In de mist van het nevelwoud

Koolstofopslag, nutriëntendynamiek en functionele diversiteit in de tropische bossen van het Andesgebergte van Ecuador

Stijn Bruneel, Miro Demol, Hans Verbeeck en Marijn Bauters
(Universiteit Gent)

Op de flank van de Ecuadoraanse Andes, geprangd tussen het broeierige laaglandregenwoud en de majestueuze toppen van de cordillero, ligt een ronduit sprookjesachtig ecosysteem verscholen: tropisch bergnevelwoud. De bomen die er groeien zijn bedekt met mossen en epifyten en zijn vaak gedrongen van vorm. Bovendien geeft de mist die onder het bladerdek doorkomt deze bossen een geheimzinnige aanblik (Fig. 1). Tropisch bergnevelwoud is vitaal voor een aantal 'ecosysteemdiensten' zoals water- en luchtzuivering. Het herbergt naar schatting de helft van de soortenrijkdom in Ecuador – op zich al een biodiversity hotspot – met bekende gezichten als de brilbeer en toekanbaardvogel. Grote steden als Quito zijn afhankelijk van tropisch bergnevelwoud voor hun drinkwatervoorziening. Ook voor het opnemen van koolstof in biomassa en de bodem, spelen deze bossen een belangrijke rol. Paradoxaal genoeg is er nog steeds weinig bekend in wetenschappelijke kringen over hoe dit ecosysteem functioneert. Die kennis is nodig, want de voortschrijdende ontbossing en de impact van klimaatverandering vormen een ernstige bedreiging voor het voortbestaan van bergnevelwoud.



Figuur 1: Een typisch beeld vanonder het bladerdek van tropisch bergnevelwoud op de westflank van de Andes in Ecuador. De mist, mossen en epifyten, zoals de talrijke orchideeën, zijn typerend voor dit ecosysteem. © Miro Demol

In de zomer van 2015 trokken we (Stijn en Miro, twee Gentse thesisstudenten) voor meer dan twee maanden naar Ecuador om naast de jaarlijkse monitoring van de herbebossingen ook een monitoringnetwerk aan te leggen in de natuurlijke bossen van Ecuador in het kader van onze masterthesis. Daarbij werden 17 meetplots van 40 bij 40 m uitgezet. In deze plots werden de bomen opgemeten en gedetermineerd op soort om een inschatting te maken van de bovengrondse koolstofopslag en biodiversiteit (Fig. 3). Daarnaast verzamelden we blad-, strooisel- en bodemstalen om de functionele diversiteit en nutriëntendynamiek van de onderzochte bossen te beschrijven. Ons onderzoeksteam was al even divers als het landschap waarin we werkten en bestond uit een interessante mix van Belgische en Franse vrijwilligers samen met Belgische (UGent) en Ecuadoraanse (Universidad Technica del Norte, UTN) bosbouw studenten. De plots lagen verspreid over een hoogtetransect van 400 tot 3200 meter boven zeeniveau. De broeierige hitte van het tropische laagland bos lieten we achter ons naarmate we verder stegen in de almaar koelere, in nevel verhulde bossen van het Andesgebergte. Specifieke soorten en soortengroepen vestigen zich op specifieke hoogten met een specifiek klimaat, waardoor de ecosystemen gradueel veranderen met stijgende hoogte, vergelijkbaar met de veranderingen die wandelaars zouden tegenkomen als ze een tocht maken van de evenaar naar een van de polen. Dit is waarom hoogtetransecten zo populair zijn in wetenschappelijk onderzoek: Ze zijn ideale openlucht laboratoria om de effecten van klimaat- en zelfs bodemgradiënten op ecosystemen te ontrafelen binnen een beperkt tijd- en ruimtekader.



Figuur 2: Controle van de groei en overleving in één van de herbebossingen van BOS+ in Noordwest-Ecuador. Vooral de competitie van forse grassen vormt een probleem voor het slagen van zulke projecten. Ook grazende koeien zijn nefast voor de jonge boompjes. Omdat de boompjes nog zo klein zijn, zijn de inschattingen van de bovengrondse koolstofopslag zeer onzeker. Een goede opvolging van de verdere ontwikkeling van deze aanplantingen is echter belangrijk voor het optimaliseren van toekomstig onderzoek. © Miro Demol

Als reactie op de dreiging van klimaatverandering, de biodiversiteitscrisis en de menselijke uitbuiting van de omgeving, wenden veel organisaties zich tot de bescherming en het herstel van bossen wereldwijd. Zulke herbebossingsprojecten kunnen immers naast een verhoogde koolstofopslag ook de lokale biodiversiteit versterken en boeren van een duurzaam extra inkomen voorzien. Ons verhaal begint bij het herbebossingsproject van BOS+ in het noordwesten van Ecuador, waar sinds 2012 meer dan 500 hectare aan gedegradeerde graslanden is bebost. De herbebossingen worden financieel ondersteund door Telenet ter compensatie van zijn eigen uitstoot en praktisch uitgevoerd door de lokale organisatie Mindo Cloudforest Foundation (MCF). De aanplantingen moeten 30 jaar gevrijwaard worden van verstoringen en bieden onderzoekers daarmee een belangrijke tijdreeks van informatie. Daarenboven werden 85 verschillende boomsoorten gebruikt, wat een veel betere benadering is van de diversiteit in natuurlijke bossen dan de vele bestaande monoculturen. Het doel van herbebossingen is immers om de optimale koolstofopslag en biodiversiteit te benaderen van natuurlijke bossen. Daarom is onderzoek naar het functioneren van deze natuurlijke ecosystemen essentieel in de ontwikkeling van richtlijnen voor herbebossingen (Fig. 2).

Nutriënten als drijvende kracht voor koolstofopslag?

De rol die bossen spelen in de mitigatie van klimaatsopwarming is al langer bekend, maar de respons van bossen op de verwachte temperatuurstijgingen en verhoogde atmosferische koolstofdioxide (CO_2) concentraties in de toekomst blijft onzeker. Deels omdat bomen meer nodig hebben dan warmte en CO_2 alleen. Meer bepaald nutriënten zijn onontbeerlijk voor de verschillende functies binnenin planten zoals energietransport of fotosynthese. De belangrijkste nutriënten binnenin het bosecosysteem zijn stikstof (N) en fosfor (P), die samen met koolstof (C) in vaste verhoudingen moeten opgenomen worden door de bomen. Wanneer een van deze elementen schaars is ten opzichte van de andere elementen, spreken we van een limitatie. Een nutriëntenlimitatie zal zich daardoor manifesteren in een gereduceerde groei en bijgevolg, gereduceerde CO_2 opname. Wij verwachtten daarom dat nutriënten in de bodem een belangrijke rol spelen in de opslag van koolstof onder de vorm van biomassa (hout, wortels, bladeren en bodem organisch materiaal). Bovendien verwachtten we dat het gedrag dat deze nutriënten vertonen sterk bepaald wordt door klimatologische variabelen zoals temperatuur en neerslag.



Figuur 3: Om een inschatting te maken van de bovengrondse koolstofopslag werden alle bomen met een diameter groter dan 10 cm opgemeten. De diameter en de hoogte werden gemeten en de houtdensiteit werd benaderd na determinatie van de boomsoorten. Deze data werd in bestaande allometrische relaties gegoten en resulteerden in een inschatting van de koolstofopslag van de verschillende onderzochte bossen. Een heel eenvoudig voorbeeld van zo een allometrische relatie is biomassa = A x boomhoogte + B x boomdiameter² + C x houtdensiteit. © Miro Demol

Een eerste vaststelling van ons onderzoek was de shift in nutriëntenlimitatie van fosforlimitatie naar stikstoflimitatie met stijgende hoogte, te wijten aan de verschillende oorsprong en gedrag van stikstof en fosfor. De hoge temperaturen in het laagland bos promoten stikstofmineralisatie, waardoor meer stikstof wordt vrijgesteld voor plantengroei. Daarenboven zijn de bodems typisch ouder in laagland bos waardoor de accumulatie van stikstof via atmosferische depositie verder gevorderd is. Daartegenover staan de jongere bodems van het gebergte bos, die hun beperkte ouderdom te danken hebben aan landverschuivingen en vulkanisme. Doordat fosfor almaar minder beschikbaar wordt voor planten doorheen de tijd, vinden we in deze relatieve jonge bodems grotere hoeveelheden aan bio-beschikbare fosfor terug.

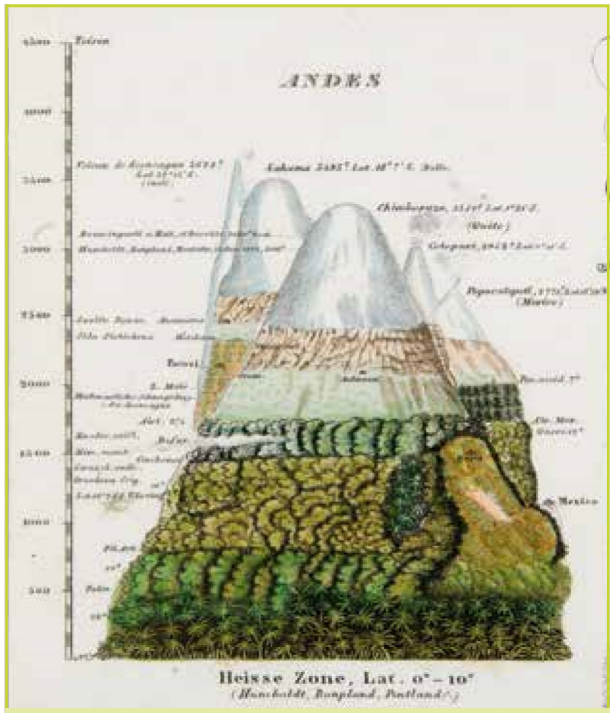
De shift van fosfor- naar stikstoflimitatie met stijgende hoogte was geen verassing aangezien verschillende onderzoekers een gelijkaardige trend in nutriëntenvoorraad hebben vastgesteld. Wat we echter niet hadden verwacht was de stijging van de bovengrondse koolstofopslag met stijgende hoogte. We verwachtten namelijk een daling van de bovengrondse koolstofopslag (hout, bladeren) en stijging van de ondergrondse koolstofopslag (wortels) met stijgende hoogte te wijten aan een shift van licht- naar nutriëntenlimitatie, waardoor bomen geneigd zijn om minder te investeren in bladeren en meer in wortels. De veronderstelde relatief sterkere nutriëntenlimitatie op grote hoogte wordt gelinkt aan de verlaagde decompositie van afgevallen bladeren door de lagere temperaturen en hogere bodemvochtigheid. De bladnutriënten worden daardoor maar in beperkte hoeveelheden teruggebracht in de bodem. Met als gevolg dat de bomen op grote hoogte een uitgebreid ondergronds wortelnetwerk nodig hebben om voldoende nutriënten op te nemen. Maar de werkelijkheid is veel complexer als gevolg van de eerder vermelde nutriëntenshift in combinatie met andere variabelen zoals bodemtextuur, mortaliteit en groei, ... De onverwachte stijgende bovengrondse koolstofopslag met stijgende hoogte in onze plots kan daarom verschillende oorzaken hebben die moeilijk te kwantificeren zijn, al dan niet gebonden aan specifieke hoogtes, maar kan eveneens het belang van fosfor over stikstof in deze tropische bossen bloot leggen.

Functionele diversiteit in bergnevelwoud

Wie al eens een berg beklom, bijvoorbeeld in de Pyreneeën of de Alpen, zal misschien gemerkt hebben dat de plantengroei verandert naarmate de tocht vordert. De dichte bossen van het dal maken langzamerhand plaats voor almaar lagere bomen en struikgewas. Voorbij de boomgrens domineren grassen, struikjes en mossen en op de pieken tenslotte overleven slechts de meest volhardende soorten zoals korstmossen. Hoe komt het dat sommige (planten)soorten beperkt zijn tot een bepaalde hoogteligging? Welk effect heeft dit op de biodiversiteit? Welke eigenschappen van bomen zijn succesvol in het overleven op grote hoogte?

Op zoek naar een antwoord op die vragen in de Ecuadoraanse Andes treden we in de voetsporen van de beroemde biogeograaf annex avonturier Alexander van Humboldt. Aan het eind van de 18de eeuw beschreef hij reeds hoe de vegetatie verandert op de flank van de vulkanen Pichincha en Chimborazo (Fig. 4). Anno 2015, in een poging die verandering te kwantificeren, werden in de 17 proefvlakken in natuurlijk, primair bos verschillende metingen verricht. Door te kiezen voor bossen op verschillende hoogtes tussen 400 en 3200 meter boven zeeniveau met een gemiddeld hoogte interval van 600 meter, kon de invloed van de hoogte op die bossen getoetst worden. Immers, de temperatuur is lager op grotere hoogte, er is meer UV-straling, de invloed van de wind is groter, de bodemontwikkeling is minder ver gevorderd, etc. Deze abiotische invloeden hebben directe en indirecte gevolgen voor de vegetatie. De meest duidelijk observeerbare effecten waren te vinden in de soortensamenstelling en de boomstructuur. Ondanks de meer dan 270 gedetermineerde boomsoorten van het hele project, bleken de soortensamenstellingen voor elk hoogtestratum quasi uniek te zijn. Dat wil zeggen dat er bijna geen soorten in meer dan één stratum voorkwamen. Van de belangrijkste soorten[1] werden verse bladeren verzameld (Zie Bladstalen en woudreuzen). Bladeren vertellen namelijk veel over de karakteristieken van bomen: ze zijn het orgaan bij uitstek om energie (zonlicht), water (H_2O), zuurstof (O_2) en CO_2 uit te wisselen tussen de plant en de atmosfeer. Bovendien vindt de fotosynthese erin plaats. De chemische analyses die op die bladeren werden verricht, brachten enkele opmerkelijke resultaten aan het licht.

Een eerste vaststelling was dat de specifieke bladoppervlakte (*specific leaf area*; SLA) afneemt met stijgende hoogte. SLA is de oppervlakte van een blad, gedeeld door zijn massa (het gewicht). De boomsoorten aan de voet van de Andes hebben lichte en dunne bladeren terwijl soorten



Figuur 4: Dat vegetatie verandert met de hoogteligging is allerminst een recente ontdeking. Deze tekening, op basis van de beschrijvingen van Zuid-Amerika van von Humboldt en Bonpland (begin 19de eeuw), maakt dat duidelijk. © Miro Demol

die hoger voorkomen over het algemeen stevigere, dikkere en zwaardere bladeren hebben. Daarnaast nam ook de concentratie aan stikstof en fosfor af in de bladeren met stijgende hoogte. stikstof is uitermate belangrijk als motor in de fotosynthese (via het eiwit RuBisCo dat veel stikstof bevat) terwijl fosfor instaat voor de energieregeling in planten. Die lagere concentratie op grotere hoogte zal zijn weerslag hebben op de groei van de bomen. Hoe komt het dat er minder stikstof en fosfor in de bladeren zit? Die oorzaak ligt dieper, letterlijk onder de grond. De lage temperaturen verhinderen de snelle vrijstelling van stikstof die voor de plantenwortels beschikbaar is. Bomen hebben zich hier doorheen de evolutie aan aangepast: ze zijn een strategie van nutriëntenconservatisme gaan ontwikkelen. Het is voordelig om in die moeilijke milieus op grotere hoogte de zo vitale maar schaarse nutriënten (zoals stikstof en fosfor) zo nuttig en lang mogelijk te gebruiken, d.w.z. in het blad te houden. Stevige bladeren met een lange levensduur , die moeilijk aan te tasten zijn door bv. bladetende insecten, zijn dan uitermate handig. Dit is precies wat de daling in SLA ons vertelt. Er wordt meer geïnvesteerd in structurele elementen dan in productieve elementen.

1 Belangrijke soorten in dit onderzoek zijn diegenen die het grootste opgetelde grondvlak hebben. Het grondvlak van een boom is de oppervlakte van de stamdoorsnede op 130 cm boven de grond.

Bladstalen & woudreuzen

In het kader van ons onderzoek was een belangrijk element het analyseren van volgroeide, aan de zon blootgestelde, niet-aangevreten bladeren van gezonde bomen. Verre van evident was het om boven in de kruin van een 25 meter hoge, met allerlei lianen bedekte boom de juiste bladeren te verzamelen. Creativiteit, teamwork en een tikkeltje geluk hielpen ons gelukkig al een eind op weg. Een katapult, een slinger met koord-en-steen en trekken aan loshangende lianen om bladeren naar beneden te brengen waren technieken die vruchteloos bleken. Een ervaren boomklimmer daarentegen was in staat om grote, rechte stammen omhoog te klimmen en in de kruin vervolgens bladeren te verzamelen. Dit vergde echter veel tijd. Uiteindelijk namen we onze toevlucht tot een 12 meter lange snoeischaar, waarmee we behoorlijk snel en efficiënt takken konden afknippen van de middelgrote bomen. Soms kwam hulp uit onverwachte hoek: mieren brachten afgebeten stukjes blad van een bepaalde boomsoort langs de stam naar beneden, die door de snode vorsers makkelijk verzameld werden – mits enkele mierensteken in ontvangst te nemen (Fig. 5).



Figuur 5: Een mierenkolonne verzamelt bladmateriaal uit de toppen van een 25 meter hoge Ochroma pyramidale. We hebben dankbaar gebruik gemaakt van hun verzamelde stalen in ruil voor een vermelding in dit artikel. © Miro Demol

De verschillen in abiotische stress op verschillende hoogtes geven aanleiding tot verschillende plantenstrategieën en op zijn beurt tot verschillende boomsoorten in unieke gemeenschappen. Een gevolg hiervan is dat de boomsoortendiversiteit in de Ecuadoraanse Andes enorm is. De andere zijde van de medaille is dat deze nevelwouden in de Ecuadoraanse Andes, maar zeker ook daarbuiten, heel kwetsbaar zijn voor de gevolgen van de huidige klimaatverandering. Niet alleen zullen neerslagpatronen veranderen (er is nu reeds sprake van een verlengd droogseizoen in Ecuador), maar ook de temperatuur zal verder stijgen. Naast klimaatverandering zullen ook atmosferische depositie van stikstof en doorgedreven bosdegradatie bossen verder verzwakken. Al deze processen waar de mens verantwoordelijk voor is, zullen inspelen op de stikstofcyclus, die zal versnellen. Op die manier zullen soorten, die zich sinds millennia aanpasten aan hun specifieke niche, in gevaar komen. Een drastische daling in het aantal boomsoorten valt niet uit te sluiten. Om die verpaupering van het ecosysteem tegen te gaan, kunnen enkele maatregelen genomen worden. Hoe meer gebied beschermd wordt tegen houtkap en bosdegradatie door bosbrand of loslopend vee, hoe meer kans soorten hebben om te overleven. Belangrijk hierbij is om “verticale” reservaten te voorzien, die bossen op verschillende hoogtes verbinden. Ook zgn. corridors zijn van belang: zij vormen belangrijke verspreidingsroutes voor dieren én planten.

Conclusie

Het is bemoedigend te zien dat er ook bottom-up veel Ecuadoranen met het behoud van hun nevelwoud begaan zijn. Zowel privaat als in lokale besturen bestaan er initiatieven die actief bossen beschermen; van biologische *shade-grown* koffie van superieure kwaliteit over kleine en grote herbebossingsprojecten tot uitgekiend ecotoerisme. Ook BOS+ ziet het belang van deze ecosystemen in, getuige de verschillende projecten die momenteel lopen in Ecuador. Het feit dat er grote hoeveelheden koolstof opgeslagen liggen en dat tropisch bergregenwoud een thuis is voor een gigantische biodiversiteit, zorgen stillaan ook voor meer internationale aandacht.

Referenties

- Bruneel S. Carbon sequestration in natural forests and reforestations along an altitudinal gradient in the Andes of Ecuador. Master thesis, Ghent University, 2016.
- Demol M. Functional diversity in natural forest along an altitudinal gradient in Northern Ecuador. Master thesis, Ghent University, 2016.