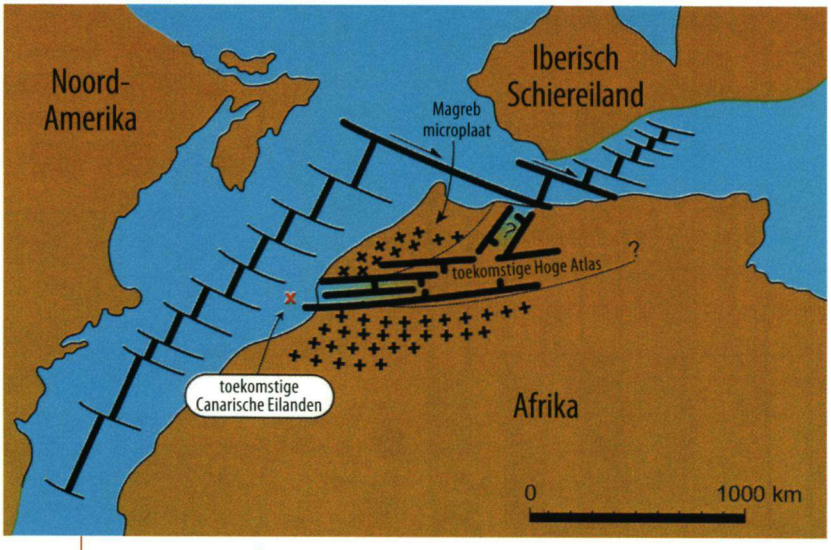
Canarische Eilanden: zeven *hotspots* voor de kust van Afrika

Hans Oude Nijhuis
Hengeveldstraat 8
3572 KJ Utrecht
hans.oude.nijhuis@oryxpi.nl

Alle foto's werden gemaakt door de auteur.

Eén plaatje zegt meer dan 1.000 woorden. Toen ik in 2010 deze ansichtkaart (Afb. 1) zag, was ik onmiddellijk verkocht. Veel geologische zaken die ik in dit artikel noem, zijn goed te herkennen op dit kaartje met reliëf effect. In dit artikel beschrijf ik op hoofdlijnen het ontstaan van de Canarische Eilanden. Iets gedetailleerder worden Fuerteventura en Lanzarote onder de loep genomen. De reden hiervoor is dat deze eilanden bij veel mensen minder bekend zijn dan de meer westelijk gelegen eilanden van de Canarische Archipel. Dat is jammer, want wie goed kijkt, kan de geologische pareltjes er ook hier zo uitpikken.

Afbeelding 1. | *Canarische Eilanden (bron: 3D ansichtkaart, Tullio Gatti www.canarias-foto.com).*



Afbeelding 2. | *De Atlantische Oceaan kort na het ontstaan gedurende de Jura, met x is de dan nog toekomstige locatie van de Canarische Eilanden aangegeven (naar Lee & Burgess, 1992).*

De Canarische Archipel bestaat uit zeven eilanden met als grootste Tenerife en als kleinste, El Hierro. Fuerteventura ligt op slechts 115 kilometer van de Afrikaanse kust. In afbeelding 1 is goed te zien dat de oostelijke eilanden Lanzarote en Fuerteventura tamelijk vlak zijn vergeleken met de rest. Zelfs het kleine El Hierro is hoger, terwijl Tenerife met de Pico de Teide een hoogste top heeft van 3.715 m.

De Canarische Eilanden zijn al sinds de 19e eeuw een *locus classicus* (of een typelocatie) voor vulkanologen. En dat is niet voor niets: deze archipel heeft kenmerken die uniek zijn voor vulkanische eilandengroepen en alles is er uitstekend ontsloten. Voeg daar aan toe een heerlijk klimaat en u kunt begrijpen dat het voor geen enkele geoloog een straf is (of was) om hier onderzoek te doen. De eilanden lenen zich er ook voor om als geïnteresseerde leek rond te reizen en het landschap te bestuderen met een "geologische" zonnebril op.

De structureel-geologische situatie

In de vroege Jura opende zich hier de Atlantische Oceaan en begon de vorming van oceanische lithosfeer (Afb. 2). Die werd gaandeweg bedekt met sedimentaire afzettingen (in totaal maximaal 10 km dik), waaronder veel turbidieten afkomstig van het nabije Afrikaanse continent. Magmatische activiteit in de regio van de Canarische Eilanden begon in het Krijt; "oppervlakte"-vulkanisme trad voor het eerst op in het Mioceen.
De oorsprong van het magmatisme van de Canarische Eilanden en de gecompliceerde relatie tussen ruimte en tijd leverde lange tijd verhitte discussies op.

Op dit moment is de algemeen geaccepteerde verklaring als volgt: het oceanisch *intraplate*-vulkanisme vindt zijn oorsprong in *mantle plumes* (Afb. 3) waar sinds de Jura oceanische lithosfeer langzaam oostwaarts overheen is geschoven. Fuerteventura en Lanzarote zijn dus als eerste en La Palma en El Hierro als laatste gevormd. Maar zo eenvoudig als het hier klinkt, is het allemaal niet. Enkele voorbeelden van lastig te verklaren zaken die aangeven hoe complex de geologische wording van de Canarische Eilanden is, zijn:

1. Op sommige eilanden is meer dan 20 miljoen jaar continue vulkanische activiteit geweest. Hoe verklaar je dat als de eilanden over een *single hotspot* schuiven?
2. Er zijn opeenvolgende fasen, die elk één of meer influxen van nieuw uit de mantel afkomstig magma lijken te vertegenwoordigen.
3. Er waren lange perioden van rust, tot zelfs meerdere miljoenen jaren.
4. Alle Canarische Eilanden (behalve La Gomera) zijn in de afgelopen miljoen jaar vulkanisch actief geweest; op Lanzarote, Tenerife, La Palma en El Hierro hebben in historische tijd meerdere erupties plaatsvonden.
5. De eilanden liggen dicht bij de passieve continentale rand van de Afrikaanse plaat. Dit is echter een gebied met zeer intensieve deformatie; het Atlasgebergte (zie Afb. 2) ligt op relatief geringe afstand. Dat heeft ongetwijfeld de nodige invloed gehad op de ontwikkeling van de eilanden. En dat is ook een duidelijk verschil met bijvoorbeeld de Hawaiiaanse eilanden die niet beïnvloed worden door tektonische processen op nabij gelegen continenten.

Vulkanische structuren

Hoe de schildvulkanen zijn ontstaan, wordt hieronder beschreven bij Fuerteventura. Omdat de lithosfeer (Afb. 3; paars gekleurd) onder de eilanden dik, koud en star is, zakken de opgebouwde vulkanen niet in de korst maar deformeren ze, vooral als gevolg van hun eigen gewicht en omvang. De resulterende rekkrachten creëren ruimte voor het opnieuw kunnen indringen van onder druk staand magma, met bijvoorbeeld *dyke swarms*[1] en trechtervormige ("kegel"-)intrusies als gevolg.

[1] *Dyke swarms: parallele, lineaire of radiale smalle banden van magma die oudere afzettingen doorsnijden.*

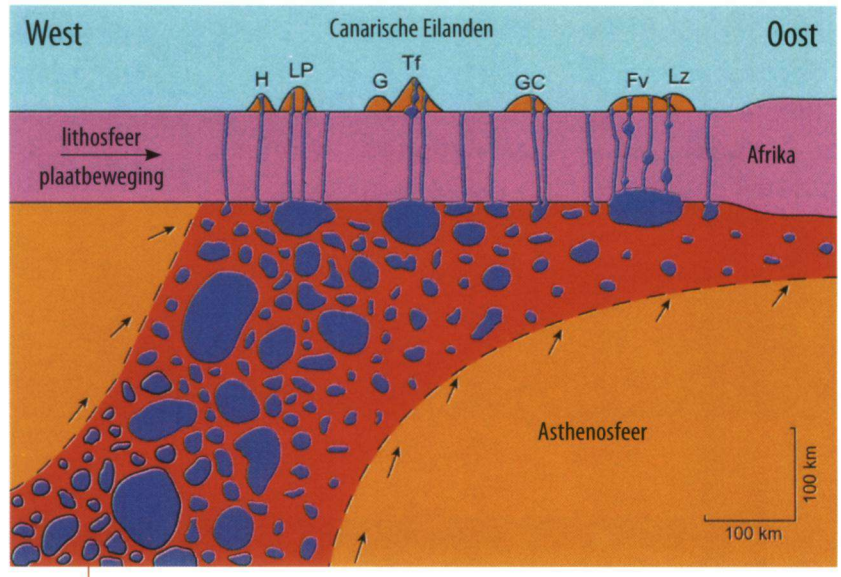
Sommige eilanden worden gekenmerkt door "Mercedes-sterachtige" riftstructuren. Hierbij komt het dikwijls voor dat één van de armen van de ster wegglijdt tegen de oorspronkelijk centraal gelegen (oudere) vulkaan. Deze triple *junction structuur* treffen we aan op Tenerife, La Palma en El Hierro (Afb. 1, Afb. 6). Mogelijk hebben ook de andere eilanden een dergelijke *triple junction* geometrie gehad maar de veel intensievere erosie op Fuerteventura en Lanzarote maken dit soort structuren veel minder prominent zichtbaar. La Gomera en Gran Canaria hebben een "klassieke" cirkelvormige opbouw.

Magmasamenstelling

Over het algemeen worden de vroege stadia van de opbouw van de eilanden gekenmerkt door het uitvloeien van *ocean-island*-basaltische tholeiiten (licht SiO_2-verzadigde tot overgangsbasalten). De latere fasen hebben doorgaans een meer onderverzadigd karakter (minder SiO_2). Overigens vormde de uitzonderlijk grote eruptie van 1730-1736 op Lanzarote een opmerkelijke uitzondering op deze regel: er vloeiden zowel basanieten als alkalibasalten en tholeiitische basalten uit. Het geochemische hoofdpatroon heeft het vulkanisme van de Canarische Eilanden gemeen met dat van de Hawaiiaanse eilanden. Maar het felsische (lichtergekleurde) vulkanisme van Gran Canaria en Tenerife met zijn trachieten en fonolieten staat hiermee weer in contrast. Het veel "zuurdere" (kwartsrijkere) vulkanisme van deze twee eilanden veroorzaakte explosieve erupties en maakte daardoor ook de enorme aardverschuivingen van grote delen van de vulkanen mogelijk. Deze vorm van vulkanisme sterkte vroegere geologen in hun opvatting dat er onder deze eilanden continentale korst aanwezig moest zijn; hoe kon men anders de oorsprong van deze SiO_2-rijke vulkanische gesteenten verklaren? Mineralogen en petrografen verklaarden deze verscheidenheid aan vulkanische gesteenten echter op basis van magmadifferentiatie. Later uitgevoerd onderzoek aan sporenelementen en Pb-Sr-isotopen bevestigde deze verklaring.

Morfologie

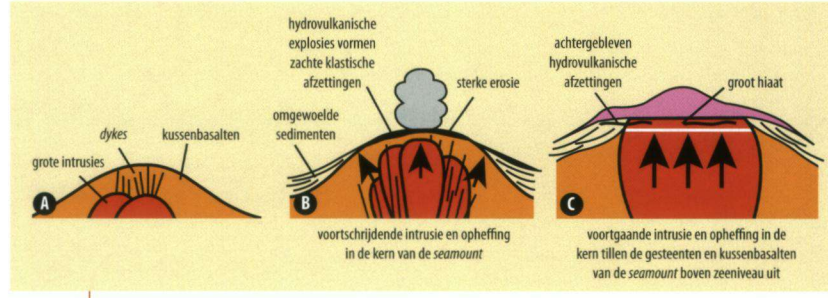
In tegenstelling tot de bijzonder flauwe hellingen van de Hawaiiaanse schildvulkanen (gemiddeld genomen minder dan 6°) zijn de hellingen van vulkanen op de Canarische Eilanden



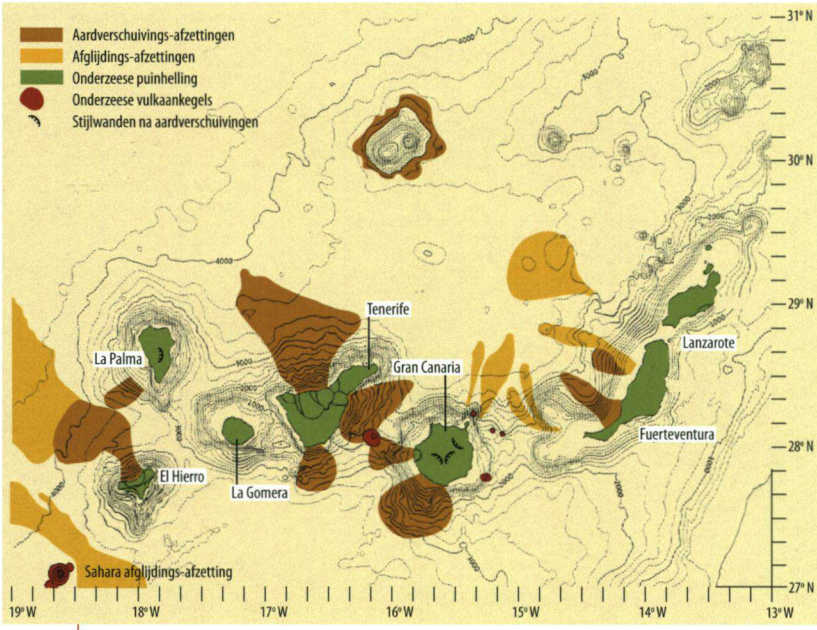
Afbeelding 3. | *Oorsprong van het Canarische Eilanden-vulkanisme verklaard aan de hand van een mantelpluim (mantle-plume). Lz=Lanzarote, Fv=Fuerteventura, GC=Gran canaria, Tf=Tenerife, G=La Gomera, LP= La Palma, H= El Hierro. Naar Hoernle & Schmincke, 1993.*

– Fuerteventura en Lanzarote uitgezonderd – een stuk steiler (15° tot 20°), vanaf hun toppen tot ver onder zeeniveau. Belangrijkste reden: op de Canarische Eilanden was de lava gemiddeld viskeuzer waardoor deze minder gemakkelijk stroomde dan op Hawaii. Ook vloeide er iedere keer minder materiaal uit, zodat vulkanen meer in de hoogte uitbouwden dan horizontaal. Steilere hellingen, het semi-aride klimaat (minder vegetatie) en de geringere hoeveelheden geproduceerde lava, maakten dat de factor erosie een grotere rol speelde bij het vormen van het landschap dan op Hawaii. Diepe dalen en kloven, lokaal *barranco's* genoemd, bereiken daardoor dieptes van enkele tientallen meters tot meer dan één kilometer. Deze barranco's vormen de begrenzingen van de plateaus en ruggen (*cumbres, cuchillos* genoemd), waar de erosie aanzienlijk minder vat op heeft (gehad).

Afbeelding 5 laat zien dat er in het verleden mega-aardverschuivingen hebben plaatsgevonden op de diverse eilanden. Of deze plotseling of juist zeer langzaam (geleidelijk afglijdend) hebben plaatsgevonden, is niet met zekerheid te zeggen. Uiteraard is er het risico op een mega-tsunami als bijvoorbeeld een flink stuk van La Palma ineens zou afglijden. Op Gran Canaria (iets ten zuiden van Agaete ca. 40 m boven zeeniveau) zijn afzettingen te zien die wijzen op een vroegere



Afbeelding 4. | *Een seamount rijst op uit zee als gevolg van het voortdurende indringen van grote hoeveelheden magma, er vindt onmiddellijk intensieve erosie plaats. (a) De seamount groeit naar het wateroppervlak toe door magmatische intrusies en uitvloeiende kussenlava's; (b) als de seamount tot op enkele honderden meters onder het wateroppervlak is gegroeid, treedt intensieve erosie op als gevolg van de exploderende kussenlava's (want de hydrostatische druk is te gering); (c) een eiland rijst verder uit zee op omdat het beschikt over een tegen mariene erosie resistente kern die een stabiel platform vormt voor de uitvloeiing van lavastromen van het schildvulkaanstadium. Bron: Carracedo & Day, 2002.*

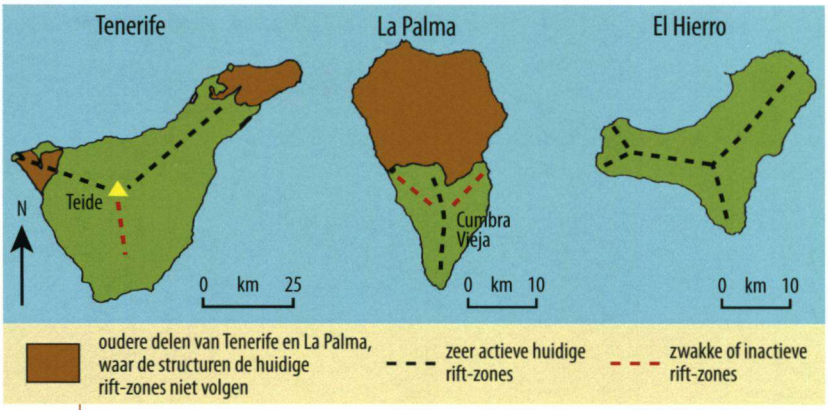


Afbeelding 5. | *Overzichtskaart van de verschillende eilanden, inclusief aardverschuivingen met hun onderzeese puinhellingen. Bron: Schmincke, 2000.*

tsunami (zeer ongesorteerd materiaal; imbricatie wijst op aanvoer vanaf zee; en er zitten schelpresten in). Maar als deze tsunami's zich in de afgelopen miljoenen jaren hebben voorgedaan, dan zou je de gevolgen ervan vooral moeten kunnen zien op laag gelegen en tektonisch stabiele randen van Afrika, de Bahama's en de Amerikaanse continenten (Ward & Day, 2001). Vooralsnog is echter niets van dien aard waargenomen.

Fuerteventura

Op afbeelding 1 is goed te zien dat de zeestraat tussen Fuerteventura en Lanzarote smal en zeer ondiep is (maximaal 40 m; in tijden van eustatische zeespiegeldalingen [ijstijden] viel de zeestraat droog). Vanuit geologisch oogpunt is Lanzarote geen zelfstandig vulkanisch eiland, maar de noordelijke voortzetting van Fuerteventura. De hoogste toppen liggen op pakweg 800 m boven zeeniveau; het grootste deel van deze eilanden is echter lager dan 200 m, hetgeen duidt op intensieve erosie na de hoofdfase van de vorming van de romp van het eilandcomplex. Dat bestaat uit vijf, globaal NO-ZW georiënteerde schildvulkanen. Drie daarvan vormen Fuerteventura; Lanzarote bestaat uit twee oude schildvulkanen. Zoals al gezegd, de oudste gesteenten in Fuerteventura zijn basalten uit de vroege Jura (oceanische korst die werd gevormd tijdens de vroegste openingsfase van de Atlantische Oceaan). Op deze korst werden tot in het Vroeg-Krijt diep-oceanische sedimenten afgezet (pelagische kalkstenen, kwartszandstenen en klei- en siltstenen).



Afbeelding 6. | *"Mercedes-ster"-achtige opbouw van drie Canarische Eilanden. Bron: Carracedo & Day, 2002.*

Het materiaal werd aangevoerd vanuit het oosten of noordoosten (het Afrikaanse vasteland). Hier en daar zijn klassieke Bouma-sequenties te herkennen, waarmee het ontstaan van deze afzettingen als turbidieten is aangetoond.

De opbouw van de schildvulkanen begon in het Eoceen met de groei van onderzeese vulkanen (*seamounts*, zie Afb. 4 en 5), o.a. bestaande uit submariene kussenlava's en hyaloklastieten van basaltische samenstelling. Toen de *seamount* tot enkele tientallen meters onder het wateroppervlak reikte, konden zich koraalriffen vormen. Het afbraakmateriaal daarvan leverde kalkige afzettingen op.

Het geheel werd gecompleteerd door basaltische *dyke swarms* en een groot aantal plutonische intrusies van zeer gevarieerde samenstelling (het Betancuria Massief). Deze intrusies bestaan uit pyroxenieten, gabbro's, syenieten en carbonatieten. In het Betancuria Massief is ook een bijzonder fraaie *ring-dyke*[2] waar te nemen, met een doorsnede van ongeveer 4 km en bestaande uit gabbro's die minder snel verweren dan de omringende syenieten.

Toen de *seamount* in het begin van het Mioceen definitief boven het wateroppervlak rees, ontwikkelden zich de schildvulkanen (met voornamelijk basaltische lavastromen en slakkenkegels, alle doorsneden door *dykes*). De opbouw eindigde 12 miljoen jaar geleden en werd gevolgd door intensieve erosie. De afzettingen die vanaf het Plioceen werden gevormd (o.a. mariene kalken; goed ontsloten aan de westkust) liggen discordant op de erosieresten van de schildvulkanen. Tevens brak er een nieuwe periode van vulkanische activiteit aan, met als resultante slakkenvulkanen en lavaflows van alkalibasaltische samenstelling.

In het noordwesten tenslotte, bevinden zich eolische afzettingen van spierwitte carbonaatzanden afkomstig van het afbraakmateriaal van kustnabije riffen (gevormd voor de kust van Fuerteventura tijdens warme interglaciale periodes). Deze carbonaatzanden

[2] *Een vrijwel ronde dykestructuur die ontstaat als langs de randen van het dak van de magmakamer vloeibaar magma naar boven komt. Dit laatste gebeurt als het dak inzakt dan wel naar boven wordt gedrukt.*

werden gevormd tijdens de laatste ijstijd (een vergelijkbaar proces als het ontstaan van de dekzanden in Nederland).

De jongste slakkenkegels bevinden zich in het noorden van Fuerteventura (het gebied rond Malpais de la Arena, waar o.a. een lavatunnel is met een klein geologisch museum). De meest recente seismische activiteit was in 1915. Ook werd toen bij Pajara het uittreden van stoom waargenomen wat mogelijk duidt op één of meer actieve magmahaarden onder het eiland).

Geologisch-toeristische tips Fuerteventura

FOTO. 1 | *Uitzichtpunt Degollada de los Granadillos. De heuvels links en rechts bestaan uit gabbro en vormen de Vega Ring Dyke.*
AANBEVOLEN: *Autorit door centraal Fuerteventura (massief van Betancuria eindigend aan het strand). Start bij het uitzichtpunt Mirador de Morro Veloso en rijdt naar La Pared aan de kust. Schitterende panorama's, intrusiva, Vega ring-dyke en hyaloklastische breccies aan het strand, en parallelle dykes met NO-ZW-oriëntatie.*

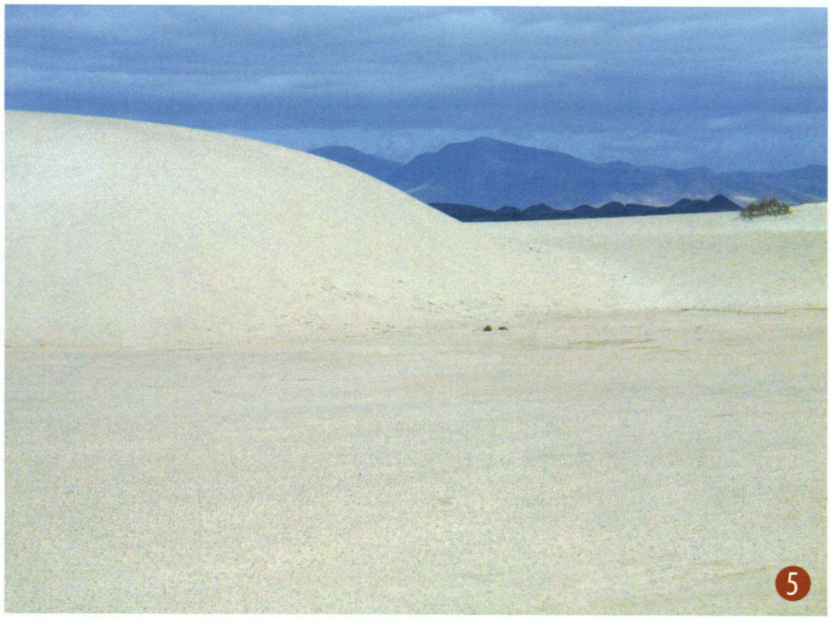
FOTO. 2 | *Het onderste deel van deze steilwand (beneden de horizontale lijn, halverwege de wand) bestaat uit gemetamorfoseerde turbidieten (Jura/Krijt), doorsneden door dykes. Daarboven een messcherpe discordantie met een wig van Pliocene kalken. De kussenlava's daar weer bovenop completeren het geheel.*
AANBEVOLEN: *Wandeling vanaf Ajuy langs de westkust naar het noorden (v.v. 6 km). Basaalcomplex (gemetamorfoseerde turbidieten), Pliocene mariene kalken, kussenlava's. Het eindpunt is van verre te zien: een zeer fotogenieke rotspartij met een "gat" waar het zeewater doorheen spuit.*

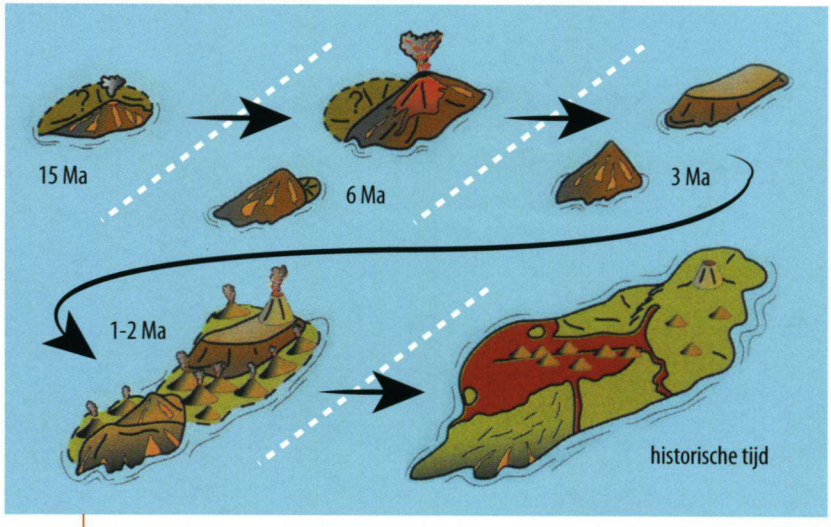
FOTO. 3 | *Calderon Hondo: een korte beklimming leidt naar een illustratieve krater met vulkanische slakken en een fraai uitzicht op Lanzarote. Deze foto toont een uitzicht op de noordflank, waar lava over de eerder gestolde rand is geklotst en een soort "delta" heeft gevormd tussen de verwaarloosde landbouwgronden.*
AANBEVOLEN: *Wandeling van Corralejo naar Lajares. Een ongeveer 10 km lange, goed gemarkeerde wandeling langs negen 9 vulkaantjes (lineaire, ZW-NO-oriëntatie; spleeterupties).*

FOTO. 4 | *Montana de Tindaya: een solitaire top in noorden van Fuerteventura, bestaande uit trachiet (intrusie). Dit is een heilige plaats van de oorspronkelijke bewoners (Guanches)*

met rotstekeningen op de top (lastige klim naar boven). De trachiet bevat Liesegangse ringen (ontstaan door oplossing en neerslag van mineralen onder bijzondere omstandigheden). Deze zijn o.a. te bewonderen in een kleine groeve ten noorden van Tindaya, maar ook in gevels van diverse moderne gebouwen op Fuerteventura.

FOTO. 5 | *Arenas de Corralejo. Zeer uitgestrekt duingebied in noord-westen, geheel bestaand uit carbonaatzanden. Het zijn erosieproducten van carbonaatriffen die voor de kust van Fuerteventura zijn gevormd in warme interglaciale periodes. Het aangevoerde calciumcarbonaat is ook de bron van de kalk van de caliche-bodems (ook op Lanzarote te vinden).*





AFBEELDING 7. | *De opbouw van Lanzarote, beginnend met de twee schildvulkanen Los Ajaches en Famara, het met elkaar verbonden raken door Pleistoceen vulkanisme en de historische lava-uitvloeiing van 1730-1736. Naar Anguita et al., 2002.*

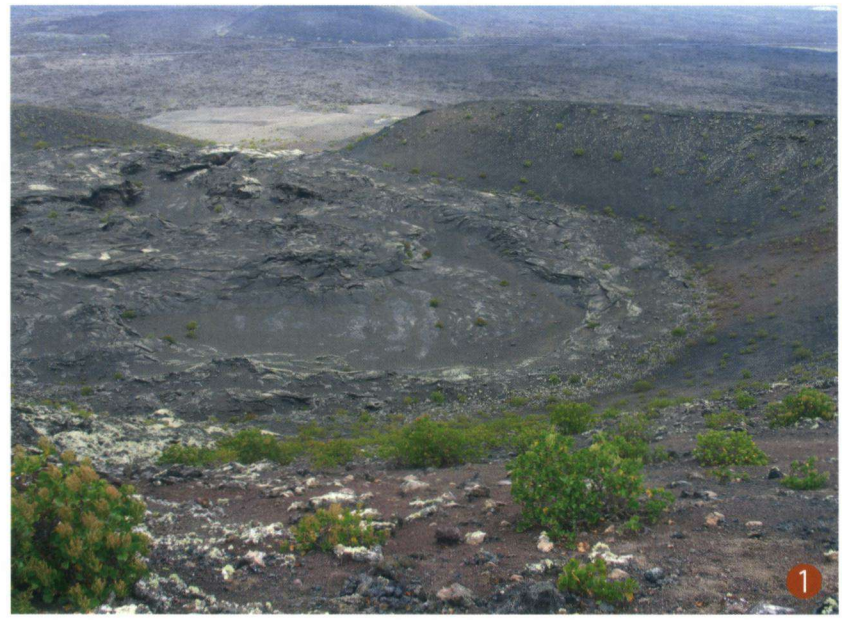
Lanzarote

Vanuit geologisch oogpunt is Lanzarote geen zelfstandig vulkanisch eiland, maar de noordelijke voortzetting van Fuerteventura. Het feit dat op Lanzarote geen plutonische gesteenten, mariene vulkanieten of diepzee-afzettingen dagzomen – de laatste zijn overigens wel in diepteboringen tussen 900-2.700 m aangetoond – maakt aannemelijk dat Fuerteventura een grotere opheffing heeft ondergaan dan Lanzarote en dat er zich tussen beide eilanden een oost-west verlopend breuksysteem moet bevinden.

De topografie is kenmerkend voor oudere vulkanische eilanden: een tamelijk afgevlakte romp met diep uitgesleten vulkanen, U-vormige barranco's en uitstekende kliffen, gescheiden door uitgestrekte vlaktes bedekt met eolische carbonaatafzettingen en jonge vulkaanafzettingen. Lanzarote was oorspronkelijk opgebouwd uit twee onafhankelijke schildvulkanen: Los Ajaches in het zuiden (nu nog slechts 560 m hoog) en de Famara-schildvulkaan (670 m) in het noorden, zie Afb. 7. De tussenliggende vlakte is nergens hoger dan 200 m en vrijwel geheel bedekt met jonge vulkanen en lavavelden. Daar waar meerdere kraters op een rij liggen, heeft zo'n rij over het algemeen een ZW-NO richting. Zo'n honderd eruptiecentra, de meeste als lapilli- en slakkenkegels, liggen verspreid over het eiland. Na een explosief beginstadium (lapilli, as) gingen de meeste van deze erupties over in een effusieve fase.

De jongste fase van vulkanische activiteit op Lanzarote vond plaats tussen 1730 en 1736 en in 1824. De pastoor

van Yaiza, Don Andreas Lorenzo Curbelo, stelde een ooggetuigenverslag op, waar ook wetenschappers achteraf dankbaar gebruik van hebben gemaakt. Tijdens de bijzonder langdurige activiteit werd een kwart van het eiland bedolven onder lava en pyroklastica: maar liefst 26 dorpen werden verzwolgen en een oppervlak van meer dan 200 km² vruchtbaar bouwland was na die jaren voor meerdere eeuwen onbruikbaar. De lavastromen die tijdens deze uitbarsting om oudere, met kalkkorsten bedekte vulkanen heen vloeiden, lieten die als witte eilanden boven de zwarte lava's uitsteken. Deze laatste worden lokaal islotas genoemd. Het centrum van de uitbarsting bevond zich daar waar nu het nationale park Timanfaya (of Montañas del Fuego) ligt.



Geologisch-toeristische tips Lanzarote

FOTO. 1 | *Nationaal Park Timanfaya. Een must voor iedereen die Lanzarote bezoekt. Alleen toegankelijk door deel te nemen aan een duizelingwekkende busrit dwars door het gebied waar de eruptie van 1730-1736 plaatsvond. In het centrum bevindt zich de Islota de Hilario. Daar staat een restaurant met er onder een nog heet brok magma. Handig, onder andere als super-barbecue. Enkele kilometers ten noorden van het park bevindt zich een bezoekerscentrum met veel informatie over vulkanisme. De foto toont Pico Partido, net buiten de grens van Timanfaya. Hier zie je een van de trapsgewijze gestolde lavameren.*

FOTO. 2 | *Cueva de Los Verdes en Jameos del Agua. De Corona-vulkaan in het noorden heeft een 7,5 m lange lavatunnel geproduceerd die beneden zeeniveau eindigt. Door het lokaal instorten van het dak zijn gaten (jameos) ontstaan die het mogelijk maken de tunnel op twee plekken te bezoeken.* **AANBEVOLEN:** *Een georganiseerde wandeling naar Cueva en het door kunstenaar Cesar Manrique prachtig gestileerde Jameos del Agua. Hier bevindt zich ook een grote expositeruimte met informatie over het vulkanisme wereldwijd en in het bijzonder dat van Lanzarote.*

FOTO. 3 | *Caldera Blanca. Deze tufring met een doorsnede van 1.750 meter en een hoogte van 310 meter is eenvoudig te beklimmen en je kunt er prima omheen lopen (mits er niet teveel wind staat!). Hij wordt omringd door de lavavelden van 1730-1736.*

Het uitzicht naar alle kanten is bijzonder fraai (o.a. Timanfaya, de ersosieresten van de schildvulkaan in het noorden (schildvulkaan Famara). Aan de voet van de heuvel wordt op een paneel de ontstaansgeschiedenis van de Caldera Blanca uitgelegd.

FOTO.4 | *El Golfo. Het meertje aan de zuidwestkust is het resultaat van een hydro-vulkanische explosie (maar). Het water is hypersalien en de groene kleur wordt veroorzaakt door algen. In de wanden zijn nog meer resultaten te zien van het zeer explosieve vulkanische karakter: o.a. veel olivijnknollen (xenolieten) en vulkanische bominslagen.*

FOTO.5 | *Punta Papagayo. Aan de voet van het Ajaches Massief in het zuidoosten ligt een bijzonder mooi strand. Dat komt niet in het minst door de zeer fraai gekleurde en omgezette rode en gele trachietlavas. Deze worden doorsneden door talrijke dykes met een bazaltische samenstelling. De foto toont een bijna vertikaal staande dyke.*

LITERATUUR

Anguita, F., Márquez, Á., Castiñeiras, P. & Hernán, F., 2002.
Los Volcanes de Canarias, Guía geológica e itineraries.
ISBN 84-7207-132-4

Carracedo, J.C. & Day, S., 2002.
Canary Islands.
ISBN 1-903544-07-6

K.A. & Schmincke, J.D., 1993.
The role of partial melting in the 15 MA geochemical evolution of Gran Canaria. Journal of Petrolgy 34: pp. 599-626.

Lanting, J.S. & Oude Nijhuis, H.J., 2011.
Excursiegids Canarische Eilanden. Stichting Geowetenschappelijke Activiteiten.

Lee & Burgess, 1992.
In: Anguita et al., 2002, p. 34 (zie hierboven).

Schmincke, H-U., 2000.
Vulkanismus. ISBN 3-534-14102-4