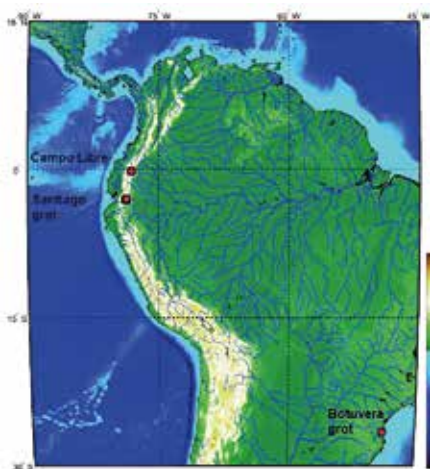


Laat-Pleistoceen en Holoceen paleomilieu in de Napo Provincie, Ecuador

door Maaike Zwier
Universiteit Utrecht, maaikex@live.nl

Op de tropische, oostelijke flank van de Andes bevinden zich enkele van de meest diverse ecosystemen op aarde. Als gevolg van toenemende menselijke invloeden en klimaatverandering wordt hun toekomst helaas bedreigd. Een mogelijk groot probleem voor de oostelijke Andes is een verandering in het neerslagpatroon. Voor de ecosystemen in de Andes, met onder meer vele nevelwouden, is de beschikbaarheid van vocht van cruciaal belang.



Afb. 1. De locatie van Campo Libre. De locatie van de Santiago- en Botuverá-grotten zijn aangegeven. Hoogtemodel van het IOC, aangepast door Bryan Lougheed.

Uit regionale archieven van neerslag blijkt dat er in de afgelopen jaren in Zuid-Amerika grote veranderingen zijn geweest in de beschikbaarheid van vocht. De data zijn verkregen uit grotten en meersedimenten. De lokale invloed van de neerslagvariabiliteit op ecosystemen en processen aan het aardoppervlak is echter nog onbekend.

Tijdens mijn Bachelor Aardwetenschappen aan de Vrije Universiteit heb ik een reconstructie gemaakt van het sedimentaire



Afb. 2. Steile flanken en een vlakke bodem van de vallei waarin Campo Libre is gelegen. Foto: William Gosling.

milieu van het gebied Campo Libre, gelegen op de oostelijke flank van de Andes. De neerslagdata, op basis van de fysische eigenschappen van het sediment, heb ik vergeleken met oudere neerslagdata, afkomstig uit grotten. Ik wilde erachter komen of regionale neerslagveranderingen gedurende het Laat-Pleistoceen en Holoceen zichtbaar zijn in de lokale sedimentkern uit Campo Libre.

Geografie van de Andes

De Andes vormt een bergketen langs de westelijke kant van Zuid-Amerika. In Ecuador en de aangrenzende landen is de Andes met een breedte tussen 150 en 180 km op zijn smalst. Campo Libre (het gebied dat ik bestudeerd heb, afb. 1) ligt aan de voet van de oostelijke flank van de Andes, op een hoogte van 1800 meter boven zeeniveau. Dit gebied, gelegen in de Napo Provincie, wordt gekenmerkt door steile hellingen die de smalle vlakke bodems van de valleien omringen (afb. 2).

Tijdens het Pleistoceen zijn er verschillende ijstijden in de hooglanden van Ecuador geweest. In de Andes zijn dan ook een aantal glaciële elementen te vinden, zoals morenen. Vlakbij Campo Libre liggen de Antisana-gletsjers.

Campo Libre ligt in een vulkanisch gebied. De Cordillera Real in Ecuador bestaat uit 28 vulkanen, die vooral gedurende de vormingsfase van de Andes tussen 15 en 2,6 miljoen jaar geleden actief zijn geweest. Antisana is de vulkaan die het dichtst bij Campo Libre ligt, met de vulkanen Cotopaxi en Cayambe in de buurt. In de gebieden rond Campo Libre zijn afzettingen afkomstig van modderstromen van vulkanisch materiaal (lahars) gevonden. Deze lagen vertegenwoordigen verschillende vulkaanuitbarstingen en vulkanische activiteit tijdens het Pleistoceen.

Zuid-Amerika is een continent met veel verschillende klimaten. Campo Libre heeft een gematigd klimaat met de temperatuur van de warmste maand onder de 22 °C en het hele jaar door neerslag. Gemiddeld is de temperatuur 20,8 °C en valt er jaarlijks meer dan 4.800 mm regen.

De bergketen van de Andes vormt een belangrijke barrière voor de wind en bepaalt daardoor ook grotendeels de verdeling van neerslag over het hele Zuid-Amerikaanse continent. Grootschalige fenomenen als El Niño, die een 180 graden draaiing van de richting van de grote passaatwinden veroorzaakt, en variaties in de temperatuur van het oceaanoppervlak beïnvloeden de oostkant van de Andes indirect door hun invloed op windpatronen, die op hun beurt weer neerslagvariabiliteit veroorzaken. Neerslag in de oostelijke flank wordt meestal geleverd door de oostelijke passaatwinden. De natste tijd van het jaar is van januari tot en met mei, wanneer de intertropische convergentiezone (ITCZ) de meest zuidelijke locatie heeft bereikt.

De waterafvoer van Campo Libre wordt verzorgd door Río Quijos, een zijrivier van de Napo. De Río Quijos ligt op dit moment ongeveer 30 m onder de vlakte waarop Campo Libre ligt. Tegenwoordig wordt algemeen aangenomen dat het gebied rond de evenaar tijdens de laatste ijstijd (LGM) als gevolg van abrupte veranderingen in oceanische en atmosferische circulatiepatronen grote klimatologische veranderingen heeft ondergaan.

In het Holoceen zijn er veranderingen geweest in de regenval. Dit leidde tot perioden van frequente overstromingen, afgewisseld met drogere perioden. Of deze neerslagveranderingen ook in mijn onderzoeksgebied rond Campo Libre merkbaar zijn ge-



Afb. 3. Moerassige vegetatie op de locatie waar de kern is opgeboord.
Foto: William Gosling.

weest, is niet bekend. Tot nu toe is er alleen onderzoek gedaan naar temperatuurveranderingen.

Oude boorkernen

Het materiaal voor mijn onderzoek is afkomstig van een 427 cm diepe boring (met een pistoncorer) uit Campo Libre, die in 2008



Afb. 4.
De boring in
Campo Libre
met een
pistoncorer.
Foto: William
Gosling.

is uitgevoerd door een team waarvan ook één van mijn docenten deel uitmaakte (afb. 3 en 4). De door mij gebruikte kernen waren nog nooit eerder geanalyseerd. Het was dus even spannend toen ik de boorkernen voor het eerst open maakte, omdat het onbekend was wat de inhoud en de ouderdom zouden zijn. Na openen bleek dat het sediment behoorlijk uitgedroogd en hard was (afb. 5). Het bemonsteren van het materiaal



Afb. 5. De sedimentkernen uit Campo Libre. Foto: Maaïke Zwier.

was hierdoor een lastige klus. De inhoud van de kernen bleek vooral uit klei te bestaan, met uitzondering van een dunne organische laag aan de bovenkant en twee kleine zandlagen onderin de kern.

Analyse van de boorkern

In het sedimentlab van de Vrije Universiteit heb ik verschillende analyses uitgevoerd op het materiaal uit de boorkern.

Uit een analyse van de korrelgrootte van de sedimentdeeltjes kreeg ik een indicatie van de stroomsnelheid die vereist is om deeltjes van een bepaalde grootte te transporteren. Hieruit kon het afzettingsmilieu worden gereconstrueerd.

Om het organische stof- en calciumcarbonaatgehalte van het sediment te bepalen heb ik de methode van thermogravimetrische analyse (TGA, of loss-on-ignition, LOI) gebruikt. Ook heb ik gekeken of het materiaal magnetisch was (om hiermee verschillende materialen te classificeren) maar deze resultaten waren helaas onbruikbaar.

Gamma-ray analyse werd uitgevoerd om de dichtheid van de kern te bepalen en ten slotte heb ik een kleuranalyse gedaan op hoge-resolutiefoto's om grijs- en roodwaarden van het sediment te verkrijgen; dit gaf inzicht in mogelijke cycliciteit in het sediment.

Het Ångström Laboratory van Uppsala University in Zweden heeft twee koolstofdateringen op mijn onderzoeksmateriaal uitgevoerd. Deze bestonden uit een bulk-sedimentdatering van een monster bovenin de kern en een datering op een stuk houtskool onderin de kern. De dateringen resulteerden in een gekalibreerde ouderdom van meer dan 29.000 jaar BP. Dit was veel ouder dan ik had gedacht; hierdoor kon ik de ouderdom van de twee interessante zandlagen onderin de kern berekenen, na het maken van een ouderdoms/dieptemodel. De lagen konden gedateerd worden op resp. 17.800 en 24.400 jaar BP.

Puzzelstukjes

Met alle resultaten bij elkaar werd het puzzelen om de ontstaanswijze van het gebied te ontrafelen. De grote hoeveelheid klei en silt in de boorkern wijst op zeer lage stroomsnelheden, waardoor het materiaal in de waterkolom kon bezinken. Het zand uit de twee kleine zandlagen in de kern is bij een hogere stroomsnelheid bezonken. Deze lagen geven dus een verhoging van de stroomsnelheid aan. Het gehalte aan organische stof en calciumcarbonaat in de zandlagen toont ook een daling, wat aangeeft dat de stroomsnelheid te groot was om deze deeltjes te laten sedimenteren.

Door de data te combineren ben ik tot de conclusie gekomen dat er twee grote overstromingsgebeurtenissen moeten hebben plaatsgevonden, die beide bestonden uit een periode met talrijke grote overstromingen met hoge stroomsnelheden (afzetting van grof materiaal). Verder kwamen er uit de analyses nog zeven andere, kleinere overstromingsgebeurtenissen naar voren, die niet direct zichtbaar waren met het blote oog.

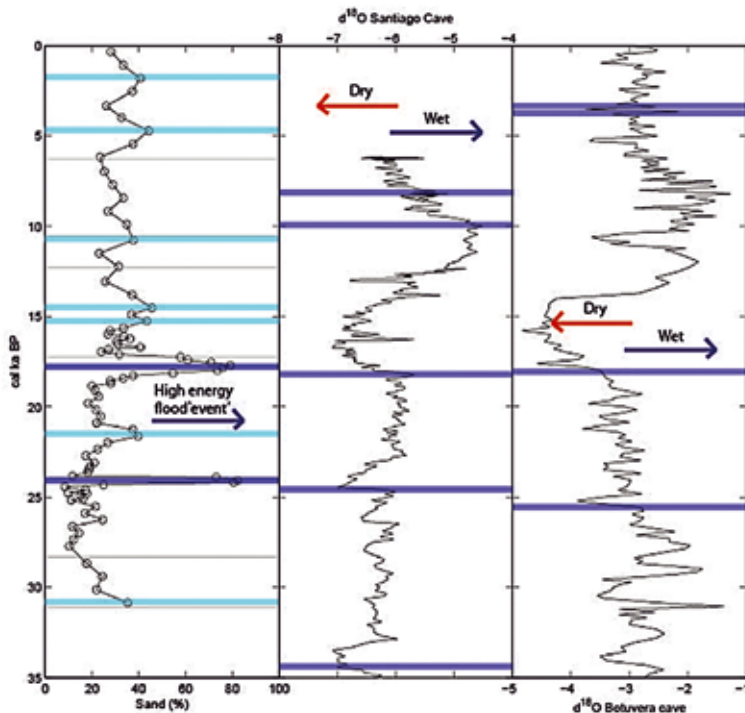
Rivierengebied

Vervolgens wilde ik een idee te krijgen van het afzettingsmilieu. Door de locatie van Campo Libre zijn er direct al meerdere sedimentaire afzettingmilieus uit te sluiten. Het ontbreken van een gelaagdheid in het sediment sluit een lacustrien milieu (een meer) uit; een moerasachtige omgeving is door het lage gehalte aan organisch materiaal ook niet mogelijk. Een fluviatiel milieu (een rivier) is het meest waarschijnlijk omdat het sediment goed is gesorteerd. De grote hoeveelheid aan klei- en siltdeeltjes wijzen op een uiterwaard. Dit betekent dat het gebied alleen maar sporadisch onder water heeft gestaan en er geen sprake is geweest van continue sedimentatie.

Het is zeer aannemelijk dat dit gebied regelmatig is overstroomd aangezien Campo Libre in het eerste echte vlakke gedeelte na een steile vallei ligt. In de vallei hoopt het water zich op en in het vlakke dal zal het bij een grote wateraanvoer buiten de oevers

van de rivier treden. Sinds de laatste ijstijd is de topografie van de Andes niet erg veel veranderd; daarom is het goed mogelijk dat er in het verleden grote overstromingen hebben plaatsgevonden.

De overstromingen - die een gevolg zijn van een grotere wateraanvoer per tijdseenheid (debiet) - worden veroorzaakt door een toename van neerslag in het stroomgebied van de Río Quijos.



Afb. 6. Grafiek van de zandfractie vergeleken met gegevens uit de Santiago- en Botuverá-grotten. Donkerblauwe lijnen wijzen op natte periodes, lichtblauwe lijnen zijn de zeven kleinere overstromingsgebeurtenissen.

Om te bepalen of er een relatie is tussen de overstromingsgebeurtenissen uit de Campo Libre-kern en neerslagveranderingen, heb ik de data van de zandfractie (de beste indicator voor overstromingsgebeurtenissen) in Campo Libre vergeleken met bestaande data van zuurstofisotopen uit twee grotten (de Santiago-grot in het laagland van Ecuador en de Botuverá-grot in het oosten van Brazilië). De $\delta^{18}\text{O}$ -proxy geeft een indicatie voor neerslagveranderingen, waarbij hogere waarden op periodes met meer neerslag duiden (afb. 6).

De puzzel opgelost

Wat blijkt? De ouderdommen van de twee duidelijk zichtbare zandlagen in de kern komen goed overeen met periodes met een toename in neerslag, zoals naar voren komt uit de meetgegevens uit beide grotten. De neerslagtoenames worden toegeschreven aan het laatste glaciële maximum (LGM) en de uitbouwende fases van grote gletsjers in deze periode, toen het klimaat in delen van Zuid-Amerika koud en nat moet zijn geweest. De zeven kleinere overstromingsgebeurtenissen zijn moeilijker te koppelen aan de gegevens uit beide grotten; alleen drie gebeurtenissen in het Holoceen komen overeen met pieken in neerslag uit die gegevens. De gebeurtenissen na het LGM, zoals ze af te lezen zijn in de Campo Libre-kern, zijn hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door verschuivingen van de ITCZ tijdens het Holoceen, die hebben geleid tot een variabel seizoensgebonden regenvalpatroon. Omdat Campo Libre zo dicht bij de evenaar ligt, kan het karakteristieke regenvalpatroon in mijn onderzoeksgebied hierdoor sterk beïnvloed worden.

Maike Zwier is studente Earth, Life and Climate aan Universiteit Utrecht. De afbeeldingen in dit artikel zijn van de auteur, tenzij anders aangegeven.

Referenties

- Baker, P.A., S.C. Fritz, J. Garland, E. Ekdahl. (2005) Holocene hydrologic variation at Lake Titicaca, Bolivia/Peru and its relationship to North Atlantic climate variation. *Journal of Quaternary Science*, 20, 655–662.
- Coltorti, M., C.D. Ollier (2000) Geomorphic and tectonic evolution of the Ecuadorian Andes, *Geomorphology*, 32, 1–19.
- Fritz, S. C., P.A. Baker, G.O. Seltzer, A. Ballantyn, P. Tapia, H. Cheng, R.L. Edwards (2007) Quaternary glaciation and hydrologic variation in the South American tropics as reconstructed from the Lake Titicaca drilling project. *Quaternary Research*, 68, Issue 3, 410–420.
- van der Hammen, T., L.E. Urrego, N. Espejo, J.F. Duivenvoorden, and J.M. Lips (1992) Late-glacial and Holocene sedimentation and fluctuations of river water level in the Caquetá-area (Colombian Amazonia). *Quaternary Science*, 7(2), 57-67.
- Liu, K. B., and Colinvaux, P. A. (1985). Forest changes in the Amazon basin during the last glacial maximum. *Nature*.
- Mosblech, N.A.S., M.B. Bush, W.D. Gosling, D. Hodell, L. Thomas, P. van Calsteren, A. Correa-Metrio, B.G. Valencia, J. Curtis, and R. van Woesik (2012) North Atlantic forcing of Amazonian precipitation during the last ice age. *Nature Geoscience*, 5, Issue 11, 817-820.
- Werneck, F.P. (2011) The diversification of eastern South American open vegetation biomes: Historical biogeography and perspectives. *Quaternary Science Reviews*, 30, 1630-1648.