©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)
Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. 14, 109-118. Hannover 2002

Waldstruktur und Baumartendiversität im montanen Regenwald der Estación Científica San Francisco in Südecuador

- Jürgen Homeier, Helmut Dalitz & Siegmar-W. Breckle, Bielefeld -

Abstract

The Andean region of South Ecuador is known as a hotspot of biodiversity. Forest structure and tree species composition of the montane rain forest at the reserve of the Estación Científica San Francisco was studied on an area of 0.6 ha. This area is divided into 15 permanent plots of 400 m^2 distributed on the altitudinal gradient between 1850 masl and 2450 masl. In total 1220 individuals of trees with a dbh > 5 cm were found, belonging to 183 species of 53 families. Lauraceae, Euphorbiaceae, Melastomataceae and Rubiaceae are the families with the highest species numbers in the study plots. The species composition is almost totally different in ravines and on ridges. We found the tallest trees within species rich stands in the ravines, whereas the forest on exposed ridges reaches not more than 15-20 m.

1. Einleitung

Die Grenzregion zwischen Ecuador und Peru ist für ihre sehr hohe Biodiversität bekannt (BARTHLOTT et al. 1996). Niedrige Andenpässe erlauben hier einen Austausch der Vegetation zwischen dem Amazonasbecken und dem pazifischen Tiefland. Auf kleinem Raum findet man einen starken Feuchtigkeitsgradienten und den Übergang zwischen feuchten Bergregenwäldern der nördlichen Anden zu den laubwerfenden Trockenwäldern Nordwestperus.

Allein für den Podocarpus-Nationalpark, der direkt an das Untersuchungsgebiet angrenzt, werden 212 endemische Gefäßpflanzenarten beschrieben (VALENCIA et al. 2000).

Im Rahmen der DFG-finanzierten Forschergruppe „Funktionalität in einem tropischen Bergregenwald Südecuadors: Diversität, dynamische Prozesse und Nutzungspotentiale unter ökosystemaren Gesichtspunkten" (BECK & MÜLLER-HOHENSTEIN 2001) wird in Südecuador seit 1999 unter anderem die Waldstruktur und die Baumartendiversität untersucht. Zusammen mit floristischen Aufnahmen (BUSSMANN 2001) und Strukturaufnahmen (PAULSCH 2001) kooperierender Arbeitsgruppen bilden diese Untersuchungen die Grundlage, um die Bestandesdynamik verstehen zu können.

Dieser Bearbeitung liegt die Frage zugrunde, inwieweit durch statistisch zufällig ausgewählte Untersuchungsflächen entlang des Höhengradienten Unterschiede in der Baumartenzusammensetzung und der Bestandesstruktur gefunden werden können.

2. Untersuchungsgebiet

Die Untersuchungen finden im Gebiet der Estación Científica San Francisco (3° 58' S, 79° 04' W) statt (Abb.1), das zwischen 1800 m und 3200 m in den südecuadorianischen Anden liegt. Das ca. 1000 ha große Schutzgebiet befindet sich im Tal des Rio San Francisco auf dem Osthang der Cordillera El Consuelo und grenzt im Süden an den Podocarpus-Nationalpark.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Es zeichnet sich durch sehr steile Hänge mit 30° durchschnittlicher Neigung und tief eingeschnittene Täler aus. Das Reservat gehört zum Einzugsgebiet des Amazonas, in den der Rio San Francisco über den Rio Zamora und den Rio Marañon fließt. Geologisch findet man schwach metamorphe Tonschiefer und teilweise auch metamorphen Sandstein mit Quarzadern im Untergrund (SCHRUMPF et al. 2001, WILCKE et al. 2001). Die durchschnittliche jährliche Niederschlagssumme liegt bei 2200 mm und die Durchschnittstemperatur bei 15 °C (EMCK 2002). Die Vegetation besteht größtenteils aus primärem Wald und ist nach SIERRA (1999) als „bosque de neblina montano", also als Bergnebelwald einzustufen. Durch das unruhige Relief ergibt sich ein Mosaik aus lokalen Mikroklimata und kleinräumlich verschiedener Vegetation.

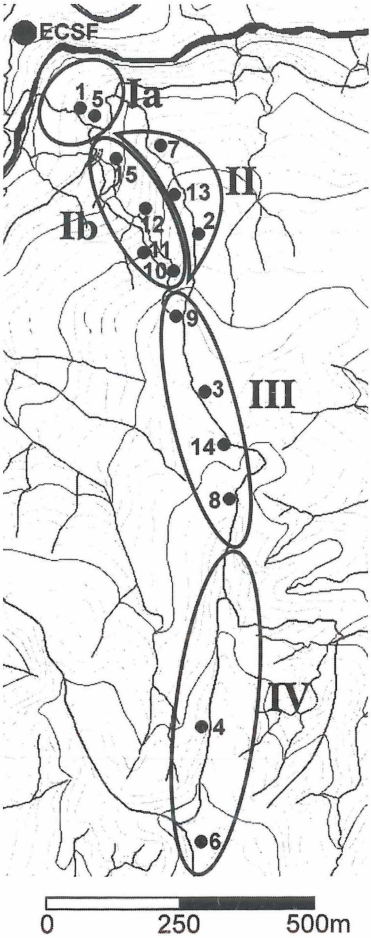

Abb. 1: Karte des Untersuchungsgebietes mit Vegetationstypen auf der Grundlage von Baumarten-Diversität (verändert n. STOYAN 2000)

3. Methoden

Zwischen 1850 m und 2450 m entlang eines vorhandenen Pfades und zwischen 1900 m und 2100 m in einem Nebental des Rio San Francisco wurden im Höhengradienten 15 quadratische Dauerparzellen von jeweils 400 m^2 angelegt. Die Auswahl der Flächen wurde durch folgende Parameter bestimmt: Die Untersuchungsflächen sollten in geschlossenen Beständen angelegt werden. Sie sollten weitgehend homogen sein und die geomorphologischen Strukturen des Gebietes erfassen.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Auf den Flächen wurden alle Bäume mit einem Brusthöhendurchmesser (BHD) ab 5 cm mit ihrer Position, der Höhe und dem BHD aufgenommen. Zur Identifikation der Arten wurden von allen Bäumen Belege gesammelt, die in den Herbarien Loja (LOJA), Estación Científica San Francisco (ECSF), Quito (QCNE), Bielefeld (BIEL) und im Herbar des Missouri Botanical Garden (MO) hinterlegt sind.

Als gebräuchlicher Parameter zur Messung der α-Diversität der Untersuchungsflächen wurde der Shannon-Wiener-Index H' gewählt, auch wenn von den Anwendungsvoraussetzzungen nur diejenige der zufälligen Auswahl der Flächen gegeben war (vgl. KREBS 1999).

Die Daten über die Zusammensetzung der Bestände wurden zunächst mit einer Korrespondenzanalyse auf der Grundlage der reinen Abundanzwerte auf Ähnlichkeiten zwischen den Untersuchungsflächen geprüft (Abb. 2). Die Interpretation der zwei resultierenden Dimensionen erwies sich als ausserordentlich schwierig, so dass ein weiteres Verfahren zur genaueren Analyse verwendet wurde. Mit Hilfe des NESS-Index (**N**ormalized **E**xpected **S**pecies **S**hared) werden die Ähnlichkeiten zwischen Untersuchungsflächen mit einem weit geringeren BIAS als bei anderen Indizes abgebildet (GRASSLE & SMITH 1976). Mit diesem Index können paarweise Vergleiche zwischen den Untersuchungsflächen hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit vorgenommen werden. Für eine zufällige Größe der Stichprobe von *m* wird bei diesem Index die erwartete Anzahl gemeinsamer Arten in beiden Vergleichsplots berechnet. Für *m*=1 entspricht der NESS-Index dem Morisita-Index. Für große Werte von *m* ist NESS sehr sensitiv hinsichtlich der seltenen Arten in beiden Vergleichsflächen. Daher wurde diesem Index der Vorzug gegeben. Die Berechnung des NESS-Index ist sehr aufwendig und wurde mit Hilfe eines EXCEL-Makros (MEßNER 1996) durchgeführt. Für die jeweiligen Paarvergleiche wurde jeweils für *m*=1 und m_{max} eine Index-Matrix erstellt, mit Hilfe derer eine Multidimensionale Skalierung (BORTZ 1993) durchgeführt wurde (Abb. 3).

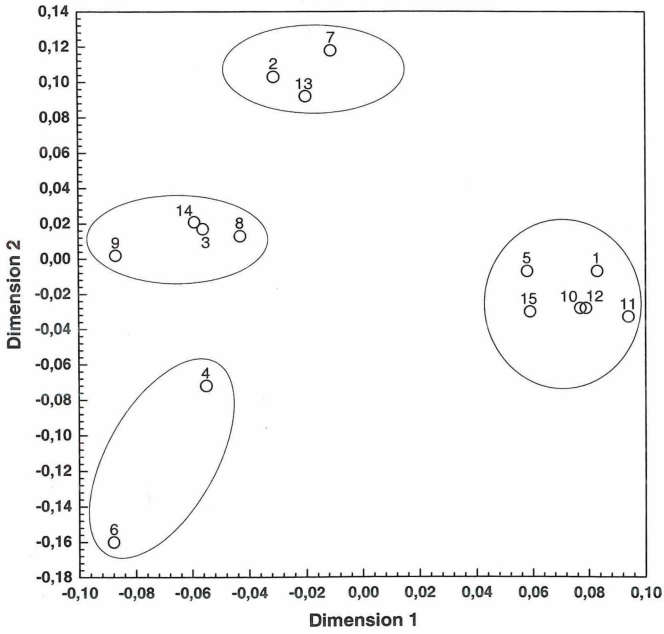

Abb. 2: Scatterplot der Distanzmatrix nach Korrespondenzanalyse (Ovale sind interpretativ eingezeichnet). Die Interpretation der Dimensionen 1 und 2 wird im Text gegeben.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

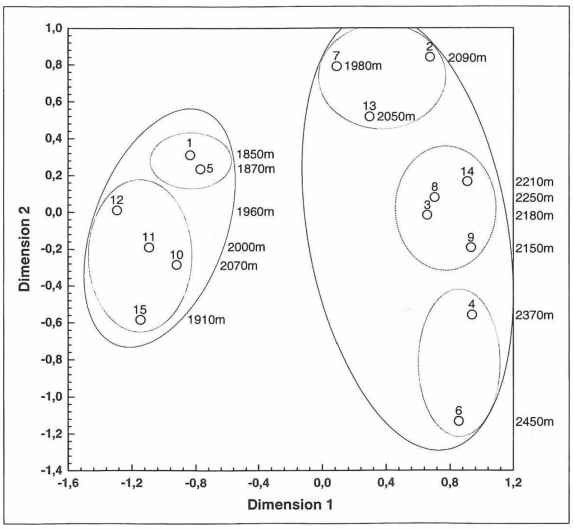

Abb. 3: Scatterplot der Distanzmatrix der Multidimensionalen Skalierung nach Berechnung des NESS mmax - Index. Die Interpretation der Dimensionen 1 und 2 wird im Text gegeben.

4. Ergebnisse

4.1. Waldstruktur

Die Waldstruktur im Untersuchungsgebiet ist hinsichtlich der Baumhöhen und Stammkreisflächen sehr unterschiedlich. So findet man in den geschützteren Tälern des San Francisco und seiner Zuflüsse im unteren Bereich bis 2100 m Bestandeshöhen bis 25 m bei geschlossenem Kronendach; einige Einzelbäume erreichen auch 30-35 m (Abb. 4, Plot 12). Dagegen sind die Bäume in benachbarten Kamm- und Hanglagen nicht höher als 10-15 m, in Ausnahmen bis zu 20 m (Abb. 4, Plot 3). Mit zunehmender Meereshöhe nimmt die Bestandeshöhe ab und oberhalb von 2250 m erreichen die Kronen meistens nicht mehr als 10 m, die durchschnittliche Höhe der Bäume mit BHD > 5 cm beträgt 5,2 m (Abb. 4, Plot 6). Ab 2100 m wird der Bestand offener und die Art *Purdiaea nutans* wird immer dominierender.

Auch die Stammkreisfläche nimmt mit der Meereshöhe ab, unterhalb von 2100 m ergeben sich für die Stämme mit einem Brusthöhendurchmesser (BHD) > 5 cm hochgerechnet Werte von 25-35 m^2/ha, in den geschützteren Tallagen sogar bis zu 50 m^2/ha. Oberhalb von 2250 m liegen die Werte bei nur noch 10-15 m^2/ha. Dabei bleibt der Anteil der Stämme zwischen 5 und 10 cm BHD relativ konstant (Abb. 5). Die auf den Flächen gefundenen Stammzahlen (BHD > 5 cm) liegen zwischen 50 und 140.

4.2. Baumdiversität

Die 1220 aufgenommenen Stämme mit BHD > 5 cm verteilen sich auf 53 Familien und 183 Arten (Tab. 1). Die artenreichsten Familien sind Euphorbiaceae (11 Arten), Lauraceae (22), Melastomataceae (15) und Rubiaceae (21). Die häufigsten Arten sind *Graffenrieda emarginata* (75 Stämme), *Alchornea pearcei* (46) und *Purdiaea nutans* (45).

Erwartungsgemäß nehmen Arten- und Familiendiversität mit zunehmender Meereshöhe ab (siehe Tab. 2). Dabei weisen die in einem eingeschnittenen Tal liegenden Flächen eine ande-

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

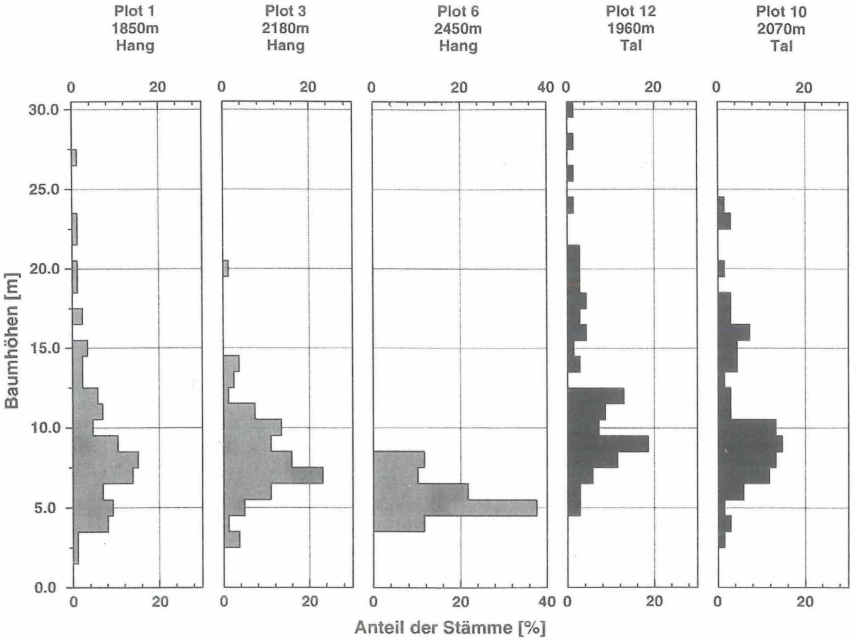

Abb. 4: Verteilung der Stämme mit BHD > 5 cm auf Höhenklassen in fünf ausgewählten Parzellen im Höhengradienten. In grau dargestellt drei Plots in Hanglage und in schwarz zwei Flächen in geschützter Tallage.

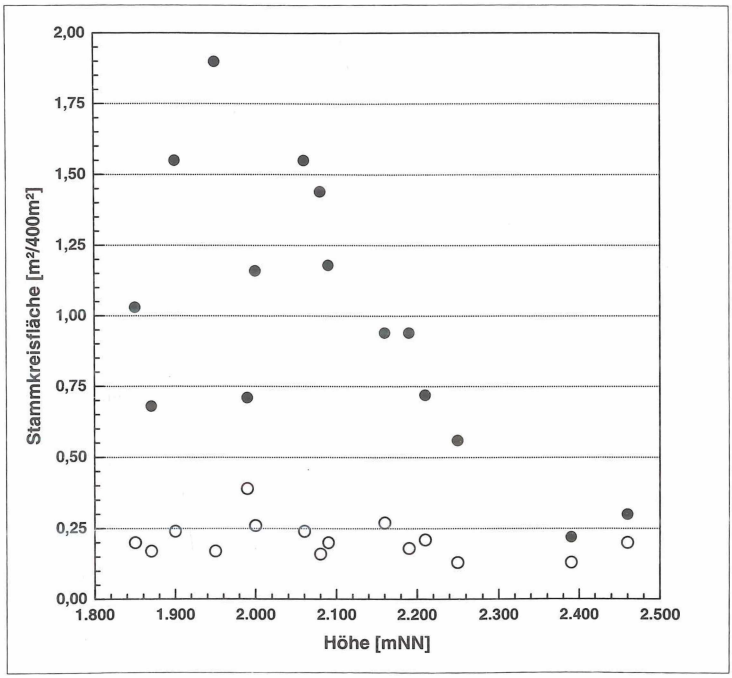

Abb. 5: Stammkreisflächen auf den 15 Untersuchungsflächen im Höhengradienten, jeweils gefüllt dargestellt die Summe der Stämme mit einem BHD >10cm und ungefüllt die Summe der Stämme mit BHD <10 cm.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Tab. 1: Die 53 identifizierten Familien mit Bäumen über 5 cm BHD und die identifizierten Gattungen, in Klammern jeweils die gefundenen Artenzahlen. Fett dargestellt sind die vier artenreichsten Familien.

Alzateaceae (1)	*Alzatea*	Malpighiaceae (1)	*Byrsonima*
Anacardiaceae (3)	*Campnosperma, Mauria, Taipirira*	**Melastomataceae (15)**	*Graffenrieda, Meriania, Miconia, etc.*
Annonaceae (3)	*Annona, Guatteria*	Meliaceae (3)	*Guarea, Ruagea*
Aquifoliaceae (4)	*Ilex*	Mimosaceae (6)	*Abarema, Inga*
Araliaceae (5)	*Dendropanax, Schefflera*	Monimiaceae (2)	*Siparuna*
Arecaceae (2)	*Dictyocaryum*	Moraceae (5)	*Ficus, Helicostylis, Naucleopsis, Pseudolmedia*
Asteraceae (3)	*Critoniopsis, Piptocoma*	Myrsinaceae (2)	*Myrsine*
Bignoniaceae (1)	*Tabebuia*	Myrtaceae (8)	*Calyptranthes, Eugenia, Myrcia, Myrcianthes*
Bombacaceae (1)	*Spirotheca*	Nyctaginaceae (2)	*Guapira, Neea*
Caprifoliaceae (1)	*Viburnum*	Olacaceae (1)	*Heisteria*
Cecropiaceae (2)	*Cecropia*	Piperaceae (5)	*Piper*
Celastraceae (1)	*Maytenus*	Podocarpaceae (2)	*Podocarpus, Prumnopitys*
Chloranthaceae (3)	*Hedyosmum*	Quiinaceae (1)	*Quiina*
Chrysobalanaceae (1)	*Hirtella*	Rhamnaceae(1)	*Rhamnus*
Clethraceae (1)	*Clethra*	Rosaceae (2)	*Prunus*
Clusiaceae (8)	*Clusia, Tovomita, Vismia*	**Rubiaceae (21)**	*Cinchona, Dioicodendron, Elaeagia, Faramea, Isertia, Ladenbergia, Macrocnemum, Palicourea,* Psychotria, Rudgea
Cunoniaceae (7)	*Weinmannia*	Sabiaceae (1)	*Meliosma*
Cyrillaceae (1)	*Purdiaea*	Sapindaceae (1)	*Matayba*
Elaeocarpaceae (1)	*Sloanea*	Sapotaceae (3)	*Chrysophyllum, Micropholis, Pouteria*
Ericaceae (2)	*Bejaria*	Solanaceae (2)	*Cestrum, Solanum*
Euphorbiaceae (11)	*Alchornea, Hyeronima, Sapium, etc.*	Staphyleaceae (1)	*Turpinia*
Fabaceae (1)	*Dussia*	Styracaceae (1)	*Styrax*
Flacourtiaceae (1)	*Laetia*	Symplocaceae (2)	*Symplocos*
Gentianaceae (1)	*Macrocarpaea*	Theaceae (3)	*Freziera, Ternstroemia*
Lauraceae (22)	*Aniba, Endlicheria, Nectandra Ocotea, Persea, Rhodostemonodaphne*	Theophrastaceae (1)	*Clavija*
Lecythidaceae (1)	*Eschweilera*	Tiliaceae (1)	*Heliocarpus*
Magnoliaceae (1)	*Talauma*		

re Artenzusammensetzung und eine meist höhere Artenvielfalt auf als auf vergleichbarer Meereshöhe liegende benachbarte Kamm- bzw. Hangflächen. Das Maximum an gefundenen Baumarten betrug 50 auf einer 400 m^2-Fläche.

Einige Familien wie z.B. Annonaceae, Euphorbiaceae und Solanaceae kommen im Untersuchungsgebiet hauptsächlich unterhalb von 2000 m vor. Andere dagegen wie z.B. Aquifoliaceae, Symplocaceae und Theaceae sind fast nur oberhalb von 2200 m zu finden.

Die Betrachtung der Korrespondenzanalyse (Abb. 2) liefert im zweidimensionalen Raum eine Gruppierung der Untersuchungsflächen in vier klar voneinander unterscheidbare Gruppen: Sämtliche Flächen in Tallagen (1, 5, 10, 11, 12, 15; vergl. Abb. 1) befinden sich in einer Gruppe; die zweite setzt sich aus den Flächen 2, 7 und 13 zusammen, die sich auf gleicher Höhenstufe, aber in Kammlage befinden; die Flächen 3, 9, 8 und 14 liegen oberhalb 2000 m in Kammlage; die letzte Gruppe setzt sich aus den Flächen 4 und 5 zusammen, die oberhalb von 2350 m liegen (vergl. Abb. 1). In der Dimension 2 kann sicher der Faktor „Höhe" ein-

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Tab.2: Diversitätsindex H' nach Shannon-Wiener auf den 15 Untersuchungsflächen. Nach ihrer Lage sind die Flächen in zwei Gruppen eingeteilt.

Lage und Meereshöhe	gefundene Arten	Shannon-Wiener-Diversität (H')
Hang/Kamm		
1850m	32	4,485
1870m	31	4,663
1980m	32	4,462
2050m	42	5,006
2090m	30	4,424
2160m	26	4,073
2190m	28	4,268
2210m	27	4,365
2250m	28	4,367
2370m	19	3,552
2450m	22	3,636
Tal		
1910m	28	4,647
1960m	50	5,471
2000m	40	4,897
2070m	34	4,809

deutig identifiziert werden, während in Dimension 1 sehr schwach ein Mischfaktor abgebildet ist, der den Unterschied zwischen Hang und Kammlagen beschreibt. Diese Korrespondenzanalyse liefert somit ein auf der Grundlage der reinen Abundanzwerte deutliches Bild der Vegetationsabfolge im Höhengradienten.

Die interessante Frage war nun, wie sich bei Verwendung eines eher die selteneren Baumarten gewichtenden Index die Analyse bestätigen lässt. Die nach Berechnung des NESS-Index durchgeführte Multidimensionale Skalierung (Abb. 3) liefert im wesentlichen ein ähnliches Bild, trennt in der Dimension 1 (Tallagen versus Hanglagen) jedoch deutlich stärker. Ebenso werden die Flächen 1 und 5 der unteren Höhensstufen deutlicher von den etwas höher liegenden Flächen 10, 11, 12 und 15 abgetrennt, was sich auch in der Vegetationszusammensetzung widerspiegelt. Damit kann nun eine Klassifizierung der Baumartenzusammensetzung vorgenommen werden.

Typ Ia bezeichnet die wenig exponierten und teilweise sehr steilen Hanglagen im Tal des Rio San Francisco zwischen 1800 m und 1950 m; einige charakteristische Arten sind hier *Hyeronima asperifolia, Ladenbergia oblongifolia, Miconia punctata, Micropholis guyanensis, Tabebuia chrysantha* sowie weitere Bäume aus den Familien Euphorbiaceae, Lauraceae und Rubiaceae (repräsentiert durch die Flächen 1 und 5).

Typ Ib findet man in den eingeschnittenen, geschützten Rinnen der Zuflüsse des Rio San Francisco zwischen 1800 m und 2200 m (repräsentiert durch die Flächen 10, 11, 12 und 15). An diesen sehr feuchten Standorten erreicht der Bestand eine Höhe bis zu 30 m und Einzelbäume sogar bis 35 m. Die Baumarten sind die gleichen wie im Typ I, dazu kommen einige großblättrige Arten der Cecropiaceae, Piperaceae, Nyctaginaceae, Solanaceae und Tiliaceae wie z.B. *Cestrum schlechtendahlii*, *Guapira* sp. und *Heliocarpus americanus*. Die Podocarpaceae *Prumnopitys montana* mit ihren eibenähnlichen Blättern stellt den höchsten hier vorkommenden Baum.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

Die drei folgenden Waldypen kommen auf den exponierteren Hängen und Kämmen vor. Zwischen 1900 m und 2100 m (Typ II) erreicht der Wald 15-20 m Höhe; hier sind besonders Lauraceae und Melastomataceae sehr zahlreich vertreten (Flächen 2, 7 und 13). Häufige Arten sind *Graffenrieda emarginata, Hyeronima moritziana, Matayba* sp., *Myrsine coriacea* und *Podocarpus oleifolius.* Ein charakteristischer Baum dieses Waltyps ist *Alzatea verticillata.*

Weiter nach oben, zwischen 2050 und 2250 m (Typ III), wird der Bestand lichter und erreicht nicht mehr als 15 m. Im Unterwuchs findet man eine dichte Krautschicht, hauptsächlich aus Bromelien. Neben *Alchornea pearcei, Dictyocaryum lamarckianum, Graffenrieda emarginata,* Myrtaceae wie *Myrcia* sp. und *Myrcianthes myrsinoides, Podocarpus oleifolius* und verschiedenen *Clusia*-Arten tritt auch *Purdiaea nutans* auf.

Ab 2250 m (Typ V) wird der Wald sehr lückig mit Baumhöhen meist unter 10 m; *Purdiaea nutans* mit ihren gedrehten knorrigen Stämmen ist dominant. Dazu kommen einige *Weinmannia*-Arten (*W. ovata, W. elliptica, W. fagaroides, W. loxensis*), *Ilex*-Arten (*I. teratopis, I. scopulorum*) und *Drimys granadensis.*

Diskussion

Das untersuchte Gebiet weist eine sehr hohe Baumarten-Diversität auf, wobei sowohl typische Tieflandarten (z.B. *Ficus*-Arten, *Heliocarpus americanus*) als auch Arten typisch für Höhenlagen über 2000 m (z.B. *Weinmannia*-Arten, *Ilex*-Arten) vorkommen.

Die unterschiedlichen Standorteigenschaften tragen zu einer hohen beta-Diversität bei, mit besonders artenreichen Standorten in eingeschnittenen Tälern.

Der NESS-Index mit anschließender Multidimensionaler Skalierung der Distanzmatrix ist bislang eher in zoologischen Untersuchungen verwendet worden (z.B. GRASSLE & SMITH 1976; BREHM 2002), die Ergebnisse zeigen jedoch sehr deutlich, dass dieser Index auch für Untersuchungen der Baumarten-Zusammensetzung aussagekräftige Analysen liefert. Die Analyse mit dem Soerensen-Index (hier nicht gezeigt) liefert fast identische Ergebnisse. Ein Vergleich der verschiedenen Indizes für die Artenzusammensetzung von Geometriden entlang eines Höhengradienten im gleichen Gebiet findet sich mit ausführlicher Diskussion der Ordinierungsmethoden bei BREHM (2002).

Es zeigt sich, wie auch schon bei GENTRY (1988) beschrieben, ein genereller Rückgang der Diversität mit zunehmender Höhenlage. Dies gilt nicht nur für andine oder mittelamerikanische Wälder, sondern auch für asiatische. AIBA & KITMAYA (1999) fanden am Mt. Kinabalu ebenfalls einen solchen Rückgang. In ihren Untersuchungen spielt der edaphische Faktor (ultrabasische versus nicht-ultrabasische Gesteine) zusätzlich eine große Rolle. Auf den ultrabasischen Gesteinen war der Diversitätsrückgang mit zunehmender Höhe deutlich steiler. Zu einem ähnlichen Ergebnis hinsichtlich des Diversitätsrückgangs kommen auch SWAMY et al. (2000) bei ihren Untersuchungen in Indien. Im Vergleich eines „middle elevation forest" (500-700 m) zu einem „high elevation forest"(1000-1150 m) nehmen die Baumartenanzahl und die Stammkreisfläche ab, nicht aber die Individuendichte.

Wie auch in vergleichbaren Untersuchungen (MADSEN & ØLLGAARD 1994), sind in den geschützten Tallagen die höheren Einzelbäume bei größerer Bestandeshöhe zu finden, und auch die Artenvielfalt ist dort höher.

Auch Strukturuntersuchungen im Untersuchungsgebiet (PAULSCH 2001) ergaben eine deutliche Trennung von Tal- und Kammlagen aufgrund von Merkmalen wie z.B. Blattgröße und -struktur.

Insgesamt fügen sich die Ergebnisse dieser Untersuchung in die von GENTRY (1995) beschriebenen Muster der andinen Wälder ein: Die artenreichsten Familien zwischen 1500

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

und 2900 m üNN stellen die Lauraceen, gefolgt von Melastomataceen und Rubiaceen. Der Waldtyp in den höheren Bereichen ab 2100 m mit *Purdiaea nutans* als dominanter Art ist nicht typisch für die südecuadorianischen Anden, sondern eher ein Sonderfall, wie auch Untersuchungen von MADSEN & ØLLGAARD (1994) aus dem benachbarten Podocarpus Nationalpark zeigen. Dort wurden in Höhen von 2700 m bzw. 2900 m noch sehr artenreiche Bestände mit 10-12 m (non-ridge forest) bzw. 7-9 m (ridge forest) durchschnittlicher Höhe aller Bäume mit einem BHD > 5 cm beschrieben. VALENCIA (1992) fand in Pasochoa (nördliches Ecuador) sogar noch in 3300 m durchschnittliche Bestandeshöhen von 7,6 m, wohingegen im Untersuchungsgebiet schon in 2450 m Höhe durchschnittlich nur noch 5,2 m erreicht werden.

Zusammenfassung

Die Andenregion zwischen Ecuador und Peru mit ihren Bergregenwäldern ist als Hotspot der Biodiversität anzusehen. Um die zugrundeliegenden Prozesse zu verstehen, wurden in Zusammenarbeit mehrerer Arbeitsgruppen floristische und strukturelle Untersuchungen auf dem Gebiet der Forschungsstation „Estación Científica San Francisco" durchgeführt. Sowohl der Höhengradient als auch die Exposition des Standortes beeinflussen die Artenzusammensetzung und Bestandsstruktur. Der artenreiche Wald weist kleinräumig sehr unterschiedliche Vegetation auf mit hochstämmigem Wald in den geschützten Tallagen und einem niedrigen Gratwald, der oberhalb von 2250 m von *Purdiaea nutans* (Cyrillaceae) dominiert wird.

Literatur

AIBA, S. & KTAYAMA, K. (1999): Structure, composition and species diversity in an altitude-substrate matrix of rain forest trees communities on Mount Kinabalu, Borneo. - Plant Ecol. **140**: 139-157.

BARTHLOTT, W., LAUER, W. & A. PLACKE (1996): Global distribution of species diversity in vascular plants: towards a world map of phytodiversity. - Erdkunde **50**(4): 317-327.

BECK, E. & K. MÜLLER-HOHENSTEIN (2001): Analysis of undisturbed and disturbed tropical mountain forest ecosystems in Southern Ecuador. - Die Erde **132**: 1-8.

BREHM, G. (2002): Diversity of geometrid moths in a montane rainforest in Ecuador. - Dissertation, University of Bayreuth, Germany, 196 pp.

BUSSMANN, R.W. (2001): The montane forests of Reserva Biológica San Francisco (Zamora-Chinchipe, Ecuador). - Die Erde **132**: 9-25.

EMCK, P. (2002): Klimadifferenzierung in Südecuador. - Dissertation, Universität Erlangen, (in prep.).

GENTRY, A.H. (1988): Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. - Ann. Missouri Bot. Gard. **75**: 1- 34.

GENTRY, A.H. (1995): Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montane forests. In CHURCHILL, S.P., BASLEV, H., FORERO, E. & LUTEYN, J.L. (eds): Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests. - The Bronx, The New York Botanical Garden: 103-126.

GRASSLE, J.F. & SMITH, W. (1976): A similarity measure sensitive to the contribution of rare species and its use in investigation of variation in marine benthic communities. - Oecologia **25**: 13-22.

KREBS, C. J. (1999): Ecological methodology. - Menlo Park/CA, Benjamin/Cummings, 2 nd ed., 622 pp.

MADSEN, J.E. & B. ØLLGAARD (1994): Floristic composition, structure. and dynamics of an upper montane forest in Southern Ecuador. - Nord. J. Bot. **14**(4): 403-423.

MEßNER, S. (1996): Untersuchungen zur Biodiversität der Myrmecofauna (Formicidae) im Parc National de la Comoé (Elfenbeinküste). - Diplom-Arbeit. Universität Würzburg.

PAULSCH, A. (2001): Development and application of a classification system for undisturbed and disturbed tropical montane forests based on vegetation structure. - Dissertation, Universität Bayreuth, 158 S.

©Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (http://www.reinhold-tuexen-gesellschaft.de/)

SCHRUMPF, M., GUGGENBERGER, G., VALAREZO, C. & W. ZECH (2001): Tropical montane rain forest soils - Development and nutrient status along an altitudinal gradient in the South Ecuadorian Andes. - Die Erde **132**: 43-59.

SIERRA, R. (ed.) (1999): Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. - 194 S. - Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia, Quito.

STOYAN, R. (2000): Aktivität, Ursachen und Klassifikation der Rutschungen in San Francisco/Südecuador. - Diplom-Arbeit, Universität Erlangen.

SWAMY, P.S., SUNDARAPANDIAN, S.M., CHANDRASEKAR, P. & CHANDRASEKARAN, S. (2000): Plant species diversity and tree population structure of a humid tropical forest in Tamil Nadu, India. - Biodiversity and Conservation **9**: 1643-1669.

VALENCIA, R. & P.M. JØRGENSEN (1992): Composition and structure of a humid montane forest on the Pasochoa volcano, Ecuador. - Nord. J. Bot. **12**: 239-247.

VALENCIA, R., PITMAN, N., LEÓ-YÁNEZ, S. & P.M. JØRGENSEN (eds.) (2000): Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador 2000. - 489 S. - Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

WILCKE, W., YASIN, S., VALAREZO, C. & W. ZECH (2001): Change in water quality during the passage through a tropical montane rain forest in Ecuador. - Biogeochem. **55**: 45-72.

Anschriften der Verfasser:
Jürgen Homeier, Dr. H. Dalitz, Prof. Dr. S.-W- Breckle, Universität Bielefeld, Fakultät für Biologie, Abt. Ökologie, Postfach 100 131, D-33501 Bielefeld

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft

Jahr/Year: 2002

Band/Volume: 14

Autor(en)/Author(s): Homeier Jürgen, Dalitz Helmut, Breckle Siegmar-Walter

Artikel/Article: Waldstruktur und Baumartendiversität im montanen Regenwald der Estación Científica San Francisco in Südecuador 109-118