

Evolució del balanç hídric de l'aqüífer de Migjorn de Menorca (1984-2007)

Sònia Estradé Niubó
Observatori Socioambiental de Menorca (OBSAM)
Institut Menorquí d'Estudis

L'objectiu d'aquestes jornades és avaluar l'estat de la reserva de biosfera i les tendències que hi actuen en relació amb la sostenibilitat, comparant l'estat i les tendències actuals amb l'estat en què es trobava l'illa a l'inici i al cap de 10 anys de la declaració. En el cas d'aquesta comunicació ens referim a l'evolució dels recursos hídrics en termes de quantitat.

A l'illa de Menorca, un recurs escàs com és l'aigua es combina amb l'elevat desenvolupament turístic de les últimes dècades i amb una extensa agricultura, que tot i que es troba en retrocés (va minvant el nombre d'explotacions) ha evolucionat poc a poc cap a una agricultura intensiva i cap a un augment de la superfície de regadius.

Els recursos hídrics emprats procedeixen dels aqüífers; no hi ha actualment recursos hídrics superficials explotables. L'aqüífer de Migjorn, que s'estén per tota la zona sud de l'illa, amb una superfície d'uns 365 km², és el més important quant a quantitat de recurs i superfície ocupada. Es tracta d'un aqüífer carbonatat format per materials terciaris del miocè, amb doble porositat i amb un desenvolupament càrstic que augmenta en direcció cap al mar.

El balanç hídric de l'aqüífer de Migjorn. Mètode de càlcul

Per avaluar l'estat del recurs i quina tendència segueix cal saber quins són els comptes de l'aigua a l'aqüífer, que és la principal i més important font d'aigua de l'illa, és a dir, saber quanta aigua hi entra i quanta en surt. Si, en termes mitjans, les entrades superen les sortides estarem dins un consum sostenible però si les sortides superen

les entrades estarem disminuint de manera constant les nostres reserves d'aigua. Per tant necessitem conèixer el balanç hídric de l'aqüífer, ser conscients de quina quantitat de recurs anual disposem per poder així gestionar de manera correcta el recurs disponible.

Quantificar l'aigua que entra i que surt és fer un balanç de l'aigua, un balanç hídric. S'ha calculat el balanç hídric de l'aqüífer de Migjorn per al període 1984-2007. Consta de tres components principals:

Les entrades a l'aqüífer. Provenen de la part de precipitació que s'infiltra al subsòl i arriba a les capes saturades; és el que anomenem recàrrega. A més hi ha altres entrades d'aigua a l'aqüífer, de menys envergadura, que corresponen a les reinfiltracions d'aigua dels regadius i a les reinfiltracions d'aigua procedents de les pèrdues de les xarxes de subministrament i d'aigües residuals. Altres entrades que no s'han tingut en compte són l'entrada d'aigua marina, per intrusió marina, i les possibles aportacions d'aigua de l'aqüífer de Subaida cap a Migjorn, però no es tenen dades precises d'aquestes aportacions ni de la direcció del flux a la zona de contacte.

Per calcular l'aigua que entra a l'aqüífer procedent de les precipitacions, és a dir, la recàrrega difusa de les precipitacions, s'ha realitzat un balanç hídric diari al sòl, que té com a entrades la precipitació, i com a sortides l'evapotranspiració, l'escorrentia superficial i la infiltració eficaç. El mètode de càlcul emprat es basa en un balanç hídric diari al sòl i el posterior balanç d'aigua a l'aqüífer.

Els diversos components del balanç hídric al sòl s'han obtingut de la següent manera:

Entrades d'aigua al sòl:

- Precipitació. Es calcula a partir de les dades diàries de tres estacions meteorològiques, una per a cada sector de l'aqüífer (plataforma de llevant, amb dades de l'estació de l'aeroport; centre, amb dades de l'estació des Mercadal; i plataforma de ponent, amb dades de l'estació del port de Ciutadella).

Sortides:

- Evapotranspiració potencial (ETP), calculada amb l'aplicació de dos mètodes diferents (Hargreaves i Penman-Monteith)
- L'escorrentia superficial ha estat calculada mitjançant el mètode del nombre de corba del *Soil Conservation Service*, mètode per al càlcul de la precipitació que genera escorrentia útil per a conques no aforades, com és el cas que ens ocupa. Els valors de nombre de corba també s'han obtingut per tres mètodes diferents.

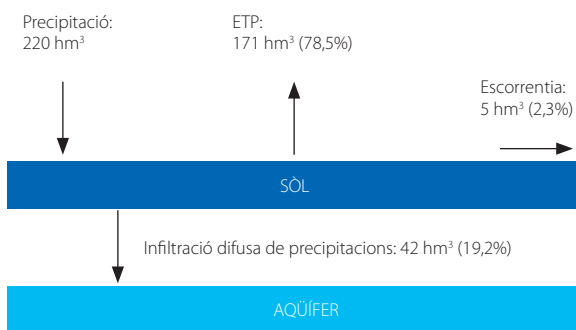


Figura 1. Balanç d'entrades i sortides de l'aqüífer de Migjorn

El primer mètode, a partir del mapa de cobertes de sòl del 1995 i el mapa de sòls de Menorca; el segon mètode, amb el mapa de cobertes del 2002 i el mapa geològic de Menorca; i el tercer amb el mapa de cobertes del 2002 i el mapa de sòls de Menorca. Tots tres mètodes s'han aplicat mitjançant sistemes d'informació geogràfica (SIG) amb la superposició i reclassificació de capes d'informació, obtenint un mapa resultant dels valors de nombre de corba per a tot el territori de l'illa

- La infiltració eficaç és resultat del tancament del balanç. S'han obtingut resultats a partir de 6 hipòtesis diferents combinant els valors d'ETP obtinguts amb les dues metodologies i els diversos valors de nombre de corba derivats dels càlculs amb les tres metodologies emprades. S'ha triat la metodologia que ha tingut un coeficient de correlació més elevat entre els nivells piezomètrics reals i els nivells piezomètrics calculats a partir de l'aplicació del model teòric, aconseguint un coeficient de correlació molt elevat ($r=0,948$)

Els valors mitjans anuals obtinguts del balanç hídric diari al sòl són els que es presenten a la Figura 1.

Les sortides de l'aqüífer: corresponen a les extraccions per a consum i sortides naturals (fonts i descàrrega subterrània al mar).

El saldo entre entrades i sortides. El saldo entre entrades i sortides es veu reflectit en l'evolució dels nivells piezomètrics, és a dir, en les reserves d'aigua.

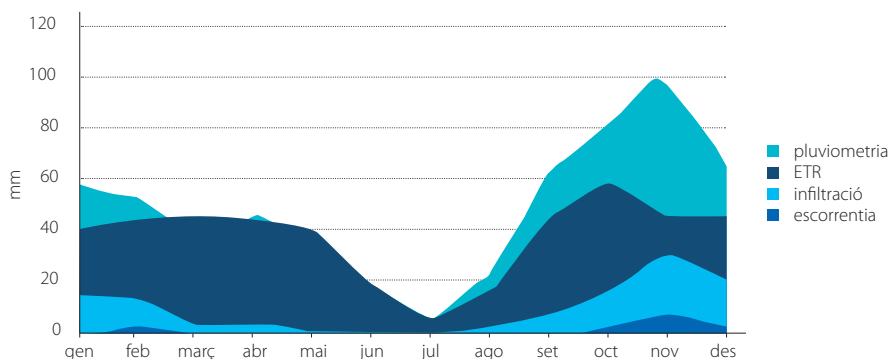


Figura 2. Dades mitjanes mensuals de pluvimetria, evapotranspiració, infiltració i escorrentia al llarg del període d'estudi

Entrades d'aigua a l'aqüífer

- **Infiltració difusa de les precipitacions.** Com s'ha dit, les entrades d'aigua a l'aqüífer provenen de la part de precipitació que s'infiltra al subsòl i arriba a les capes saturades. Per tant l'evolució de la infiltració dependrà directament de l'evolució de les precipitacions. La precipitació mitjana anual del període estudiat és de 558 mm per al Migjorn. Pel que fa a la distribució al llarg de l'any, es donen màxims a l'octubre i novembre (mesos de màxima pluvimetria) i mínims estivals. La màxima infiltració es dona a la tardor, és gairebé nul·la a l'estiu i amb valors mitjans a la primavera (Figura 2).

Les infiltracions de les pluges avaluades en el balanç hídric al sòl s'estima que es troben al voltant dels 42 hm³ de mitjana per al període d'estudi, el que suposa prop del 20% de la pluvimetria. L'evolució interanual de la infiltració a l'aqüífer també va íntimament relacionada amb els règims pluviomètrics interanuals. Durant el període estudiat trobem diverses èpoques de sequera en què les infiltracions han estat de valors molt petits, i anys més humits en què la recàrrega de l'aqüífer ha estat més important. Trobem que els períodes 1988-1990, 1992-1995, 1997-2000 van ser anys en què es va patir una sequera important, fet que suposa una menor recàrrega d'aigua a l'aqüífer. En canvi, de l'any 2001 al 2007 les pluviometries es troben per sobre de la mitjana i per tant els valors de recàrrega són més importants (Figura 3).

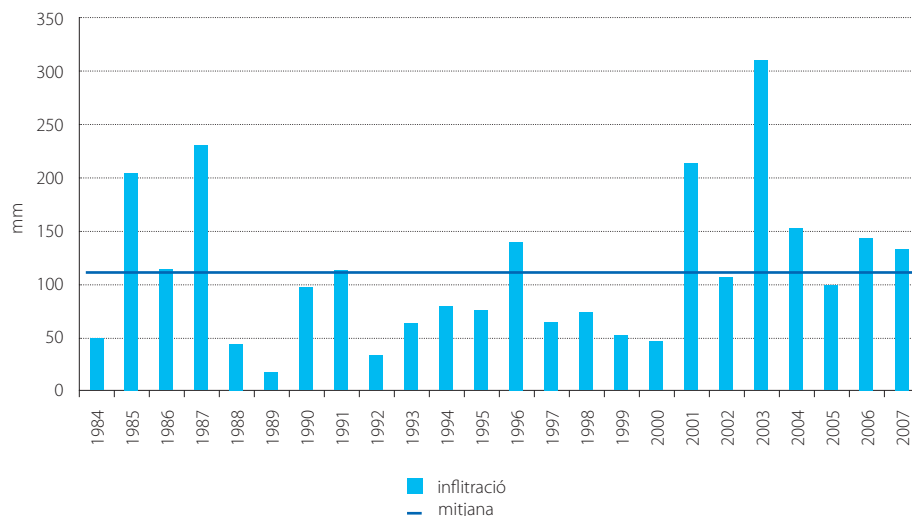


Figura 3. Variació de la infiltració estimada al llarg del període d'estudi

- **Reinfiltracions procedents de les pèrdues de xarxa.** S'estimen en un 30% de les extraccions per a usos urbans, i suposen 3,7 hm³ l'any 2007 (v. sortides del balanç hídric a l'aqüífer; consum urbà).

- **Retorns de reg.** Són reinfiltracions dels excedents d'aigua de regadiu que s'estimen en un 10% de les extraccions per a consum agrari, és a dir, 1,1 hm³ l'any 2007 (v. sortides del balanç hídric a l'aqüífer; consum agrícola).

Sortides d'aigua de l'aqüífer

Consum urbà

Quant a les sortides del balanç hídric general de l'aqüífer, s'han delimitat els valors de consum urbà de manera molt precisa. Hi ha una elevada correlació entre la població de l'illa i el consum d'aigua; per tant, l'estacionalitat turística de Menorca, que suposa duplicar la població, porta associada una estacionalitat proporcional en el consum d'aigua. L'any 2007 es calculava en 12,5 hm³, dels quals 11 hm³ s'extreien de l'aqüífer de Migjorn, donant-se puntes de consum al juliol i agost (1,5 hm³/mes) mentre que els mesos d'hivern el consum se sol trobar al voltant dels 0,6-0,7 hm³.

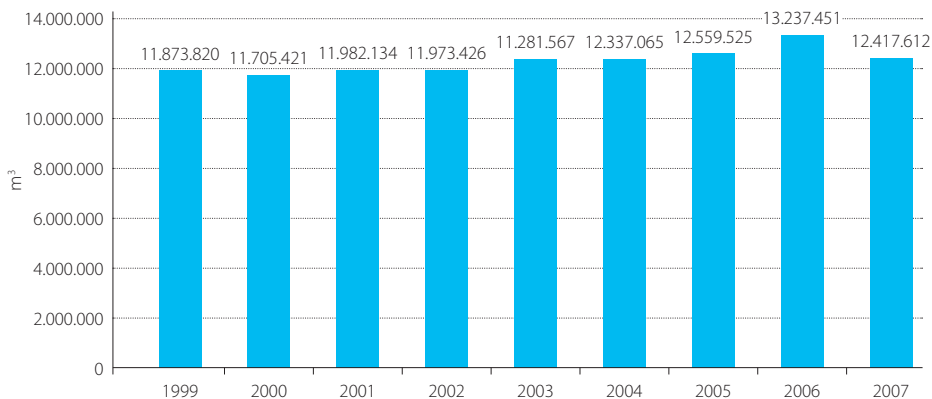


Figura 4. Consum urbà d'aigua a l'illa al llarg del període d'estudi

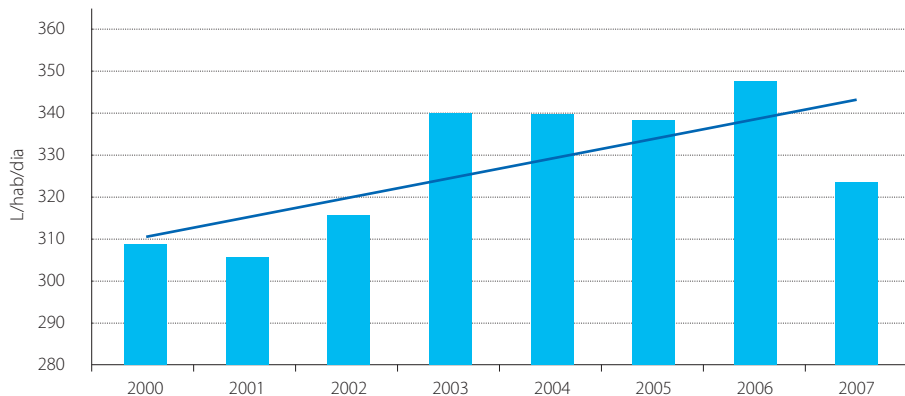


Figura 6. Variació anual del consum mitjà diari per càpita, prenent com a referència la població de fet

L'extracció es distribueix de la següent manera: 4,6 hm³ a la zona de llevant, seguida de la zona de ponent amb 4,1 hm³ i, finalment, la zona centre amb uns 2,2 hm³.

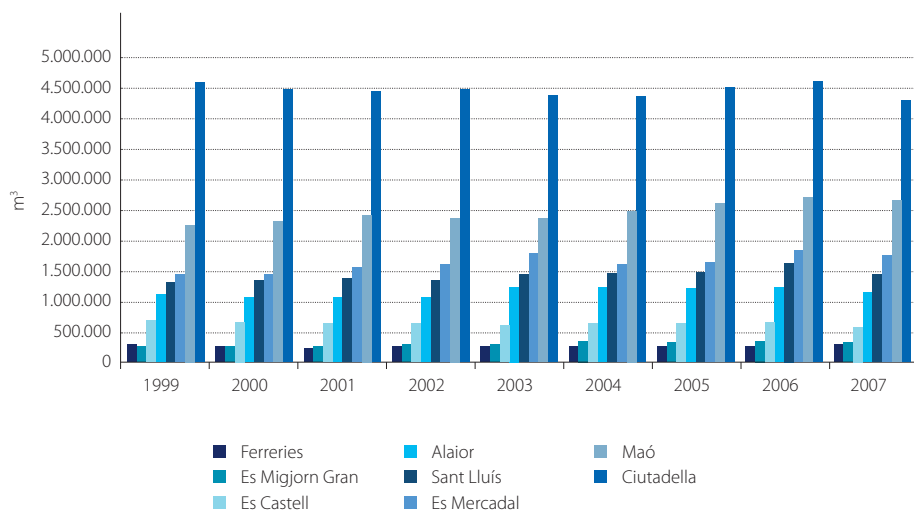


Figura 5. Consum urbà anual per municipi, al llarg dels anys d'estudi

El volum extret ha seguit una tendència a un lleuger augment durant tot el període d'estudi, amb una lleugera disminució l'any 2007 (Figura 4). Aquesta disminució pot ser deguda a l'elevada pluviometria primaveral -va ser la més elevada des de l'any 1972 (221 mm de març a maig de 2007)-, que podria haver propiciat l'estalvi de molta aigua destinada al reg de jardins de xalets. Els majors estalvis del 2007 es van produir en els municipis més turístics, com Sant Lluís, Ciutadella i Es Castell; en canvi en els menys turístics, com Ferreries, no va disminuir el consum (Figura 5). També cal tenir en compte la implantació del sistema tarifari per blocs, que penalitza el consum, i els projectes destinats a la detecció i arranament de fuites. Caldrà esperar als propers anys per veure si hi ha hagut un canvi de tendències o no, tot i que sembla haver-se estabilitzat el consum.

Si s'analitza l'evolució del consum per càpita per a la població de fet, és a dir, dividint el consum total d'aigua entre la població que realment es troba damunt l'illa (incloent residents, turistes, treballadors temporals, etc.), es veu com la tendència ha estat a l'augment fins l'any 2007, en què ha davallat considerablement (Figura 6). Per tant, el consum inferior d'aquest any 2007 no es deu a una disminució de la població de fet. La mitjana de Menorca és d'uns 330 L/hab/dia (és un valor calculat a partir de l'aigua extreta de pous per a usos urbans, i no de la facturada; per tant, els volums no facturats queden inclosos en aquests comptes). És lleugerament superior a la mitjana estatal.

Taula 1. Estimació del consum d'aigua per a usos agraris, a partir d'un estudi de l'OBSAM en finques pilot

Finques de regadiu i horts	
Superfície de farratges en regadiu (mapa cobertes 2002) (ha)	1.182,57
Consum mitjà anual (m ³ /ha/any) (dades finques pilot)	5.750
Volum d'aigua destinat a les finques de farratges de regadiu (m³/ha)	6.799.794,75
Superfície destinada a fruiters (mapa cobertes 2002) (ha)	170,19
Consum mitjà anual (m ³ /ha/any) (dades finques pilot)	3.330
Volum d'aigua destinat fruiters (m³/ha)	86.796,90
Superfície d'hortalisses (mapa cobertes 2002) (ha)	314,64
Consum mitjà anual (m ³ /ha/any) estimat hortalisses	4394,26
Volum d'aigua destinat a hortalisses (m ³ /ha)	1.382.609,97
Superfície destinada a hortal mixtes, fruiters i hortalisses (mapa cobertes 2002) (ha)	419,83
Consum mitjà anual (m ³ /ha/any) estimat per a hortalisses	3862,13
Volum d'aigua destinat a horts mixtes de fruiters i hortalisses (m³/ha)	1.621.438,04
Nombre de cases d'hortal (mapa cobertes 2002)	3250
Consum domèstic L/persona/dia	150
Consum domèstic total en hortal (3 pers/hortal)	494.392,5
Consum total en regadius	10.385.032,16
Ramaderia	
Total vaques i cavalls (cens agrari)	23.300
Consum mitjà anual en finca de secà per vaca (L/vaca/dia) (finques pilot)	103,58
Volum d'aigua destinat a les finques de secà	886.599,08
TOTAL AGRICULTURA (m³)	11.106.743,73

Veient l'evolució del consum per municipis, a tots excepte Ferreries ha davallat l'any 2007. Ciutadella és el municipi amb un consum més elevat (4,3 hm³), tot i que al llarg del període segueix una tendència a la disminució. El següent municipi en consum és Maó (2,6 hm³), però en canvi la seva tendència general al llarg del període ha estat un augment del consum. A continuació hi ha es Mercadal, Sant Lluís i Alaior, que també tenen una tendència general a l'augment. Els de menor consum són es Castell,

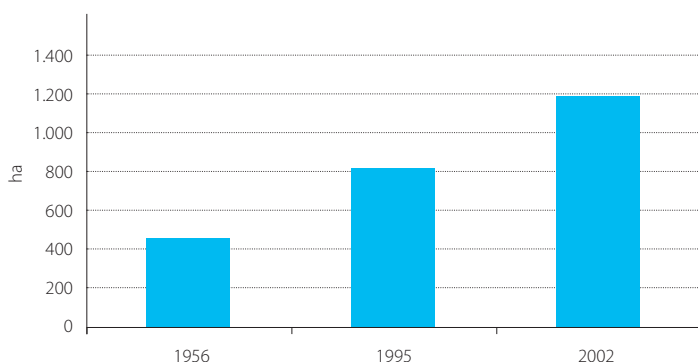


Figura 7. Terres dedicades a ús intensiu (regadiu), estimades a partir de diferents mapes de cobertes de sòl

amb una tendència a un lleuger descens i, per últim, es Migjorn i Ferreries, amb un consum al voltant de $0,3 \text{ hm}^3$, que han patit un lleuger ascens. Dels consums per càpita segons la població de fet, els de pitjors hàbits de consum són els municipis més turístics, amb un model turístic més residencial (xalets, apartaments) com Sant Lluís i es Mercadal, mentre que els d'hàbits més estalviadors són els ferrierencs, també a causa de ser el municipi menys turístic (Figura 5).

Consum agrari

Tot i que el Pla hidrològic de Balears fa una estimació del volum d'aigua que s'extreu per a consum agrícola (11 hm^3), la mateixa Direcció General reconeix la necessitat de millorar el coneixement de les extraccions -tant en termes de quantitat com de distribució temporal.

Els mètodes per avaluar el consum agrari emprats fins ara es basen en la delimitació de la superfície regada i en l'assignació de dotacions de reg en funció dels conreus, i hi ha problemes en la delimitació de tots tres factors (hectàrees destinades a regadiu, tipus de conreus i necessitats hídriques).

En referència a les hectàrees de regadiu es pot comprovar com els resultats de les estimacions fetes per una i altra font presenten valors molt dispars: el cens agrari del 1999 estima que hi ha 2.863 ha de regadiu a Menorca; l'enquesta agrària del mateix any estima 2.188 ha; les superfícies declarades per part dels agricultors al Departament d'Agricultura per rebre les ajudes varien cada any, però es mouen sobre les

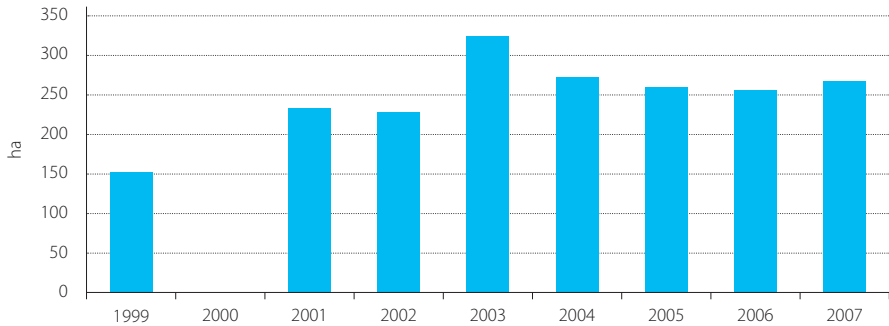


Figura 8. Superfície declarada de blat d'indi

500-600 hectàrees; el Pla nacional de regadius estima que hi ha 2.463 ha de regadius a l'illa; un estudi encarregat per la Direcció General de Recursos Hídrics en què es delimita la superfície regada per teledetecció estima que l'any 1995 hi havia 1.607 ha de regadiu, mentre que per al 1984 n'hi havia 978 ha.

Quant a les espècies conreades, l'única font existent fins al moment són les declaracions de conreus que cada any fan els agricultors al Departament d'Economia del Consell Insular de Menorca. Aquestes declaracions de conreus s'allunyen bastant de la realitat per diverses causes: només es pot declarar regadiu si es té donat d'alta al cadastre, per tant els qui tenen regadiu i no el tenen donat d'alta no ho declaren; com que a les ajudes hi ha un plus per regadiu, de vegades es declara regadiu si es té donat d'alta però en realitat no se sembra; i a més només es declara un conreu anual i l'agricultor decidirà si declara el d'estiu o el d'hivern. En definitiva, que hi ha una desviació important entre les dades declarades i la realitat.

Pel que fa a la delimitació de les dotacions de reg, també hi ha dades molt diverses, des de dotacions teòriques fins a estudis que inclouen treball de camp i enquestes a agricultors que donen dades superiors als 11.000 m³/ha/any, o de 7.879 m³/ha/any com a mitjana de Balears.

Des de l'OBSAM es va començar un seguiment del consum agrari a l'illa mitjançant la tria d'un seguit de finques pilot de regadiu i de secà. Es van col·locar comptadors d'aigua i mensualment s'hi van a fer les lectures. Encara no es tenen resultats definitius però es presenten a la Taula 1 unes primeres aproximacions fetes a partir de

les lectures dels comptadors i la delimitació de superfícies de regadiu amb el mapa de cobertes 2002 de l'OBSAM (escala 1:5.000), distingint entre farratges de regadiu, finques de fruiters, hortalisses i mixtes de fruiters i hortalisses. A més s'ha calculat el consum per vaca a partir de les finques pilot de secà, amb uns resultats de 103,6 L/vaca/dia, i el consum domèstic dels hortal, estimant el nombre d'hortals a partir del mapa de cobertes.

El consum total d'aigua per a l'agricultura mitjançant aquests primers càlculs dona uns resultats de 11,1 hm³, valors molt similars als estimats per la Direcció General de Recursos Hídrics.

Pel que fa a l'evolució de consum agrari, si es comparen els diversos mapes d'usos i cobertes de Menorca, tenint en compte que hi ha diferències d'escala i per tant no es poden analitzar canvis a un nivell molt detallat, es pot comprovar com s'ha donat un augment de la superfície de regadiu. Els mapes existents són dels anys 1956, 1995 i 2002. Es veu com del 1956 al 2002 es dupliquen les hectàrees destinades a regadiu, passant de menys de 500 a 800 ha, i del 1995 al 2002 també hi ha un augment d'unes 400 ha més, a grans trets (Figura 7). L'evolució dels últims anys sembla haver-se estabilitzat si es té en compte que les hectàrees de blat d'indi declarades pels agricultors poden ser una mostra representativa del conjunt de regadius -com es veu a la Figura 8, s'han estabilitzat a partir del 2004.

Aquestes dades indiquen que hi ha hagut una intensificació del sector, amb un augment dels regadius, tot i que el nombre de llocs actius ha disminuït entre 1989 i 2005 -hi ha 100 llocs menys.

Descàrrega subterrània cap a la mar

Una altra sortida important és la descàrrega de l'aqüífer cap a la mar. És un valor difícil d'estimar i s'han agafat els valors que es donaven en els balanços fets anteriorment per la Direcció General de Recursos Hídrics, que calculaven unes sortides a la mar d'uns 48 hm³ anuals. Aquest valor s'ha emprat com a valor de partida a l'inici del període d'estudi (1984) i s'ha suposat que ha patit una disminució proporcional a la davallada dels nivells piezomètrics, obtenint uns valors finals de 32 hm³ al final del període (2007). Aquests valors finals de sortides a la mar coincideixen amb els valors estimats mitjançant l'estudi realitzat a Menorca per la UAB, *Assessment of the karstic submarine groundwater and associated nutrient discharge in a mediterranean coastal area using Ra isotopes (Balearic Islands, Spain)*, el qual fa una estimació de les descàrregues submarines de l'aqüífer a la mar mitjançant isòtops de Radi. Aquest estudi

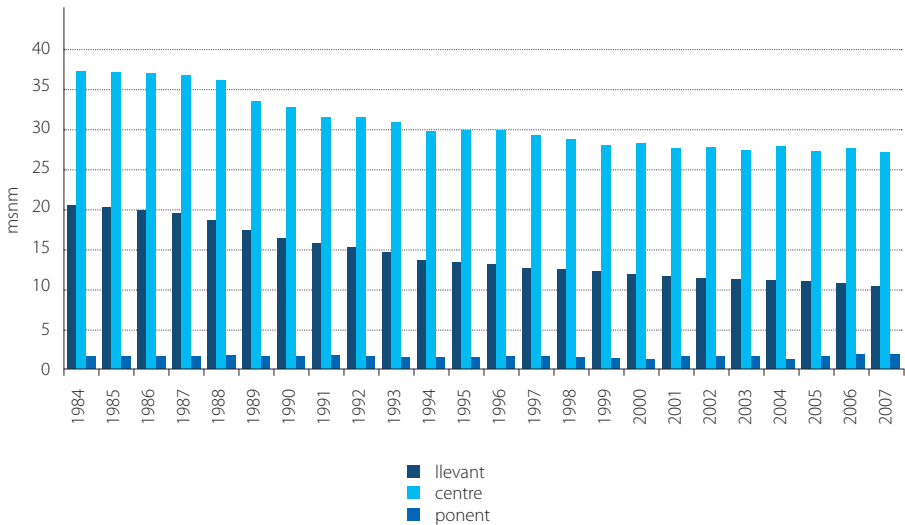


Figura 9. Variació dels nivells piezomètrics al llarg del període d'estudi en les tres zones de l'aqüífer de Migjorn

estima una descàrrega de 34 hm³ anuals d'aigua dolça a la mar per a la costa de Migjorn, amb dades de l'any 2006 -uns valors molt similars als 32 hm³ que s'empren en el càlcul del balanç presentat.

Evolució de les reserves. Nivells piezomètrics

La Direcció General de Recursos Hídrics té una extensa xarxa de piezòmetres repartits arreu de l'illa. Es disposa de mesures mensuals des de l'any 1984 fins a l'actualitat. Analitzant les dades s'observa un continu i generalitzat descens dels nivells (Figura 9). En els piezòmetres no influenciats per extraccions hi ha uns descensos mitjans acumulats de 15 metres al llarg del període, amb un pendent màxim de descens entre 1989 i 1995, a l'inici del període. A partir de l'any 1995 el pendent de descens és menor, i s'alenteix molt de l'any 2001 al 2007 tendint gairebé a l'estabilitat. Si es fa distinció entre totes tres zones, s'observa que la zona de llevant, que inclouria els municipis de Maó, es Castell i Sant Lluís, ha patit un descens continuat des de l'inici del període fins al 2007. Si s'observen els piezòmetres de *Turó*, *Turó Amagat 5* i *Militars*, que es poden considerar poc influenciats per les extraccions, hi ha una davallada mitjana acumulada de més de 15 metres, amb un període de màxim pendent

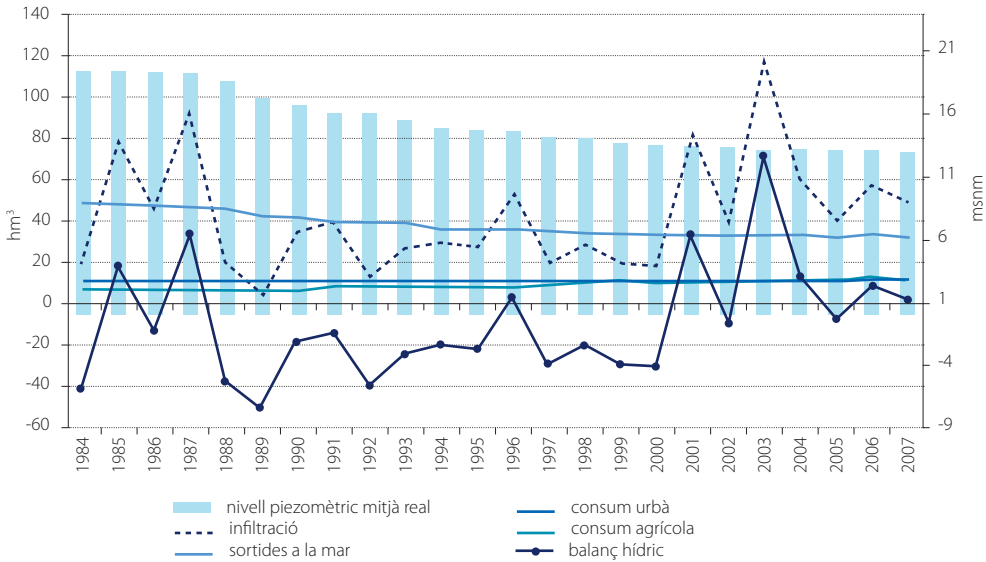


Figura 10. Evolució del balanç hídric, i dels components a partir dels quals es calcula

negatiu entre el 1989 i el 1997. L'inici i final del període d'estudi tenen un pendent de descens menor.

Pel que fa a la zona centre, els piezòmetres amb registres més llargs no influenciats per extraccions són el de *Ajuntament des Migjorn Gran*, en el qual s'han registrat descensos acumulats no molt elevats, d'uns 7 metres, i el de *Fonts Rodones*, on es pot observar certa tendència estacional, amb davallades a l'estiu i lleugeres recuperacions a l'hivern que no arriben a assolir els nivells hivernals de l'any anterior, arribant a un descens acumulat important, de 13 a 35 metres. En relació amb els piezòmetres més costaners, hi ha els de la zona de St. Tomàs, on no s'han experimentat descensos pronunciats -fet que s'atribueix a la proximitat a la costa-, però es detecta un comportament estacional molt marcat, amb descensos pronunciats a l'època estival i recuperacions a l'hivern, sense que el nivell mitjà davalli.

Per últim, la zona de ponent, corresponent al municipi de Ciutadella, presenta uns descensos acumulats de pocs metres, fins i tot només de centímetres. Això es deu a que el nivell piezomètric es troba molt proper al nivell del mar, i a la gran permeabilitat del terreny. Normalment, les extraccions en zones costaneres no solen afectar

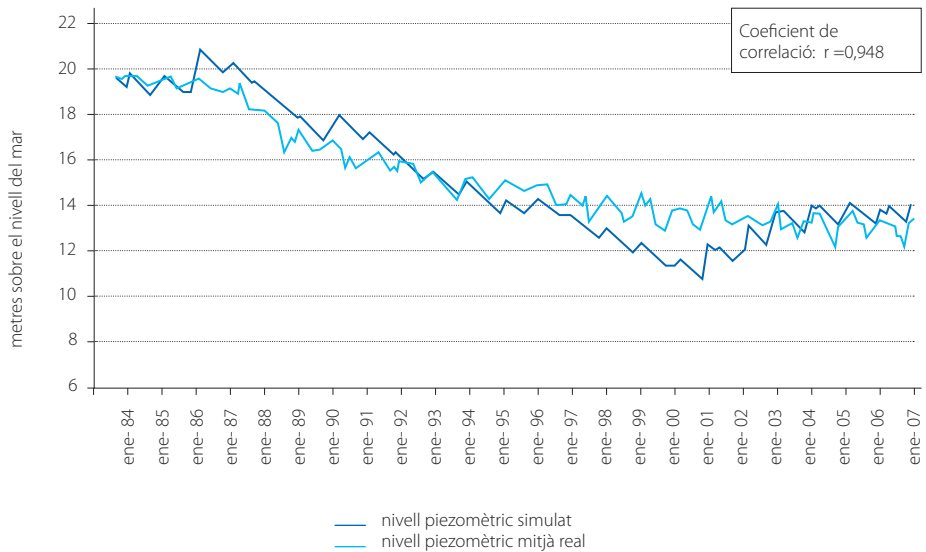


Figura 11. Comparació dels nivells piezomètrics reals i simulats de l'aqüífer de Migjorn

la dinàmica de l'aqüífer gràcies a que aprofiten els excedents que van cap al mar, però una mala gestió pot provocar greus problemes d'intrusió salina, la qual cosa s'està produint en l'actualitat a causa de la proximitat de les extraccions al mar i a la poca distància entre els diversos pous principals d'abastament, a més de la gran permeabilitat del terreny en aquesta zona. Així doncs, no es produeixen descensos piezomètrics importants però es produeix un descens de la pressió d'aigua dolça que surt cap al mar i, com a conseqüència, la interfase aigua dolça -aigua salada entra terra endins, provocant la salinització dels pous. En dos piezòmetres més allunyats de la costa i poc influenciats per extraccions, *Binigarba* i *son Febrer*, els nivells es mantenen estables, tot i que les sèries registrades són curtes (des de l'any 2000, període en què es produeix una suavització dels descensos i una certa estabilitat generalitzada a tot l'aqüífer).

Evolució del balanç hídric

Un cop vistes les evolucions dels diversos factors implicats en el balanç hídric es pot veure com evoluciona el resultat del balanç al llarg del període d'estudi, és a dir, com ha anat evolucionant la diferència entre entrades i sortides al llarg dels anys

Taula 2. Valors mitjans del balanç hídric anual en l'aqüífer de Migjorn

Unitats: hm ³ anuals	Llevant	Centre	Ponent	Migjorn
Infiltració de precipitacions	10,3	12,4	19,6	42,2
Retorns de reg	0,4	0,2	0,6	1,1
Pèrdues de xarxa	1,4	0,7	1,2	3,3
Total d'entrades	12,1	13,2	21,4	46,6
Consum urbà	4,7	2,2	4,1	11,0
Consum agrícola	4,0	1,5	5,6	11,1
Sortides a la mar i barrancs	9,3	5,6	16,8	31,8
Total de sortides	18,0	9,3	26,5	53,9
CANVI D'EMMAGATZEMATGE	-5,9	3,9	-5,1	-7,2

(Figura 10). El resultat del balanç ha estat negatiu en els períodes 1988-1990, 1992-1995 i 1997-2000, períodes en què, com s'ha comentat anteriorment, Menorca va patir sequeres importants. De l'any 2001 al 2007 el balanç ha estat positiu, degut a les pluviometries més elevades, exceptuant els anys 2002 i 2005, en què el balanç va ser lleugerament negatiu però molt proper a zero.

A partir de les dades d'entrades i sortides mensuals de l'aqüífer es pot saber quin és el canvi mensual en les reserves d'aigua. Amb el valor dels nivells piezomètrics reals de l'any 1984, i sumant i/o restant el saldo d'entrades i sortides del balanç al saldo del mes anterior es pot fer una simulació dels nivells piezomètrics. Són els anomenats nivells piezomètrics simulats. Si es comparen aquests nivells piezomètrics simulats amb els valors reals mesurats mitjançant els piezòmetres de la Direcció General de Recursos Hídrics, es veu que hi ha una elevada correlació entre els valors teòrics calculats i els nivells reals mesurats ($r=0,948$). Aquesta elevada correlació demostra que, tot i que hi ha factors que intervenen en el balanç que han estat calculats mitjançant fórmules teòriques, el model final s'apropa molt a la realitat. La Figura 11 mostra el nivell piezomètric mensual simulat calculat a partir dels resultats del balanç hídric a l'aqüífer de Migjorn, i es compara amb el nivell piezomètric real mesurat a partir dels diversos piezòmetres de l'illa.

És important saber, doncs, quin és el balanç per a anys mitjans, i s'observa que per a la mitjana del període s'obté un balanç negatiu en què les sortides superen les entrades en valors propers als 7 hm³, la qual cosa suposa que per a anys de pluviometria mitjana, si segueixen les extraccions actuals, és d'esperar que disminueixin els nivells piezomètrics i/o continuï agreujant-se el fenomen d'intrusió marina. La Taula 2 mostra els valors mitjans del període quant a recàrrega o infiltració, i els valors actuals d'extracció, per tant són els valors referits al balanç hídric per a un any mitjà.

Conclusions

- En aquests darrers 24 anys hi ha hagut tres períodes de sequeres importants que han fet que la recàrrega de l'aqüífer durant aquests anys fos molt petita. A partir de l'any 2001 fins a l'actualitat les precipitacions han estat per sobre de la mitjana i han permès unes infiltracions més elevades
- El consum urbà ha anat en augment fins l'any 2007, en què sembla haver-hi un canvi de tendència. Caldrà esperar als propers anys per veure si es verifica aquest canvi o bé si ha estat una disminució puntual associada a les condicions climatològiques
- S'ha de realitzar un seguiment més acurat del consum agrícola, però sembla que la tendència general ha estat un augment dels regadius i una intensificació de l'agricultura, tot i l'abandonament que ha patit el camp -amb un descens notable del nombre de llocs actius. La tendència dels últims anys sembla ser una estabilització de les hectàrees dedicades a regadius. Unes primeres aproximacions al consum agrari el situen lleugerament per sobre dels 11 hm³, valors que coincideixen amb les estimacions del Pla hidrològic de Balears.
- Els nivells piezomètrics han patit un descens acumulat que sembla estabilitzar-se a partir de l'any 2001
- En definitiva, sembla que les menors infiltracions durant les èpoques de sequera i l'augment del consum urbà i agrícola al principi del període estudiat han suposat un balanç hídric negatiu que s'ha vist reflectit en un descens important dels nivells piezomètrics. A partir de l'any 2001, les majors infiltracions gràcies a pluviometries superiors a la mitjana -i potser l'alentiment en l'augment de les extraccions-, juntament amb unes menors sortides a la mar a causa de la davallada dels nivells piezomètrics, han donat com a resultat una estabilització dels nivells. Sembla ser que, per a un any mitjà, continuant amb els nivells d'extracció actuals, es mantindria la davallada dels nivells, o si més no s'agreujaria el problema de la intrusió marina

Bibliografia

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, S.L.; RAES, D.; SMITH, M. 1998. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Roma. FAO. Irrigation and Drainage Paper nº 56
- ALMOROX, J. *La evapotranspiración de referencia según Hargreaves y Turc*. Web etsia
- ASOCIACIÓN INTERNACIONAL DE HIDROGEÓLOGOS. GRUPO ESPAÑOL. 1997. *La evaluación de la recarga a los acuíferos en la planificación hidrológica*. Textos del seminario celebrado en las Palmas de Gran Canaria
- CASTANY, G. 1971. *Tratado práctico de las aguas subterráneas*. Ediciones Omega, SA
- CUSTODIO, E. i LLAMAS, M.R. 1983. *Hidrología Subterránea*. Ed. Omega
- CUSTODIO, E. i LAMBAN, J. *Caracterización de la recarga en la unidad Anoia: Aplicación de un modelo de balance de agua en el suelo y realización de un balance de cloruros*
- D'ELIA, M.; TUJCHNEIDER, O.; PARIS, M. i PÉREZ, M. *Estimación de la función de entrada de un sistema de aguas subterráneas en zonas de llanura*
- DIVERSOS AUTORS, 2001. *Congreso en memoria de Germán Galarza. Las caras del agua subterránea*. Instituto Geológico y Minero de España
- FAYAS, J.A. 1982. *Estudio marco para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos de Menorca*
- FAYAS, J.A. 1972. *Estudio de los recursos hidráulicos totales de la isla de Menorca. Primer informe*. Servicio Geológico de Obras Públicas
- GIAI, S. i HERNÁNDEZ, M. *Aproximación de la recarga en zonas medanosas*
- HEREDIA, J. i MURILLO, J.M. *Balance hídrico y estimación de la recarga mediante modelación numérica en pequeñas cuencas del sector suroriental de la isla de Gran Canaria*. IGME, Madrid
- GOVERN BALEAR. 1982. *Plan de abastecimiento y saneamiento integral de Baleares. Isla de Menorca*
- GOVERN BALEAR, D.G. DE RÈGIM HIDRÀULIC. 1998. *Propuesta del Plan hidrológico de las Islas Baleares*
- JANSÀ, A. 1979. *Climatología de Menorca*. Enciclopedia de Menorca tom I. Obra Cultural Balear
- JANSÀ, J.M. 2002. *Meteorología de Menorca, Balears i la Mediterrània*. IME. Maó
- LLAMAS, J. 1993. *Hidrología general. Principios y aplicaciones*. Servicio Editorial Universidad del País Vasco
- MARTELO, M.T. 1989. *Selección de la fórmula de evapotranspiración mejor adaptada al área de Guanare-Masparro*. Venezuela
- MENÉNDEZ GINORIO, J. i CAÑAZAS, J. *Comparación de métodos para estimar la evapotranspiración de referencia*. Cuba: Instituto de Meteorología
- OBRADOR, A. 1989. *Els recursos hídrics*. Jornades sobre conservació i desenvolupament a Menorca. Programa MAB-UNESCO. IME
- RODRIGUEZ BIOSCA, I. i VALLEJO CALZADA, R. 1989. *Mapa de sòls de Menorca*. IME. Maó
- SAHUN ARTIGA, M. 1993. *Estudio hidrogeológico de la plataforma occidental del acuífero de Migjorn (Menorca)*. Servicio Geológico de Obras Públicas
- SAMPER, J.; HUGUET, LI.; ARES, J. i GARCIA VERA, A. 1999. *Modelos interactivos de balance hidrológico. Estudios de la zona no saturada del suelo*. Eds. R Muñoz-Carpena, A. Riter, c. tascon. ICIA: Tenerife