



Universiteit
Leiden
The Netherlands

Borneo : a quantitative analysis of botanical richness, endemism and floristic regions based on herbarium records

Raes, N.

Citation

Raes, N. (2009, February 11). *Borneo : a quantitative analysis of botanical richness, endemism and floristic regions based on herbarium records*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/13470>

Version: Corrected Publisher's Version

License: [Licence agreement concerning inclusion of doctoral thesis in the Institutional Repository of the University of Leiden](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/13470>

Note: To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Samenvatting

De biodiversiteit van Borneo, het derde grootste eiland ter wereld, wordt ernstig bedreigd door houtkap en veranderd landgebruik. Ondanks de erkenning van Borneo als een van de belangrijkste centra van biodiversiteit, is er betrekkelijk weinig bekend over de ruimtelijke patronen van a) plantendiversiteit en b) de verschillende floristische regio's. Wat er wel bekend is, is bovendien hoofdzakelijk gebaseerd op 'subjectieve' specialistische kennis in plaats van op feitelijke data. Onlangs heeft het Nationaal Herbarium Nederland zijn plantencollecties van Borneo gedigitaliseerd. Deze dataset maakt het mogelijk om de ruimtelijke patronen op basis van werkelijke kwantitatieve data te onderzoeken – het onderwerp van dit proefschrift.

Voorwaarden voor analyse

Voordat gedigitaliseerde collecties gebruikt kunnen worden voor analyses van ruimtelijke patronen van diversiteit moeten ze aan twee voorwaarden voldoen:

1. Ze moeten correct geïdentificeerd zijn.
2. Ze moeten voorzien zijn van nauwkeurige geografische coördinaten.

Om aan de eerste voorwaarde te voldoen, hebben we onze analyses beperkt tot soorten die behoren tot plantenfamilies die in 'Flora Malesiana' bewerkt zijn, met andere woorden soorten die door een specialist voorzien zijn van een correcte soortnaam. Hieraan toegevoegd zijn de collecties behorend tot de bewerkte geslachten van de zuurzakfamilie (Annonaceae), de wolfsmelkfamilie (Euphorbiaceae), en de orchideeën (Orchidaceae).

Om aan de tweede voorwaarde te voldoen, hebben we zoveel mogelijk vindplaatsen opgezocht in zogenaamde gazetteers. Dit zijn lijsten met plaatsnamen en corresponderende coördinaten. Na plaatsing van alle vindplaatsen op de kaart van Borneo bleek dat een onevenredig aantal collecties uit noordelijk en westelijk Borneo kwam (figuur 3.3). Om deze onevenredigheid tot een minimum te beperken, hebben we zoveel mogelijk vindplaatsen uit zuidelijk en oostelijk Borneo (die nog niet in gazetteers vertegenwoordigd zijn) voorzien van coördinaten. Hiervoor gebruikten we de techniek 'georegistratie'.

Georegistratie

De collecties uit zuidelijk en oostelijk Borneo zijn veelal gemaakt rond het einde van de 19e eeuw en het begin van de 20e eeuw. Tegenwoordig hebben veel van deze vindplaatsen een andere naam of bestaan ze niet meer. Gelukkig is er ook een groot aantal expeditiekaarten uit die tijd bewaard gebleven waar deze locaties op afgebeeld zijn. Door deze (gedigitaliseerde) expeditiekaarten te koppelen aan satellietkaarten, konden we de vindplaatsen van zeer nauwkeurige coördinaten voorzien. Dit heeft ertoe geleid dat we 2.577 extra collecties, behorend tot 1.744 soorten en verzameld op 134 'nieuwe' locaties, konden toevoegen aan de dataset. Dit heeft geresulteerd in een totale dataset van 66.262 bruikbare collecties, behorend tot 102 verschillende plantenfamilies. Dit proces wordt in detail beschreven in hoofdstuk 2.

Soort-verspreiding-modellen

Om ruimtelijke patronen van plantendiversiteit en -zeldzaamheid vast te stellen, hebben we

Borneo allereerst verdeeld in rastercellen van circa 100 km². Hoewel alles in het werk is gesteld om zoveel mogelijk vindplaatsen van coördinaten te voorzien, zijn in 'slechts' 1.837 van de totaal 8.577 cellen van Borneo (21.4%; figuur 3.3) collecties aangetroffen die vertegenwoordigd zijn in de dataset van het Nationaal Herbarium Nederland. Om de aan- of afwezigheid van individuele soorten toch te kunnen vaststellen – ook voor die cellen waarvoor geen collecties beschikbaar zijn – hebben we zogenaamde 'soort-verspreiding-modellen' gebruikt. Het bijzondere aan deze modellen is dat zij uitsluitend data gebruiken over de aanwezigheid van plantensoorten en dat gegevens over de afwezigheid van die soorten (wat zelden met zekerheid vast te stellen is) niet nodig zijn.

Soort-verspreiding-modellen identificeren relaties tussen omgevingsomstandigheden (zoals de gemiddelde temperatuur en de totale hoeveelheid neerslag) op locaties waar een plantensoort daadwerkelijk gevonden is. Door extrapolatie van deze relaties voorspellen zij de potentiële aan- en afwezigheid van deze soort voor geheel Borneo. Voorbeeld: de locaties waar een plantensoort gevonden is kenmerken zich door een hoogte tussen 1.200-1.750 meter en een jaarlijkse neerslag tussen 1.500-2.000 mm. Door de gebieden op Borneo te identificeren die aan deze voorwaarden voldoen, wordt het mogelijk de potentiële verspreiding van deze soort te voorspellen.

Null-model

Problematischer was het om de soort-verspreiding-modellen statistisch te testen. De bestaande tests gaan allen uit van data over zowel de aan- als afwezigheid van soorten. In ons geval ontbraken de laatste gegevens, waardoor deze tests feitelijk onbruikbaar waren. Vaak wordt dit opgelost door 'schijnafwezigheid'-data te genereren. Dit zijn willekeurig geselecteerde locaties waar geen aanwezigheid is geconstateerd voor de soort in kwestie, zodat de statistische tests toch bruikbaar zijn. Na studie bleek echter dat de standaard statistische waarden, die gebaseerd zijn op aanwezigheid- en schijnafwezigheid-data, onder deze omstandigheden niet bruikbaar waren. Om deze modellen toch op statistische significantie te kunnen testen, hebben we een null-model methode geïntroduceerd (zie hoofdstuk 3). Deze methode test of door toeval een model ontstaan kan zijn dat even goed is als het soort-verspreiding-model van een werkelijke soort.

Stel: een plantensoort komt in de dataset op 12 locaties voor. Op basis hiervan wordt een soort-verspreiding-model gemaakt. Van dit model wordt de statistische waarde bepaald. Vervolgens worden 1.000 keer 12 willekeurige locaties van Borneo getrokken. Voor ieder van deze 1.000 sets van 12 willekeurige locaties wordt een soort-verspreiding-model ontwikkeld op dezelfde manier als voor de werkelijke soort is gedaan. Voor alle 1.000 modellen worden ook de statistische waarden bepaald en deze worden gerangschikt van klein naar groot. Als de statistische waarde van het werkelijke soort-verspreiding-model groter is dan de 950e waarde van de 1.000 modellen gebaseerd op willekeurig getrokken locaties, dan is de kans dat door toeval een zelfde resultaat zou kunnen zijn ontstaan kleiner dan 5% (de standaard statistische ondergrens).

Alle soort-verspreiding-modellen zijn op deze wijze getest. Dus een soort vertegenwoordigd door 13 aanwezigheid locaties is getest tegen de 950e waarde van 1.000 keer 13 willekeurige locaties, enzovoorts. Dit houdt in dat voor een significant soort-verspreiding-model een relatie met zijn omgevingsomstandigheden geïdentificeerd wordt die niet door toevallige omstandigheden verklaard kan worden.

Patronen van plantendiversiteit en -zeldzaamheid

In hoofdstuk 4 wordt beschreven hoe we patronen van plantendiversiteit en -zeldzaamheid hebben ontwikkeld op basis van alle significante soort-verspreiding-modellen. Om relaties tussen het voorkomen van een soort en zijn omgevingsomstandigheden te kunnen vaststellen, is een minimum aantal collecties noodzakelijk. Wij hebben ons beperkt tot soorten die zijn vertegenwoordigd door minstens vijf unieke aanwezigheid locaties (een soort is maximaal één keer vertegenwoordigd in iedere cel). Aan deze voorwaarde voldeden 2.273 soorten, vertegenwoordigd door 44.106 collecties, variërend van 5-202 unieke locaties per soort. Van de 2.273 soort-verspreiding-modellen waren er 1.439 significant (63.3%). Het plantendiversiteitpatroon is ontwikkeld door alle 1.439 modellen over elkaar te leggen (figuur 4.2A).

Het zeldzaamheidpatroon is ontwikkeld door de inverse van de soort-verspreiding-modellen over elkaar te leggen (figuur 4.2B). Een zeldzame soort die op basis van zijn soort-verspreiding-model in 100 cellen op Borneo aanwezig is, krijgt voor ieder van deze cellen een waarde van 1/100. Een algemenere soort die in 1.000 cellen aanwezig is, krijgt voor iedere cel een waarde van 1/1.000 waardoor zijn aandeel in het patroon van zeldzaamheid veel kleiner is. Het kan worden verwacht dat op locaties waar veel soorten voorkomen ook veel zeldzame soorten vertegenwoordigd zijn. Door zeldzaamheid tegen diversiteit uit te zetten in een grafiek (figuur 4.4) is het mogelijk de hotspots te identificeren: gebieden waar meer zeldzame planten voorkomen dan op basis van de diversiteit verwacht kan worden.

Daarnaast hebben we onderzocht welke omgevingsfactoren kenmerkend zijn voor:

- a) gebieden met een hoge plantendiversiteit;
- b) gebieden waar veel zeldzame planten voorkomen;
- c) de hotspots.

Gebieden met een hoge diversiteit en gebieden waar veel zeldzame planten voorkomen worden gekenmerkt door kleine temperatuurverschillen gedurende het jaar. Binnen dit beperkte bereik zijn er echter wel seizoensverschillen. De hotspots worden gekenmerkt door hoogte (bergachtigheid), de structuur van de bodem en de koolstof-stikstofverhouding van de bodem.

Floristische regio's

In hoofdstuk 5 beschrijven we hoe we de floristische regio's van Borneo hebben geïdentificeerd (gebieden met een relatief uniforme soortensamenstelling). We hebben dit gedaan aan de hand van een clusteranalyse gebaseerd op de 1.439 significante soort-verspreiding-modellen. Voor ieder van de 8.577 cellen van Borneo weten we welke van de 1.439 soorten voorspeld worden voor te komen. Op basis van deze gegevens konden we voor iedere combinatie van twee cellen berekenen in hoeverre ze in soortensamenstelling overeenkomen. De maat van overeenkomst die we gebruiken is de 'Sørensen index'. Een clusteranalyse plaatst cellen die veel overeenkomstige soorten bevatten in één groep. Het resultaat is een clusterdiagram dat veel lijkt op een boom met takken. Het eerste clusterniveau verdeelt de 8.577 cellen in twee groepen op basis van de Sørensen indices. Vervolgens splitsen beide takken wederom in twee groepen, enzovoorts, net zolang tot dat de 8.577 cellen niet verder verdeeld kunnen worden. De vraag is nu: op welk niveau van de clusterboom zijn de clustergroepen het meest representatief voor de floristische regio's?

Om die vraag te beantwoorden, hebben we de 'indicator-soort-analyse' toegepast. Deze analyse maakt gebruik van de indicatorwaarde van iedere soort. De indicatorwaarde is maximaal wanneer een soort uitsluitend in één clustergroep en tevens in alle cellen van deze groep voorkomt. In het geval van twee clustergroepen zullen veel soorten uitsluitend in één van de twee clustergroepen voorkomen, maar waarschijnlijk niet in alle cellen behorend tot die groep. In het andere uiterste (veel clustergroepen) zal het voorkomen van veel soorten niet beperkt zijn tot één clustergroep, maar zullen deze wel in alle cellen van een aantal groepen voorkomen. Door de indicator-soort-analyse op ieder clusterniveau uit te voeren (hier 2-40 clustergroepen) konden we vaststellen op welk clusterniveau gelijktijdig voor alle soorten optimaal aan beide criteria wordt voldaan. Voor het geval van Borneo was dit zo bij 11 clustergroepen (figuur 5.1). De resulterende clusterboom en de geografische positie van de corresponderende rastercellen zijn afgebeeld in figuur 5.2.

De belangrijkste verschillen met de huidige indeling van de floristische regio's door experts (figuur S5.2 en kaart achterzijde) is dat het laagland regenbos opgedeeld moet worden in vier (en mogelijk zes) verschillende regio's. De condities van de omgevingsfactoren waaronder de verschillende floristische regio's voorkomen zijn geïdentificeerd met een 'CART analyse' (figuur 5.3).

Conclusies en aanbevelingen

In hoofdstuk 6 vatten we alle resultaten van het onderzoek samen en analyseren we welke percentages van gebieden met hoge plantendiversiteit en -zeldzaamheid, de hotspots en de verschillende floristische regio's tegenwoordig verdwenen zijn door houtkap en/of veranderd landgebruik. Ook geven we aan welk percentage van deze gebieden beschermd is in natuurgebieden die door IUCN (International Union for Conservation of Nature) erkend zijn.

Om dit te kunnen doen, hebben we allereerst de patronen van diversiteit en zeldzaamheid opgedeeld in vier gelijke kwartielen (0-25, 25-50, 50-75, 75-100%, figuur 6.1A&C). Voor de schatting van natuurlijk bos op Borneo hebben we de dataset 'Global Land Cover 2000' gebruikt. Dit is een 1 km resolutie kaart met een classificatie van bostypen (variërend van natuurlijke tot ernstig verstoorde of helemaal verdwenen vegetatie) die is afgeleid van satellietgegevens van de jaren 1998-2000. Deze schatting is dus conservatief. Op basis van deze gegevens is de conclusie dat reeds 36.4% van Borneo is ontbost. Ongeveer 10% van het oppervlak van Borneo heeft een beschermde status (tabel 6.1). Hiervan is echter al 18.4% verdwenen. Dramatischer is dat 57.4% van de meest diverse gebieden reeds ontbost is, terwijl dit gebied maar 5.6% van Borneo's oppervlak beslaat. Van deze meest diverse gebieden heeft 11% een beschermde status. Zelfs van dit gebied is reeds één derde verdwenen. Vergelijkbare getallen zijn aangetoond voor de gebieden die de meeste zeldzame soorten herbergen. Voor de hotspots zijn de getallen minder ernstig, omdat die gebieden zich hoofdzakelijk in de moeilijk toegankelijke centrale bergketen bevinden, de regio die het minst getroffen is door ontbossing. De floristische regio's 1, 2 en 3, die zich in het gebied van de centrale bergketen bevinden, herbergen dan ook nog meer dan 90% van hun natuurlijke vegetatie. Daarentegen hebben bijna alle laagland floristische regio's (met uitzondering van regio 6) meer dan 45% van hun vegetatie reeds verloren. Zelfs hun beschermde gebieden zijn ernstig aangetast.

Met dit onderzoek naar de patronen van plantendiversiteit en -zeldzaamheid, hotspots en floristische regio's van Borneo gebaseerd op data van het Nationaal Herbarium Nederland, verschaffen wij natuurbeschermingsorganisaties en regeringen solide gegevens om belangrijke delen van Borneo's natuurlijke botanische rijkdom te behouden. Onze aanbeveling is om de meest diverse gebieden, de hotspots en gebieden met het hoogste percentage aan zeldzame soorten een beschermd status te verlenen. Daarnaast zou een aanzienlijk deel van ieder van de 11 floristische regio's een beschermd status moeten krijgen, die dan vervolgens ook gehandhaafd dient te worden.