

FITOPLANKTON-POPULAZIO NATURALAREN FISILOGI EKOLOGIA

JOSU MADARIAGA

Plymouth Marine Laboratory. Prospect Place, West Hoe. Plymouth PL1 3DH. U.K.

SUMMARY

Photosynthetic parameters (P_m and α) and the distribution of ^{14}C among different end-products of photosynthesis were determined for phytoplankton in order to assess their physiological state during spring conditions. Changes in the hydrodynamic conditions at the end of the study period led to the development of a slight thermocline, which determined the occurrence of a phytoplankton bloom. Throughout a great

part of the survey, the majority of label was found in storage products (i.e., lipid and polysaccharide) as there was no limitation for phytoplankton growth. At the end of the study period, coinciding with the development of the bloom, an important increase of protein synthesis as well as the highest values of P_m were found, which is interpreted as the result of an active phytoplankton growth.

SARRERA

Karbono-ekoizpen fotosintetikoaren azken ondorioa zelulen zatiketa eta hazkundera da. Fotosintesi-ekoizkin bitartekoak desberdinak direnez, ekoiztako material zelular berriak duen konposaketa ez da uniforme. Hogeitamar urte baino gehiagotan, fitoplanktonaren karbono-ekoizpena C^{14} teknikaz (Steehan-Nielsen, 1952) neurtu da, baina erradioaktibitate-kontakteta eta inkubazio-metodoak hobetu izan diren arren, aldaketa adierazgarriak ez da lortu oraindik (Harris, 1978; Peterson, 1980; Dring & Jewson, 1982). Nahiz eta teknika honek komunitatea-

ren barruan karbono-fluxu osoa determinatzeko garrantzi handia izan —eta oraindik ere badu—, fitoplanktonaren fisiologi egoera ebaluatzeko ez da hain egokia (Hitchcock, 1978; Morris, 1981). Dena dela, fisiologia fitoplanktonikoa iker dezagun bestelako hurbilketa egokiagoak baditugu (Eppley, 1981). Hauetako bat parametro fotosintetikoak zehaztea da, asimilazio zenbakia (P_m) eta F-I (Fotosintesi-Irradiantzia) kurbako hasierako aldapa (α) hain zuzen (Platt & Jassby, 1976). Beste hurbilketa ezaguna, teknika biokimikoez serieka erazutako fotosintesi-ekoizkinetan dagoen C^{14} neurtzea du (Morris et al., 1974). Metodo biak batera

erabiliz, populazio fitoplanktonikoen fisiologi egoeran inguru–aldagaiek —argia, tenperatura eta elikagaiek bereziki— duten eragina iker dezakegu (Howard & Joint, 1989).

Lan honen helburua, Britainia Haundiko kostalde atlantiarrean udaberriko loraketa baino lehen gertatutako inguru–aldaketei dagokien fitoplanktonaren fisiologi ekologia ikertzea izan da.

MATERIALA ETA METODOAK

A) Laginketak

1989.eko apiril–maiatzean zehar, “Plymouth Marine Laboratory” zentruak duen “Squilla” izeneko ikerketa–itsasuntzian, astero bost irtenaldi burutu ziren Plymouthetik (Erresuma Batuan) E1 laginketa–tokira (50°04’ I 04°22’ M). Tenperatur eta argi–profil bertikalak berton egin ziren eta, Niskin botilak erabiliz, 0, 10, eta 40 metroko sakoneretan ur–laginak hartu ziren. Klorofila eta elikagaiak determinatzeko laginak hoztuta (<4°C) gorde ziren laborategira heldu arte eta han, analisi guztiak berehalaxe egin ziren. Parametro fisiologiko desberdinak eta ekoizpen primarioa neurtzeko laginak, 60 ml–ko plastikozko botila gardenetan NaHC¹⁴O₃ko 4μ Ciez inokulatu ziren eta etengabeko hozketa–sistema zuen ontzi gaineko inkubadore batean lau orduz kokatu ziren. Inkubadore honek, 6 argi–iragazki desberdin bazituen argiaren % 0–100 iraukipen–gradientea lorturik. Iragazketa guztiak 100 mm Hg baino

presio txikiagoz burutu ziren laborategian. Deribatu metaboliko desberdinetan karbono fotosintetikoaren eranspena ikertzeko iragazkiak, analisiak burutu arte izoztu ziren (< –20° C).

B) Analiak

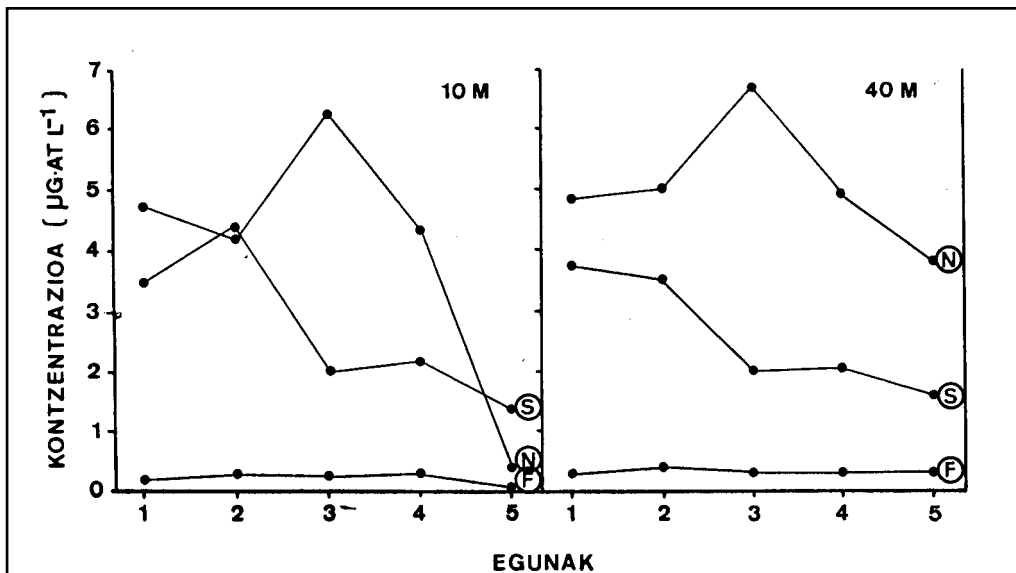
Klorofila–kontzentrazioak lagin duplikatuetan zehaztu ziren. Horretarako, 100 ml–ko ur–laginak, 0,2 μm–ko poro–tamainako Nuclepore® iragazkiak erabiliz iragazi ziren. Pigmentuen erauzketa, 24 orduz, % 90 azetonako 10 ml–an, 4° C–ra eta ilunpean egin zen. Erauzkinen fluoreszentzia Turner fluorometroan neurtu zen eta *a* klorofilaren kontzentrazioa, Strickland & Parsons–en ekuazioak (1972) erabiliz kalkulatu zen. Elikagai disolbatuen kontzentrazioa determinatzeko ere, Strickland & Parsons–en eskuliburuko

Laginketa–eguna	89/4/5	89/4/13	89/04/20	89/4/26	89/5/3
Batezb. irradiantzia (μE m ⁻² s ⁻¹)	206	594	1625	1940	1371
Batezb. haize–abiadura (knot)	15	17	15	12	13
Batezb. tenperatura (0–10 m–koa °C)	10.12	10.22	10.35	10.37	10.89
Batezb. tenperatura (10–40 m–koa °C)	10.12	10.13	10.22	10.29	10.30
Argiaren iraukipen–koefizientea (m ⁻¹)	0.11	0.13	0.11	0.11	0.23

1. taula. Inguru–baldintzak ikerketa–denboraldian.

(1972) metodoak erabili ziren.

Ekoizpen primarioarako iragazkiak, silika–gel aktiboko lehorgailuan lehortu ziren eta geroago, LKB izarniadura–kontadore batean kontaktatu ziren. F–I kurbako parametroak IBM ordenadorez Jassby & Platten (1976) ekuazioari doitu zitzaizkion SAS (“Statistical



1. irudia. Elikagaien aldakuntza denborala 10 eta 40 m-ra. (N=nitratoa, S=silikatoa, F=fosfatoa)

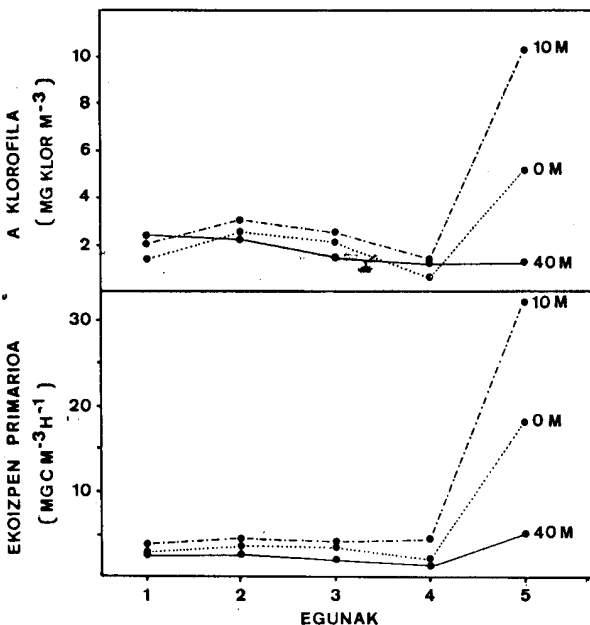
Analysis System”) deritzon programa erabiliz.

Elementu zelular desberdinetan karbono erradioaktiboaren eranspena, Li et al. (1980) eta Howard & Joint-en (1989) teknikari jarraituz burutu zen.

EMAITZAK ETA EZTABAIDA

Laginketa-aldian zeuden inguru-baldintzak 1. taulan ikus ditzakegu. Oro har, lehenengo lau asteetan ikusitako baldintzak homogeno samarrak, ziren eta, aldaketa arinak zeuden azkenean. Haize-abiadura txikiagotzeak eta ur azaleko tenperaturaren igotzeak ur-zutabearen geruzapen bertikal txikia (0,6°C) eragin zuten azkeneko egunean. Elikagai disolbatuen kontzentraziooko aldatze-eredua antzekoa zen, lehenbiziko asteetan iraunkor izanik eta azkenean jausirik. Hau ur-azalean nabariagoa zen; nitratoaren kasuan bereziki (1. irudia). Azkeneko egune-

tan ere, bai klorofila-balioak eta bai ekoizpen primariokoak nabariki gehitu ziren (2. irudia). Gertaera hau, *Thalassiosira profunda* izeneko



2. irudia. Klorofila eta ekoizpen primarioaren aldakuntza denborala 0, 10 eta 40 m-ra

diatomeak sorterazitako *bloom* edo loraketa fitoplanktonikoaz azal dezakegu. Azken eguneko laginketan aurkitu zen ur-zutabeko egonkortasunak loraketa posible egin zuela argiro ikusten da. Ur azalean soilik gertaturiko fenomeno honek, nitratoaren ahitzea azal dezake alde batetik, eta bestetik, ur-uhertasunaren handiagotzea —eta ondorioz argiaren irangipen-koefizientearena ere bai—.

Ikerlan honetan kalkulatu diren P_m eta α ko balioak 2. taulan erakusten dira. Oro har, P_m ko balioen etengabeko hazkuntza ikus de-

-mugapenaz pisu molekular baxuko metaboli-toetan (PMBM) eta proteinetan eranspena handiagoa zela dirudi. Lipidotan eta polisakaridotan alderantziz, eranspena txikiagotu egin zen. Argi-eragin hau beste lanetan ere aurkitu da (Konopka & Schnur, 1980; Morris et al., 1981; Harding et al., 1985). Bestalde, ikerketaldiko lehenengo lau asteetan zehar, osagai zelular desberdinetako karbono-asimilazioko portzentaia erlatiboak egonkorrak izan ziren (% 29,3 PMBMtan, % 32,7 lipidotan, % 15,3 proteinetan eta % 22,7 polisakaridotan).

Orain arte aurkeztu diren datuetatik, popu-

Laginketa-eguna	89/4/5		89/4/13		89/4/20		89/4/26		89/5/3	
Sakonera/Parametroak	P_m	α	P_m	α	P_m	α	P_m	α	P_m	α
0 m	1,7	0,043	1,3	0,040	2,5	0,016	2,6	0,018	3,0	0,047
10 m	1,9	0,042	1,4	0,043	2,7	0,018	2,6	0,020	3,2	0,056
40 m	1,6	0,045	1,5	0,044	2,4	0,019	2,7	0,021	2,6	0,058

2. taula. Parametro fotosintetikoaren aldakuntza denborala:

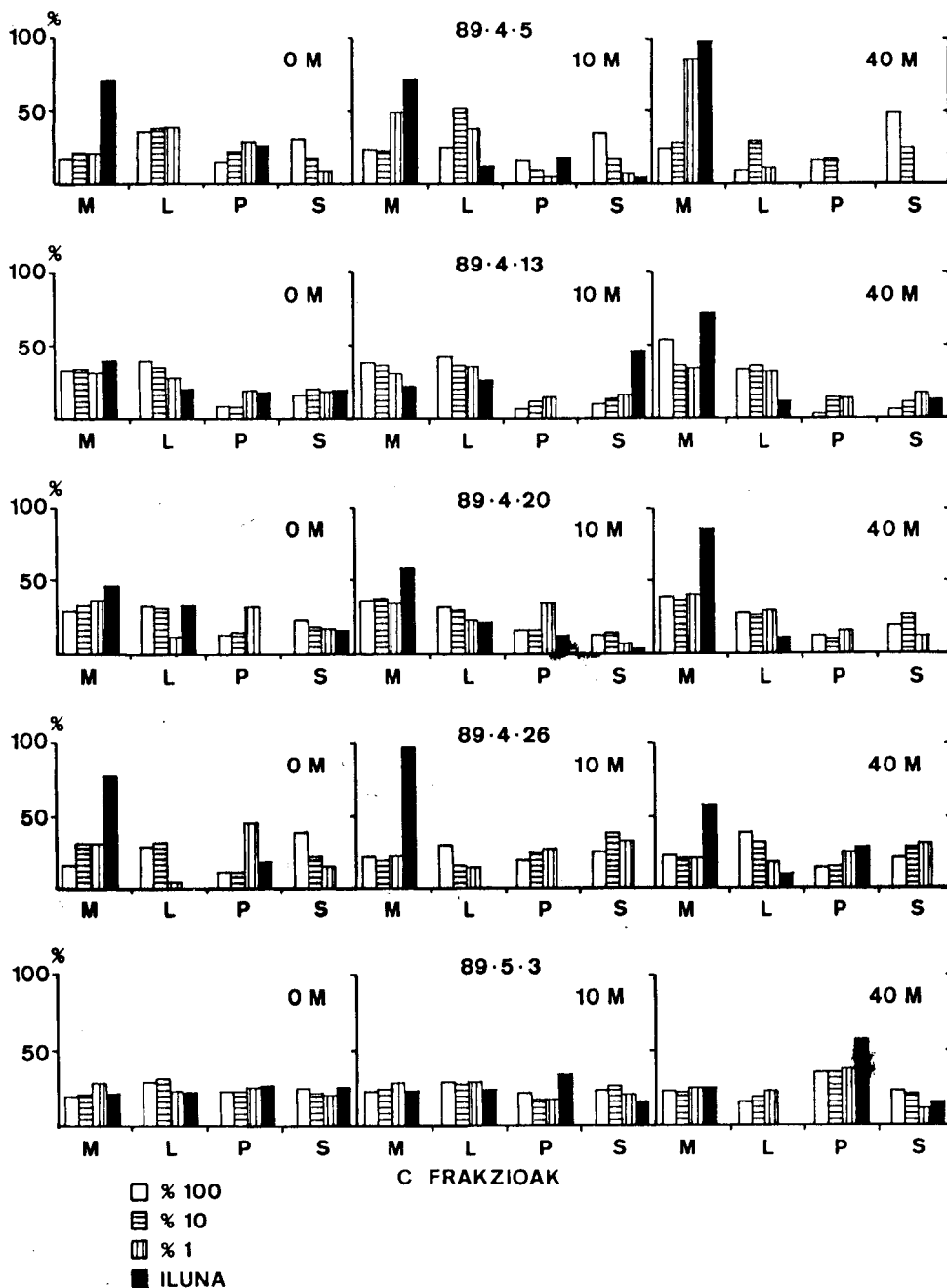
$$P_m = \text{mgC (mgKla)}^{-1} \text{ h}^{-1}$$

$$\alpha = [\text{mgC (mgKla)}^{-1} \text{ h}^{-1}] / \mu\text{E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

zakegu, tenperaturaren handiagotzeaz elkarturik segur aski (Côte & Platt, 1983). α ko balioa, zelulak jasotako argiaz erlazio naturik dago (Platt & Gallegos, 1981). Horregatik, fotosintesi-efizientziako balio txikiak, zelulak irradiantza altura moldatuta daudela adierazten dute (Prézelin, 1981). Beste emaitzekin konparatuz (Brightman & Smith, 1989; Howard & Joint, 1989), lan honetan, α ren bitarteko balioak aurkitu ziren, ur-nahaste eta udaberriko eguraldi-aldakortasuna direla eta zelulak argiaren aldakortasun handira moldatuta daudelako.

3. irudian, fotosintesi-deribatu desberdinetako C^{14} -eranspen erlatiboan izan zen argiaren eragina erakutsi da. Emaitza hauetan ikusten den aldakortasuna izan arren, argi-

lazio fitoplanktonikoa denboraldi honetan ingurune-mugapenik gabe aurkitzen zela ondoriozta dezakegu argiro. Erreserbakoizkintetan fotosintesi-karbonoko proportzio handia pilatzeak ere, fitoplanktona fisiologikoki **osasuntsua** zela esan nahi du (Barlow, 1982; 1984). Hala ere, azken egunetan proteina-sintesia handiagotu egin zen (%28,5), PMBM eta lipidoen sintesia jaitsi egin zelarik. Proportzio hauek, osagai zelular desberdinen sintesi orekatuagoa adierazten dute, eta beraz, hazkundera orekatuagoa dela esan genezake (Shuter, 1979). Azkenik, proteina-frakziotako eranspenaren gehikuntzak, frakzio metabolikoen murriztapenak, eta P_m ko baliorik altuena egun honetan aurkitzeak, fitoplankton-loraketaren bilakaerari



3. irudia. Argiaren eragina fotosintesi-deribatu desberdinetako C¹⁴ eranspen erlatiboan. (L=lipidoa, M=PMBM, P=proteina, S=polisakaridoa)

dagokionez hazkunde aktiboa adierazten digute (Hama et al., 1988; Madariaga & Fernandez, 1990).

ESKER ONEZ

Europako Komunitateen Komisioak emandako sailkako beka batek egin zuen posible lan hau burutzea.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BARLOW, R.G.; *Phytoplankton ecology in the southern Benguela current. II. Carbon assimilation patterns*; J. Exp. Mar. Biol. Ecol.; 63, 229–237, (1982).
- (2) BARLOW, R.G.; *Time-series uptake of carbon into photosynthetic products of Benguela phytoplankton populations*; J. Plank. Res.; 6, 435–442, (1984).
- (3) BRIGHTMAN, R.I. & SMITH, W.O.; *Photosynthesis-irradiance relationships of antarctic phytoplankton during austral winter*; Mar. Ecol. Prog. Ser.; 53, 143–151, (1989).
- (4) COTE, B. & PLATT, T.; *Day-to-day variations in the spring-summer photosynthetic parameters of coastal marine phytoplankton*; Limnol. Oceanogr.; 28(2), 320–344, (1983).
- (5) DRING, M.J. & JEWSON, D.H.; *What does ¹⁴C-uptake by phytoplankton really measure? A theoretical modelling approach*; Proc. R. Soc. Lond. B.; 214, 351–368, (1982).
- (6) EPPLEY, R.W.; *Relations between nutrient assimilation and growth in phytoplankton with a brief review*; Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.; 210, 251–263, (1981).
- (7) HAMA, T., HANDA, N., TAKAHASHI, M., WHITNEY, F. & WONG, C.S.; *Change in distribution patterns of photosynthetically incorporated C during phytoplankton bloom in controlled experimental ecosystem*; J. Exp. Mar. Biol. Ecol.; 120, 39–56, (1988).
- (8) HARDING, L.W., MEESON, B.W. & FISHER, T.R.; *Patterns of photosynthetic carbon metabolism in light-limited phytoplankton*; Mar. Biol.; 89, 121–133, (1985).
- (9) HARRIS, G.P.; *Photosynthesis, productivity and growth. The physiological ecology of phytoplankton*; Arch. Hydrobiol. Beih. Ergeb. Limnol.; 10, 1–171, (1978).
- (10) HARRIS, G.P.; *The measurement of photosynthesis in natural populations of phytoplankton*; in *The physiological ecology of phytoplankton* (I. Morris ed.) Berkeley Univ. Calif. Press.; 129–187, (1980).
- (11) HITCHCOCK, G.L.; *Labelling patterns of carbon 14 in net plankton during a winter-spring bloom*; J. Exp. Mar. Biol. Ecol.; 31, 141–153, (1978).
- (12) HOWARD, K.M. & JOINT, I.R.; *Physiological ecology of picoplankton in the North Sea*; Mar. Biol.; 102, 275–281, (1989).

- (13) JASSBAY, A & PLATT, T.; *Mathematical formulation of the relationship between photosynthesis and light for phytoplankton*; Limnol. Oceanogr.; 21, 540–547, (1976).
- (14) KONOPKA, A. & SCHNUR, M.; *Effect of light intensity on macromolecular synthesis in cyanobacteria*; Microb. Ecol. ; 6, 291–301, (1980).
- (15) LI, W.K.W., GLOVER, H.E. & MORRIS, I.; *Physiology of carbon assimilation by *Oscillatoria thiebautii* in the Caribbean Sea*; Limnol. Oceanogr.; 25, 447–456, (1980).
- (16) MADARIAGA, I. de & FERNANDEZ, E.; *Photosynthetic carbon metabolism of size-fractionated phytoplankton during an experimental bloom in marine microcosms*; J. Mar. Biol. Ass. U. K.; (argitaratu gabe).
- (17) MORRIS, I., GLOVER, H.E. & YENTSCH, C.S.; *Products of photosynthesis by marine phytoplankton: the effect of environmental factors on the relative rates of protein synthesis*; Mar. Biol.; 27, 1–9, (1974).
- (18) MORRIS, I.; *Photosynthetic products, physiological state, and phytoplankton growth*; Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. ; 210, 83–102, (1981).
- (19) MORRIS, I., SMITH, A.E. & GLOVER, H.E.; *Products of photosynthesis in phytoplankton off the Orinoco River and in the Caribbean Sea*; Limnol. Oceanogr.; 26, 1034–1044, (1981).
- (20) PLATT, T. & JASSBAY, A.D.; *The relationship between photosynthesis and light for natural assemblages of coastal marine phytoplankton*; J. Phycol.; 12, 421–430, (1976).
- (21) PLATT, T. & GALLEGOS, C.L.; *Modelling primary production*; in *Primary productivity in the sea* (P.G. Falkowski ed.) Plenum Press London; 339–362, (1981).
- (22) PETERSON, B.J.; *Aquatic primary productivity and the ^{14}C - CO_2 method: a history of the productivity problem*; Ann. Rev. Ecol. Syst.; 11, 359–385, (1980).
- (23) PREZELIN, B.B.; *Light reactions in photosynthesis*; Can. Bull. Fish. Aquat. Sci.; 210, 1–43, (1981).
- (24) SHUTER, B.; *A model of physiological adaptation in unicellular algae*; J. Theor. Biol.; 78, 519–522, (1979).
- (25) STEEMAN-NIELSEN, E.; *The use of radioactive carbon (^{14}C) for measuring organic production in the sea*; J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.; 18, 117–140, (1952).
- (26) STRICKLAND, J.M. & PARSONS, T.R.; *A practical handbook of seawater analysis*; Bull. Fish. Res. Board. Can.; 167, 1–311, (1972).