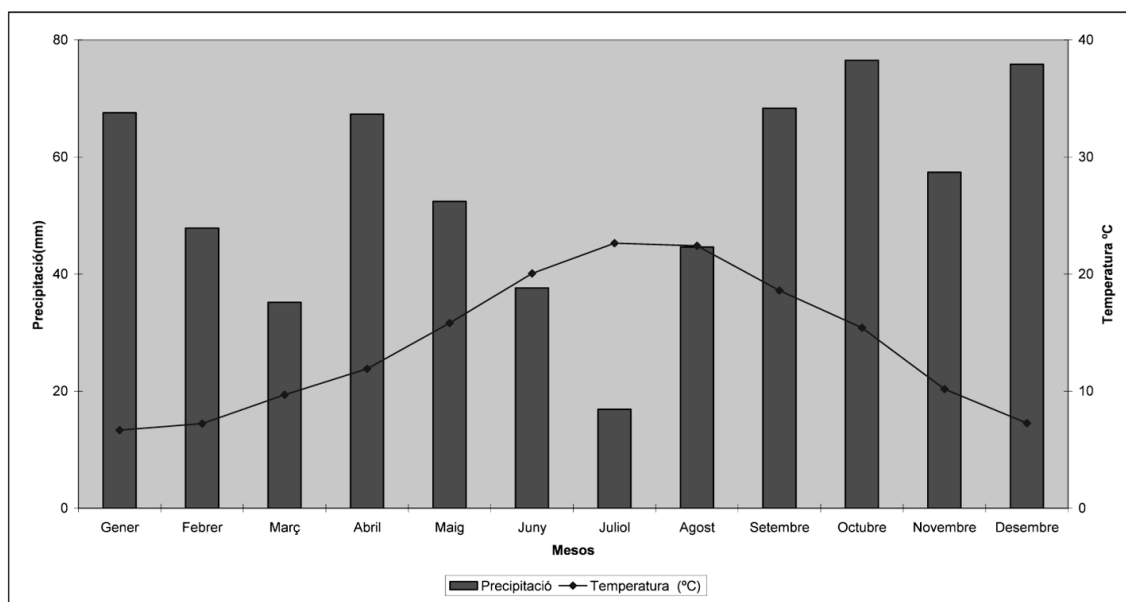


Figura 2. Figura de la precipitació i temperatura a l'estació meteorològica de Cassà de la Selva. (Font: Meteocat)

Les temperatures mensuals mostren un màxim a l'estiu i un mínim a l'hivern, tenint en compte la dinàmica inversa en relació amb les pluges. Els mesos en què hi ha més precipitació són octubre, desembre, gener i abril, mentre que el juliol és el mes en què la precipitació és més baixa. La tardor és l'estació durant la qual es registren les màximes intensitats de les precipitacions importants i s'observen amb freqüència valors que excedeixen els 15 mm/h i fàcilment poden arribar als 30 mm/h. Les temperatures durant l'estiu arriben regularment a valors superiors als 25°C, mentre que a l'hivern són suaus, i són rars els casos en què hi ha temperatures inferiors a 0 °C. Entre juny i agost l'evapotranspiració excedeix a la precipitació.

El règim climàtic és clarament mediterrani, amb temperatures més altes durant l'estiu i una distribució concentrada principalment en els mesos d'hivern i molt irregulars. Aquestes característiques del clima influeixen en gran manera en el comportament hidrològic, que en el context mediterrani es caracteritza per l'existència d'anys amb un hivern amb molt cabal i altres no tant, mentre que a l'estiu la sequera en els rius és gairebé segura.

	Mitjana	Mediana	Mínim	Màxim	Variància	D	CV
T. mín.	7,78	7,07	1,22	15,69	30,77	5,54	71,20
T. mitj.	13,98	13,65	6,67	22,63	35,52	5,95	42,56
T. màx.	19,77	19,22	12,34	28,29	33,48	5,78	29,23
Pa (mm)	768,31	794,70	236,50	1071,20	66712,11	258,28	33,61
HR (%)	80,78	80,87	72,61	86,84	23,68	4,86	6,01

T. mín.: temperatura mitjana mínima; T. mitj.: temperatura mitjana mitjana; T. màx.: temperatura mitjana màxima; Pa (mm): precipitació anual; HR (%): humitat relativa; D: Desviació estàndard; CV: Coeficient de Variació.

Taula 1. Estadístiques descriptives (1993-2007) d'alguns paràmetres climàtics a Mas Bassets. (Font: Ruralcat)

3.3. La hidrologia

L'àrea d'estudi es troba dins de la conca de Vernegà, amb una superfície de 2,5 km², que forma part de la conca del riu Ter i té un règim hidrològic mediterrani típic, amb una estació seca des de finals de primavera fins a la tardor, amb grans variacions de cabal durant aquesta estació i durant l'hivern (Sala i Farguell, 2002).

Els estudis fets per Sala i Farguell (2002) mostren una variabilitat del cabal elevada entre 1994 i 1999 a les dues estacions d'aforament (Bosc i Campàs). Es va observar que l'aportació anual a Bosc podia variar entre els 8.250 m³ i els 210.000 m³, mentre que a Campàs la diferència era superior, i variava entre els 10.000 m³ i els 322.000 m³. Més recentment s'ha observat en diversos episodis de crescuda, a la tardor de 2005 i l'hivern de 2006, un model típic de conques torrencials amb grans variacions entre les dues estacions. En el primer episodi analitzat van caure 256 mm entre l'11, el 12 i el 13 d'octubre, i mentre a l'estació de Bosc es va registrar un cabal màxim de 3.400 l/s, a l'estació de Campàs el cabal màxim fou de 16.000 l/s. Els episodis restants van ser de menor magnitud: la segona crescuda va ser el novembre de 2005, i el cabal pic registrat va ser de 100 l/s a Bosc i de 230 l/s a Campàs, com a resultat d'una precipitació de 42 mm; un tercer episodi analitzat, que es produí a finals de gener i principis de febrer de 2006, va assolir un cabal màxim de 750 l/s a Bosc i de 1.200 l/s a Campàs com a resposta a una precipitació de 104 mm (Outeiro et al., 2010).

3.4. Els sòls

El sòl a la conca d'estudi de Vernegà està sobre substrat granític i segons Úbeda (1994) es classifica com a luvisòl. Aquest tipus de sòls estan majoritàriament compostos de sorra (80%) i en menor proporció de llim (18%) i argila (2%), i tenen una textura franco-sorrenca. Tenen una alta estabilitat estructural, ja que de mitjana només el 3,21% del material es descompon segons el mètode d'impacte de pluja, i una porositat que oscil·la entre 54,27% i 63,74%. La capacitat d'infiltració és molt alta i amb el temps mostren una reducció lleugera en la taxa d'infiltració, cosa que indica que la porositat és bona, fins i tot a nivells més profunds (Úbeda, 1994). En relació amb la composició química, són sòls àcids. El color del sòl en l'escala de Munsell (1975) varia d'un marró groguenc a marró fosc i aquest fet està relacionat amb el contingut de matèria orgànica, major en el sòl on hi ha plantats *Quercus robur* i més baix en el sòl de *Pinus pinaster*. A la taula següent hi ha un resum dels valors de diferents paràmetres edàfics localitzats en diferents tipus de vegetació.

	<i>Quercus suber</i>	<i>Quercus ilex</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Pinus pinea</i>	<i>Pinus pinaster</i>
	10 YR 5/4	10 YR 5/4	10 YR 4/3	10 YR 5/3	10 YR 5/4
Color Munsell	(Yellowish Brown)	(Yellowish Brown)	(Brown/Dark Brown)	(Brown)	(Yellowish Brown)
% Matèria orgànica	8,85	12,53	19,27	10,03	8,05
% Sorra	86	86	86	88	75
% Llims	4	5	8	4	4
% Argila	10	9	6	8	21
pH (H ₂ O)	5,35	6,36	6,22	6,69	5,7
EC (mS/cm)	0,12	0,27	0,12	0,11	0,19
% Carboni	2,84	3,43	6,82	3,29	3,95
% Nitrogen	0,15	0,22	0,36	0,14	0,14
Relació C/N	18,32	14,59	18,94	23,5	28,21
Ca ²⁺	5,15	3,71	6,64	5,71	1,89
Mg ²⁺	1,66	1,29	2,32	2,83	1,04
Na ⁺	11,98	9,06	9,71	6,96	10,5
K ⁺	5,33	3,55	2,71	7,87	4,87
ESP (%)	49,66	51,44	45,41	29,78	57,37
Al ³⁺	1,69	0,76	0,7	0,64	2,14
Mn ²⁺	0,59	0,01	0,01	0,12	0,05
Fe ²⁺	2,22	0,69	0,62	1,18	2,57
Zn ²⁺	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01
P	0,18	0,01	0,37	0,27	0,34
S	3,33	4,1	2,84	1,31	2,88
SiO ₂	9,21	5,08	5,3	5,6	9,8

Taula 2. Propietats físiques i químiques de sòls (0-5 cm) sota diferents tipus de vegetació de l'àrea d'estudi. Valors dels ions en ppm (Pereira, 2010).

3.5. La vegetació

La vegetació s'inclou dins l'associació *Quercetum ilicis galloprovinciale*, que es compon principalment de boscos mixtos dominats per *Quercus suber*, però en la qual també es pot trobar *Quercus ilex*, *Quercus robur*, *Pinus pinea* i *Pinus pinaster*. L'estrat arbustiu està compost principalment per *Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Cistus monspeliensis*, *Cistus salvifolius*, *Calicotone spinosa*, *Rosmarinus officinalis* i *Ulex parviflorus*, entre d'altres. L'estrat herbaci està dominat per lianes, *Carex* i *Rubia peregriana*.

D'acord amb la classificació dels tipus biològics produïts per Raunkiaer (1934) —que avalua la posició de les espècies pels seus brots durant la temporada desfavorable de renovació i que permet saber des d'on es poden regenerar les plantes— a la conca d'estudi les plantes són majoritàriament faneròfits (75%), camèfits (11%), hemicriptòfits (11%) i, finalment, geòfits (2,8%). Aquesta distribució està d'acord amb altres estudis que indiquen que els boscos mediterranis poden estar compostos per aproximadament el 80% de faneròfits (Terradas, 2001).

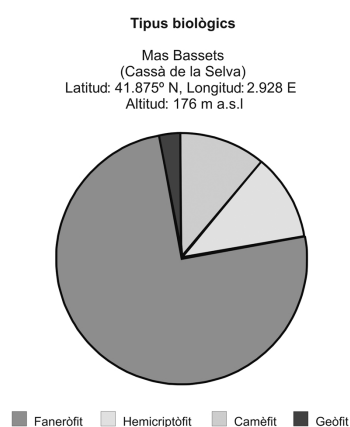


Figura 3. Percentatge dels diferents tipus biològics de la vegetació de l'àrea d'estudi (Pereira, 2010).

Per l'estratègia de la reproducció sembla que la majoria de les espècies, el 70,8%, són rebrotadores, enfront del 25%, que són germinadores, i del 4,2%, que són de tipus mixt. La vegetació mediterrània s'adapta bé a les pertorbacions com els incendis (Terradas, 2001) i una de les seves estratègies principals és la de rebrotar després d'un incendi.

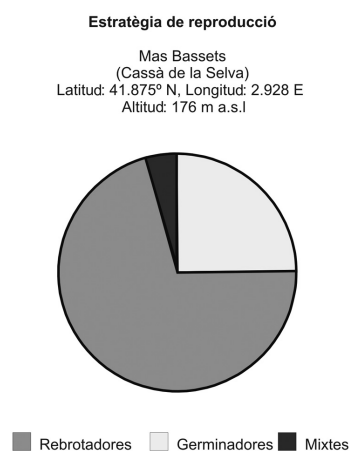


Figura 4. Percentatge dels diferents tipus d'estratègies de reproducció de la vegetació de l'àrea d'estudi (Pereira, 2010).

SORTIDA DE CAMP

1. Estacions d'aforament

L'estació d'aforament de Campàs representa el tancament de la conca de la riera de Vernegà i és el punt d'estudi més important. S'hi dediquen més esforços i es mesuren més variables i paràmetres. La riera de Vernegà tanca en aquest punt una conca de 2,5 km², i en aquesta estació s'enregistra el nivell, el cabal i el transport sòlid. Aquesta estació d'aforament es construí l'any 1994 amb el propòsit d'obtenir una secció de mesura fixa, invariable i fiable en un punt del riu, on s'instal·len aparells que mesuren les variables que permeten obtenir el cabal del riu. Les variables en qüestió són el nivell del riu i la velocitat del flux, en una secció determinada per unitat de temps. Això es pot reescriure mitjançant la fórmula genèrica següent:

$$Q = A \cdot v \quad (1)$$

On:

Q : és el cabal del riu en m³/s [metres cúbics per segon]

A : és l'àrea de la secció transversal de mesura en m² [metres quadrats]

v : és la velocitat de l'aigua a la secció de mesura en m/s [metres per segon]

Cal destacar que aquesta estació d'aforament és formada per una secció triangular i per una altra de rectangular, la qual cosa fa que pugui mesurar amb una alta precisió els cabals baixos i petits però també els cabals mitjans i alts (figura 5). La secció és la següent:



Figura 5. Fotografia de l'estació de Campàs.

L'avantatge de fer servir una secció triangular implica poder mesurar amb precisió alta els cabals baixos (cabals procedents de nivells inferiors als 10 cm). El càlcul del cabal és directe, sempre que disposem de les dades de nivell amb un registre continu. Cal aplicar una fórmula preestablerta (equació 2) que es basa en l'angle d'obertura del perfil triangular (Shaw, 1998):

$$Q = K t g (\theta / 2) H^{\frac{5}{2}} \cdot v \quad (2)$$

On:

K : és una constant

θ : és l'angle de la secció triangular (generalment de 45° o 90°)

H : és l'alçada de l'aigua

Aquesta equació es basa en l'angle d'obertura de la secció triangular (q) i el nivell de l'aigua (m) en el moment de fer el càlcul del cabal. De la mateixa manera, per al càlcul del cabal amb la secció rectangular només caldrà aplicar la fórmula de l'àrea del rectangle:

$$A = b \cdot h \quad (3)$$

On:

A : és l'àrea de la secció de mesura en m^2 [metres quadrats]

b : és la base de la secció en m [metres]

h : és l'alçada de la secció en m [metres]

La base del rectangle ens ve donada per l'amplada de la secció i com que és fixa i invariable, s'assumeix com a constant. L'alçada del rectangle és variable, ja que depèn de la quantitat d'aigua; per això a l'estació hi ha una **escala limnimètrica** graduada que ens permet llegir i conèixer el nivell de l'aigua i, per tant, l'alçada del rectangle. El nivell d'aigua, però, fluctua amb el temps, ja que no sempre n'hi ha la mateixa quantitat, per tant, per obtenir registres fiables de cabal, caldrà conèixer en tot moment com varia el nivell. Per dur a terme aquesta tasca existeixen diversos sistemes de mesura que ens permeten disposar de registres continus de nivell per poder calcular el cabal amb precisió i que s'expliquen en l'apartat següent.

1.1. Mesura del nivell del riu

Per calcular el cabal que circula per una estació és imprescindible mesurar el nivell de l'aigua, perquè intervé en les equacions de càlcul de cabal (equacions 1, 2 i 3). En aquesta estació el nivell es mesura de manera continuada mitjançant el **limnígraf** (figura 6), que registra les variacions del nivell sobre un paper quadriculat (**limnigrama**). El funcionament del limnígraf es basa en la construcció d'un pou, el qual mitjançant un tub comunica amb la secció de mesura. D'aquesta manera, i d'acord amb el principi de vasos comunicants, el nivell que trobem a la secció de mesura el trobem a l'interior del pou. Per registrar les variacions de nivell el limnígraf disposa d'un engranatge i d'un sistema de boia-contrapès, el qual és sensible a les variacions de nivell. La pujada del nivell al riu es produirà també dins del pou on es troba la boia, la qual també pujarà i farà girar l'engranatge del limnígraf, que alhora desplaçarà un tremp adossat sobre una barra horitzontal. El tremp registrarà els canvis de nivell sobre el limnigrama, que es col·loca al voltant d'un cilindre dotat d'un mecanisme de rellotgeria que marca el temps i que va girant contínuament (figura 6). D'aquesta

manera, podem registrar de manera continuada les variacions del nivell durant un període determinat, sovint una setmana, després del qual cal canviar el limnigrama i donar corda al limnígraf (si va amb corda) o verificar-ne la pila. La resolució temporal de les dades de nivell procedents dels limnigrames són horàries, i difícilment es poden obtenir fraccions d'hora sense caure en la imprecisió de la dada obtinguda.



Figura 6. Imatge del limnígraf i del limnigrama.

Aquests aparells, tot i la senzillesa del mecanisme de funcionament, no estan exempts de problemes, com per exemple la manca de fulls, la manca de tinta al tremp, l'embussament del tub que comunica el riu amb el pou, el desajust del limnígraf, l'esgotament de la corda o de la bateria, o el desajust temporal del mecanisme de rellotgeria, avançant o endarrerint el temps. Les humitats de la caseta o de la caixa del registre limnimètric poden provocar que s'humitegi el limnigrama, cosa que provoca taques de tinta procedents del tremp, amb la consegüent pèrdua de dades. Per evitar aquests problemes es disposa d'altres aparells que han anat apareixent a mesura que la tecnologia ho ha permès, amb principis de mesura basats en electrònica i no en mecànica. En aquest cas es disposa d'una **sonda** de pressió per mesurar els nivells. El mecanisme de funcionament es basa a determinar quin pes (pressió) exerceix la columna d'aigua sobre el sensor. Si no hi ha aigua, el pes és zero —per tant, nivell zero—, i a mesura que augmenta el volum d'aigua, augmenta la pressió proporcionalment al nivell que representa. Per evitar tenir en compte el pes de la columna d'aire, s'hi instal·la un baròmetre per conèixer en tot moment la pressió atmosfèrica, la qual es resta del que mesura la sonda per disposar únicament de la pressió exercida per l'aigua. Les dades queden emmagatzemades en una memòria interna de l'aparell fins que es descarreguen mitjançant un programari específic. En funció de la tecnologia dels aparells, es poden arribar a enviar les dades a través de sistemes de telefonia mòbil, de manera que es minimitzen les tasques de recollida i processament de les dades.

Aquests instruments han permès disposar d'una major resolució temporal de les dades de nivell, i consegüentment de les de cabal, ja que es pot disposar de dades cada 15 minuts. Tampoc no estan lliures d'errors i mals funcionaments i també impliquen una pèrdua de dades si s'esgota la bateria que els alimenta, si s'omple la memòria, si no funciona correctament el sistema de transmissió o emmagatzematge de dades, si no funciona el baròmetre, o si s'embruta considerablement el punt de mesura. Cal un manteniment continuat (en el