

Ozono zuloa

Antartikako zeruen osatze bitxia

25 urte joan dira *Nature* aldizkari sonatuak ozonoa eskastearen gaineko alarma gorria piztu zuenetik. Lurra babesten duen geruza larriki mehetzen ari zela frogatu zitzaigun, eta neurri zorrotzak istantean hartuta ere, egoerari buelta ematen hasterako mende erditik gora beharko zela ziurtatu. Bi hamarkada pasatsu joan direnean, arazoa ia konponduta eta ahantzita dagoela dirudi...

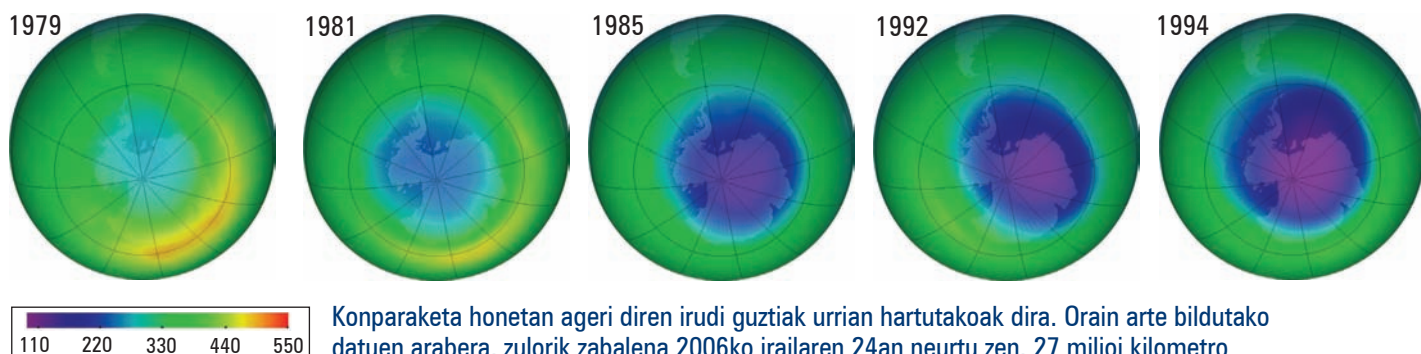
JOXERRA AIZPURUA

NASako satelliteak 2010eko irailaren 3an hartutako irudia. Hego Poloko inguruak 220 Dobson unitateko muga osasungarritik behera ageri dira.

Ozono kopurua
Dobson unitatetan
neurtzen da



● Ozono zuloa



Konparaketa honetan ageri diren irudi guztiak urrian hartutakoak dira. Orain arte bildutako datuen arabera, zulorik zabalena 2006ko irailaren 24an neurtu zen. 27 milioi kilometro koadroko hedapena izan zuen. Ahulezia-punturik handiena, berriz, 1994ko urriaren 4an erregistratu zen. 92 Dobson unitate besterik ez.



1985EAN, notizia harrigarri hura zabaldu zeneko hartan, Elhuyarren ari nintzen lanean. Estratosferan dagoen ozonoaren mailak, bereziki kontinente izoztuan, beheranzko joera nabaria zuela zioten adituek; eta horrela jarraituta, eboluzio hori gelditu ezean, gaur egun ezagutzen den biziak jai izango zuela epe laburrean.

Ez genuen apenas daturik esku artean, lerro gutxitan azaldutako ikerketa larri hark eragindako sentsazio itogarria besterik, baina gaiak gizarteratze gordina behar zuela zalan-tza izpirik ez genuen.

Alarma gorriak, J. Farman, B. Gardiner eta J. Shanklin jaunek *Nature* aldizkarian argitaratutako ikerketa zuen abiapuntu; 1959 urteaz

Antartikako Weddell itsasoa. Bertan ipinitako estazioan, 1959 urteaz geroztik hartutako datuek piztu zuten alarma gorria 80ko hamarkadan.

geroztik Antartikan, Weddell itsas hegian kokatutako Halley Bay-ko estazioan egindako atmosfera neurketetan oinarritutako azterketa, alegia.

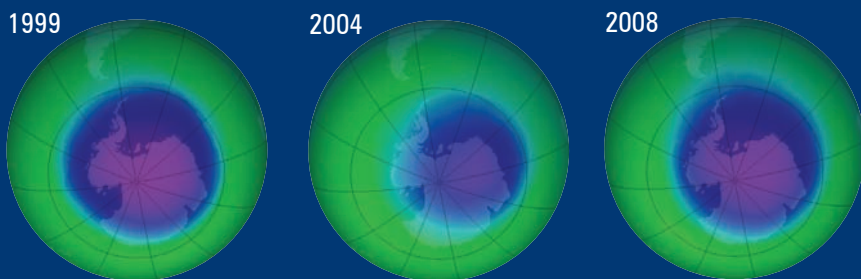
Urte eta erdiko jarraipenaren ostean, eta hiru ikerlarien teoria baieztatzera heltzen ziren notizien bilduma eginda, artikulu luze-sakona argitaratu genuen *Elhuyar Zientzia eta Teknika* aldizkarian, 1987ko apirilko zenbakian. Nire lan jardueran ondorio zuzena izan zuen ia istantean: hilabete eskasera ETBko magazine batera gonbidatu ninduten, eta segidan ikastetxe eta udaletatik hasi zitzaizkidan deika. Ehunka hitzaldi eman nituen. Dozenatik gora elkarrizketa egin zizkidaten euskal irratietan.

Artean, ozonoa eskastearen zergatiak ezagutzen ez baziren ere, nagusi ziren hipotesiek ez zuten baikor izateko zirrikiturik txikiena ere uzten. Aurreikuspen katastrofistek neurri tinkoak hartzera bultzatu zituzten agintari politikoak.

25 urte igaro dira gaiari funtsaz heldu zitzaionetik. Ozono zuloaren larritasunak 80 eta 90eko hamarkadetan iragartzen zigun etorkizun beltzak berotegi efektuari pasatu dio erreleboa, kasik ozonoaren arazoaz ahazteraino.

Ozono zuloa: non eta zergatik

Ozonoa estratosferan sortzen da, 15 eta 40 kilometro arteko altueran. Atmosferan dauden gainerako elementuekin alderatzen bada, oso urria da kantitatez, milioitik 2-8ko proportzioa besterik ez baitu. Bestela esanda, estratosferako ozono guztia itsas mailara ekarriko bagenu, 3 mm-ko geruza besterik ez genuke osatuko. Substantzia urri honek, hala ere, garrantzi handiko zereginak ditu. Batetik, eguzkitiko izpi ultramoreei bidea oztokatzea. Bestetik, egunez eguzki izpien bidez heltzen den beroa gauera-ko metatzea, ihes egiten ez uztea.



Kronologia

1840. Molekularen aurkikuntza.

C. F. Shoenbein ikerlariak ozono molekula aurkeztu zuen Parisko Zientzia Akademian. O_3 gisa formulatu zen gerora.

1879-1881. Ozono-geruza:

kokapena eta misioa. W. N. Hartley eta A. Cornu ikerlariak ozonoa estratosferan kokatu eta bertan osatzen duen geruza identifikatu zuten. Ozono-geruzaren misioa eguzkitik datozen izpi ultramoreak oztopatzea zela argudiatu zuten.

1920. Non sortzen eta nola hedatzen den.

G. M. B. Dobson-ek zuzendutako taldeak ozonoa neurtu zuen. Ikerketak frogatzen zuenenez, ozonoa tropikoen artean sortzen da batik bat eta haize estratosferikoen bidez hedatzen da estratosfera osora.

1928. CFC konposatuen aitzindariak.

T. Midgley kimikariak etxeko hozkailuetan erabiltzen ziren substantzia toxikoen ordezkioak aurkeztu zituen: konposatu klorofluorokarbonatuak (CFC). Ozonoa horrenbeste kaltetzen duten konposatuen aitzindariak, alegia.



1930. Ozonoaren sorrerari buruzko lehen teoria.

S. Chapman-en argudioen arabera, izpi ultramoreek oxigeno molekularra (O_2) apurtzen dute. Apurketatik sortutako oxigeno atomikoa beste oxigeno molekular batekin elkartzean sortzen da ozonoa (O_3). Hala, ozonoa estratosferan kokatzeari ere azalpena eman zion.

1950-1960. CFC konposatuen moda.

Spray, disolbatzaile, airea girotzeko aparatu nahiz hozkailuek

bezala, ozonoa kaltetzen duten substantziak erruz hedatu ziren.

1957. Ozonoa neurtzeko sistemak.

Nazioarteko urte geofisikoa izendatzearekin batera, ozonoa neurtzeko sistemak instalatu ziren munduan. Aipagarrienetakoa, britainiarrek Antartikan eraikitakoa.

1960-1970. Hidrogenoaren eragina.

J. Hamson-ek Chapman-en teoria osatu zuen. Ozonoaren sortze eta desagertze dinamikoa hidrogenoaren eragina azaldu zuen.

1970-1971. Nitrogenoaren kalteak.

P. Crutzen eta H.S. Johnston garraio supersonikoa aztertzen ari ziren nitrogenoak ozono-geruzari eragiten dion kalteaz jabetu zirenean. Ikerketaren ondorioz, hegazkinei altura batetik gora hegan egitea debekatu zitzaion.

1970. Alarma gorria.

M. Molina eta F.S. Rowland ikerlariak CFC substantziak neurrigabe produtziteak ekarriko zituen ondorioak aztertu zituzten. Horrela segituta, eta hidrogenoaren eta nitrogenoaren eraginez, ozono molekular nabarmen urrituko zirela ohartarazi zuten.



1970-1980. Lehen erabakiak.

Ipar Poloaren inguruko estatuek —AEB, Kanada, Norvegia, Suedia— CFC substantziak sprayetan ahalik eta gutxien erabiltzea erabaki zuten.

1980-1990. CFC substantzien erabilera gorantz.

Industria elektronikoan garbitzaile gisa erabiltzen da, baita etxeen isolaketan ere.

1985. Ozono zuloa. Udaberrian, Hego Poloko ozono maila %40 eskatu zela adierazi zuten British Antarctic Survey-ko ikerlariak. Ordura arteko aurreikuspenik ezkorrenen %5eko jaitsiera besterik ez zuten iragartzen. Datua jakinez geroztik ozono zuloaz mintzatzen hasi ziren adituak.



1986. Bromoa eta kloroa ere bai.

Antartikako McMurdo estazioan neurketa zehatzagoak egin zituen abuztutik azarora bitartean. Estratosferara igorritako globoen bidez, bromo eta kloro kantitate handiak pilatu direla jakin zen.

1987. Montrealeko protokoloa.

1987ko irailaren 16an, Nazio Batuek Montrealeko protokoloa adostu zuten. 2000. urterako, CFC substantzien erabilera eta produkzioa erdira murriztea erabaki zen.

1988. Ikerketen emaitza ezkorak.

Hego Poloan ez ezik, Ipar poloan eta ipar hemisferioan ere ozono geruza ahultzen ari zela adierazi zen.

1990-2000. Neurriak praktikan.

Montrealeko protokoloaren jarraipen gisa, segimenduzko bilerak egin ziren Helsinkin, Londresen, Nairobin, Kopenhagen, Bangkok, Vienan eta, berriro ere, Montrealen. 1987ko protokoloan erabakitakoa epez aurretik ezartzea onartu zuten munduko estatu gehienek.

1990-2000. CFC substantziak baztertu ziren.

CFC deituriko substantziak HCFC deitu substantziekin ordezkatu ziren kasik erabat. Gerora, HCFC substantzien ordezkoen bila hasi ziren, berotegi efektua areagotzen dutelako.

2000. HCFC ere baztertuta.

HFC eta PFC deituriko konposatuek HCFC substantzien lekua hartu dute.

2009

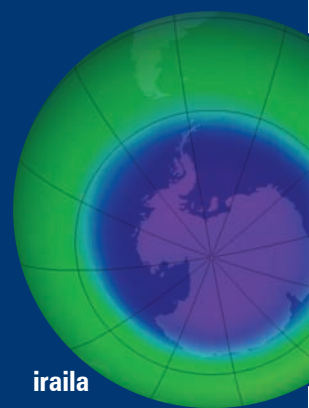
Ozono zuloak
joan den
urteko sasoi
kritikoan
erakutsitako
eboluzioa



uztaila



abuztua



iraila

Ozono kantitatea neurtzeko sistemak Dobson unitateak baliatzen ditu. Arrunki aurkitzen den maila estratosferikoa 300 Dobson unitatetik gorakoa izan ohi da. 220tik beherakoa denean, eskastzat jotzen da.

Ikerketek mundu osoko tokietan ipini izan dute arreta, baina datu kezagarriak Antartikatik heldu izan dira salbuespenik gabe, eta hango negutik udaberrira igarotzeko sasoiari beti. Hau da, abuztuaren amaieratik urriaren

balitz, edota, Ipar Poloan ere Hego Poloko egoera errepikatuko balitz? Ezin ahanzi estatu aberatsek partekatzen dutela globoaren beste muturra.

Zergatik, ordea, Antartikan? Antizikloiek eta depresioek luraren ardatzaren inguruan biratzen dutela kontuan hartzen bada, erraz imajina diezaiokegu estatus berezia justuki ardatzaren gainean dagoen inguruari. Itxia eta bortitza da, beraz, hango estratosfera, munduko gainerako lekuetako estratosferarekin zerikusi handirik ez duena. Ez da harritzekoa, kasura, ekaitz bera egunean bi aldiz pasatzea. Bertako tenperaturak ere oso baxuak dira eta horrek guztiak erreakzio kimiko ezezagun asko eragiten du.

Ipar Poloak ere ez du Antartika berdintzen, klimatologiari eta isolamenduari dagokionez bederen. Ipar Poloa lotuago zaie gainerako kontinenteetako estratosferari.

Zertan gara orain?

Atzeraezintasunaren beldurrak eragingo zuen akaso —ehunka urte behar dira CFC substantziak desintegratzeko—. Beharbada, inoiz azaleratu ez diren interes ekonomiko-politikoek. Auskalo. Baina gaurko ikuspegitik begiratuta, estatu guztiek ozonoaren auzian erakutsitako

adostasun erabatekoa, ezer baino gehiago, ipuinetako kontua dirudi: 2000 urterako CFC substantzien produkzioa eta erabilera erdira murriztu beharko zirela erabaki zen Montrealeko protokoloan, eta 1995ean dagoeneko debekatuta eta ordezkatuta zeuden.

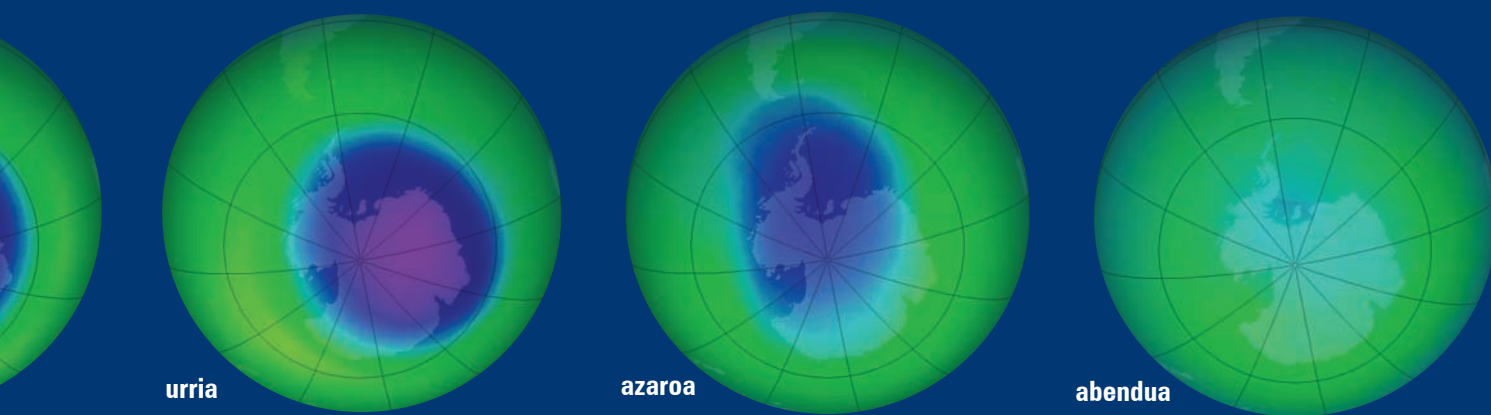
Ikerketak interes ekonomikoetan katramilatu gabeko zientzialarien esku uztea, antza, erabakigarria izan zen prozesuak bide gardena egin zezan; aurkeztan ziren datuen larritasunari helduta, zentzuz jokatzeko.



CFC substantziek edo konposatu klorofluorokarbonatuek ehunka urte behar dituzte desintegratzeko. Horien ordez erabiltzen diren HFC substantziek berotegi efektua areagotzen dute, baina elementu kutsakorren %2ra ere ez dira heltzen.

erdi aldera arteko tartean. Behin epea amaituta, bere onera etortzen zen urtero. Alarmak jo zuen garaian, ordea, urtetik urtera handiagoa zen sasoiako zuloa, eremu gero eta zabalgagoa hartzen zuena.

Ozono kantitatea txikitzeak izpi ultramo-reak oztopatzen dituen hesiaren ahultzea dakar, eta ondorioz, eremuan bizi diren entzat kaltea, erredurak, mutazio genetikoak. Galdera ekidinezina zen, beraz. Zer gertatuko litza-teke zuloa Antartikatik harago hedatuko



Agerian gelditu ziren inkognitek nahiz susmoek, bestalde, artikulua sail luze bateko orriak beteko lituzkete, horretara jarrita. Ezer baino lehen, atmosferan gertatzen diren fenomenoek ulermen eskasa nabarmendu zuen ozono zuloak. Galeraren fisiologia aztertzeak ezagutza handia eman die ikerlariei, baina harez gero ikasitakoa, osotasunaren zatitxo bat besterik ez da. Erantzun zehatzik gabeko galderak mordoa dira oraindik. Esaterako, Hego Poloan pilatzen den CFC substantzien kontzentrazioa zergatik den munduko gainerako tokietakoa baino handiagoa? Edota, zergatik hainbesteko zuloa mutur batean eta apenas arazorik ez beste muturrean?

Alderdi ekonomikoak ere aparteko aipamena mereziko luke. Ehunka hitzaldi horietariko batean, ozonoaren arazoa boterearen interesekin lotu zidan entzule batek. Antartikako petrolio eta lurrazpiko aberastasun minerala kontuan hartuta, galdetzen zidan beronek, ez ote zen batzuentzat guztiz kome-nigarria, hain justu hortxe, mota horretako arazo potoloa asmatzea. Azken finean, 'ezertarako ere balio ez duen lurtzat' joko balitz, aise egingo bailukete aberastasunen ustiaketarako bidea... Orduan bezala nago gaur ere, erantzun bera eman beharrean: ez jakin.

Ozono kaltegarria

Estratosferan ez ezik, gu bi zigarreneko atmosfera zatian edo troposferan ere bada ozonorik. Kopuru bat naturalki sortua da. Bestea, poluzioaren eraginez eratzen da eta kaltegarria da: arnasbideak gaixotzen ditu.

Eta mintza gaitezen, azkenik, zeharka ukitzen dituen arazoez. Berotegi efektuak eta ozono kantikateak ba ote dute zerikusirik? Baiezkoan nago. Ozonoak eguzkiko izpi ultramoreak iragazten ditu, baina badu termo-efektua ere: lurak gauez askatzen duen energiari eusten dio hein batean, eta guztiz izoztea ekiditen da horrela. Beraz, zilegi litzateke ozono-geruza ahulduak berotegi efektua arintzen lagunduko lukeela pentsatzea. Zentzu horretan, bestela nagusitzen ez diren ezaugarriak aurki genitzake, berriz ere, Antartikan: munduko gainerako lurraldeetako izotzak urtzen ari badira ere, hemen ez da berotegi efekturik apenas sumatzen. Areago, azken urteotan sateliteetatik egindako irudiek izotz masa handitzen ari dela pentsatzeko bidea ematen dute.

Eta Kontinente izoztua inguratzen duten itsasoetan nabaritu al da zulorik ozono-geruzan? Eta hala izan bada, zer-nolako eragina izan du? Ez da, ordea, horren gaineko datu zehatzik. Sinetsia dut, auzi honekin zerikusia duten gertakari guztiak ere ez direla kaleratu. Eta sinetsia dut, halaber, interes zientifiko hutsez diharduten ikerlariak ere badirela, eta hauen irizpideak, noizbait, gizarte zabarkeria-ri gailenduko zaizkiola. ■



ERAIKINAK ZAHARBERRITZEKO TEKNIKAK
TÉCNICAS DE RESTAURACIÓN DE EDIFICIOS

Olmos pasealekua 14, 5. solairua 20016 DONOSTIA
Tel: 943 401340 · Fax: 943 401511
teusa@teusa.com · www.teusa.com

