

# Quimisme de 17 pluges de fang al terme municipal de Palma (Mallorca)

Lluís A. FIOL i José A. GUIJARRO

## SHNB



SOCIETAT D'HISTÒRIA  
NATURAL DE LES BALEARS

Fiol, L.A. i Guijarro, J.A. 2013. Quimisme de 17 pluges de fang al terme municipal de Palma (Mallorca). *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 56: 129-136. ISSN 0212-260X. Palma de Mallorca.

Es dona a conèixer la química de 17 pluges de fang recol·lectades i analitzades, del terme municipal de Palma, durant el període comprès entre el gener de 1988 fins juny de 1990 ambdós inclosos. Tots els paràmetres estudiats queden alterats, respecte a la pluja normal, essent els increments més notables els de l'alcalinitat, calci i sulfats, seguits dels de la conductivitat, magnesi, sodi, potassi i clorurs.

**Paraules clau:** *anàlisis químiques, pluges de fang, Palma de Mallorca.*

CHEMISTRY OF 17 DUST RAINFALLS AT THE PALMA (MALLORCA) MUNICIPALITY. The chemistry of 17 analyzed dusty rain samples gathered at the Palma municipality from January 1988 to June 1990 is presented. All studied parameters show anomalous values when compared to the normal rainfall. Most noteworthy are increases in alkalinity, Calcium and Sulfates, followed by those of conductivity, Magnesium, Sodium, Potassium and Chlorides.

**Key words:** *chemist analysis, dusty rainfall, Palma de Mallorca.*

*Lluís A. FIOL, Laboratori de Botànica. Departament de Biologia Ambiental, Universitat de les Illes Balears. Carretera de Valldemossa, km 7,5. 07122 Palma; lluis.fiol@uib.cat. José A. GUIJARRO, Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), Delegación Territorial en las Islas Baleares.*

*Recepció del manuscrit: 22-jul-13; revisió acceptada: 10-des-13.*

## Introducció

Actualment la bibliografia disponible sobre les pluges de fang al mediterrani occidental comença a ser rellevant, des de treballs del segle XIX, com Bouis (1863), fins, per exemple, Fiol *et al.* (2005) i Muhs *et al.* (2010), fent referència principalment a la descripció general del fenomen, la composició mineralògica i elemental de la fracció particulada i la interpretació meteorològica del procés. Per altra banda, són més escassos els treballs sobre el quimisme d'aquestes pluges, que queda

clarament modificat per les partícules minerals que les gotes de pluja incorporen durant la seva caiguda. Coneixem, de la mateixa àrea, els treballs de: Canobbio (1841), Loÿe-Pilot *et al.* (1986), Loÿe-Pilot i Morelli (1988), Àvila i Rodà (1989), Àvila i Rodà (1991), Rodà *et al.* (1993), Àvila (1999) i Àvila i Alarcón (1999). Es creu interessant assenyalar que els treballs citats s'han realitzat a partir de mostres de deposició global, és a dir, la pluja més les partícules de pols que s'acumulen dins l'aparell receptor obert permanentment.

Durant el període de recol·lecció de

mostres de pluja relacionades a Fiol (2011), es varen registrar 42 pluges de fang (Fiol *et al.*, 2005), 17 de les quals proporcionaren una mostra d'aigua suficient per realitzar les anàlisis corresponents, els resultats dels quals no s'incloueren dins el citat estudi, a causa de l'alteració que provoca, en el quimisme d'aquestes mostres, la càrrega de partícules minerals en suspensió procedents del nord d'Àfrica.

En aquest treball donam a conèixer els resultats de les anàlisis d'aquestes 17 pluges de fang, fenomen al que cada vegada se li presta més atenció per les diverses implicacions que presenta: formació de sòls quaternaris (Prodi i Fea, 1978), formació de depòsits marins i càrstics (Fornós *et al.*, 1997) aportació de nutrients als ecosistemes (Hedin *et al.*, 1995), etc.

## Mètodes

L'estació de mostreig va estar situada al campus de la Universitat de les Illes Balears (UIB), a 85 m s.n.m. a 7,5 km del nucli urbà de Palma i a una altura de 15 m sobre el nivell del terra.

Per a la recollida de les mostres d'aigua de pluja emprarem un embut de polietilè d'alta densitat de 25 cm de diàmetre ( $S=0,05 \text{ m}^2$ ) (Laquer, 1990), col·locat a una alçada de 75 cm del trespol del terrat de l'edifici més antic del Mateu Orfila i Rotger, i comunicat mitjançant un tub de làtex de 10 mm de diàmetre amb una botella de 2 l de capacitat, també de polietilè d'alta densitat. Per impedir l'entrada d'insectes, etc., col·locarem, dins l'embut, un tampó de fibra plàstica que es

DDMMAA	Precep mm	Cnd $\mu\text{S/cm}$	pH	Alc $\mu\text{eq/l}$	Cl <sup>-</sup> $\mu\text{eq/l}$	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> $\mu\text{eq/l}$	Ca <sup>2+</sup> $\mu\text{eq/l}$	Mg <sup>2+</sup> $\mu\text{eq/l}$	Na <sup>+</sup> $\mu\text{eq/l}$	K <sup>+</sup> $\mu\text{eq/l}$	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> $\mu\text{eq/l}$
170188	1,8	74,4	6,8	65,6			758,5	65,8	213,6	35,0	
300388	1,9	105,0	7,3	114,7			334,3	148,1	372,8	35,0	
020488	7,3	91,0	7,0	147,5			304,4	82,3	352,3	20,7	
070588	1,0	100,0	7,3	327,8			1007,0	98,7	184,4	48,6	
090688	2,0	92,2	7,3	213,1			768,5	97,9	234,9	28,1	
230688	0,8	129,6	7,2	262,2			1062,9	148,1	211,4	51,0	
181088	2,2	96,4	7,2	376,9	283,6		708,6	66,6	247,9	28,6	
300389	0,9	254,0	7,6	458,9	768,5	443,3	1791,4	312,6	698,1	63,2	
300389	3,1	159,5	8,3	753,9	545,5	1351,1	1362,3	156,3	355,8	39,9	33,3
240489	7,3	215,0	8,1	622,8	594,0	1831,7	1372,3	172,8	390,2	67,8	36,6
290589	1,9	80,4	6,5	163,9	303,0	247,5	519,0	98,7	188,8	27,1	
300589	6,4	59,5	7,5	213,1	235,1	247,5	439,1	57,6	117,0	18,2	59,9
050789	1,7	214,0	7,5	819,4	380,6		1621,8	255,0	262,7	70,6	
100789	1,3	163,7	7,7	508,1	322,4		1327,4	181,0	166,6	44,2	
050390	7,1	153,7	7,1	98,3	1349,9	249,8	197,1	24,7	1116,6	39,4	47,7
140390	4,1	41,0	6,5	73,8	120,0	187,4	883,2	65,8	81,3	19,7	82,0
240390	1,9	52,6	6,8	155,7	150,0	218,6	333,3	98,7	77,0	17,1	
$\bar{X}$	3,1	120,7	7,1	294,6	550,1	629,5	739,3	103,3	375,5	36,1	51,0
$\sigma$	2,3	59,5	0,9	235,5	420,0	652,8	475,3	62,8	316,5	17,7	15,9

**Taula 1.** Valors dels paràmetres estudiats, mitjana global i desviació típica ponderades, a les pluges de fang registrades al terme municipal de Palma. DDMMAA: Dades en DiaMesAny).

**Table 1.** Values of the studied parameters, overall weighted means and standard deviations, of the dusty rainfall sampled at Palma municipality. (DDMMAA: Dates in DayMonthYear).

netejava després de cada pluja i es renova periòdicament. Per evitar la deposició global o *bulk precipitation*, el sistema de recollida quedava protegit en cas de no haver-hi risc de precipitació i es netejava diàriament amb aigua destil·lada, en cas de quedar destapat i després de cada pluja, per evitar la deposició seca o *dry deposition* (Galloway i Likens, 1978).

En tots els casos, es va tractar d'una recollida de mostres discreta, considerant separatament cada esdeveniment de pluja.

Quan el volum de la precipitació ho feia possible, es mesuraven 250 ml i es realitzava l'anàlisi immediata del pH, conductivitat i alcalinitat. A continuació, una vegada filtrada la mostra es guardava dins tubs de polietilè de 10 ml a 4°C i amb tres gotes de cloroform (Galloway i Likens, 1978).

Des de l'inici, es mesuraren els cations:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . A partir del 17-09-1988, també els  $\text{Cl}^-$  i els  $\text{SO}_4^{2-}$  i, a partir del 27-01-1989, s'analitzà l' $\text{NH}_4^+$ .

Per mesurar el pH i la conductivitat s'empraren un pH-metre CRISON 501 i un conductímetre CHEMTRIX 700, respectivament.

Per mesurar l'alcalinitat, sulfats, clorurs i amoni, s'emprà el mètode preparat per la firma Hach Chemical Company, seguint els protocols d'Apha-Awwa-Wpcf (1981).

Respecte als cations s'emprà un espectrofotòmetre d'absorció atòmica PERKIN ELMER 703.

Amb les mesures de tots aquests paràmetres es va realitzar una Anàlisi de Components Principals amb el paquet R (R Development Core Team, 2011).

## Resultats i discussió

Les pluges de fang presenten sempre un grau considerable de terbolesa, que està en funció del volum de precipitació i de la

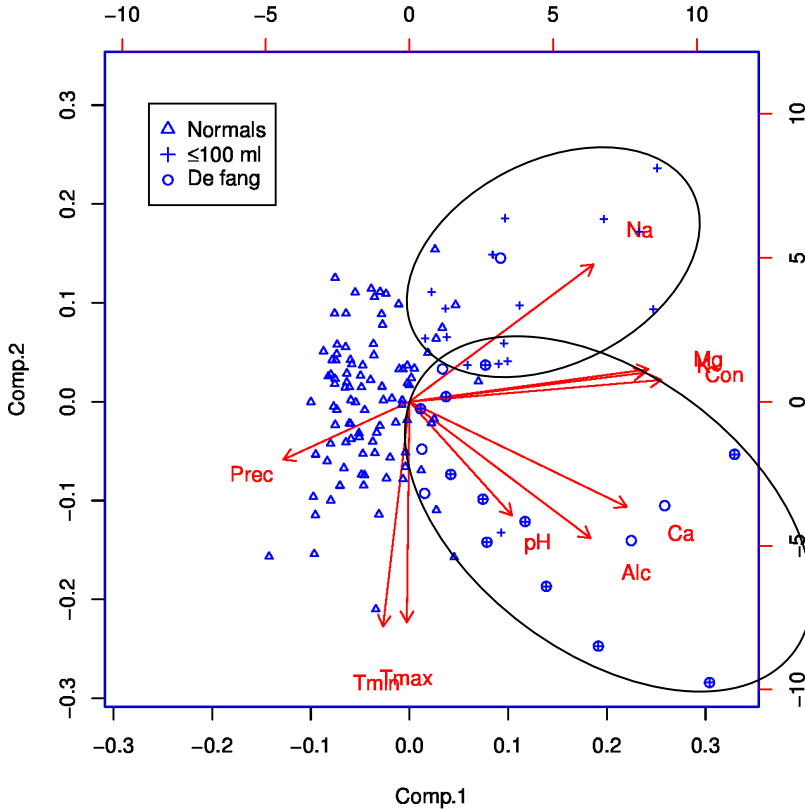
quantitat de material particulat que aporta la pols d'origen saharià, de composició principalment llimosa (Fiol *et al.*, 2005). La mitjana del pes de 10 mostres recollides durant el període considerat, és de 5,5 g/m<sup>2</sup> de pols, compreses entre 0,53 g/m<sup>2</sup> (29-06-1988) i 18,69 g/m<sup>2</sup> (24-04-1989).

La conseqüència immediata d'aquest fenomen és l'alteració química que comporta a l'aigua de pluja, i que es fa patent al comparar les mitjanes de les Taules 1 i 2 i observant el nigul de punts a la Fig. 1. Els valors de la segona taula són el resultat d'un mostreig d'aigua de pluja normal (deposició humida) efectuat durant 30 mesos, a la mateixa localitat (Fiol, 2011).

Per a caracteritzar aquestes pluges dins el context general de totes les mostres de pluja analitzades, es va du a terme una Anàlisi de Components Principals (ACP) on 129 mostres es descriuen amb 10 valors, què són els paràmetres de la Taula 1 manco clorurs, sulfats i amoni (què es varen llevar perquè només s'havien analitzat a una part de les mostres), i es varen afegir les temperatures màximes i mínimes dels dies de la recollida de cada mostra. L'ACP es va realitzar damunt la matriu de correlació, i els resultats es poden veure resumits al *biplot* de la Fig. 1, on tant les mostres com les variables emprades estan projectades al pla definit per les dues primeres components principals, què varen explicar 70,8% de la variància inicial.

Com s'observa a la Taula 1 i a la Fig. 1, respecte al volum de precipitació, les pluges de fang, per la situació meteorològica en la que es produeixen, solen ser d'escàs volum i d'escàs volum i les primeres del front causant del succés de pluja corresponent.

A la Fig. 1 queden agrupades les pluges de fang, amb valors d'alcalinitat i  $\text{Ca}^{2+}$  elevats, com a trets més rellevants, i les



**Fig. 1.** Projecció sobre els components principals 1 i 2 de les variables analitzades a l'aigua de pluja. Les pluges de fang apareixen associades a alts valors sobretot de  $\text{Ca}^{2+}$ , alcalinitat (Alc), conductivitat (Con) i pH, i les pluges petites ( $\leq 100$  ml) presenten un alt contingut en  $\text{Na}^+$ . Una creu inscrita dins un cercle indica pluja de fang i  $\leq 100$  ml, simultàniament. Prec indica volum de la mostra de precipitació.

**Fig. 1.** Projection on Principal Components 1 and 2 of the analyzed variables of the rainfall samples. Normal samples are indicated by a triangle, dusty samples by a circle, and small ( $\leq 100$  ml) samples by a cross. (A cross inside a circle express dusty and small samples). Dusty rainfalls appear associated to high values of  $\text{Ca}^{2+}$ , alkalinity (Alc), conductivity (Con) and pH, while small samples show a high sodium content (and are located at the opposite side of vector Prec, precipitation sample volume).

pluges  $\leq 100$  ml ( $\sim 2 \text{ l/m}^2$ ), amb una clara influència marina, és a dir un alt contingut en sodi així com de clorurs (Taula 1). A la taula 5 i a la mateixa figura, queden

caracteritzades les 11 pluges de fang i simultàniament les  $\leq 100$  ml.

Les pluges  $\leq 100$  ml ( $\sim 2 \text{ l/m}^2$ ) quan tenen lloc, per exemple, després d'un

	Cnd μS/cm	pH	Alc μeq/l	Cl <sup>-</sup> μeq/l	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> μeq/l	Ca <sup>2+</sup> μeq/l	Mg <sup>2+</sup> μeq/l	Na <sup>+</sup> μeq/l	K <sup>+</sup> μeq/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> μeq/l
$\bar{x}$	30,7	5,7	50,6	198,9	66,8	113,8	36,8	150,5	12,1	37,8
$\sigma$	21,1	0,7	42,7	139,5	73,4	105,3	26,8	123,9	7,4	24,4

**Taula 2.** Mitjana global i desviació típica ponderades a l'aigua de pluja normal (deposició humida), al campus de la UIB.

**Table 2.** Overall weighted means and standard deviations of normal rainfall samples (wet deposition), at the UIB campus.

període sense precipitació, presenten una notable alteració en el seu quimisme (Àvila, 1996), que atribuïm als aerosols en suspensió, ja siguin d'origen marí o antropogènics (Taula 3 i 4, Fig.1) i que és necessari valorar per conèixer la seva incidència a l'estudiar la deposició humida i el possible grau de participació en el cas de les pluges de fang (Taula 5). Mateu (1995) assenyala que, a la mateixa localitat on s'ha fet aquest seguiment, la deposició seca representa un 20% de la deposició total.

Com s'ha comentat, el que resulta de la fracció de la pols d'origen saharià que es dissol, a l'incorporar-se a les gotes d'aigua de pluja, és un increment generalitzat a tots els paràmetres estudiats (Taula 1 i 2, Fig. 1). Així la mitjana de la conductivitat, que ens indica el grau de mineralització, de les pluges de fang és, quasi bé, quatre vegades superior a la mitjana de la deposició humida. Mentre, per altra banda, disminueix la seva variabilitat respecta a l'aigua de pluja.

Diversos autors com: Loÿe-Pilot i Morelli (1988), Àvila (1999), Rodà *et al.* (1993), Molinaroni *et al.* (1993), Fiol *et al.* (2005), etc. confirmen que el quars, la calcita i la dolomita són els components majoritaris de les pluges de fang, el que explica, en bona part, els valors d'alcalinitat, Ca<sup>2+</sup> i Mg<sup>2+</sup> a la taula 1, respecte a la deposició humida, i resalta el paper de les pluges com a via d'entrada de nutrients en els ecosistemes (Hedin *et al.*, 1995).

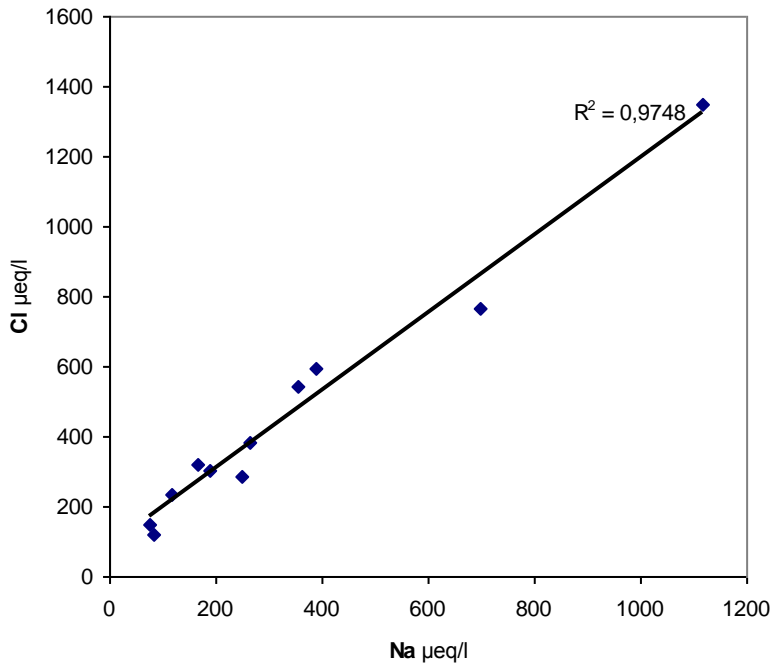
Els clorurs i el Na<sup>+</sup> també presenten un increment notable respecte a la deposició humida, que és el resultat de la incorporació d'aerosols d'origen marí a les masses d'aire que travessen el Mediterrani, així com l'efecte de la dissolució d'evaporites d'origen africà (Àvila, 1999). La bona correlació entre els dos ions (Fig. 2), confirma el seu origen comú.

Els valors de K<sup>+</sup> tripliquen la mitjana registrada a la deposició humida. El seu origen es suggereix que està relacionat amb

	Cnd μS/cm	pH	Alc μeq/l	Cl <sup>-</sup> μeq/l	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> μeq/l	Ca <sup>2+</sup> μeq/l	Mg <sup>2+</sup> μeq/l	Na <sup>+</sup> μeq/l	K <sup>+</sup> μeq/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> μeq/l
$\bar{x}$	133,0	5,5	94,9	707,2	353,2	400,9	162,3	633,9	46,8	-
$\sigma$	41,8	0,7	72,7	373,6	147,9	195,8	82,0	320,1	21,3	-

**Taula 3.** Mitjana global i desviació típica ponderades de 18 pluges ≤ 100 ml (~2 l/m<sup>2</sup>), sostretes del total de deposició humida, per presentar un quimisme alterat sobretot per aerosols d'origen marí.

**Table 3.** Overall weighted mean and standard deviation of 18 small (≤100 ml, equivalent to ~2 l/m<sup>2</sup> precipitation) rainfall samples extracted from total humid deposition because of their perturbed chemistry (mostly due to aerosols of marine origin).



**Fig. 2.** Correlació positiva entre el Na<sup>+</sup> i els clorurs a les pluges de fang.  
*Fig. 2. Positive correlation between sodium and chloride in the dusty rainfall samples.*

els feldspats potàssic, que és un integrant de la pols d'origen saharià (Fiol *et al.*, 2005). És interessant assenyalar el valor que assolix la mitjana per aquest catió en el cas de les pluges ≤ 100 ml (Taula 3) i que diversos autors atribueixen a un origen múltiple, ja sigui el sòl (Munger i Eisenreich, 1983), els fertilitzants agrícoles (Bellot, 1989), un possible origen marí (Llobera, 1990), etc.

Molt notable resulta la mitjana respecte als sulfats, tant a les pluges de fang com a les pluges ≤ 100 ml (Taules 1 i 3), que suposa l'increment més important de tots els paràmetres estudiats, en comparació a la deposició humida. L'origen divers d'aquest anió fa complicat concretar la seva procedència. Bellot (1989) indica que els aerosols marins poden arribar a suposar

entre un 20 i un 30 % dels sulfats presents a la pluja.

Altres possibles orígens serien: adobs utilitzats a l'agricultura intensiva, emissions biogèniques a partir de composts orgànics de sofre reduïts, l'ús de combustibles fòssils tant a la indústria com als motors d'explosió, etc. Àvila i Rodà (1989) també

	Alc µeq/l	Cl <sup>-</sup> µeq/l	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> µeq/l
$\bar{x}$	147,5	315,9	274,8

**Taula 4.** Valors de cinc mostres de deposició seca, de deu dies de durada en cada cas, recollides a la ciutat de Palma (Fiol, 1983).

*Table 4. Chemical values of five dry deposition samples, ten days long each, gathered at Palma city (Fiol, 1983).*

	Cnd μS/cm	pH	Alc μeq/l	Cl <sup>-</sup> μeq/l	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> μeq/l	Ca <sup>2+</sup> μeq/l	Mg <sup>2+</sup> μeq/l	Na <sup>+</sup> μeq/l	K <sup>+</sup> μeq/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> μeq/l
$\bar{x}$	114,5	7,0	299,0	327,5	310,1	843,0	131,5	245,0	37,7	-
$\sigma$	54,7	0,8	215,3	157,4	102,0	445,9	69,4	128,7	15,5	-

**Taula 5.** Mitjana global i desviació típica ponderades d'onze pluges de fang i, simultàniament,  $\leq 100$  ml ( $\sim 2$  l/m<sup>2</sup>).

**Table 5.** Overall weighted mean and standard deviation of 11 both dusty and small ( $\leq 100$  ml, equivalent to precipitations of  $\sim 2$  l/m<sup>2</sup>) rainfall samples.

suggereixen com a possible origen d'aquests sulfats, la solubilització dels guixos de la pols africana, que per altra banda, fins ara, no s'han identificat a les mostres analitzades. Els pocs valors obtinguts respecte de l'amoni, no permeten fer cap consideració.

## Agraïments

Desitjam agrair a la Dra. Maria Far les dades que ens proporcionà dels cations: sodi, potassi, calci i magnesi.

## Bibliografia

- Apha-Awwa-Wpcf. 1981. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association Washington. 1134 pp.
- Àvila, A. 1996. Time trends in the precipitation chemistry at a mountain site northeastern Spain for the period 1983-1994. *Atmospheric Environment*, 30: 1363-1373.
- Àvila, A. 1999. Las lluvias de barro y el transporte y deposición de material sahariano sobre el nordeste de la península Ibérica. *Orsis*, 14: 105-127.
- Àvila, A. i Alarcón, M. 1999. Precipitation chemistry and related meteorological situations at a rural site in NE Spain for the period 1983-1994. *Atmospheric Environment*, 33: 1663-1677.
- Àvila, A. i Rodà, F. 1989. Les pluges de fang al Montseny. In: III Trobada d'Estudiosos del Montseny. Diputació de Barcelona, Barcelona: 67-78.
- Àvila, A. i Rodà, F. 1991. Red rains as major contributors of alkalinity and nutrients to a holm oak forest in the Montseny mountains. *Orsis*, 6: 215-229.
- Bellot, J. 1989. *Análisis de los flujos de deposición global, traslocación, escorrentía cortical y deposición seca en el encinar mediterráneo de l'Avic (Sierra de Prades, Tarragona)*. Tesi doctoral. Universitat d'Alacant.
- Bouis, J. 1863. Relation d'une pluie de terre tombée dans le midi de la France et en Espagne. C.R.A.S., 972-974.
- Canobbio, M. 1841. description et analyse d'une eau de pluie rouge tombée à Genes en février 1841. C.R.A.S., T. XIII n°4, 215-219.
- Fiol, L.A., Fornós, J.J., Gelabert, B. i Guijarro, J.A. 2005. Dust rains in Mallorca (Western Mediterranean): Their occurrence and role in some recent geological processes. *Catena*, 63: 64-84.
- Fiol, L.A. 2011. *Líquens saxícoles calcícoles de Mallorca i Cabrera. Control biològic del procés de meteorització de les roques calcàries*. Tesi doctoral. Universitat de les Illes Balears.
- Fornós, J.J., Crespi, D. i Fiol, L.A. 1997. Aspectes mineralògics i texturals de la pols procedent de les pluges de fang a les Illes Balears: la seva importància en alguns processos geològics recents. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 40: 113-122.
- Galloway, J.N. i Likens, G.E. 1978. The

- collection of precipitation for chemical analysis. *Tellus*, 30: 71-82.
- Hedin, L.O., Armesto, J.J. i Johnson, A.H. 1995. Patterns of nutrient loss from unpolluted, old growth temperate forest: evaluation of biogeochemical theory. *Ecology*, 76: 493-509.
- Laquer, F.C. 1990. Sequential precipitations samplers: a literature review. *Atmospheric Environment*, 24: 2289-2297.
- Loÿe-Pilot, M.D., Martin, I.M. i Morelli, J. 1986. Influence of Saharan dust on the rain acidity and atmospheric input to the Mediterranean. *Nature*, 321: 427-428.
- Loÿe-Pilot, M.D. i Morelli, J. 1988. Fluctuations of ionic composition of precipitations collected in Corsica related to changes in the origins of incoming aerosols. *J. Aerosol Sci.*, 19(3): 577-585.
- Llobera, M. 1990. *Estudio limnológico de las fuentes de la Sierra de Tramuntana: Características físico-químicas*. Tesi de llicenciatura. 138pp. Universitat de les Illes Balears.
- Mateu, J. 1995. *Contribución al estudio del transporte de aerosoles atmosféricos en el Mediterráneo noroccidental*. Tesi doctoral. 349 pp. Universitat de les Illes Balears.
- Molinaroni, E., Guerzoni, S. i Rampazzo, G. 1993. Contribution of Saharan dust to the Central Mediterranean Basin. In: Johnsson, M.J. i Basu, A. (eds.), *Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments: Boulder, Colorado, Geological Society of America. Special Paper 284*.
- Muhs, D.R., Budahn, J., Àvila, A., Skipp, G., Freeman, J. i Patterson, D.A. 2010. The role of African dust in the formation of Quaternary soils on Mallorca, Spain and implications for the genesis of Red Mediterranean soils. *Quaternary Science Reviews*, 20: 2518-2543.
- Munger, J.W. i Eisenreich, S.J. 1983. Continental-scale variations in precipitation chemistry. *Environ. Sci. Technol.*, 17: 32-42.
- Prodi, F. i Fea, G. 1978. Transport and deposition of Saharan dust over Alps. 15. Internationale Tagung fuer Alpine Meteorologie. Grindelwald 19-23 Sept. 1978. Publications de l'Institut Suisse de Météorologie. 179-182.
- R Development Core Team 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-project.org/>.
- Rodà, F., Bellot, A., Àvila, A., Escarré, A., Piñol, J. i Terradas, J. 1993. Saharan dust and the atmospheric inputs of elements and alkalinity to mediterranean ecosystems. *Water, Air and Soil Pollution*, 66: 277-288.