

VU Research Portal

An ecohydrological and soils study in a montane cloud forest in the National Park of Garajonay, La Gomera (Canary Islands, Spain)

Garcia Santos, G.

2007

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Garcia Santos, G. (2007). *An ecohydrological and soils study in a montane cloud forest in the National Park of Garajonay, La Gomera (Canary Islands, Spain)*. By-Print.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

Chapter IX

NEDERLANDSE SAMENVATTING

IX NEDERLANDSE SAMENVATTING (SUMMARY IN DUTCH)

IX.1 DOELSTELLING EN ONDERZOEKSVRAGEN

Het *Laurisilva* bos, een subtropische bosformatie die door lauriersoorten wordt gedomineerd, was gedurende het Tertiair wijdverspreid in het zuid Mediterrane gebied. Tegenwoordig komt de *Laurisilva* vegetatie nog voor in de zogenaamde Macaronesische regio (het gebied bestaande uit de Kaapverdische- en Canarische Eilanden, Madeira en de Azoren, tussen 15 en 41 graden noorderbreedte), op berghellingen die het gehele jaar door vochtig blijven. De Canarische eilanden, voor de West-Afrikaanse kust gelegen, hebben een droge periode van mei tot en met september. De overleving van de *Laurisilva* vegetatie zo dicht bij de Sahara kan worden toegeschreven aan locale klimaatsomstandigheden. De combinatie van de eilanden hun ligging aan de zuidoostelijke kant van het lage drukgebied rond de Azoren, de koude Atlantische Golfstroom, en de noordoostelijke passaatwinden veroorzaakt een thermale inversie met daaronder een stratocumulus wolkendeck aan de loefzijde van de eilanden, lokaal aangeduid als de “wolkenzee”. De seizoensgebonden verandering in hoogte van deze wolkenband (’s zomers is ze lager en ’s winters hoger) werkt op twee manieren verzachtend op de droge atmosferische condities: niet alleen wordt het wolkenvocht (mist) aangevoerd door de passaatwinden door de bomen opgevangen, maar ook wordt vochtverlies door verdamping gereduceerd door de hoge luchtvochtigheid. Waarschijnlijk hebben alle zeven Canarische eilanden, ooit een *Laurisilva* vegetatie gekend, maar sommige eilanden, zoals Lanzarote, zijn alle bossen kwijtgeraakt als direct gevolg van menselijk ingrijpen. Het grootste aaneengesloten *Laurisilva* bos bevindt zich momenteel in het centrale gedeelte van La Gomera. Om dit bos beter te kunnen beschermen en conserveren hebben de Spaanse autoriteiten in 1981 besloten om van de unieke bossen van het Garajonay gebied een nationaal park maken, wat in 1986 resulteerde in plaatsing van het park op de werelderfgoedlijst van UNESCO. Niet alleen is het park belangrijk wegens haar speciale biodiversiteit, maar ook voor de waterreserves van La Gomera. Onder dit relatief natte berggebied bevinden zich de belangrijkste watervoorraden in vulkanische aquifers. Laurierbossen variëren in floristische samenstelling en structuur met de hoogte boven zeeniveau en verschillende bostypes kunnen dicht naast elkaar voorkomen; bijvoorbeeld dwergbossen op bergruggen en toppen, iets hogere bossen op de hellingen, en bossen met de grootste bomen in de bergdalen. Er is betrekkelijk weinig bekend over de hydrologische eigenschappen van deze bossen, maar door de verschillende gradaties in

blootstelling aan de passaatwinden en de mist die zij meevoeren, is het aannemelijk dat de aanvulling van bodem- en grondwater onder de verschillende bostypes zal verschillen.

Zoals bekend doet de meest gecompliceerde hydrometeorologische situatie zich voor op aan de wind blootgestelde berggruggen. De invalshoek van de regen op deze kammen is afhankelijk van de windsterkte, de regenintensiteit en de grootte van de regendruppels, waarbij onbekende hoeveelheden mist door de vegetatie worden ingevangen. Verondersteld wordt dat het voorkomen van mist in de meer afgeschermden dalen minder frequent is en minder belangrijk als extra bron van water voor het ecosysteem, en tevens dat de regen daar meer verticaal is. In dit proefschrift ligt de nadruk daarom op de evaluatie van de waterbalans van het bos op de bergkammen.

Op een hoogte van 1270 m in het 44 ha tellende Jelima stroomgebied in Centraal La Gomera, zijn metingen verricht aan regenval, (potentiële) mistwataeraanvoer (verricht met behulp van boven de boomtoppen geplaatste passieve mistopvangschermen), aan doorval van regen- en mistwater, aan verdamping door de vegetatie (m.b.v. sapstroomsensors), en aan de hoeveelheden vocht in de bodem. Daarnaast zijn regenval, mist en doorval van regenwater gemeten in een hellingbos op 1220 m hoogte en op twee plekken onder in het dal van het stroomgebied (respectievelijk op 1170 en 1140 m hoogte).

De belangrijkste bevindingen van het onderzoek (in de vorm van samenvattingen van de hoofdstukken), worden in de hieronder volgende secties weergegeven, beginnend met de karakterisering van de mate van waterafstoting van de vulkanische bodems en de manieren om dit te kwantificeren (hoofdstuk III). Vervolgens wordt de regen, mist en doorval op het aan de wind en mist blootgestelde bergkammbos (hoofdstuk IV) en op de meer beschermde helling- en dallocaties (hoofdstuk V) gekwantificeerd. Hoofdstuk V behandelt tevens de resultaten van een toepassing van het zogenaamde analytische interceptie model om de onderschepping door het bladerdek te voorspellen onder omstandigheden met alleen regen, alleen mist, of een mengsel van beiden. Daarna is de bodemwateropname (verdamping) van de bergkamvegetatie bestudeerd (hoofdstuk VI) en is de invloed van de belangrijkste weersvariabelen (straling, temperatuur, luchtvochtigheid) en de hoeveelheid bodemwater op de hoogte van de fysiologische weerstand tegen verdamping (uitgedrukt als geleidingvermogen) van het bladerdek gekwantificeerd voor de twee dominante soorten in dit bostype (*Myrica faya* en *Erica arborea*) (hoofdstuk VII).

IX.2 MATE VAN WATERAFSTOTING DOOR DE BODEM

De tijdelijke of permanente weerstand van de bodem tegen bevochtiging wordt wel hydrofobie of hydrofobiciteit (afstoting van water) genoemd. Dit kan worden veroorzaakt door uitdroging van de bodem of door verkitting van fijnverdeelde organische materie in de vorm

van decompositieproducten, schimmels, of bijproducten van microbiële activiteit. Het is belangrijk om het voorkomen en de mate van hydrofobiciteit van een bodem vast te stellen, omdat deze een effect hebben op de hydraulische eigenschappen van de bodem en daardoor op de hoeveelheid water die kan infiltreren of door de bodemmatrix stroomt. Waterafstoting komt voornamelijk voor in droge bodems, in het bijzonder in vulkanische of venige bodems.

In dit onderzoek is (i) de potentiële waterafstoting van de vulkanische bodems (Leptosols en Andosols, FAO classificatie) in het Jelima stroomgebied, en (ii) de invloed van het bodemwatergehalte op de mate en duur van waterafstoting bestudeerd. Gebaseerd op de resultaten van twee veelgebruikte laboratoriumproeven voor waterafstoting (de waterdruppelpenetratietijdstest (WDPT) en de ethanoldruppelmolariteitstest (MED)) en het onderwerpen van 140 bodemmonsters aan stapsgewijze uitdroging tot ovendroge condities, is een simpel model ontwikkeld om de persistentie en gradatie van waterafstotendheid als functie van het bodemvochtgehalte te voorspellen.

De hier verkregen resultaten lieten het volgende zien:

- Alle oppervlakte bodemmonsters (< 0,23 m diepte) vertoonden waterafstoting na droging aan de lucht.
- Bodems die waterafstoting ontwikkelden waren *non-allophanisch* (d.w.z. ze hadden een hoge Al_p/Al_o ratio), hadden een hoog organisch gehalte (8-70%) and een pH van minstens 5. Monsters met een lagere Al_p/Al_o ratio (<8%) en een lager gehalte aan organische stof werden niet waterafstotend.
- Het organische gehalte van een monster op zich kon de geobserveerde verschillen in gradatie en persistentie van waterafstoting niet verklaren.
- Relaties tussen het voorkomen van waterafstoting enerzijds en topografische positie in het stroomgebied (dalbodem, helling of bergrug) of het daaraan gerelateerde vegetatietype (respectievelijk laurierbos, overgangsbos en gemengd boomheide-beukenbos), zijn niet gevonden .
- De ontwikkeling van hydrofobiciteit is sterk afhankelijk van het bodemwatergehalte.
- Bodems met een vochtgehalte rond veldcapaciteit werden waterafstotend terwijl maximale persistentie werd bereikt bij het verwelkingpunt.
- Waterafstoting varieerde niet-monotoon met afnemende bodemwaterhoeveelheid en de patronen konden worden gereproduceerd met behulp van eenvoudige wiskundige vergelijkingen.
- Bij metingen aan sterk waterafstotende bodems is de MED-methode te prefereren omdat deze minder gevarieerde resultaten opleverde bij een maximale mate van waterafstoting.

- Een betere karakterisering van waterafstoting wordt verkregen wanneer de WDPT of de MED test wordt herhaald bij verschillende bodemwaterhoeveelheden, in het bijzonder bij veldcapaciteit en het permanente verwelkingpunt.

IX.3 DE DYNAMIEK VAN REGENVAL, MIST EN DOORVAL IN EEN BOS OP DE BERGKAM

Op de bergruggen van het Jelima stroomgebied op 1270 m hoogte bevindt zich een goed voorbeeld van het type gemengde boomheide-beukenbos (*fayal-brezaal*) dat op aan harde wind en regen blootgestelde kammen en toppen in het Garajonay gebied en elders op de Canarische eilanden wordt aangetroffen. Deze sectie vat de methoden en resultaten samen die zijn verkregen met betrekking tot de regenval, mistaanvoer en hun transformatie tot doorval op deze door wind, regen en mist geteisterde plekken.

chattingen van de “werkelijke” grootte van de wateraanvoer op aan de wind blootgestelde plekken in bergachtig terrein zijn onzeker en de resultaten worden sterk bepaald door de toegepaste meetmethoden en de exacte locatie van de plek. Tussen februari 2003 en januari 2005 werden regenval en mist boven het bladerdak gemeten. De regen werd gemeten met conventionele regenmeters; mist werd gemeten met behulp van een opvangscherm van 0,5 m bij 0,5 m dat loodrecht op de dominante (noordoostelijke) windrichting was geplaatst. De onderschatting van de hoeveelheid inkomend regenwater ten gevolge van luchtwervelingen rond de regenmeters werd benaderd door gebruikmaking van de correctiemethode van Yang et al. (1998). Tijdens winderige omstandigheden valt het regenwater onder een bepaalde hoek op het bladerdak (in plaats van vertikaal). In het geval van een steile topografie verschilt de regenintensiteit zoals gemeten door een regenmeter (met een horizontale meetopening) van de intensiteit waarmee de regen het bladerdak op de helling treft. Het exacte verschil wordt bepaald door complexe interacties tussen het bladerdak, de hoek en de oriëntatie van de helling enerzijds, en de invalshoek en richting van de regen anderzijds. De door Sharon (1980) ontwikkelde methode is gebruikt om voor deze effecten te corrigeren. Zo is er ook een mogelijke onderschatting van de hoeveelheden mist die worden ingevangen door de gebruikte schermen doordat wind komend vanuit andere richtingen dan de hoofdrichting een kleiner vangoppervlak treft. Daarom zijn met behulp van goniometrie de effectieve oppervlaktes van de mistinvangschermen berekend als functie van de windrichting, iets wat niet eerder is gedaan in voorgaande miststudies op de Canarische eilanden. Gebaseerd op eerdere metingen is een invangefficiëntie van 60% toegepast voor de gebruikte schermen. Samen met de eerdere correctie voor windrichtingseffecten gaf dit de potentiële mistinvang (D_{Fc}). Het is welbekend dat er grote onzekerheden zijn rond de meting van doorval in soortenrijke bossen. Vele studies hebben getracht de standaardafwijking van de gemiddelde doorval te verkleinen door een groot

aantal (kleine) doorvalmeters te installeren die gewoonlijk met de hand worden gelegeed. Gegeven het afgelegen karakter van het studiegebied en de behoefte aan gelijktijdige metingen van regenval, mistvoorkomen en doorval werd besloten om een relatief grote fout in de geschatte hoeveelheden doorval te riskeren en twee automatische doorvalmeters per onderzoeksplot te gebruiken. Deze collectoren hadden elk een vangoppervlak van $0,2 \text{ m}^2$, daarmee een totaal vangoppervlak genererend van $0,4 \text{ m}^2$ per plot (equivalent aan 40 standaard regenmeters van elk 100 cm^2).

De resultaten van het onderzoek lieten het volgende zien:

- Regenval had een sterk seizoensgebonden karakter: de meest regenachtige periode was in de herfst en winter, terwijl in de periode tussen mei en september de regenintensiteit laag was.
- De variatie in jaarlijkse neerslag was hoog met een niet voor wind en topografie gecorrigeerde jaarlijkse neerslag van 670 mm in het eerste jaar (dat dicht tegen het geschatte meerjarig gemiddelde van 660 mm ligt) en 1185 mm in het tweede jaar.
- De gemiddelde regenintensiteiten zijn laag; 50% van de dagen ontvangt ≤ 2 mm neerslag en 38% van de dagen < 1 mm neerslag. Dagelijkse hoeveelheden van meer dan 20 mm neerslag kwamen op 13% van de regendagen voor.
- Onderschatting van de gemeten jaarlijkse neerslag door wind- en topografische effecten op deze winderige bergkammen kan oplopen tot 39% van de ongecorrigeerde regenval; ca. 20% hiervan is toe te schrijven aan turbulentie rond de regenmeters terwijl ca. 19% het gevolg is van effecten gerelateerd aan de hellings- en invalshoek van de neerslag.
- De vochtinbreng door mist na correctie voor variaties in windrichting (F_c) was ca. 882 mm gedurende het eerste jaar en 834 mm gedurende het tweede jaar. Correctie voor afwijkingen van de dominante windrichting waren substantieel (gemiddeld 63%).
- Relatieve hoeveelheden doorval (Tf) verschilden per neerslagtype. Voor buien met alleen regen was Tf gemiddeld gelijk aan 85% van de inkomende regenval na correctie voor wind- en hellingeffecten. Op dagen met alleen mist maakte Tf slechts 3% van de potentiële mistaanvoer uit, daarmee een mistvang efficiency van het bladerdek suggererend die veel lager is dan die van de gebruikte mistschermen. Op dagen met zowel regenval als mist was de gemiddelde Tf 108% van de gecorrigeerde neerslag. Dit suggereert dat de bijdrage van mist onder deze omstandigheden een belangrijke factor is, hoewel het precieze mechanisme erachter onduidelijk blijft. Wellicht vindt een groter deel van de ingevangen mist

zijn weg naar de bosvloer nadat het bladerdak (inclusief de daarin aanwezige mossen) verzadigd is geraakt door regenval.

- Ondanks de in absolute zin kleine hoeveelheden ingevangen mist was mist toch de belangrijkste vorm van wateraanvoer gedurende de droge zomerperiode en vertegenwoordigde mist een effectieve aanvulling op de regenval gedurende de lente, herfst en winter doordat zij enerzijds de verdamping sterk reduceerde (zie onder) en anderzijds de hoeveelheid doorval tijdens perioden van gelijktijdige regen en mist leek te verhogen.
- De ruimtelijke variabiliteit van de gemeten doorval was hoog ($\pm 30\%$ standaardafwijking); het gebruik van 8 doorvalmeters zou de variabiliteit reduceren tot ongeveer 15%. In het geval van alleen door mist veroorzaakte doorval was de variabiliteit tussen de twee collectoren het hoogst ($\pm 69\%$).

IX.4 RUIMTELIJKE VARIABILITEIT VAN BRUTO- EN NETTO NEERSLAG EN MODELLERING VAN NEERSLAGONDERSCHEPING

Tussen 1090 en 1300 m hoogte boven zeeniveau is het Jelima stroomgebied bedekt met representatieve voorbeelden van drie verschillende soorten *laurisilva*. In de beschutte dalen vindt men bos dat door verschillende soorten laurier wordt gedomineerd (en met de grootste bomen), terwijl overgangsbos van intermediaire boomhoogte op de hellingen voorkomt, met gemengd dwergbos van boomheide en lokale beuken op de bergkammen. Van februari 2003 tot en met januari 2005 werden de regenval en het voorkomen van mist boven het bladerdek alsmede de doorval gemeten, met gebruikmaking van de methoden zoals beschreven in de voorgaande sectie. Dit is gedaan op elk van vier plekken die representatief geacht werden voor de drie voornoemde bostypen (twee locaties waren in het dal gelegen, waarvan er slechts één is gebruikt in deze analyse). Bovendien is het door Gash et al. (1995) gereviseerde analytische model gebruikt om de onderschepping van neerslag door het bladerdek te voorspellen. Hierbij werd onderscheid gemaakt tussen gevallen met alleen regen (uitgevoerd op alle drie de meetlocaties), gevallen met alleen mist, en gevallen met zowel regen als mist (de beide laatste alleen in het dwergbos op de bergkam).

De resultaten lieten het volgende zien:

- In de relatief beschutte dalbodem- en hellingbossen was regen de voornaamste bron van water. Dagen met mist of gemengde neerslag waren op de bergkam veel frequenter en droegen potentieel evenveel bij aan de totale wateraanvoer als buien met alleen regen.
- Correcties voor turbulentie (*wind loss*) rond de regenmeters bedroegen 6 tot 9% van de totale neerslag op de dalbodem- en hellinglocaties, tegen 20% op de

bergkam. Onderschatting van regenval op de helling ten gevolge van interacties tussen de invalshoek van de regen en de steilte en oriëntatie van de helling was gering (2%) vanwege de westelijke oriëntatie van de meetplek, maar was groter op de winderige kam (14%) en zelfs in de vallei (7%, waarschijnlijk ten gevolge van topografisch veroorzaakte versnelling van de wind).

- Na correctie voor turbulentie-, regenhoek-, en topografische effecten was de ruimtelijke variabiliteit tussen de verschillende meetplekken klein ($\pm 5.5\%$).
- Buien in het dal en op hellingstations werden gekarakteriseerd door lage intensiteiten (op 65% van de regendagen viel minder dan 2 mm), behalve tijdens de meest regenachtige periode (oktober - januari) waarin convectieve buien soms grote hoeveelheden water produceerden (tijdens 11% van de regendagen viel meer dan 20 mm).
- De voor windrichting gecorrigeerde hoeveelheden door de schermen ingevangen mist (F_c) in het dal en op de helling waren bescheiden (27-30 mm in het eerste jaar en 67-76 mm in het tweede jaar) maar namen exponentieel toe met de hoogte tot aan de kam (834-882 mm/jaar), wat kan worden toegeschreven aan de veel hogere mistfrequentie en hogere windsnelheden die daar heersen.
- De absolute hoeveelheden doorval die tijdens mistcondities zonder regen gegenereerd worden waren zeer gering in het dal en op de helling, maar ook bescheiden op de kam. Waarschijnlijk komt dit doordat het bladerdak van het gemengde boomheide- en beukenbos veel minder efficiënt de passerende mist uitfilterde dan de kunstmatige invangschermen.
- De hoeveelheden doorval die tijdens buien met alleen regen werden geproduceerd bedroegen 79% (dalbodem), 83% (helling) en 85% (bergkam), en vertoonden derhalve een omgekeerde trend met het geprojecteerde bladoppervlak van het bos (*leaf area index*). Dit in tegenstelling tot gemengde neerslag: op alle drie de meetplaatsen overschreed doorval de voor wind gecorrigeerde regeninvoer. Dit suggereert dat mist gecombineerd met regen een hoger aandeel levert aan de hoeveelheid doorval dan tijdens mistvoorkomen zonder regen. Dit contrast wordt eventueel verklaard door de verschillende mate van bevochtiging van het bladerdek en de daarin aanwezige mossen tijdens situaties met alleen mist of gemengde neerslag.
- Het analytische interceptiemodel van Gash werd in eerste instantie gecalibreerd voor dagen met alleen regen. De verkregen waarden voor de bergingscapaciteit van het bladerdak van de drie bostypes waren niet significant verschillend maar namen wel toe met het aandeel bomen met naaldvormige bladeren (met name boomheide).

- In het bos in de vallei en op de helling werd tijdens buien van meer dan 2 mm regen stamafvoer geproduceerd. In het bos op de kam gebeurde dit voor regenval boven de 3,2 mm.
- De gemiddelde verdampingssnelheid vanaf een nat bladerdek ($\overline{E_w}$) zoals afgeleid van de interceptiemetingen op de drie locaties bedroeg 0.28 ± 0.02 mm/uur. Daarentegen werden waarden van 0.04 mm/uur (alleen regen) tot 0.09 mm/uur (alleen mist) berekend met de Penman-Monteith vergelijking. Dit contrast kan worden toegeschreven aan het feit dat deze vergelijking geen rekening houdt met de potentiële grote hoeveelheden advectieve energie die aangevoerd kunnen worden vanaf de nabijgelegen oceaan. De hogere mate van $\overline{E_w}$ tijdens mist, in vergelijking met regen, kan worden teruggevoerd op de grotere hoeveelheden inkomende straling tijdens mist.
- De hoeveelheden doorval tijdens buien met alleen regen werden redelijk goed voorspeld door het analytische model. Het gekalibreerde model voor dagen met alleen mist liet zien dat de actuele hoeveelheid mist die ingevangen werd door het bos op de kam gemiddeld 13% bedroeg van de potentiële mistdepositie zoals gemeten boven de vegetatie (D_{Fc}). In het geval van gemengde neerslag was dit 20% van D_{Fc} .

IX.5 TRANSPIRATIE EN STOMATAAL GELEIDINGSVERMOGEN IN GEMENGD BOOMHEIDE- EN BEUKENBOS

Naast metingen aan regenval en mistwateraanvoer en de omzetting daarvan tot doorval, zijn metingen gedaan aan transpiratie (bodemwateropname) en bodemvochtgehalte in het kambos op 1270 m hoogte boven zeeniveau. De snelheid van de sapstroom in zeven geselecteerde individuen van de twee meest voorkomende boomsoorten in het bos, *Myrica faya* en *Erica arborea*, werd continu gemeten met behulp van de zogenaamde *heat dissipation* techniek. De sapstroomsnelheden in de individuele bomen werden opgeschaald tot gemiddelden voor het bos als geheel met behulp van empirische verhoudingen tussen de sapstroomsnelheid en boomdiameter op borsthoogte (DBH) per soort, en informatie over de ruimtelijke verdeling van DBH's per soort op de locatie. Bodemwatergehaltes werden gemeten met behulp van zogenaamde *Time Domain Reflectometry* (TDR) sensoren tot een diepte van 0,3 m. Hieronder worden de belangrijkste resultaten voor wat betreft de transpiratie en afgeleide schattingen van het stomatale geleidingsvermogen in de bladeren samengevat:

- Sapstroomsnelheden in bestudeerde *Erica arborea* (smalle naaldvormige bladeren) en *Myrica faya* (brede bladeren) individuen van gelijke diameter (0,22

m) waren ruwweg vier keer hoger in eerstgenoemde. De sapstroomsnelheid was gecorreleerd met de stamdikte voor *Erica*, maar niet voor *Myrica*.

- De geschatte bijdragen aan de totale transpiratie op plotniveau door *E. arborea*, *M. faya* en *Laurus azorica* waren respectievelijk 40%, 48% en 12%, tegen respectievelijke bijdragen aan het totale geprojecteerde basale stamoppervlak (*basal area*) van 33%, 57% en 10%.
- De geobserveerde nachtelijke wateropname door zowel *Erica* als *Myrica* bedroeg 5% van die van overdag.
- De transpiratie werd beperkt door de hoeveelheid beschikbare stralingsenergie (tengevolge van frequent voorkomen van mist) en door controle door de huidmondjes (stomata), met name gedurende de droge zomermaanden.
- Tijdens mist werd de transpiratie met 10-90% gereduceerd.
- Vanwege de gereduceerde transpiratie tijdens mist en door stomatale controle tijdens droge periodes verschilden de transpiratietotalen voor de twee jaren van de meetcampagne erg weinig (412 en 420 mm), hoewel de regenval in het tweede jaar twee keer zo hoog was als in het eerste.
- Het fysiologisch geleidingsvermogen van het bladerdek als geheel was omgekeerd evenredig met het atmosferisch dampdruktekort en nam toe met de stralingshoeveelheid bij lage intensiteiten. Dit niettegenstaande het feit dat er geen significante relatie was met het vochtgehalte in de bovenste 0,3 m van de bodem, alhoewel bodemvocht erg lage waarden bereikte in de zomer. Hieruit werd opgemaakt dat de bomen toegang hadden tot water in diepere lagen, bijvoorbeeld via spleten in de rotsen beneden 0,3 m.
- Tijdens de vijf droge maanden (mei - september) werden de bodemwaterreserves nauwelijks gevoed door atmosferische wateraanvoer. Omdat de waterreserves in de bovenste 0,3 m van de bodem onvoldoende waren om de vegetatie blijvend van water te voorzien, moet er water vanuit de onderliggende bodem zijn onttrokken.
- Gaten in de transpiratiegegevens kunnen worden opgevuld met behulp van de Penman-Monteith vergelijking gecombineerd met het gekalibreerde Jarvis model voor de schatting van het stomatale geleidingsvermogen. Echter, voor zeer vochtige atmosferische condities (>80% relatieve luchtvochtigheid) was de prestatie van het model minder bevredigend: de transpiratiewaarden waren laag en voorspelde variaties in het geleidingsvermogen hoog.
- De resultaten die verkregen werden met behulp van de kunstmatige neurale netwerkbenadering (*artificial neural network*, ANN) om korte onderbrekingen in de transpiratiegegevens op te vullen waren veel beter dan die met de Penman-

Monteith/Jarvis benadering. De resultaten verkregen met ANN waren beter omdat de condities tussen de “training” en “test” perioden zowel onder droge als vochtige atmosferische omstandigheden beter vergelijkbaar waren.

IX.6 WATERBALANS VAN HET GEMENGDE BERGKAMBOS

Studies naar het regionale waterbudget zijn nodig om de aanwezige watervoorraden te kunnen beoordelen en om La Gomera’s waterbeleid aan te passen in het licht van de verwachten klimaatsverandering (Hay, 2000; Sperling et al., 2004). Hieronder worden de resultaten van de respectievelijke hoofdstukken gecombineerd om de vereenvoudigde waterbalansvergelijking op te lossen voor het gemengde bos op de bergkam en zo de bodem- en grondwateraanvulling te schatten. De gesimplificeerde vergelijking voor de jaarlijkse waterbalans kan als volgt worden geschreven:

$$Tf + Sf = OF + ET + \Delta S + D \quad \text{VIII.1}$$

waarbij Tf staat voor doorval, Sf voor stamafvoer, OF voor oppervlakkige afstroming, ET voor transpiratie (bodemwateropname), ΔS voor de verandering in bodemvochtberging, en D voor drainage naar diepere lagen en het grondwater. Alle waarden zijn uitgedrukt in mm/jaar. Aangenomen was dat de OF verwaarloosbaar was omdat er nooit oppervlakkige afstroming was waargenomen in het studiegebied, zelfs niet tijdens hevige regenval. Ook Höllermann (1981) nam slechts minimale oppervlakkige afvoer en erosie waar tijdens zeer intensieve regen (>100 mm/dag) onder laurier- en boomheidebossen. Doorval, transpiratie en verandering van bodemwaterberging tot 0,30 m diepte werden direct gemeten, stamafvoer daarentegen is geschat met behulp van regressies met de regenval afkomstig van voorgaande onderzoekers (details in Hoofdstuk V). Omdat er geen Tf gegevens na september 2004 beschikbaar waren, werden de totalen voor de rest van het tweede meetjaar geschat met gebruikmaking van regressies die apart werden afgeleid voor dagen met alleen regen-, alleen mist-, en gemengde neerslag tijdens het eerste meetjaar. De vereenvoudigde waterbalansen voor het kambos tijdens de twee jaren zijn in Tabel VIII.1 samengevat (de waarden voor de afgeleide drainage zijn afgerond op 5 mm).

Tabel IX.1 De waterbalans (in mm/jaar) voor het gemengde boomheide/beukenbos op 1270 m hoogte in het Jelima stroomgebied, La Gomera, tussen februari 2003 en januari 2005.

	$T_f + S_f$ (regen)	T_f (mist)	$T_f + S_f$ (regen en mist)	$T_f + S_f$ (totaal)	E_T	ΔS	D
Februari 2003-januari 2004							
Hoeveelheid water (mm)	546	22	297	865	412	-50	505
Maximale toevallige fout (mm)				$\pm 253^1$	$\pm 91^2$	$\pm 5^3$	190^4
Februari 2004- januari 2005							
Hoeveelheid water (mm)	1242	28	305	1575	420	20	1135
Maximale toevallige fout (mm)				$\pm 472^1$	$\pm 92^2$	$\pm 2^3$	$\pm 430^4$

¹ gebaseerd op $\pm 30\%$ standaardafwijking in totale doorval (zie Hoofdstuk IV); ² gebaseerd op $\pm 22\%$ standaardafwijking in totale transpiratie (zie Hoofdstuk VI); ³ $\pm 10\%$ (zie Hoofdstuk VI); ⁴ Wortel van de kwadratische fout.

De jaarlijkse netto-neerslag op de bosbodem tussen februari 2003 en januari 2004 bedroeg 865 ± 178 (standaardfout) mm inclusief 19 mm waterafvoer langs de stam (met onbekende maar naar aangenomen kleine fouten marge in absolute termen). Met een transpiratietotaal van 412 mm en een verandering in bodemwaterberging van -50 mm, werd een netto-aanvulling van 505 mm naar diepere lagen (onder de 0,3 m) berekend.

Het tweede meetjaar (februari 2004 tot en met januari 2005) was veel natter (de voor wind gecorrigeerde regenval P_a^* was 1695 mm vergeleken met 900 mm in het eerste jaar). Doorval was 1542 ± 323 en stamafvoer was 33 mm. Voor een transpiratie van 420 mm en een verandering in bodemvochttopslag van 20 mm kwam de geschatte netto aanvulling van het bodem- en grondwater dit jaar uit op 1135 mm, meer dan het dubbele van de waarde voor het voorafgaande jaar. Dit resultaat illustreert hoe belangrijk het is om meerjarige observaties uit te voeren. Door wolken beïnvloede bossen besloegen ca. 25% van het stroomgebied en als zodanig is hun positieve bijdrage aan het totale waterbudget belangrijk. Verder onderzoek is nodig aan de sapstroomsnelheden in de helling- en dalbossen om de waterbalans van het gehele stroomgebied te kunnen berekenen.

De onzekerheid rond de twee schattingen voor de jaarlijkse grondwateraanvulling (*recharge*) is vrij groot doordat deze de som van de fouten in de respectievelijke componenten van de waterbalans bevat. De standaardafwijking van de gemiddelde T_f was $\pm 30\%$; de maximale fout in de transpiratie werd geschat op $\pm 22\%$ terwijl die voor de bodemwateropslag gelijk werd gesteld met de fout in de calibratiecurve voor de TDR sensors (10%). De totale fout in de geschatte drainage werd berekend als de wortel van de som van het kwadraat van de fouten van elke component van de waterbalans: $\pm 38\%$ (Tabel VIII.1).

Sperling en anderen (2004) hebben een toekomstige versterking van de neerwaartse beweging van droge, warme lucht boven de Canarische Eilanden en een daarmee gepaard

gaande verlaging van de temperatuurinversie voorspeld. Als gevolg hiervan zal naar verwachting de ligging van de wolke toppen veranderen en een afname optreden in de frequentie van mist en lage bewolking gedurende de droge perioden. Dit, op zijn beurt, zal een toename in de dagelijkse gang van de luchttemperatuur, het dampdruktekort, en het vaker optreden van intense straling tot gevolg hebben. Als dit juist blijkt, dan zullen de vochtige atmosferische condities die de wolken momenteel nog in het studiegebied handhaven tijdens het droge seizoen worden vervangen door een situatie met een toenemende verdampingsvraag vanuit de atmosfeer en een toenemende uitputting van het bodemvocht. Volgens de bevindingen van de huidige studie wordt de transpiratie van het gemengde bos op de bergkammen tijdens langdurige regenloze condities beperkt door gedeeltelijke sluiting van de huidmondjes. Niettemin kan een toename in waterverbruik door de vegetatie worden verwacht vanwege de verwachte verdroging van de atmosfeer met negatieve gevolgen voor de aanvulling van bodem- en grondwaterreserves (bovenop de verwachte 10% afname in jaarlijkse regenval; Sperling en anderen, 2004).