

Abteilung Systematische Botanik und Ökologie (Biologie V)

Leiter: Prof. Dr. Gerhard Gottsberger

**Artenzusammensetzung und Ressourcenangebot
kolibribesuchter Pflanzen im Bergregenwald
Südecuadors**



**Dissertation zur Erlangung des
Doktorgrades Dr. rer. nat.
der Fakultät für Naturwissenschaften der Universität Ulm**

***Cornelia Dziedziuch*
aus Frankfurt**

Februar 2001

Amtierender Dekan: Prof. Dr. W. Witschel

1. Gutachter: Prof. Dr. Gerhard Gottsberger

2. Gutachter: Prof. Dr. Elisabeth Kalko

Tag der Promotion: 4. 5. 2001

(Titelbild von Gunnar Brehm)

Inhaltsverzeichnis

I	Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen	5
II	Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	7
1	Einleitung	9
2	Untersuchungsgebiet	13
2.1	Geographische Lage	13
2.2	Klima	15
2.3	Geologische und geomorphologische Ausgangssituation und Böden	16
2.4	Vegetation und pflanzengeographische Gegebenheiten	17
3	Methoden	19
3.1	Festlegung der Transekte	19
3.2	Transektkontrollen	19
3.3	Bestimmung und Identifikation kolibribesuchter Pflanzen	20
3.4	Nektarmessungen	21
3.4.1	<i>Nektarvolumen</i>	22
3.4.2	<i>Zuckerkonzentration</i>	22
3.4.3	<i>Berechnung der Energieressourcen</i>	23
3.4.4	<i>Nektar-Zuckerzusammensetzung</i>	24
3.5	Nektarivore Vögel	25
3.6	Blütenbesuche	25
3.7	Nahrungssuchverhalten	26
3.8	Charakterisierung der Vegetationseinheiten	26
3.9	Datenverarbeitung und statistische Auswertung	28
3.9.1	<i>Multidimensionale Skalierung (MDS)</i>	28
3.9.2	<i>Diskriminanzanalyse</i>	29
4	Ergebnisse	31
4.1	Beschreibung der Vegetationsstruktur	31
4.2	Charakterisierung der kolibribesuchten Pflanzen	38
4.2.1	<i>Lebensformenspektrum der kolibribesuchten Pflanzenarten</i>	39
4.2.2	<i>Phänologie</i>	45
4.2.2.1	<i>Blühverlaufstypen</i>	48
4.2.2.2	<i>Blühzeiten und Klima</i>	49
4.2.3	<i>Gestalt, Kronröhrenlänge und Farbe der Blüten</i>	49
4.2.4	<i>Nektarmessungen</i>	50
4.3	Trochilidae	55

4.3.1	<i>Schnabellänge und Körpermasse</i>	58
4.3.2	<i>Nahrungssuchverhalten</i>	59
4.3.3	<i>Blütenbesuche</i>	60
4.4	Zeitliche Dynamik des Ressourcenangebots	63
4.4.1	<i>Zusammensetzung des Energieangebotes</i>	69
4.4.2	<i>Beteiligung der Pflanzenarten am Energieangebot</i>	72
4.4.3	<i>Farbausprägung</i>	74
4.5	Räumliche Verteilung der kolibribesuchten Pflanzen	75
4.5.1	<i>α- und β-Diversität der Vegetationseinheiten</i>	75
4.5.2	<i>Diskriminanzanalyse - Unterscheidung der Struktureinheiten aufgrund der Artenzusammensetzung kolibribesuchter Pflanzenarten</i>	79
4.5.3	<i>Lebensformenspektren der kolibribesuchten Arten in den Struktureinheiten</i>	88
4.5.4	<i>Ressourcenangebot der Struktureinheiten</i>	90
5	Diskussion	92
5.1	Diversität der Trochilidae und kolibribesuchten Pflanzen	92
5.2	Die Pflanzen-Kolibrigemeinschaft	95
5.3	Blühphänologie	97
5.4	Das Nektarangebot	100
5.5	Blütenfarben, Blütengestalt und Kronröhrenlänge	103
5.6	Ressourcenverfügbarkeit	107
5.6.1	<i>Zeitliche Dynamik</i>	107
5.6.2	<i>Räumliche Verteilung</i>	110
6	Zusammenfassung	114
6.1	Zusammenfassung	114
6.2	Summary	115
6.3	Resumen	116
7	Literatur	120
8	Danksagung	128
9	Anhang: Farbtafeln	129

2 Untersuchungsgebiet

2.1 GEOGRAPHISCHE LAGE

Die Feldstudien zur vorliegenden Arbeit wurden von Oktober 1998 bis Oktober 1999 in Südecuador durchgeführt. Ecuador liegt im nordwestlichen Teil Südamerikas an dessen Westküste direkt am Äquator und zählt mit einer Fläche von ca. 270.000 km² (GÓMEZ 1996) zu den kleinsten Ländern Südamerikas. Allgemein wird Ecuador in vier Landschaftsregionen gegliedert: die pazifische Küste, einschließlich des Tieflandes der West-Anden (Costa), das andine Hochland mit schneebedeckten Gipfeln bis zu 6000 m N.N. (Sierra), das Tiefland östlich der Anden, im westlichen Amazonasbecken (Oriente) und den Galápagos-Archipel. Zwei in Nord-Süd-Richtung verlaufende Andenkette bilden die ca. 200 km breite Sierra. Die Andenkette sind durch den Graben der innerandinen Depression getrennt, wobei die Westkordillere (Cordillera Occidental) und die Ostkordillere (Cordillera Oriental oder Real) durch Querriegel verbunden sind.

Die Arbeiten wurden im Süden Ecuadors am Ostabhang der Cordillera Real realisiert. Die Region gehört zur steilen Ostabdachung der Anden, die als bewaldete Region bogenförmig von Kolumbien bis Bolivien reicht (PATTERSON et al. 1998). Das Untersuchungsgebiet befindet sich in der Provinz Zamora-Chinipe, zwischen den Provinzhauptstädten Loja und Zamora (Abb. 1). Es liegt im nordwestlich exponierten Abhang der Cordillera El Consuelo, eines Ausläufers der Ostanden, auf einer Höhe zwischen 1900 m N.N. und 2100 m N.N. (Abb. 2). Das Gelände gehört zur „Estación Científica San Francisco“ (3°58'18"S, 79°04'44"W) und grenzt an den Nationalpark „Podocarpus“.

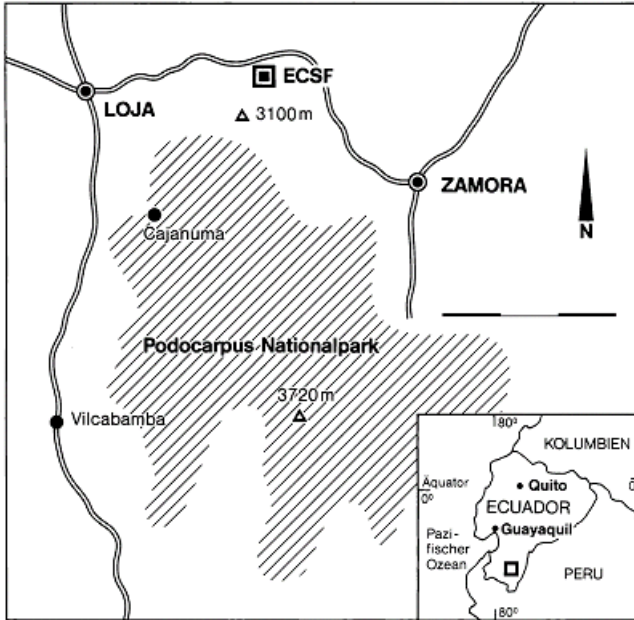


Abb. 1: Geographische Lage des Untersuchungsareals in Ecuador und Südamerika

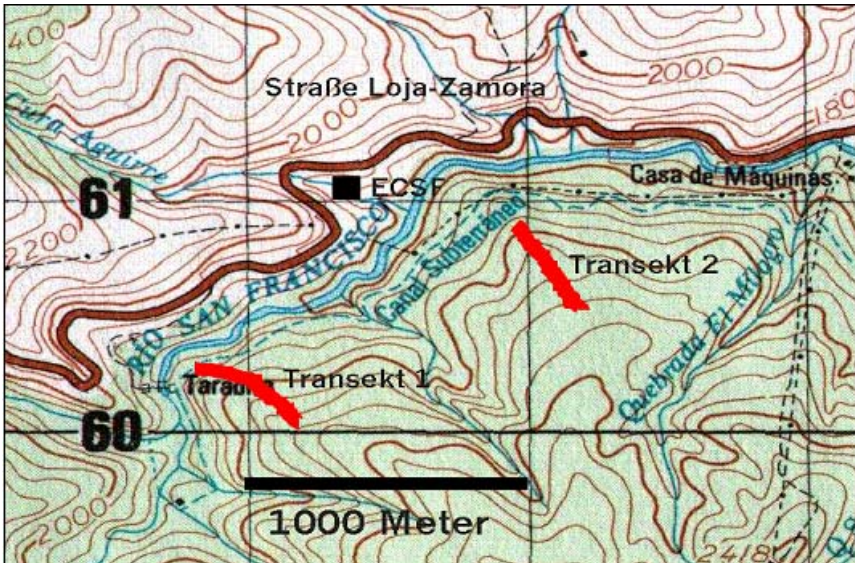


Abb. 2: Lage der Transekte im Untersuchungsgebiet

2.2 KLIMA

In Ecuador findet sich ein typisches äquatoriales, perhumides Tageszeitenklima. Abhängig von der mittleren Jahrestemperatur wird dieses mit dem Begriff Warmtropen (Minimum ca. 16°C) bzw. Kalttropen bezeichnet. Das regionale Klimageschehen wird jedoch durch die Barriere der andinen Gebirgsketten, Differenzen im Jahresverlauf der Einstrahlungsverhältnisse (ITC) und durch episodische Änderungen der ozeanischen Strömungsverhältnisse (v.a. Peru-(Humboldt)-Strom, El-Niño-Phänomen) beeinflusst. Ein Teil der Feldstudien wurde während des El-Niño-Jahres 1997/98 durchgeführt. Für die östlichen Anden zwischen 1000 m N.N. und 3500 m N.N. wird eine spezielle Klimakonstellation mit einer Niederschlagsspitze im Juni/Juli und ohne deutlich ausgeprägte Trockenzeit beschrieben (BENDIX & LAUER 1992). Die Niederschlagsspitzen werden durch südostpassatische Steigungsregen am Osthang der Anden verursacht, während die relativen Trockenmonate von einer Unterdrückung der innertropischen Regenzeiten während des Durchgangs der ITC-Zone durch regionale atmosphärische Zustände hervorgerufen werden (BENDIX & LAUER 1992).

Das Klimadiagramm in Abbildung 3 gibt einen Überblick über das Klimageschehen im Untersuchungsgebiet. Das Klima entspricht in seinem Verlauf weitgehend dem beschriebenen Klimatyp 4 von BENDIX & LAUER (1992). Die Jahresmitteltemperatur liegt bei 17°C, wobei die nächtlichen Werte bei geringer Bewölkung durchaus bis auf 6°C sinken können. Der mittlere jährliche Niederschlag liegt bei 2283 mm/a. Die regenreiche Periode erstreckt sich von März bis August mit einem Niederschlagsmaximum von ca. 280 mm in den Monaten Juni/Juli. Die relative Trockenzeit dauert von September bis Februar, mit einem Niederschlagsminimum von ca. 105 mm im Monat November. Die relative Luftfeuchte beträgt im Mittel ganzjährig 80-90%. Starke Ostwinde, mit Böen bis zu 120 km/h, führten in den Regenmonaten Juni/Juli zu ausgeprägten sturmartigen Witterungsbedingungen.

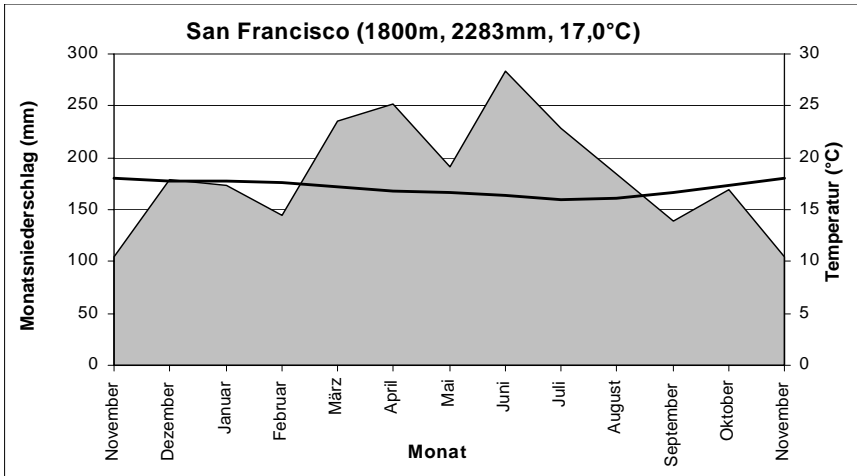


Abb. 3: Klimadiagramm von San Francisco; Beobachtungszeitraum 1974–1983; staatliche Klimastation (INAMHI) (MALDONADO 1985). In der Titelzeile sind angegeben die Messstation, Höhe N.N., mittlerer jährlicher Niederschlag und mittlere Monatstemperatur. Die graue Fläche gibt den mittleren monatlichen Niederschlag wieder, die schwarze Linie die mittlere Monatstemperatur. Graphik zur Verfügung gestellt von A. Hagedorn.

2.3 GEOLOGISCHE UND GEOMORPHOLOGISCHE AUSGANGSSITUATION UND BÖDEN

Das Untersuchungsgebiet liegt in tektonisch aktivem Gebiet. Durch die Westbewegung von Südamerika wird die ozeanische Nasca-Platte subduziert und die Andenkette angehoben. Jedes Jahr kommt es zu zahlreichen kleinen Erdbeben. Die Ostkordillere in Ecuador besteht nach SAUER (1971) aus paläozoischen bis präkambrischen metamorphen Gesteinen. Das Untersuchungsgebiet liegt östlich des Beckens von Loja, in einer Überschiebung aus mesozoischen und paläozoischen Phylliten und unterschiedlich stark metamorphisierten Sandsteinen. Diese Wechsellagerungen weisen zwischen 2200 m N.N. und 2400 m N.N. einen höheren quarzitischen Anteil auf, während in Höhenlagen unter und über diesem Bereich tonige und sandige Schiefer dominieren.

Nach Arbeiten von SCHRUMPF (1999) werden die Böden im Untersuchungsgebiet aufgrund ihrer geringen Profildifferenzierung als Inceptisole (junge Gebirgsböden) klassifiziert. Die Bodenart variiert zwischen sandig lehmigen Schluff und schluffigem Lehm. Alle Böden im Gebiet zeichnen sich durch eine geringe

Kationenaustauschkapazität, niedrige pH-Werte (zwischen 2,5-3,5), eine Beeinflussung von Stau- und Grundwasser und mächtige organische Auflagen aus.

Das Tal des Rio San Francisco ist ein tief eingeschnittenes Kerbtal, welches durch große Steilheit gekennzeichnet ist (Abb. 4). Es finden sich Hangneigungen bis zu über 60°. Im Durchschnitt wurden in den Transektbereichen Neigungswinkel von 22,2° gemessen, mit Extremwerten bis 45°. Das steile Relief, die Verwitterung des tonigen Untergrundmaterials sowie die tektonische Aktivität und die hohen Niederschlagsmengen bedingen häufige Erosionsereignisse. Zahlreiche Erdbeben unterschiedlichen Ausmaßes sind typisch für die Region. Bei Abrutschen der Waldecke bleibt meist nur der vegetationsfreie Mineralboden oder das anstehende Gestein zurück.

2.4 VEGETATION UND PFLANZENGEOGRAPHISCHE GEgebenHEITEN

Ecuador liegt im Florenreich der Neotropis (SCHMITHÜSEN 1968). Obwohl Ecuador nur eine geringe Landesfläche hat, findet sich dort eine Vielzahl der von HOLDRIDGE et al. (1971) beschriebenen Lebenszonen, insgesamt 26. Diese Tatsache trägt sicher zu der enormen Artenvielfalt der Flora Ecuadors bei. Schätzungen gehen von 2123 Gattungen (ELIASSON 1991) und ca. 20.000 Arten (HARLING 1986) vaskulärer Pflanzen auf dem Festland aus. Allein 30% der Pflanzen werden nach BALSLEV (1988) als endemisch eingestuft. Die bisherige botanische Bearbeitung hat diese enorme Artenfülle kaum erfaßt; so umfaßt die „Flora of Ecuador“ (HARLING & SPARRE 1973-1986, HARLING & ANDERSON 1986-1994) nur ca. 14% der von HARLING (1986) geschätzten Pflanzenarten. Nach Schätzungen von MADSEN (1989) beherbergt allein der Podocarpus-Nationalpark zwischen 3000 und 4000 Pflanzenarten. Aufbauend auf den Informationen der „Flora of Ecuador“ hat BORCHSENIUS (1997) die Verbreitungsmuster von endemischen Pflanzenarten in Ecuador analysiert. BORCHSENIUS (1997) beschreibt in seiner Arbeit 18 verschiedene geographische Endemie-Regionen, wobei die Provinzen Loja und Zamora-Chinchipe zur Region mit dem höchsten Grad an endemischen Pflanzen der Gesamtflora gehören. Allgemein scheint die Rate an endemischen Pflanzen in den Anden höher als im Tiefland, speziell im südlichen Andenbereich. Nach JØRGENSEN & ULLOA-ULLOA (1994) ist dies wahrscheinlich durch das transandine Girón-Cuenca-Paute Tal bedingt, welches in glacialen und interglacialen Zeiträumen als Migrationsbarriere für den überwiegenden Teil der Regenwald- und Paramoppflanzenarten gewirkt hat.

Zur Vegetationsgliederung der perhumiden tropischen Anden existiert eine Vielzahl verschiedener Systeme. Somit ist die Definition und Einordnung der neotropischen Vegetationsgebiete in den Anden in der Literatur nicht immer eindeutig und einheitlich. Die hier verwendete Einteilung stammt von JØRGENSEN & ULLOA-ULLOA (1994). Ihrer Gliederung folgend liegt das Untersuchungsgebiet im oberen Bergwald. Dieser Bereich wird nach der Klassifikation der Lebenszonen von HOLDRIGDE et al. (1971) zur Lebenszone „Tropical Lower Montane Wet Forest“ gerechnet. Nach MADSEN & ØLLGAARD 1994 finden sich in der mittleren Höhenstufe zwischen 900-3000 m N.N. ca. 60% der endemischen Pflanzenarten Ecuadors, obwohl diese Zone nur ca. 10% der Fläche von Ecuador einnimmt.



Abb. 4: Untersuchungsgebiet (Photo Jan Axmacher)

9 Anhang: Farbtafeln



Macleania mollis A.C. Smith



Psammisia guianensis Klotzsch



Thibaudia floribunda H.B.K.



Semiramisia speciosa (Benth.) Klotzsch



Orthaeca cf. *abbreviata* Drake



Palicourea luteonivea C.M. Taylor
(abgeschirmt)



Palicourea luteonivea C.M. Taylor
(Blüten)



Palicourea sulphurea (Ruiz & Pav.) DC.



Bomarea pardina Herb



Adelomyia melanogenys (Photo Braun)



Phaethornis symmathophorus



Ocreatus underwoodii



Besuch von *Colibri thalassinus* an *Palicourea sulphurea* (Ruiz & Pav.) DC (Photo G. Gottsberger)



Heliodoxa rubinoides



Heliodoxa rubinoides Anflug und Besuch eines Feeders



Blüte von *Tillandsia confinis* L.B. SM



Tillandsia confinis L.B. SM.



Tillandsia complanata Benth



Columnea strigosa Poepp



Elleanthus maculatus (Lind.) Rehb. f.