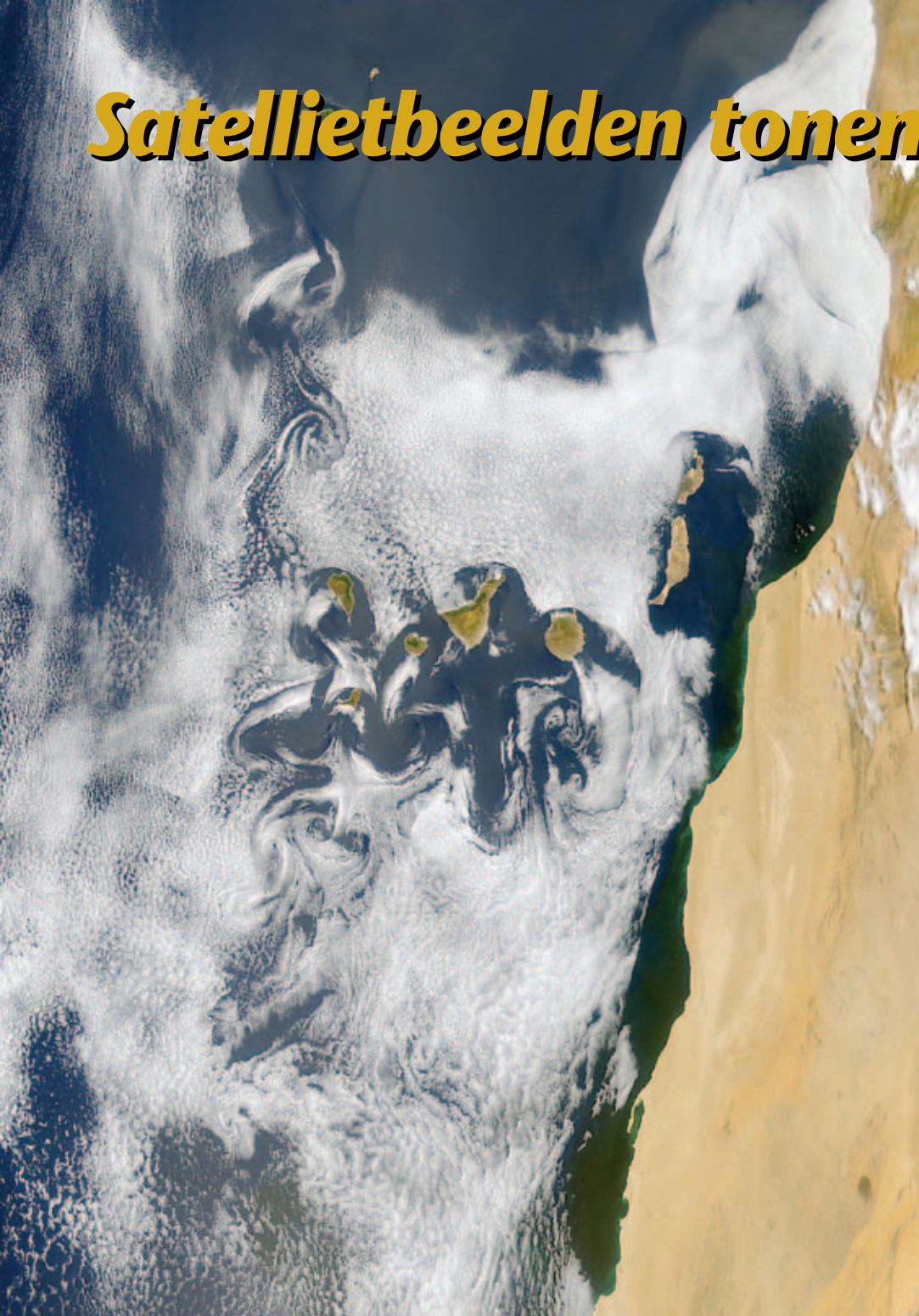


Satellietbeelden tonen eilandeffecten dankzij bewolking en zand



1. Boeggolven, opklaringsgebieden en Von Kármánwervels achter Madeira en de Canarische Eilanden, 28 mei 2001.

Luchtstromingen in de atmosfeer komen onderweg boven de oceaan soms bergachtige eilanden tegen, meestal van vulkanische oorsprong. De eilanden vormen een barrière waar de lucht langs of overheen moet. Tijdens de passage raakt de luchtstroming vaak zodanig ontregeld dat er speciale effecten optreden. Zo kunnen achter het eiland wervels ontstaan. Ook kan de lucht in een golvende beweging geraten. Verder ontstaat er geregeld een boeggolf, vergelijkbaar met de boeggolf van een snelvarend schip.

Kees Floor*

* Kees Floor is hoofd van de afdeling Meteorologische Opleidingen van het KNMI in de Bilt.

Normaliter is van dit alles niets waar te nemen. Enerzijds kun je lucht niet zien en daardoor ook niet zien bewegen; alleen als er stof, zand, bladeren of andere deeltjes en voorwerpen

worden meegevoerd, is de beweging enigszins te volgen. Anderzijds doen de eilandeffecten zich voor op een schaal die groter is dan een waarnemer vanaf het aardoppervlak kan overzien, maar te klein om



in analyses op weerkaarten teruggevonden te kunnen worden. Toch weten we dat de hierboven genoemde effecten bestaan en zijn er zelfs beelden van in omloop. Het probleem van de schaalgrootte werd opgelost door satellieten. Deze leveren beelden van het aardoppervlak en de bewolking daarboven, waarmee ze verschijnselen van de omvang van de eilandeffecten kunnen waarnemen en vastleggen. Het andere probleem – dat van het niet zichtbaar zijn van bewegende lucht – lossen atmosfeer en aarde gezamenlijk zelf op, zonder tussenkomst van de mens. Er blijken minstens twee oplossingen mogelijk: een ‘natte’ standaardoplossing (fig. 1) en een ‘droge’, zeer zeldzame (fig. 2 en 3).

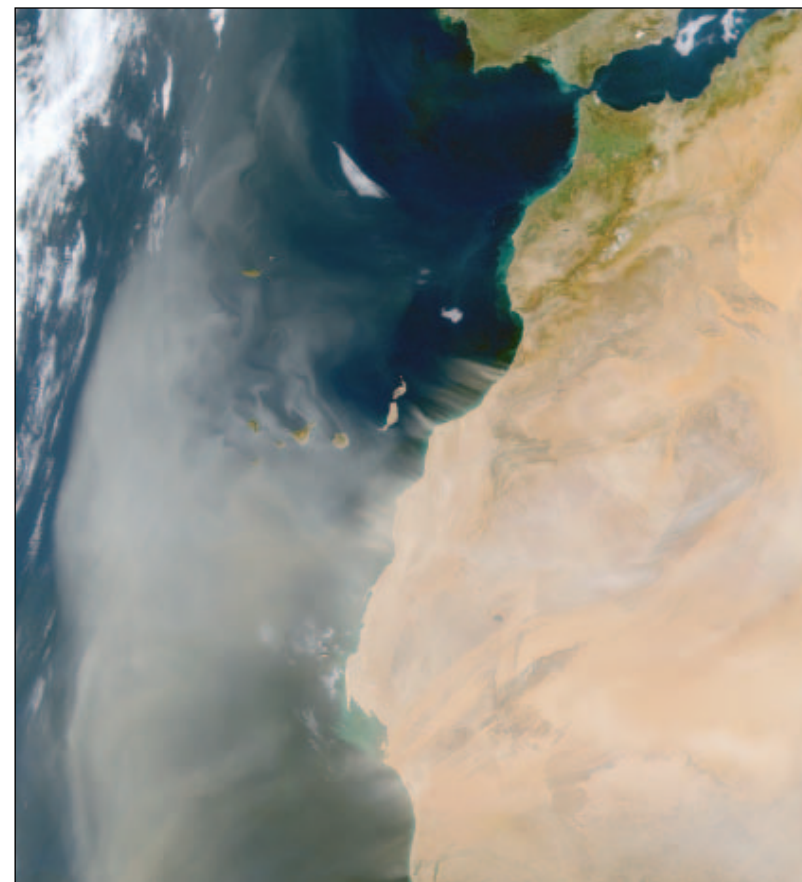
Bij de eerste, en verreweg de meest gekozen oplossing spelen vocht en bewolking een belangrijke rol. De oceanen waarin de eilanden liggen, leveren het vocht, de atmosfeer en de daarin optredende luchtstromingen manipuleren de uit het vocht voortkomende bewolking. Voorwaarde is wel dat er zich boven de oceaan een vochtige, zogeheten ‘maritieme grenslaag’ bevindt van enkele honderden meters dikte. Het eiland waarbij de verschijnselen zichtbaar zijn, moet hoger zijn dan de top van die grenslaag en er dus als het ware doorheen prikken (zie ook ‘Wolken en weer op La Palma’, verderop in dit nummer). Dat soort situaties doet zich vaak voor aan de rand van subtropische hogedrukgebieden. Madeira, de Canarische Eilanden en de Kaap Verdische Eilanden liggen vaak aan de rand van het Azoren-hogedrukgebied, zodat de verschijnselen in

die regio vaak in de luchtstroming van de noordoostpassaat zijn op te merken (fig. 1). De boeggolven worden zichtbaar doordat zich aan de buitenzijde van de boeggolf bewolking bevindt, terwijl het aan de binnenzijde van de boeggolf – en daarmee ook op het eiland zelf – onbewolkt is. Het verschijnsel is op figuur 1 het duidelijkst te zien bij La Palma (het meest naar het noordwesten gelegen eiland van de Canarische

Eilandengroep), Tenerife (het grootste, wat meer naar het oosten gelegen eiland) en Gran Canaria (direct ten oosten van Tenerife). Als de lucht in een golvende beweging raakt, vormt zich soms een wolkenpatroon bestaande uit wolkenribbels: lijnen loodrecht op de windrichting. De wolkenlijnen markeren de hogere posities die tijdens de golfbeweging worden ingenomen, de wolkenloze strepen ertussen de lagere posities (niet af-

gebeeld). De aanwezigheid van door eilanden veroorzaakte wervels is eveneens gemakkelijk af te leiden uit het patroon van de bewolking, zoals figuur 1 laat zien. De wolkenpatronen in het kielzog van Madeira, La Palma, Tenerife, het daartussen gelegen La Gomera en Gran Canaria staan bekend als ‘wervelweg van Von Kármán’. Bij de tweede, uiterst zeldzame oplossing betreft de atmosfeer zijn ‘tracers’ niet uit de oceaan, maar van het vasteland. In de situatie van figuur 2 levert de Sahara het zand en stof dat tijdens een stofstorm losraakt, bij Marokko de oceaan optrekt en met oostenwinden tot ver voorbij de Canarische Eilanden wordt gevoerd. Het stof ligt als een geelbruine sluier over de oceaan. Dergelijke zandstormen doen zich wel vaker voor (zie *Zenit*, mei 2003, blz. 239 e.v.), maar de bovenbeschreven patronen zijn daarin vrijwel nooit te zien. Figuur 3 geeft een uitvergroting van de Canarische Eilanden en het omringende oceaangebied, waar de eilandeffecten zichtbaar zijn. We zien, ondanks het ontbreken van bewolking, tot onze verrassing opnieuw boeggolven, stofvrije ‘opklaringsgebieden’, de wolkenribbels van berggolven en zelfs Von Kármán-wervels.

3. Eilandeffecten in Sabarazand boven de Canarische Eilanden; uitvergroting van figuur 2.



2. Sabarazand boven de Canarische Eilanden, 11 februari 2001.

De getoonde satellietbeelden zijn afkomstig van de SeaSTAR-satelliet. Deze satelliet werd gelanceerd op 1 augustus 1997 en cirkelt op een hoogte van 705 km rond de aarde. Aan boord bevindt zich de Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor (SeaWiFS), bedoeld voor onderzoek aan de oceanen en als prototype van toekomstige generaties satellietensoren.

Wolken en weer op La Palma

Kees Floor

Fernando Búllo Míro blijkt een uiterst gedreven luchtvaartwaarnemer van het vliegveld van La Palma, het meest noordwestelijk gelegen eiland van de Canarische eilandengroep. 'Een wereldbaan,' als we hem op zijn woord mogen geloven, en dan heeft hij het niet over die ene start- en landingsbaan die het eiland rijk is en die zowat in zee ligt. 'Wat ik hier aan bewolking en weer zie, is unieker en afwisselender dan waar menig collega elders in de wereld het mee moet doen.' Ik spreek hem in Madrid, waar het hoofdkantoor van zijn werkgever is gevestigd, het Spaans Meteorologisch Instituut INM. Hij is er onder meer voor de opening van een fototentoonstelling over wolken en weer op La Palma, die op zijn initiatief tot stand kwam en eerder te zien was op zijn eigen vliegveld. Hier geeft hij tekst en uitleg over de foto's die hij zelf heeft gemaakt of via anderen heeft verkregen en die hij in de tentoonstelling heeft ondergebracht. Hieronder zijn relaas.

La Palma is een vulkanisch eiland in de Atlantische Oceaan,' doceert Fernando. 'De laatste vulkaanuitbarsting van 1971 kan ik me nog goed voor de geest halen. Kort daarna was de grond zo heet dat een stuk papier dat je ertegenaan hield, vlam vatte. Nu, in 2003, voelt de bodem op een enkele plek nog wel warm aan, maar je kunt je hand er zonder problemen op laten rusten,' vertelt hij spijtig. 'Het eiland heeft een oppervlakte van 704 km²; het hoogste punt, de Roque de Los Muchachos,

ligt maar liefst 2426 meter boven de zeespiegel. Voor de luchtstromingen boven de oceaan – meestal onderdeel van de noordoostpassaat, maar ook andere windrichtingen komen voor – blijft het eiland dan ook niet onopgemerkt: de lucht moet eromheen of eroverheen, want er is geen weg terug. Het weer op het eiland wordt daardoor niet alleen bepaald door 'de regionale weerkaart', maar ook door de specifieke topografische karakteristieken en eigenaardigheden van La Palma zelf.'

Zee van wolken

'Meestal waait hier de noordoostpassaat,' herhaalt hij nog eens. 'Deze stelt zich in als er een hogedrukgebied boven de Azoren ligt, wat vaak het geval is.' Ik vertel hem dat het Azoren-hogedrukgebied voor de meeste Nederlandse en Vlaamse tv-kijkers en krantenlezers gesneden koek is, doordat daarover in tal van weerpraatjes wordt gerept; bovendien herinneren veel mensen zich uit de aardrijkskundellessen de noordoostpassaat en komt een enkeling zelfs spontaan met de 'subtropische hogedrukzone' op de proppen. 'Als de noordoostpassaat waait,' zo vervolgt hij zonder op mijn onderbrekingen in te gaan, 'ligt er op de oceaan een vochtige laag van 800-1500 meter dik, de zogenoemde maritieme grenslaag. Aan de bovenkant daarvan hangt een omvangrijk stratocumulusdek (fig. 2). Stratocumulusbewolking is ook in de Lage Landen het meest waargenomen wolkengeslacht, zo laat ik hem weten, maar hij beseft ook wel dat ons vlakke land met zijn nauwelijks geaccidenteerde terrein niet in staat is daartegen een barrière op te werpen. Bij La Palma is dat anders: letterlijk en figuurlijk staat het eiland als een rots in de branding. Voor de luchthaven biedt dat echter geen soelaas; die ligt namelijk aan de oostkant van het eiland, dus vóór de barrière. 'De stratocumulus levert overigens geen overlast op voor het vliegverkeer, zodat de charters met zogenaamde 'ecotoe-



1. Fernando Búllo Míro geeft uitleg over wolken en weer van La Palma.



2. Tenerife gezien vanaf La Palma. Boven het zeegebied tussen de beide Canarische Eilanden hangt een 'zee van wolken.' (Foto: Hanneke Gaastra)



risten' ongestoord kunnen opstijgen of landen' vertelt hij opgelucht. 'De noordoostpassaat maakt wél dat de noordoostkant van het eiland veel natter én groener is dan de rest. In extreme gevallen viel er tot mijn verbazing zelfs meer dan 200 millimeter regen per dag uit bewolking die niet hoger kwam dan 3000 meter! Het sterrenkundig observatorium ligt boven de top van de maritieme grenslaag en dus ook boven de bewolking. Van daar af, en van hoger gelegen punten, is het zicht vrijwel onbegrensd. Meer naar beneden lijkt het stratocumulusdek boven de oceaan, en vaak ook in de grote krater van het eiland (fig. 3), op een zee van wolken.'

Wervelstraten

Vervolgens komen we te spreken over de wervelstraten die bij dit type weer soms op satellietbeelden te zien zijn in de stratocumulusbewolking achter La Palma en andere Canarische Eilanden. (Zie fig. 1 bij het artikel 'Satellietbeelden tonen eilandeffecten dankzij bewolking en zand', elders in deze *Zenit*.) Fernando's tentoonstelling bevat namelijk ook beelden van dit fascinerende verschijnsel. 'Ik heb ze tij-

dens mijn werk als luchtvaartwaarnemer nooit gezien,' laat hij weten. 'Logisch, want de luchthaven ligt aan de oostkant van het eiland, de wolkenstraten doen zich voor aan de zuidwestzijde. Daartussenin zit de bergkam die elk zicht erop belemmert. Maar ook zonder die bergen is het onwaarschijnlijk dat ik het wervelpatroon in de bewolking zou kunnen herkennen. De wervels 'ontspringen' namelijk pas op enige afstand van het eiland en hebben een omvang die te groot is om als waarnemer vanaf de grond te kunnen behappen. Om ze in beeld te krijgen zijn echt satellietbeelden nodig; vandaar dat die op de tentoonstelling zeker niet mochten ontbreken.'

Saharazand

We verlaten nu het onderwerp noordoostpassaat, met zijn zee van wolken, zijn wervelstraten en zijn zijdelings ter sprake gekomen boeggolfeffecten die het weer aan de loefzijde van het eiland zo zonnig maken, om over te stappen op luchtcirculaties met oostenwinden. 'Oostenwinden steken op als het Azoren-hoog naar het oosten trekt en het hogedrukcentrum bijvoor-

3. De zee van wolken rond La Palma dringt geregeld de grote krater op het eiland binnen. (Foto: Hanneke Gaastra)

beeld boven Spanje terechtkomt,' vertelt Búllo Míro. 'De oostenwind voert lucht rechtstreeks uit de Sahara aan. Daarmee komt een hoop stof en woestijnzand onze kant op en daar zijn we niet altijd blij mee.' (Zie fig. 2 bij mijn andere artikel in dit nummer.)

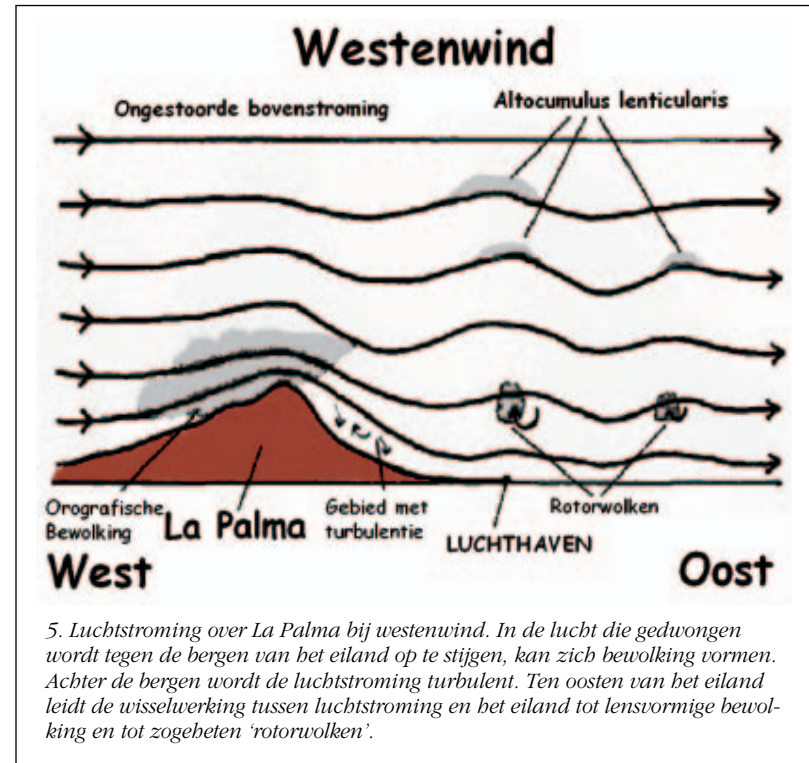
'Moet het vliegverkeer worden stilgelegd als er te veel troep in de dampkring rondzweeft?', vraag ik, met de problemen die het luchtverkeer ondervindt van de as bij vulkaanuitbarstingen in het achterhoofd. Dat blijkt niet het geval. 'Slechts een enkele maal moet het vliegveld dicht, maar dat komt dan doordat het zicht in de stofstorm te ver terugloopt om verantwoord te kunnen opstijgen of landen. Eenmaal heb ik meegemaakt dat het baanzicht wél goed was, maar dat de vliegtuigen toch in de 'wachtkamer' moesten. Het Saharazand kwam toen namelijk niet tot aan de grond, maar zat wel op enige hoogte boven het vliegveld. Piloten die kwamen aanvliegen, hadden de zon tegen en rapporteerden dat ze niets konden zien:

stof en zand verstrooiden het zonlicht namelijk zo sterk dat het aardoppervlak eronder, dus ook de landingsbaan, onzichtbaar werd. Kisten met bestemming La Palma moesten uitwijken of wachten tot de zon achter de bergen was verdwenen en het probleem zich niet meer voordeed.'

Lenswolken

Met de klok mee gaan we over op zuidenwinden. 'Zuiden- en zuidwestenwinden voeren soms tropische luchtmassa's aan met veel lage bewolking. De luchthaven krijgt dan soms te maken met regen en buien; aan de westkant van het eiland blijft het zonnig. Daarnaast treedt bij die windrichtingen soms het type bewolking op dat kenmerkend is voor berggebieden (zie de voorbeelden in fig. 4); de wind moet dan wel precies uit de goede hoek komen. Bekend is bijvoorbeeld de lensvormige bewolking, die wij weerwaarnemers altocumulus lenticularis noemen. Door de kleine omvang van La Palma gaat het vaak om slechts één zo'n wolk; in omvangrijker berggebieden, zoals de Alpen, zijn er vaak gelijktijdig verscheidene lenswolken zichtbaar.'

Als laatste komen de westenwinden aan de orde. In de landen rond de Noordzee, of meer algemeen gesproken op gematigde breedten, is dat de meest voorkomende windrichting; op La Palma blijken wes-



tenwinden veel zeldzamer. 'Bij westenwinden ligt de luchthaven in de luwte van de bergen. Vaak kunnen we genieten van prachtige, met de bergen op het eiland samenhangende wolken (fig. 4). In een enkel geval veroorzaken flink aantrekkende westenwinden overlast. Ter hoogte van het vliegveld is de bergketen namelijk lager dan meer naar het noorden en meer naar het zuiden. De wind kan in dat gat in de

bergkam flink aantrekken en hinderlijke dwarswind en turbulentie opleveren voor de kisten die La Palma aandoen. Bovendien komen bij een westelijke luchtstroming soms buien die zich tegen de bergkam midden op het eiland vormen, aan de oostkant naar beneden afzakken om vervolgens ook het vliegveld te bereiken.'

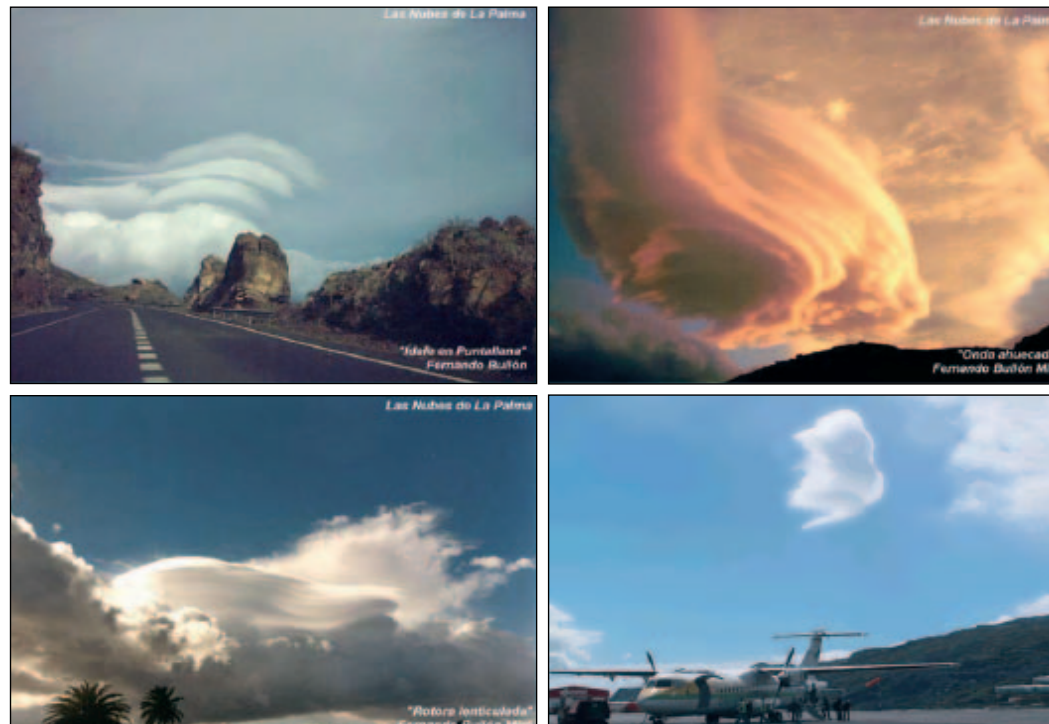
Kijk zelf

Samen maken we een rondgang door de tentoonstelling: stuk voor stuk prachtige wolkenfoto's, aangevuld met een paar satellietbeelden en een enkel verklarend diagram (fig. 5). Niet alle foto's zijn van Büllo Miro; ik zie ook Nederlands aandoende namen van fotografen. 'Dat zijn astronomen die op de sterrenwacht werken en afkomstig zijn uit Nederland en België,' vertelt hij desgevraagd. 'Jammer dat mijn collega's en de Zenit-lezers de tentoonstelling niet kunnen zien,' zeg ik nog; 'Madrid ligt voor ons nogal uit de route.' 'Geen probleem,' grijnst Fernando,' de hele zaak staat op de website van ons instituut.'

<http://www.inm.es/web/sup/ciencia/divulga/nubes/resenaexpo.html>

Literatuur:

Floor, C., 1983, 'Stromingspatronen achter bergachtige eilanden', *Zenit* 10 (2), 62-65.
Floor, K., 2003, 'Satellietbeelden met stofstormen', *Zenit* 30 (5), 239-241.



4. Voorbeelden van met gebergte samenhangende bewolking, zoals te zien op de tentoonstelling 'Wolken en weer van La Palma.' (Foto's: Fernando Büllo Miro)