

Aproximació a la caracterització de l'estat medioambiental d'Empuriabrava

Resultats del mostreig realitzat el 18 de juliol de 2022

Elisa Berdalet, Xavier Garcia i Laia Viure

Institut de Ciències del Mar, ICM-CSIC, Barcelona



i

Josep Lloret, Universitat de Girona, Càtedra Oceans i Salut Humana



Introducció

A petició del Sr Narcís J. Ferrer Puig, AraEmpuriabrava es va realitzar un mostreig molt bàsic (en sis punts seleccionats per ell mateix) per tal de fer una aproximació a l'estat de la qualitat de l'aigua propera a la zona d'Empuriabrava. Aquest petit estudi pot servir per a futurs estudis de l'estat mediambiental de les aigües dels canals d'Empuriabrava (Castelló d'Empúries) i dissenyar accions futures per a la preservació del medi natural en harmonia amb les persones que gaudeixen d'aquesta zona única de la costa mediterrània.

El mostreig, realitzat el 18 de juliol de 2022, va consistir en mesures de Temperatura, Salinitat, Nutrients Inorgànics i Orgànics i Clorofil·la.

El mostreig realitzat és "una fotografia" de l'estat de l'aigua en aquells punts al pic de l'estiu. Tot i que caldria realitzar més mostreigs en diferents punts i al llarg de l'any, així com de més paràmetres físico-químics i ecològics per tant tenir una millor visió de la situació ecològica, ja ens dona algunes indicacions.

A continuació es presenten els valors dels diferents paràmetres, en forma de taules i indicats el mapa (fotografia aèria) de la zona mostrejada, i se'n fa una interpretació.

S'hi han intercal·lat algunes preguntes que ens han anat sorgint, uns petits requadres amb conclusions al final de cada secció, i al final s'inclouen unes preguntes obertes i possibles accions.

Temperatura i Salinitat

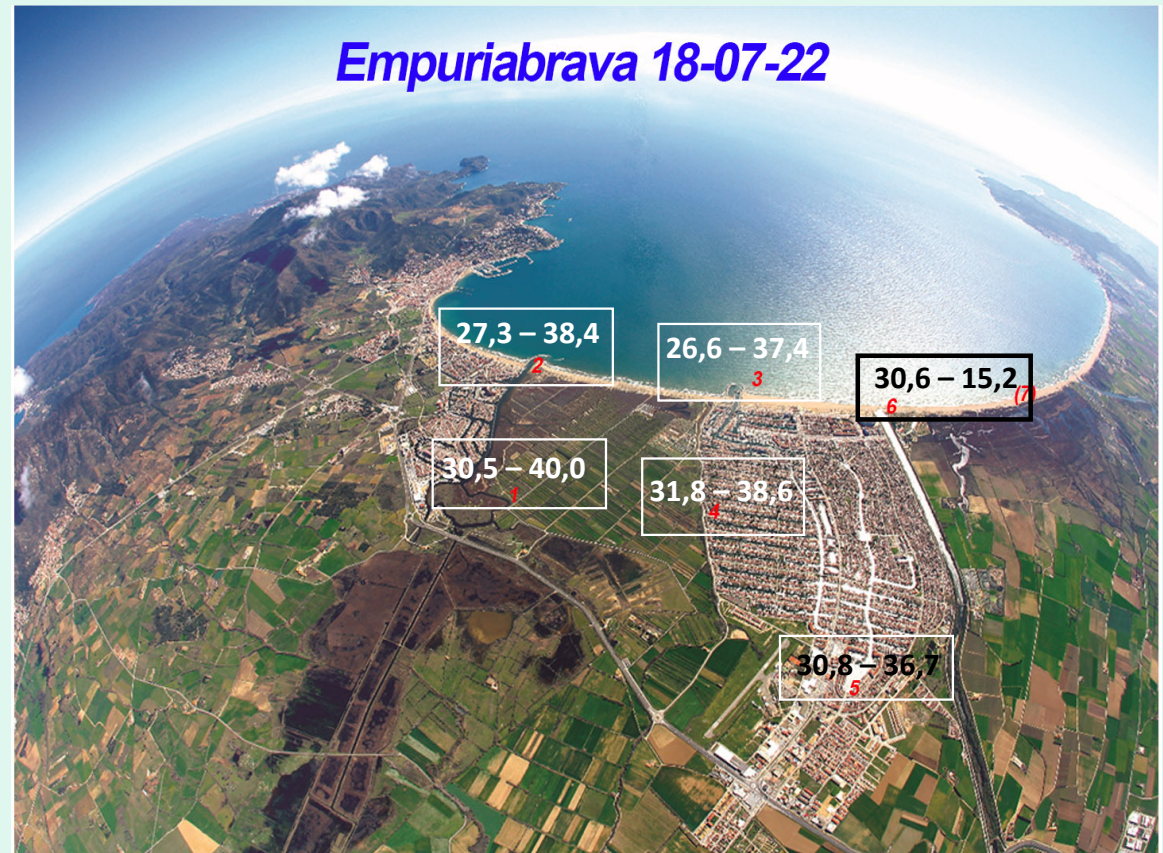
Punt mostreig	Nom	T (C)	S
1	Santa Margarida interior	30,5	40,0
2	Bocana Santa Margarida	27,3	38,4
3	Bocana Empuriabrava	26,6	37,4
4	Segre / Cul-de-sac	31,8	38,6
5	St Maurici / Cul-de-sac	30,8	36,7
6	Desembocadura Muga	30,6	15,2

- La temperatura de l'aigua va ser molt elevada en tots els punts mostrejats. Els valors més "baixos" (inferiors als 30C) es troben a la Bocana de Santa Margarida i d'Empuriabrava. En aquests punts potser hi havia més fondària i es trobaven més exposats a la circulació de l'aigua (comparant amb la desembocadura de la Muga, per exemple). El fet d'haver una major massa d'aigua i circulant podria ajudar a disminuir una mica la temperatura. O llegit al l'inrevés: com menys circula l'aigua i menys fonda és la zona, més s'escalfa l'aigua.

Els valors de la platja (punts 2 i 3) són semblants als que es troben referenciats en el mostreig de l'ACA en dies propers (<https://www.castello.cat/wp-content/uploads/2022/07/Setmana-3-18.07.2022.pdf>).

- La salinitat, superior a 26 a tots els punts excepte a la desembocadura de la Muga, revel·len que l'aigua salada arriba a tota la zona mostrejada. A la Desembocadura de la Muga, hi ha barreja d'aigua dolça, com ho indica la salinitat de 15,2.

El valor de 40,0 a Santa Margarida interior es correspon a una elevada evaporació també. Aquest punt tenia molt poca fondària, presentava molta retenció (poca circulació) i l'aspecte del medi ambient era degradat. Hi havia força salicornies a la vora de l'aigua, la qual cosa indica la salinització del terreny.



Preguntes:

1. Quin és el nivell de salinització de les terres interiors?
2. Com circula l'aigua en aquesta zona?
3. Quina quantitat d'aigua dolça és utilitzada per Empuriabrava?
4. Com pot influir la pujada del nivell del mar amb el canvi climàtic en el grau de salinitat de la zona?

Concentració de clorofil·la (1)

Punt mostreig	Nom	Chl a ($\mu\text{g L}^{-1}$)	% disminució de terra a mar
1	Santa Margarida interior	9,3	27,5
2	Bocana Santa Margarida	6,7	
3	Bocana Empuriabrava	5,7	7,7
4	Segre / Cul-de-sac	6,2	
5	St. Maurici / Cul-de-sac	28,0	10,0
6	Desembocadura Muga	25,2	

- **La clorofil·la elevada és un signe d'eutrofització.** Vol dir que hi deu haver molts de nutrients que afavoreixen el creixement dels organismes fotosintètics (algues i microalgues). Això, d'entrada pot ser bo: mitjançant el procés fisiològic de la fotosíntesi, les algues capten CO_2 de l'atmosfera (el causant de l'escalfament del planeta), produeixen l'oxigen que respirem i sintetitzen matèria orgànica que alimenta d'altres organismes (són la base de les xarxes tròfiques). Tanmateix, si el creixement de les algues és molt ràpid, els organismes herbívors no les consumeixen amb la mateixa velocitat amb què es reproduïxen les algues, les quals es van acumulant a l'aigua, si no hi ha tampoc un mecanisme de dilució (dispersió pels corrents). És a dir, en aigües estancades o amb poca circulació, les algues s'hi acumulen. El propi metabolisme de les algues comporta un alliberament de compostos orgànics al medi aquàtic, que serà usat pels bacteris que proliferen ràpidament, especialment amb les altes temperatures, i consumeixen l'oxigen de l'aigua. Per tant, el balanç entre la producció d'oxigen i el seu consum pot ser negatiu, és a dir, es poden donar condicions d'hipòxia o anòxia en les zones on proliferen les algues, la qual cosa comporta un deteriorament de la qualitat de l'aigua de l'ecosistema i la mort d'altres organismes aquàtics com ara els peixos i crustacis que podrien haver consumit les algues.



Concentració de clorofil·la (2)

Punt mostreig	Nom	Chl a ($\mu\text{g L}^{-1}$)	% disminució de terra a mar
1	Santa Margarida interior	9,3	27,5
2	Bocana Santa Margarida	6,7	
3	Bocana Empuriabrava	5,7	7,7
4	Segre / Cul-de-sac	6,2	
5	St Maurici / Cul-de-sac	28,0	10,0
6	Desembocadura Muga	25,2	

- Al mostreig realitzat el mes de juliol de 2022, s'observen **nivells alts de clorofil·la, i per tant d'eutrofització**, especialment a Sant Maurici i a la desembocadura de la Muga (valors superiors als $20 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$): aquesta zona deu rebre molts més nutrients.

- En comparació, la zona de Santa Margarida i Segre tindrien menys grau d'eutrofització. Els valors d'aquesta zona, tot i ser elevats (comparats amb el que trobaríem a mar obert), podrien ser més alts considerant els nutrients que poden arribar dels camps propers (com es discuteix a les diapositives següents) i l'elevada temperatura.

- Des de terra endins fins a nivell de la costa, s'observa una disminució de la concentració de clorofil·la. Això pot indicar, d'una banda, que hi ha més producció de clorofil·la terra endins perquè hi ha més nutrients. De l'altra, podria ser que al llarg del curs de l'aigua cap a mar, la clorofil·la (=els "vegetals") són consumits pels organismes herbívors. En arribar a mar, la concentració també disminueix dilució en els espais més oberts i amb més circulació.



- La disminució és més intensa a Santa Margarida (27,5%), i menor a les altres dues zones (7,7 i 10% de disminució entre l'interior i el mar). Potser hi ha més drenatge a la bocana de Santa Margarida, i la dilució és més ràpida.

Concentració de clorofil·la (3)

Punt mostreig	Nom	Chl a ($\mu\text{g L}^{-1}$)	% disminució de terra a mar
1	Santa Margarida interior	9,3	27,5
2	Bocana Santa Margarida	6,7	
3	Bocana Empuriabrava	5,7	7,7
4	Segre / Cul-de-sac	6,2	
5	St. Maurici / Cul-de-sac	28,0	10,0
6	Desembocadura Muga	25,2	

Conclusions secció clorofil·la:

1. Caldria fer més mostreigs en punts intermedis (entre els punts interior i la costa) per a conèixer la dinàmica al llarg del curs de l'aigua, i també al llarg de l'any per saber quin és el rang de variació de la concentració de clorofil·la. Així sabríem si aquests valors han estat fins i tot més alts en d'altres moments o si corresponen a valors màxims. Podríem saber també si ja estem entrant en una fase de degradació dels vegetals, perquè s'han exhaurit els nutrients inorgànics (com es comenta a les següents diapositives) o per l'excessiva temperatura que els dificulta el creixement i també disminueix la concentració d'oxigen (O_2) a l'aigua*.

2. Ens cal veure la disponibilitat de Nutrients, com es descriu a continuació.



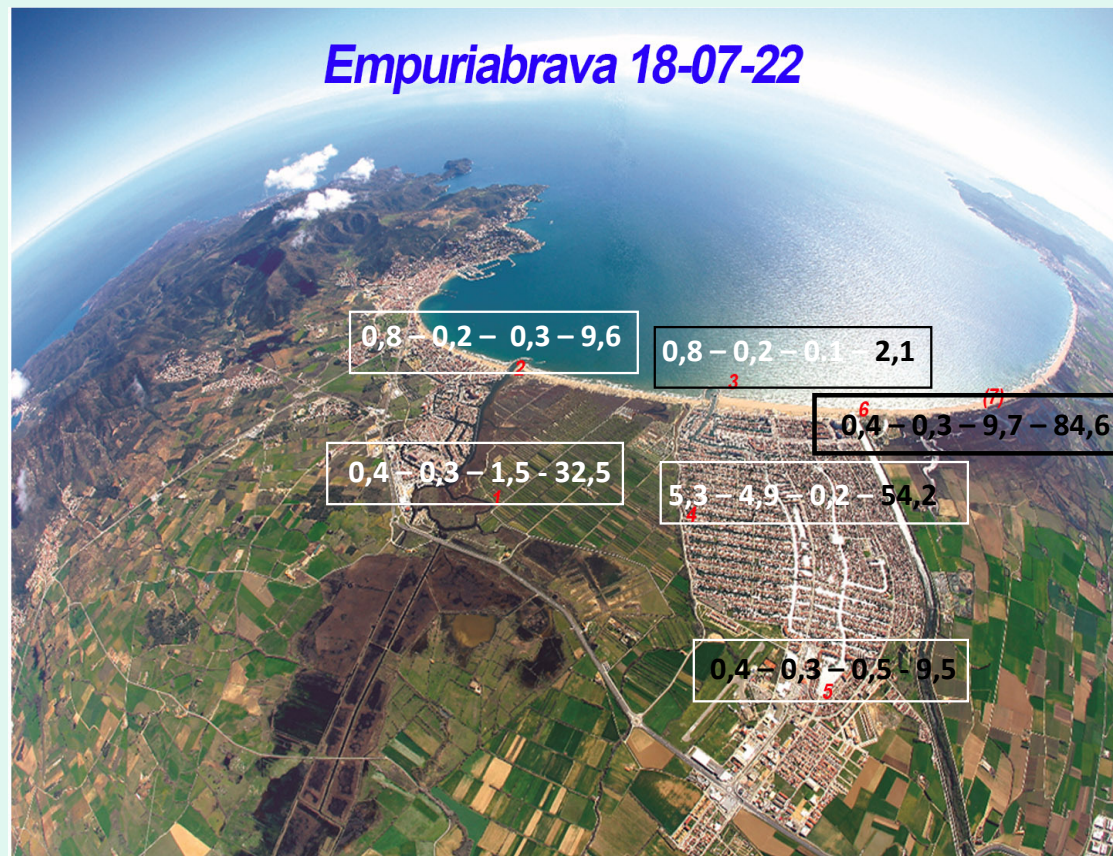
* Les algues també necessiten O_2 per a respirar. D'altra banda, la concentració de l' O_2 a l'aigua disminueix amb la temperatura: com més calor, menys O_2 dissolt químicament. **Caldria mesurar la concentració d'oxigen en propers estudis.**

Nivells de nutrients inorgànics (1)

Punt mostreig	Nom	Nitrats + Nitrits (μM)	Amoni (μM)	Fosfat (μM)	Silicat (μM)
1	Santa Margarida interior	0,4	0,3	1,5	32,5
2	Bocana Santa Margarida	0,8	0,2	0,3	9,6
3	Bocana Empuriabrava	0,8	0,2	0,1	2,1
4	Segre / Cul-de-sac	5,3	4,9	0,2	54,2
5	St. Maurici / Cul-de-sac	0,4	0,3	0,5	9,5
6	Desembocadura Muga	0,4	0,3	9,7	84,6

- Els compostos inorgànics (nitrats, nitrits, amoni, fosfat i silicat) són la font principal de nutrients dels organismes fotosintètics. Els valors dels nutrients són sempre difícils d'interpretar perquè el què es mesura és el resultat de: 1) l'aport que hi ha a la zona, 2) el seu consum pels organismes, i 3) la dilució per efecte de la circulació de l'aigua. És a dir, les concentracions dels nutrients fluctuen de manera molt dinàmica.

- En el mostreig realitzat, els valors dels nutrients inorgànics no van ser gaire elevats, excepte en el cas del silicat (que comentarem a la següent diapositiva). Això indica, considerant els nivells de clorofil·la descrits en les diapositives anteriors, que han estat consumits pels organismes fotosintètics. És a dir, **si no hi hagués hagut creixement de les microalgues, els nivells de nutrients segurament serien més elevats. Segurament, aquesta zona està rebent molts de nutrients inorgànics.**

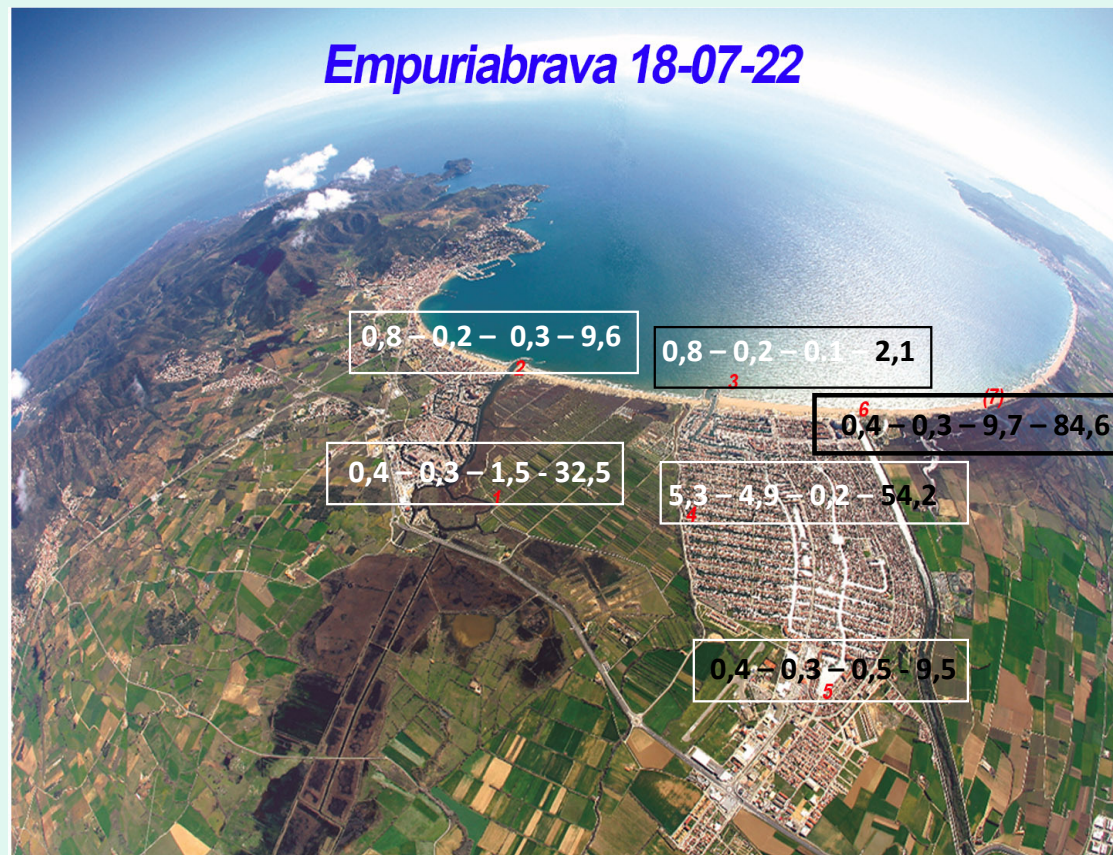


Nivells de nutrients inorgànics (2)

Punt mostreig	Nom	Nitrats + Nitrits (μM)	Amoni (μM)	Fosfat (μM)	Silicat (μM)
1	Santa Margarida interior	0,4	0,3	1,5	32,5
2	Bocana Santa Margarida	0,8	0,2	0,3	9,6
3	Bocana Empuriabrava	0,8	0,2	0,1	2,1
4	Segre / Cul-de-sac	5,3	4,9	0,2	54,2
5	St. Maurici / Cul-de-sac	0,4	0,3	0,5	9,5
6	Desembocadura Muga	0,4	0,3	9,7	84,6

- Fixant-nos en el nitrogen (**N**) **inorgànic (nitrat + nitrit)** que és la forma de N que les microalgues poden incorporar més fàcilment, els valors són comparativament més alts a Segre Cul-de-sac. Aquest punt podria estar rebent molt de nitrat (potser procedent d'adobs) que no haurien estat consumits per les microalgues com ja havia passat a Santa Margarida Interior en el moment del mostreig (hi ha menys clorofil·la en els punts 3 i 4, que en els punts 1 i 2). **Caldria fer mesures al llarg del temps per a veure com els nutrients es tradueixen en biomassa d'algues, és a dir, caldria fer un seguiment de la successió estacional.**

- Pel que fa al **fosfat (P)**, és la "moneda de canvi" de tots els organismes, fotosintètics o no (bacteris), tots necessiten P per a la molècula de l'energia (ATP), i per a la reproducció (ADN) i síntesi de compostos (ARN). Per això els valors són molt baixos. L'excepció és la Desembocadura de la Muga, on hi podria haver aportats addicionals de P que els microorganismes no utilitzen, i per això s'hi acumula. En el moment de la redacció d'aquest informe no disposem de dades actuals de la Muga, probablement disponibles a l'Agència Catalana de l'Aigua.

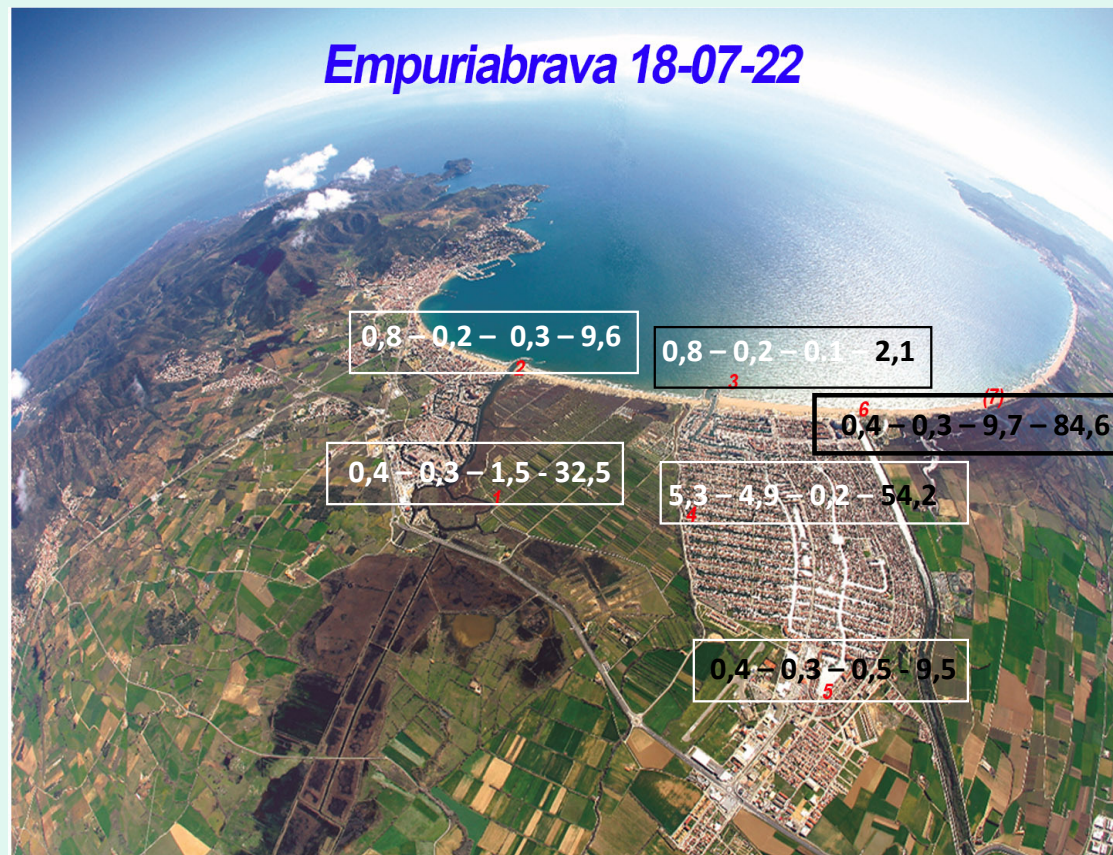


Nivells de nutrients inorgànics (3)

Punt mostreig	Nom	Nitrats + Nitrits (μM)	Amoni (μM)	Fosfat (μM)	Silicat (μM)
1	Santa Margarida interior	0,4	0,3	1,5	32,5
2	Bocana Santa Margarida	0,8	0,2	0,3	9,6
3	Bocana Empuriabrava	0,8	0,2	0,1	2,1
4	Segre / Cul-de-sac	5,3	4,9	0,2	54,2
5	St. Maurici / Cul-de-sac	0,4	0,3	0,5	9,5
6	Desembocadura Muga	0,4	0,3	9,7	84,6

- El **silicat** (Si) és molt alt en general, com correspon a una escorrentia d'un massís granític. El Si és consumit principalment per diatomees (que són "bones" fotosintetitzadores, i no acostumen a comportar problemes de toxicitat). Les variacions de la concentració podrien ser indicadors que hi ha aquest tipus d'algues. Així doncs podríem esperar diatomees a la bocana d'Empuriabrava.

- En aquest mostreig no es va agafar mostra per a la caracterització taxonòmica del fitoplàncton. Caldria fer-ho en propers estudis, sobretot fent-los al llarg de l'any, perquè hi ha diferents organismes que poden proliferar en els períodes més freds.



Conclusions secció Nutrients inorgànics:

1. La zona reb importants aportos de nutrients inorgànics que sostenen el creixement de les microalgues. Cal conèixer-ne la variabilitat estacional i al llarg dels cursos d'aigua considerats i d'altres zones properes per a poder identificar la contribució per part dels camps de conreu.
2. Cal incloure **caracteritzacions del tipus de microalgues** (diatomees, algues verdes, cianobacteris) **al llarg de l'any** i veure com varien en funció de la disponibilitat de N i Si especialment, i **de bacteris els quals usen també el P**.

El Nitrogen Orgànic (1)

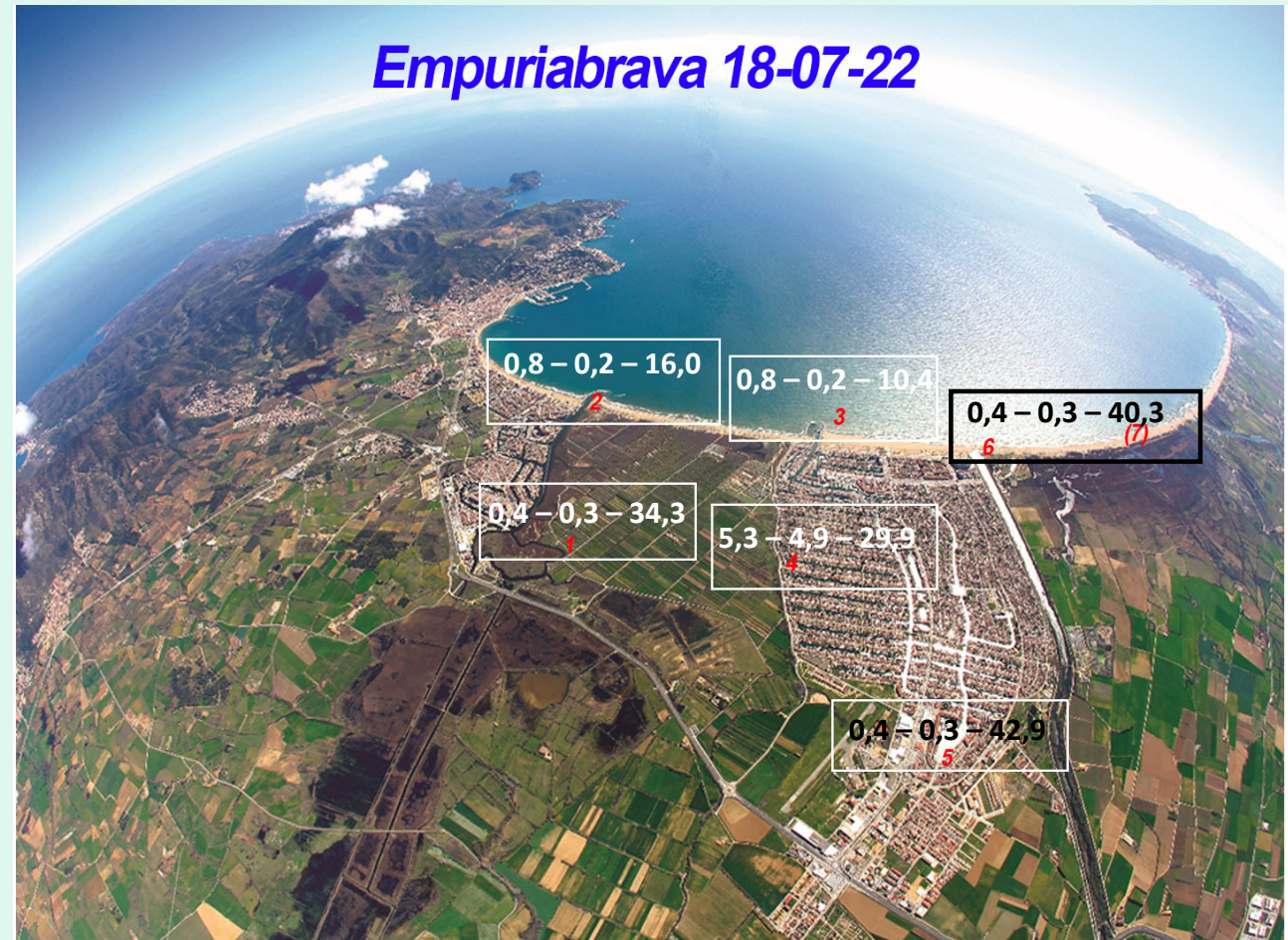
Punt mostreig	Nom	Nitrats + Nitrits (μM)	Amoni (μM)	N orgànic (μM)
1	Santa Margarida interior	0,4	0,3	34,3
2	Bocana Santa Margarida	0,8	0,2	16,0
3	Bocana Empuriabrava	0,8	0,2	10,4
4	Segre / Cul-de-sac	5,3	4,9	29,9
5	St. Maurici / Cul-de-sac	0,4	0,3	42,9
6	Desembocadura Muga	0,4	0,3	40,3

- El **N orgànic** (que forma part de proteïnes i mucíl·lags, de l'ADN, l'ARN i l'ATP), a diferència de l'inorgànic, és de més difícil incorporació per part de les algues (no el poden incorporar directament com el nitrat i l'amoni). En canvi, és la font principal de N per als bacteris que (com hem explicat) en utilitzar-lo, consumeixen oxigen i disminueixen la qualitat del medi aquàtic.

- L'origen del N orgànic en el medi és divers, pot provenir de:

- 1) l'excreció per part de les pròpies algues,
- 2) la descomposició de matèria orgànica (organismes morts, siguin vegetals o animals),
- 3) aportos d'adobs,
- 4) aportos humans (clavegueram).

- En el mostreig realitzat els nivells de N orgànic va ser molt més elevat que els del N inorgànic comentat en les diapositives anteriors. Això corrobora la possibilitat que provinguin de les diverses fonts indicades.



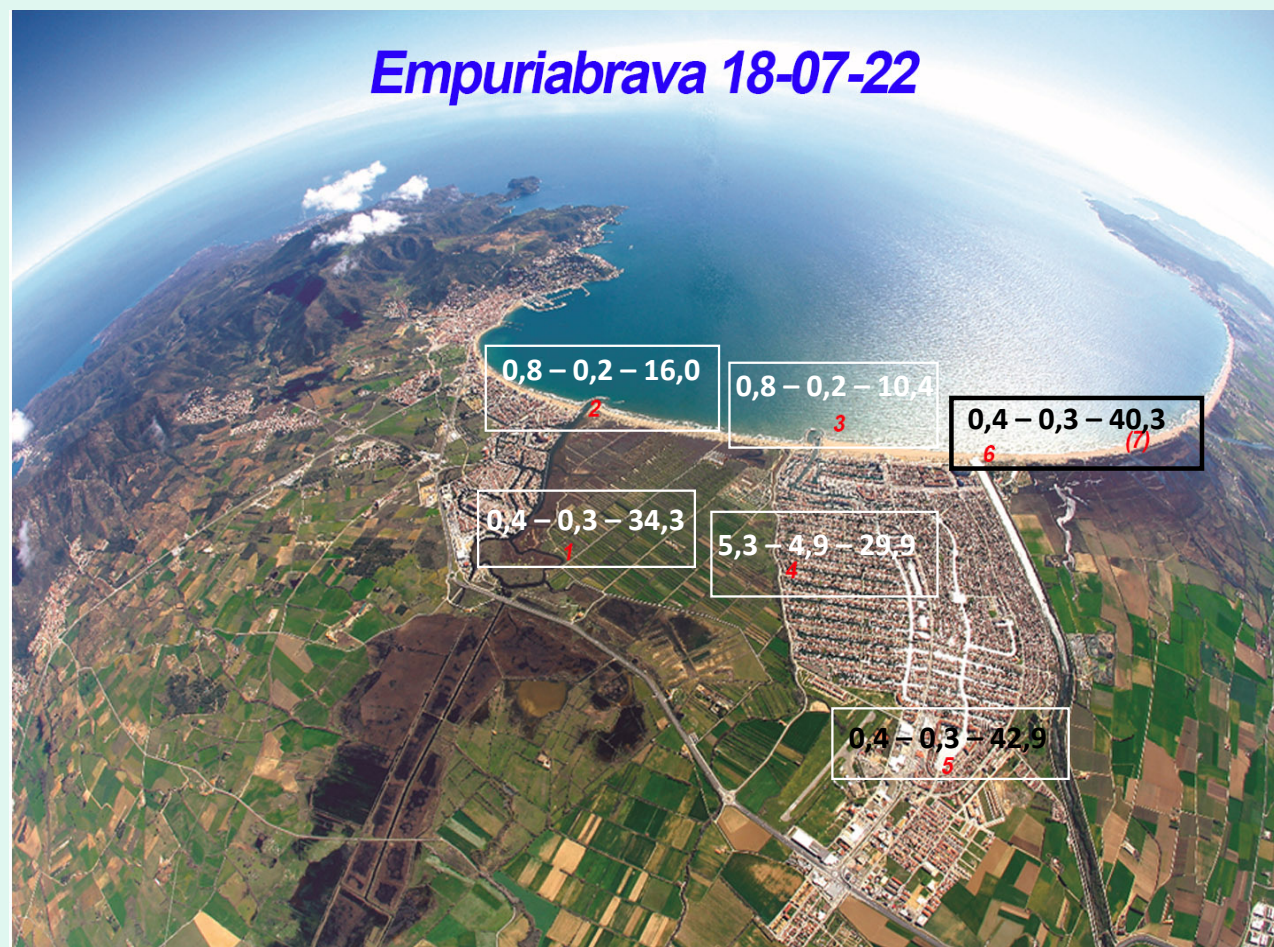
El Nitrogen Orgànic (2)

Punt mostreig	Nom	Nitrats + Nitrits (μM)	Amoni (μM)	N orgànic (μM)
1	Santa Margarida interior	0,4	0,3	34,3
2	Bocana Santa Margarida	0,8	0,2	16,0
3	Bocana Empuriabrava	0,8	0,2	10,4
4	Segre / Cul-de-sac	5,3	4,9	29,9
5	St. Maurici / Cul-de-sac	0,4	0,3	42,9
6	Desembocadura Muga	0,4	0,3	40,3

- El **N orgànic** disminueix de terra a mar. Mentre que a les bocanes de Santa Margarida i d'Empuriabrava les concentracions han disminuït més del 50%, en el cas de la desembocadura de la Muga els nivells són encara molt alts. Això pot fer pensar que tot i que una part del N es consumeix pels bacteris, hi ha aportats addicionals al llarg del recorregut.

- És molt plausible que una font important de N orgànic siguin els adobs i les aigües residuals d'Empuriabrava.

En l'estudi fet, no es pot distingir entre els dos tipus d'origen, ja que els valors són alts als punts interiors abans d'Empuriabrava (Santa Margarida Interior, Segre Cul-de-sac i Sant Maurici Cul-de-sac), però són clarament més alts a la banda de Sant Maurici i La Muga, suggerint que el factor humà és molt important a la zona. **Caldria conèixer bé com es realitza l'evacuació de les aigües residuals dins Empuriabrava.**



- Mitjançant anàlisis d'isòtops (Radó –Rn- i Radi –Ra-) es podria determinar qui és l'origen dels nutrients. La presència d'aquests isòtops indica un origen continental (aquífers), i la seva absència es correspon amb vessaments industrials o de clavegueram.

Nivells de Nitrogen orgànic (3), P orgànic i Carboni orgànic dissolt

Punt mostreig	Nom	N orgànic (μM)	P orgànic (μM)	Carboni orgànic dissolt (μM)
1	Santa Margarida interior	34,3	1,6	326,4
2	Bocana Santa Margarida	16,0	0,7	173,9
3	Bocana Empuriabrava	10,4	0,4	141,0
4	Segre / Cul-de-sac	29,9	0,6	314,9
5	St Maurici / Cul-de-sac	42,9	1,4	460,0
6	Desembocadura Muga	40,3	1,0	397,2

- L'origen del **P orgànic** també seria el mateix que el del N (diapositiva 10) i és consumit principalment pels bacteris. El fet que els valors de P orgànic siguin molt semblants als del P inorgànic (diapositives 7, 8 i 9) indiquen que els aportos externs de P orgànic, per exemple per part dels adobs, podria ser menor. Però és només una hipòtesi.

- En canvi, els valors de **Carboni orgànic dissolt (DOC en anglès)** són elevats arreu, i es corresponien bé amb els aportos de N orgànic. Probablement, els orígens del DOC serien els mateixos que els del N orgànic (diapositiva 10). El DOC seria consumit pels bacteris utilitzant oxigen i rebaixant, en conseqüència, la qualitat de l'aigua per a la resta d'organismes aquàtics.

- Hi ha molt de DOC per tot arreu, i tendeixen a disminuir prop del mar, potser perquè deuen experimentar més dilució (Bocana Santa Margarida i Empuriabrava).



Conclusió Nutrients Orgànics:

Les elevades concentracions de N i C orgànic fan pensar en uns aports del clavegueram i adob, a més de la degradació de la matèria orgànica, que comporta globalment un risc d'anòxia i pèrdua de la qualitat de l'aigua.

Aquesta situació és coneguda per les autoritats sanitàries / mediambientals, tal i com recull la notícia recent:

<http://www.horanova.cat/invertiran-mes-de-3-milions-per-millorar-letap-dempuriabrava/>

El Consorci d'Aigües Costa Brava Girona i l'Agència Catalana de l'Aigua tenen el projecte de millorar la captació d'aigua per al seu tractament a l'Estació de Tractament d'Aigua Potable (ETAP) d'Empuriabrava i subministrament a la xarxa de la Costa Brava Nord. Al punt de captació de Vilanova de la Muga es desenvoluparà un sistema per a eliminar la matèria orgànica abans de la cloració.



Preguntes obertes i possibles estudis futurs:

1. La salinització del terreny a la zona de Santa Margarida és representativa de la zona? Aquest nivell ja hi era abans de la construcció d'Empuriabrava? S'està facilitant l'entrada d'aigua salada terra endins? Cal evitar la salinització dels aqüífers. Aquesta situació es pot veure agreujada per la pujada del nivell del mar amb el canvi climàtic.
2. Per tal de reduir l'eutrofització, cal maximitzar la circulació de l'aigua i evitar-ne el confinament, tant en zones d'aigua dolça com salada.
3. Per tal de reduir l'eutrofització, cal conèixer el nivell d'aports de matèria orgànica procedent del clavegueram dins la zona d'Empuriabrava, i dels adobs de les zones properes. No hem mencionat els hidrocarburs aportats per les embarcacions a motor. És un aspecte important a considerar.
4. Progressivament, la sequera serà més greu amb el canvi climàtic. Quina és la quantitat d'aigua dolça dels aqüífers que és usada per Empuriabrava? Fins i tot si prové de l'ETAM a partir del punt de captació de Vilanova de la Muga o de l'embassament de Boadella, se n'haurà de fer molt bon ús. Podem disminuir-la?
5. En futurs estudis caldria mesurar els mateixos paràmetres analitzats en el present mostreig, afegint-hi concentració d'oxigen, de bacteris i tipus de microalgues, i d'isòtops (Radi, Radó – Ra, Rn) per a determinar les fonts de nutrients a la zona. El seguiment s'hauria de fer al llarg de tot un any (amb una periodicitat de 15 dies), i incloent-hi més punts dins i fora d'Empuriabrava.

