

Die Klimabodentypen des tropischen Kolumbiens

Von

P. SCHAUFELBERGER (Chinchiná)

Einleitung

Die tropischen Böden sind in der Literatur recht stiefmütterlich behandelt, ganz speziell diejenigen der feuchten Tropen. Eine sehr grosse Rolle spielen im Schrifttum der Laterit und die tropischen Rot- und Gelberden, bzw. Lehme, aber darüber, was darunter zu verstehen sei, gehen die Meinungen weit auseinander.

Gewiss deutet jede Änderung der Bodenfarbe einen andern Boden an, genau wie auf jeder geologischen Formation sich auf engem Gebiete, also bei ähnlichem Klima, ein anderer Boden entwickelt. Ändert aber das Klima, so finden wir, dass mit der Zeit sich auf demselben Gestein verschiedene Böden entwickeln und dass Böden gleicher Farbe recht verschiedene Eigenschaften haben können. Es gibt beispielsweise rote Böden von anerkannter Fruchtbarkeit, während andere von gleicher Farbe vollständig erschöpft sind.

Sehr oft liest man auch, dass in der gemässigten Zone sich im Boden ein Ton bilde, in den Tropen aber der Laterit das Ende der Bodenbildung sei.

Untersucht man nun aber die Tone der tropischen Böden, so findet man meist schwache Hydrargillit- neben starken Kaolinitlinien. Andere Autoren vertreten die Ansicht, dass die Verwitterung in beiden Zonen genau gleich verläuft, und in der gemässigten Zone kennt man fünf Klimabodentypen: Podsol, Wald-, Prärienboden, Braunerden und Solodböden. Warum sollten diese oder analoge Typen in den Tropen nicht vorkommen?

Die Meteorologen teilen nun das Tropenklima in immer feucht, wechselfeucht und trocken ein, was angehen mag, solange der jährliche Niederschlag 250 cm nicht übersteigt. Auch ist zu betonen, dass Boden und Vegetation sich weniger nach der Regenverteilung richten, als nach der Niederschlagsmenge; denn fällt in der Regenzeit genügend Wasser, dass der Boden sich sättigen kann, dann überstehen Tiefwurzler leicht 5 bis 6 Monate absolute Trockenzeit.

Gewiss gibt es auch Gegenden mit regelmässigen Trocken- und Regenzeiten, aber Kolumbien gehört nicht zu diesen. Trockenzeiten können gelegentlich ausfallen oder sich verlängern, jedenfalls leidet die Landwirtschaft sehr häufig unter diesem unregelmässig ablaufenden Klima. Offenbar spielt dabei das Relief eine grosse Rolle. Die Mannigfaltigkeit des Klimas Kolumbiens ist im ersten Teil gezeigt.

Im zweiten Teil soll versucht werden, den Einfluss des Klimas auf die Bodenbildung zu zeigen. Wir sehen dabei von theoretischen Erörterungen ab und lassen einzig Tatsachen sprechen. Im ganzen liegen etwa 1400 Profilaufnahmen vor, und sie zeigen deutlich, dass Bodentiefe, Humusgehalt und Bodenreaktion eine Funktion der Befeuchtung darstellen, also vom Regenfaktor bedingt sind.

Nach LANG sollten sich mit abnehmender Befeuchtung Bleicherde, Schwarzerde, Braunerde, Laterit und Salzböden bilden. Nun bildet sich Laterit, nach demselben Autor, nur in Abwesenheit von Humus, so dass er nicht als Boden angesprochen werden kann; Salzböden sind andererseits vom Grundwasser bedingt, also keine Klimabodentypen. Ebenso wenig eignet sich die Bodenfarbe zur Klassifizierung; denn 60 bis 80 % der Böden aller Klimate sind braun. Nun hat PALLMANN den Begriff der Sukzessionsserien in die Bodenkunde eingeführt und diese sind in den Tropen leicht an der Farbe der Unterböden — steingrau, gelblich, gelb, braun und rot — zu erkennen, so dass es zweckmässiger ist, den Bodentyp nicht nach einer Farbe zu benennen, sondern diese an zweiter Stelle beizufügen, damit man über das Alter der Bodenbildung unterrichtet ist. Als neue Typennamen wurden, mit Ausnahme des Humusbodens, die der typischen Vegetation gewählt; sie sind aber für die Klassifikation nicht massgebend, sondern das Bodenprofil.

Leider liess es sich nicht vermeiden, zahlreiche Bodenprofile zur Beweisführung zu geben, zumal in der Fachliteratur immer wieder die Klagen auftauchen, dass solche der tropischen Böden fehlen. An anderer Stelle (Schweiz. Min. u. Petr. Mitt.30/2) hat der Verfasser gezeigt, dass jeder dieser Klimabodentypen seine charakteristische chemische Verwitterung aufweist, dass es sich also tatsächlich um fünf verschiedene Böden handelt. Natürlich gibt es neben diesen noch andere Bodentypen, die durch das Muttergestein oder das Grundwasser bedingt sind, auf die aber hier nicht weiter eingegangen werden kann.

A. Klima

Das tropische Klima ist weniger durch seine hohen Temperaturen, als durch die geringe Schwankung der Monatsmittel gekennzeichnet, wie Tabelle I zeigt.

Tabelle I Monatsmittel der Temperaturen

	Andagoya 76	La Petrólea 180	Bucaramanga 998	Palмира 1000	Medellín 1509	Manizales 2153	Tunja 2820
J	27,8	26,3	23,5	24,1	21,6	15,3	13,3
F	27,7	25,6	23,5	23,2	22,0	14,0	13,5
M	27,8	26,4	24,2	23,7	21,6	14,6	14,4
A	28,0	28,1	23,8	23,9	21,5	15,6	14,5
M	27,7	27,6	24,1	23,0	21,6	14,6	14,4
J	27,6	27,8	33,5	23,1	21,5	16,1	14,6
J	27,4	27,8	23,3	23,4	21,4	16,4	13,5
A	27,4	27,5	23,2	23,1	21,5	16,9	13,5
S	27,5	27,9	23,2	23,9	21,4	16,4	13,3
O	27,6	27,5	22,9	23,8	20,8	16,4	13,8
N	27,2	27,0	23,3	23,2	20,6	16,1	14,4
D	27,2	27,3	23,4	24,2	21,0	17,0	14,4
Max.	28,0	28,1	24,2	24,2	22,0	17,0	14,6
Min.	27,2	25,6	22,9	23,9	20,6	14,0	13,3
Diff.	0,8	2,5	1,3	1,2	1,4	3,0	1,3

Der Unterschied zwischen dem wärmsten und dem kältesten Monat beträgt nur 0,8 bis 3,0° C, während die täglichen Schwankungen leicht 14° C erreichen. Es fehlen die Jahreszeiten.

An der Küste beträgt das Mittel ca. 28° C, die Nullisotherme dürfte in der Nähe der Schneegrenze liegen, also in rund 4800 m Meereshöhe, woraus sich eine mittlere Temperaturabnahme von 0,58° C je hundert Meter Höhe ergibt. Durch diese Temperaturabnahme ist das «vertikale Klima» von Kolumbien bestimmt. Es werden unterschieden: Tierra caliente (0 bis 800 m), media (800 bis 1800 m), templada (1800 bis 2800 m), fría (2800 bis 3800 m) und Páramo (3800 bis 4800 m). Natürlich liegen diese Grenzen nicht immer in diesen Höhen, im Süden werden sie etwa 200 m höher, im Norden ebensoviel tiefer liegen. Jede dieser Zonen hat ihre Kulturen: Tierra caliente: Baumwolle, Zuckerrohr, Ölgewächse, Bohnen und Viehzucht; Tierra media: Kaffee, Zuckerrohr, Kakao, Südfrüchte; Tierra templada: Milchwirtschaft, Getreide, Kartoffeln, Obst der gemässigten Zone; Tierra fría: Kartoffeln, Milchwirtschaft, Viehzucht, Schafe. Die Páramos sind praktisch unbewohnt.

Tabelle II Niederschlagsmengen

a) Atlantische Küste

	Rio Hacha 0 m °C	Santa Marta (Las Nubes) (Kaffezone) °C	Puebloviejo 0 m °C	Sabanalarga 53 m °C	Cereté 15 m °C	Sincelejo 200 m °C
J	12	29	0	11	7	38
F	1	164	0	19	10	15
M	0	92	2	29	25	54
A	4	154	3	82	45	93
M	38	391	61	172	211	241
J	143	383	80	142	158	184
J	14	294	8	149	153	161
A	55	280	75	139	165	175
S	140	410	88	147	162	241
O	186	473	102	174	111	212
N	129	351	134	156	88	191
D	26	116	21	61	36	45
Total mm	748	3137	574	1281	1171	1650
Temp. °C	32	19	29	29	28	26
RF	24	163	19	44	42	63

b) Cordillera Occidental und pazifische Küste

	Turbo 2 m (1924)	Frontino 1550 m (5)	Ríosucio 1813 m (7)	Istmina 65 m (4)	Andagoya 65 m (9)	Cisnero (V) — (4)	Espinal (V) — (6)
J	149	173	176	750	549	88	53
F	126	66	171	567	448	176	27
M	111	183	209	704	594	55	43
A	477	350	189	760	647	33	65
M	204	404	304	722	663	64	64
J	296	230	195	761	670	25	26
J	?	162	138	866	629	11	18
A	197	240	278	728	562	18	25
S	154	248	222	610	571	45	52
O	271	332	391	559	566	82	134
N	233	355	297	738	610	184	132
D	124	218	197	802	536	39	102
Total mm	2342	2961	2747	8567	7045	820	741
Temp. °C	28	21	19	27	27	28	28
RF	84	138	144	319	261	29	26

	Dagua 630 m	Bitaco 1420 m	La Cumbre 1581 m	Barbaosas 36 m	Tumaco 6 m
J	232	73	66	413	473
F	149	63	49	273	225
M	316	100	76	278	240
A	460	181	178	363	326
M	697	221	175	442	354
J	438	126	96	368	375
J	287	82	51	154	207
A	286	89	68	222	177
S	445	142	87	268	191
O	677	245	216	583	173
N	608	195	152	572	134
D	149	137	102	251	199
Total mm	4744	1654	1316	4187	3038
Temp. °C	27	20	18	28	25
RF	176	82	73	149	121

c) Cauca-Patíadepression

	Antioquia (1924) 709 m	Concordia (1924) 2032 m	Cartago (10) 942 m	Alvárez-Salas (5) 1033 m	Guacarí (8) 1055 m	Yumbo (5) 1004 m	Palmira (7) 1085 m	Cali (11) 1003 m
J	3	202	68	105	81	60	69	88
F	0	102	69	31	61	76	67	78
M	19	263	133	170	166	74	91	113
A	112	457	183	197	155	61	117	136
M	212	242	183	235	207	73	112	160
J	380	61	99	108	97	117	61	85
J	189	364	96	111	53	22	18	24
A	260	386	98	77	48	47	36	40
S	195	306	111	101	59	68	61	89
O	178	273	216	109	161	78	119	132
N	443	344	133	166	187	193	112	118
D	59	66	141	98	91	142	100	150
Total mm	2050	3044	1503	1508	1366	1011	963	1213
Temp. °C	27	22	24	24	25	24	24	23
RF	76	140	63	63	54	42	40	53

	Jamundí (8) 975 m	Santander (8) 1115 m	Morales (7) 1635 m	El Hato (4) 1700 m	Cajibío (7) 1765 m	Pasto (7) 2594 m	Ipiales (6) 2890 m
J	111	141	200	303	46	53	67
F	91	126	190	510	66	58	59
M	130	150	164	558	70	76	67
A	189	163	208	290	96	63	98
M	169	159	195	254	103	46	91
J	57	83	93	141	69	49	58
J	62	29	56	250	26	13	49
A	64	47	65	116	59	13	38
S	67	109	120	281	86	45	78
O	151	197	181	566	77	97	87
N	235	259	207	599	136	109	108
D	190	215	165	778	81	80	53
Total mm	1516	1678	1844	4646	915	702	853
Temp. °C	23	23	22	20	19	14	13
RF	66	73	84	232	48	50	65

d) Cordillera Central

	Yarumal (7) 2300 m	Cisnero (A) (8) 1080 m	Medellín (15) 1538 m	San Luis (9) 1115 m	Sonsón (7) 2545 m	Mariquita (9) 535 m	Manizales (20) 2153 m
J	66	163	68	417	94	156	168
F	26	80	89	155	89	77	116
M	84	291	83	318	96	167	163
A	214	311	168	371	231	197	209
M	250	499	196	450	281	262	221
J	251	395	140	352	159	132	114
J	238	232	103	351	138	75	73
A	228	304	117	502	177	173	98
S	205	312	158	514	192	232	147
O	225	369	175	802	280	293	320
N	182	316	131	636	636	382	320
D	122	160	63	579	579	187	190
Total mm	2091	3432	1491	5447	2150	2333	2139
Temp. °C	17	25	21	27	14	27	17
RF	123	131	71	202	153	88	129

	Libano (5) 1585 m	Pereira (5) 1467 m	Cajamarca (6) 1827 m	Ibagué (6) 1250 m	Chaparral (4) 880 m	Altamira (7) 1079 m	Pitalito (7) 1318 m
J	132	62	43	121	156	70	100
F	73	92	77	90	167	53	99
M	84	291	83	318	96	167	163
A	199	302	308	249	273	96	179
M	296	363	336	313	227	76	193
J	164	199	123	238	89	80	142
J	94	138	68	100	35	54	105
A	133	179	192	154	149	76	93
S	215	226	151	202	119	79	82
O	300	305	175	289	305	115	70
N	323	225	93	313	253	121	80
D	162	115	76	119	148	66	111
Total mm	2248	2365	1675	2414	2179	960	1365
Temp. °C	21	21	18	22	25	24	22
RF	107	112	93	110	87	40	62

e) Magdalenaental

	Gamarra (3) 69 m	Barrancabermeja (7) 111 m	Honda (7) 229 m	Armero (5) 421 m	Espinal (8) 433 m	Natagaima (6) 369 m	Gigante (7) 858 m	Yaguará (4) 633 m	Suaza (5) 1000 m
J	2	67	83	51	66	100	89	178	19
F	3	89	72	106	86	54	79	190	90
M	42	138	81	159	164	145	99	173	62
A	58	253	132	147	224	199	99	192	39
M	196	310	123	233	99	118	84	67	73
J	261	242	108	68	198	51	95	59	33
J	122	179	52	55	132	35	92	16	24
A	261	231	155	150	58	76	78	35	58
S	102	412	128	166	19	120	80	38	28
O	196	439	88	214	163	187	102	137	56
N	125	363	216	159	112	165	157	181	30
D	33	126	94	97	71	79	139	169	11
Total mm	1401	2849	1332	1605	1392	1332	1193	1435	523
Temp. °C	26	28	31	26	28	27	26	24	25
RF	54	102	43	62	49	49	46	59	21

f) Ostkette (Cordillera Oriental)

	Ocaña (7) 1200 m	Cachirá (6) 2015 m	Bucara- manga (4) 1018 m	Málaga (7) 2237 m	San Gil (6) 1095 m	Vélez (7) 2170 m	Sta Rosa de Viterbio (9) 2520 m	Tunja (9) 2820 m	Samacá (6) 2665 m
J	6	21	52	36	14	41	37	29	71
F	10	14	31	25	11	38	34	31	31
M	54	82	121	71	65	127	74	32	45
A	82	110	100	98	139	228	92	122	106
M	199	138	93	125	337	255	109	126	92
J	75	66	31	87	100	124	62	63	36
J	68	41	78	86	125	106	48	55	37
A	88	97	73	93	127	129	52	63	30
S	120	94	72	143	100	121	95	64	53
O	165	167	132	191	145	187	152	113	142
N	131	166	220	232	84	146	165	142	107
D	29	58	91	41	9	91	83	55	72
Total mm	1027	1054	1094	1228	1256	1593	1003	895	822
Temp. °C	22	16	23	17	22	20	14	13	15
RF	46	66	47	72	57	89	73	69	55

	Sasaina (5) 1225 m	La Esperanza (8) 1280 m	Bogotá (9) 2660 m	Bogotá (48) 2660 m	Dolores (4) 1470 m	Sibundoy (9) 2224 m
J	238	134	50	58	96	248
F	220	112	53	66	51	223
M	292	179	99	101	189	212
A	315	177	91	146	126	354
M	276	220	98	113	57	503
J	147	124	54	62	60	613
J	93	69	49	51	36	396
A	100	111	46	56	22	330
S	213	128	48	62	100	283
O	372	267	143	160	375	281
N	334	302	166	119	568	308
D	330	145	79	66	231	287
Total mm	2930	1968	976	1061	1911	4038
Temp. °C	20	21	14,5	14,5	22	16
RF	146	93	67	73	87	253

g) Tal von Cúcuta (Nord Santander)

	Petrólea (7) 180 m	Puerto Villamizar (6) 180 m	Alloviendo (8) 200 m	Cúcuta (9) 215 m	Chinácota (Blonay) (7) ca. 1200 m
J	123	177	135	15	111
F	86	126	143	31	46
M	107	138	140	39	100
A	258	132	214	55	152
M	403	268	173	51	115
J	222	160	89	23	54
J	224	146	95	23	76
A	269	174	121	38	83
S	171	232	158	49	95
O	427	311	328	87	225
N	446	440	408	103	278
D	265	278	254	40	70
Total mm	3001	2582	2258	554	1405
Temp. °C	28	28	27	27	21
RF	107	92	83	20	67

Über die Regenmengen gibt Tabelle II Auskunft. Sie umfasst die atlantische Tiefebene, die pazifische Küste und die Westkordillere, das Cauca-Patía-Tal, die Zentralkette, das Magdalental, die Ostkette, das Tal von Cúcuta und die östliche Tiefebene. Innerhalb dieser Zone sind die Orte immer von Nord nach Süd geordnet. Die eingeklammerten Zahlen entsprechen den Beobachtungsjahren, und darunter ist die Meereshöhe angegeben. Leider gibt es sehr viele Lücken, so dass aus den vorhandenen Angaben die Monatsmittel nicht immer den gleichen Jahren entsprechen, auch mussten unwahrscheinliche Daten ausgemerzt werden. Ebenso verteilen sich die Angaben auf sehr verschiedene Jahre, so sind zum Beispiel bei Bogotá die Mittel von KNOCH (48) aus den Jahren 1866 bis 1885 und 1894 bis 1922 berechnet, die andern umfassen die Jahre 1933 bis 1941. Auf mathematische Genauigkeit für alle Angaben kann also kein Anspruch erhoben werden; insbesondere stimmen die Jahressummen der Niederschläge häufig nicht mit den addierten Monatssummen überein; aber immerhin geben sie eine Idee der tatsächlichen Verhältnisse.

Wir finden Altbekanntes mit Zahlen belegt, wie das Regenmaximum bei Buenaventura und Chocó mit Abnahme nach Norden und Süden. Die Regenmenge von Las Nubes entspricht der feuchten Nordseite der Sierra Nevada von Santa Marta, und Puebloviejo zeigt die Trockenheit im Regenschatten an der Ostseite. Die Angaben von Andagoya, Cisnero, Espinal, Dagua, Bitaca und La Cumbre zeigen die hohe Feuchtigkeit an der Küste und die Trockenheit im untern Daguatal, dann die rasche Abnahme von Dagua nach Osten. Auch finden wir leicht die übrigen Trockengebiete heraus.

Nun soll das Tropenklima durch Trocken- und Regenzeiten bestimmt sein, die durch den Sonnenstand bedingt sind. Leicht können wir in der atlantischen Küstenebene erkennen, dass dort eine Regenzeit von Mai bis November besteht, sie besitzt auch den «veranillo de San Juan»; wir finden dieses Klima teilweise auch an einzelnen Orten weiter südlich und in Costa Rica, das in gleicher Breite liegt. Weiter südwärts sollten nun theoretisch zwei Regen- und zwei Trockenzeiten zu erwarten sein. Gewiss, es lassen sich Orte finden, wo dies zutrifft, aber es gibt viele Ausnahmen. Meist lässt sich für die Monate April und Mai und September bis November ein Ansteigen der Regenmengen feststellen, aber die dazwischen liegenden «Trockenzeiten» sind recht undeutlich. Das rührt daher, dass sie in der Regel auftreten, aber in einigen Jahren ausbleiben. Die Tabelle III zeigt den Regenfall in Manizales in den Jahren 1941, 1943 und das 20jährige Mittel.

Diese unregelmässige Regenverteilung dürfte ihre Ursachen im Relief haben. In den tiefliegenden Längstälern ist tagsüber immer grosse Verdunstung, also auch günstige Bedingungen zur Bildung von Berg- und Talwinden. In Costa Rica fällt der Regen nachmittags (Vormittagsniederschläge sind seltene Ausnahmen), aber in Chinchiná und andern Orten fällt mehr als die Hälfte in der Nacht, und tagsüber gibt es keine bevorzugten Stunden. Wiederum anders verhalten sich die Regen der «Trockenzeit»; sehr häufig sind sie von 7—8, 12—14 und 17—19 Uhr. Neben den tropischen Platzregen gibt es in Kolumbien auch die Landregen, hier Páramos genannt, die lokaler Natur sind. Kolumbien ist daher kein Schulbeispiel für den Ablauf tropischer Regenperioden, was aus der Tabelle II deutlich hervorgeht.

Die grösste Regenmenge fällt auf den Aussenseiten der Anden, gegen Westen, Norden und Osten, so dass diese Zonen wenig bevölkert sind. Im Magdalenaental können wir im mittleren Teil eine Zunahme beobachten von Gamarra über Barrancabermeja bis La Victoria, das im 25jährigen Mittel 4000 mm

Tabelle III Regenmengen von Manizales

	1941	1943	Mittel von 20 Jahren
J	34	294	168
F	47	213	116
M	52	131	163
A	134	206	209
M	142	175	221
J	46,3	175	114
J	30,9	179,2	73
A	43,8	217	98
S	109,6	211	147
O	159,8	365	320
N	132	216	320
D	93	220	190
Total	1014,4	2602,2	2139

Regen aufweist, während das weniger südlich gelegene Honda nur noch eine mittlere Regenmenge von 1332 mm hat.

Die kleinste Regenmenge zeigt Suaza im obern Magdalenental, die grösste finden wir im Chocó. Die höchste Temperatur finden wir in Río Hacha, die kleinste wird in der Sierra Nevada de Santa Marta oder dem Huilavulkan zu suchen sein, da beide Höhen zwischen 5600 und 5700 m erreichen. So können wir in Kolumbien alle Vegetationen studieren, von der mit Kakteen und Dornbusch bestandenen Steppe bis zum feuchten Urwald und zur vegetationsarmen Hochgebirgszone. Entsprechend dürften wir auch alle Klimabodentypen antreffen; vom alpinen Boden zum Podsol, wie vom Solod zum Urwaldboden.

Die Klimabodentypen

Auch in den Tropen ist die Bodenbildung vom geologischen Substrat, dem Klima, der Vegetation und dem Alter abhängig. Gerade der Einfluss des erstgenannten Faktors wird oft unterschätzt, denn tatsächlich ist er sehr gross; sein Relief, seine Schichtung bestimmen den Grundwasserstand, der Boden und Vegetation beeinflusst. Die Durchlässigkeit wirkt mitbestimmend auf das Bodenklima. Im allgemeinen ist in den tiefverwitterten alten Profilen die Drainage sehr gut, so dass sich auch in den heissfeuchten Klimaten selten Moore bilden. Auch im ariden Gebiet fliesst das Wasser unterirdisch ab. Ausnahmen findet man in der Regel nur im Alluvium, wenn seine Sande wenig mächtig über undurchlässigen Schichten lagern, oder ihm selber Tonbänke eingeschoben sind; dann aber bildet sich ein anderer Bodentyp aus.

Welches sind nun die Bodenklimatypen? In bezug auf die Höhe dürften wir zwischen 4800 und 3800 alpine Böden erwarten, zwischen 3800 und 1800 diejenigen der gemässigten, und darunter die eigentlichen tropischen Böden, mit denen wir uns weiter beschäftigen werden.

KÖPPEN teilt das Tropenklima in folgende Gruppen:

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| A. Tropische Regenklimate | 1. Af Regenwaldklima |
| | 2. Aw Savannenklimate |
| B. Trockene Klimate | 3. Bs Steppenklimate |
| | 4. Bw Wüstenklimate |

Wenn wir vom Wüstenklimate absehen, so entspricht diese Einteilung der alten Auffassung von ständigfeuchtem, wechselfeuchtem und trockenem Klimate mit Wald, Savanne und Steppe. Nun ist es aber tatsächlich so, dass der Wald auch im Savannenklimate vorkommt, nur im Steppenklimate mit Kakteen und Dornbusch ist die Vegetationsdecke nicht geschlossen. Im semiariden Caucatal treffen wir neben Laub- auch sehr viel Bambuswald. Mit zunehmender Befeuchtung wechselt natürlich die Zusammensetzung der Wälder, die ihn anfänglich bildenden Laubhölzer nehmen ab und die Palmenarten zu.

Es wird sich aus verschiedenen Gründen lohnen, dieses Regenwaldklima KÖPPEN's zu unterteilen, wie es LANG vorgeschlagen hat; nach seinem Regenfaktor würden wir folgende Einteilung erhalten:

Regenfaktor:	LANG'sche Bodenbezeichnung:	Vorgeschlagene neue Bezeichnung:
unter 40	Salz-, Staub- und Salzerden	Kaktusböden
40—60	Laterit, Rot- und Gelberden	Bambusböden
60—100	Braunerden	Humusböden
100—160	Schwarzerden	(tropische) Waldböden
über 160	Rohhumus- und Bleicherden	Urwaldböden

Die von LANG angeführten Bodenfarben für die humiden Böden sind für die Tropen zwar zutreffend, aber in der gemässigten Zone ist die Reihenfolge Podsol, Braunerde oder brauner Waldboden, Schwarzerde oder Tschernozem. Die roten und gelben Farben kommen in den Unterböden aller Klimaregionen vor, und Laterit ist ein Gestein und kein Boden. Schliesslich ist der Salzboden intrazonal und auf Gebiete mit salzigem Grundwasser beschränkt, das steht oder nur sehr langsam abfließt, aber durch kapillaren Aufstieg die Oberfläche erreicht (SCHERF).

Wenn die vorgeschlagenen Namen der häufig anzutreffenden Vegetation dieser Klimabodentypen entnommen sind, soll das nicht heissen, dass auch der Boden immer diese Vegetation tragen müsse, sondern der Boden soll an seinem Profil erkannt werden können.

Schliesslich muss noch eine Einschränkung gemacht werden, nämlich diejenige, dass bei gleichen Regenfaktoren in der heissen, gemässigten und kalten Zone sich verschiedene Böden bilden werden. Sie werden sich ähnlich sein, aber kaum genau gleich.

Die Bodenprofile sind vom Verfasser aufgenommen worden, der auch die Proben entnahm, die dann im chemischen Laboratorium des Kaffeebauernverbandes in Chinchiná untersucht wurden. Es sei mir daher gestattet, den verschiedenen Mitarbeitern auch an dieser Stelle zu danken. Ferner hatte der Verfasser das Vergnügen, vom Oktober 1946 bis zum Februar 1947 Herrn Prof. Dr. HANS JENNY, von der Universität von Kalifornien, auf seiner Studienreise in Kolumbien begleiten zu dürfen. Es bot sich dabei reichlich Gelegenheit, die verschiedenen Probleme zu diskutieren, wofür ebenfalls gedankt sei. Verschiedene Bodenproben wurden denselben Stellen entnommen, aber getrennt untersucht.

A. Urwaldböden

Boden Nr. 1235

Ort: Buenaventura (Calima), Höhe 30 m ü. M.

Klima: Temperatur 27° C, Niederschlag 8000 mm, RF = 297.

Vegetation: Wald mit viel Palmen.

Topographie: eben.

Muttergestein: alluviale Flussterrasse.

Profilbeschreibung:	Boden	Unterboden I	Unterboden II
Tiefe, cm	12	35	53
pH	4,6	5,3	5,0
Abschw. Teilchen %	28,4	18,4	52,8
Humus %	13,90	4,20	1,14
Kappenextrakt MAeq./100 g	0,54	3,42	1,52
Farbe	dunkelbraun	gelblich	gelb

Boden Nr. 1344

Ort: Buenaventura (Córdoba), Höhe 100 m ü. M.
 Klima: Temperatur 26° C, Regen ca. 8000 mm, RF ca. 300.
 Vegetation: Wald mit viel Palmen.
 Topographie: fast ebener Rücken.
 Muttergestein: neotertiäre Sedimente.

Profilbeschreibung:	Boden	Unterboden I	Unterboden II
Tiefe, cm	10	35—40	40 + x
pH	4,0	4,5	4,1
Abschw. Teilchen %	7,8	31,8	51,6
Stickstoff %	1,002	0,108	0,035
Kappenextrakt MAeq./100 g	18,75	1,48	2,02
Farbe	dunkelbraun	grau	gelb

Boden Nr. 1081

Ort: Cali-Dagua, 19 km, Höhe 1970 m ü. M.
 Klima: Temperatur ca. 19° C, Regenmenge ca. 3500 mm, RF ca. 190.
 Vegetation: Wald.
 Topographie: Abhang.
 Muttergestein: Diabas.

Profilbeschreibung:	Boden	Unterboden
Tiefe, cm	20	80
pH	3,05	4,50
Abschw. Teilchen %	7,9	4,4
Humus %	17,02	3,14
Farbe	dunkelbraun	erst gelb, dann rot

Als charakteristisch für die Urwaldböden ist die geringe Mächtigkeit des Humushorizontes von wenigen Zentimetern bis zu 2 Dezimetern mit einem Humusgehalt zwischen 10 und 20 %, sowie seine starksaure Reaktion (pH meist unter 4,5).

Als Mittelwerte von 6 Böden wurde gefunden:

pH = 4,04 (3,15—4,60) Humus 15,28 % (12,00—17,94 %)

Abschwemmbare Teilchen 11,19 % (4,0—28,4 %) Kappenextrakt 6,63 (0,54—18,75) MAeq./100 g.

Wird der Urwald geschlagen, so sinkt der Humusgehalt sehr rasch, wie folgende drei Böden aus Pueblorico (in Caldas, aber hart an der Grenze mit dem Chocó).

	Boden Nr. 1376	Boden Nr. 1377	Boden Nr. 1378
Tiefe, cm	10	10	9
pH	4,25	4,00	5,00
Abschw. Teilchen %	22,0	21,8	18,0
Humus %	3,09	2,38	4,11
Kappenextrakt MAeq./100 g	2,49	1,60	1,15
Austauschkapazität MAeq./100 g	16,43	12,00	10,88
N %	0,473	0,438	0,658
P %	0,01	0,01	0,01
Muttergestein	Tonschiefer	Alluvium	Alluvium mit Steinen

Diese Böden sind also sehr nährstoffarm und werden dem Landwirt wenig Freude bereiten. Meist werden auch nur die ganz jungen Alluvial-Terrassen in Kultur genommen. Beim Kultivieren wird gebrannt, nach der Ernte lässt man das Unkraut wachsen und nach ein bis zwei Jahren wird wieder gebrannt. In Pueblorico wird der Mais ausgestreut, dann das Unkraut abgeschlagen und an Ort und Stelle faulen gelassen. Nach der Ernte lässt man es weiter wachsen, um im folgenden Jahre an gleicher Stelle wieder Mais zu pflanzen. Zweifellos ist der Urwaldboden ein Podsol mit starkem Auswaschen der Basen, Anreicherung der Kieselsäure im Boden und der Sesquioxide im Unterboden.

B. Die tropischen Waldböden

Boden Nr. 1178

Ort: Riofrío (Valle del Cauca), Höhe 1400 m ü. M.
 Klima: Temperatur ca. 21° C, Regen ca. 2500 mm, RF ca. 120.
 Vegetation: Naturweide.
 Topographie: wellig.
 Muttergestein: vulkanische Asche.
 Profilbeschreibung:

	Boden	Unterboden
Tiefe, cm	35	45
pH	5,2	5,5
Abschw. Teilchen %	3,0	2,2
Humus %	9,16	4,82
Kappenextrakt MAeq./100 g	1,24	6,22
Farbe	schwarz	braun

Boden Nr. 1178

Ort: Riofrío.
 Klima: wie oben.
 Vegetation: Kunstwiese.
 Topographie: 20° Neigung.
 Muttergestein: neutertiäre Lehme.
 Profilbeschreibung:

	Boden	Unterboden
Tiefe, cm	30	70
pH	5,6	5,6
Abschw. Teilchen %	3,1	1,5
Humus %	8,76	2,90
Kappenextrakt MAeq./100 g	2,56	2,78
Farbe	dunkelbraun	gelb

Boden Nr. 1242

Ort: El Cairo (Valle del Cauca), Höhe 1770 m ü. M.

Klima: Temperatur ca. 19° C, Regenmenge ca. 2500 mm, RF ca. 130.

Vegetation: Kaffeefeld.

Topographie: 30° Neigung.

Muttergestein: Tonschiefer.

Profilbeschreibung:

	Boden	Unterboden
Tiefe, cm	35	65
pH	5,5	6,1
Humus %	10,4	0,8
Abschw. Teilchen %	8,66	3,26
Kappenextrakt MAeq./100 g	2,34	7,04

Bei den Waldböden ist die Humusschicht mächtiger geworden, 30—35 cm, Humusgehalt und Bodenreaktion haben abgenommen. Ausgewaschen werden wie beim Waldboden die zweiwertigen Basen. Da auch hier noch Eisen löslich ist, wird die Phosphorsäure von diesem gefällt. Wird dieser Boden kultiviert, so wird er Kalkung benötigen; hier werden auch sehr oft kalzinierte Knochen zum Düngen mit gutem Erfolg verwendet. Auffallend ist der geringe Gehalt an abschwemmbareren Teilchen. Offenbar wachsen die Tonteilchen, wie auch beim Urwaldboden, über 0,01 mm hinaus und bleiben dann in der Sandfraktion.

Bei ebenen Böden wird Ton etwa 80 cm in den Unterboden verfrachtet, wo sich ein Ortstein bildet, den die Pflanzenwurzeln nicht durchdringen können. Sobald die Bäume eine gewisse Höhe erreicht haben, werden sie von den Winden gefällt, so dass sich ein Buschwald oder gar eine Hochgrassavanne bildet, nicht weil es an Wasser fehlt, sondern weil der Boden nicht tiefgründig ist.

Die Mittelwerte von 58 Böden sind: pH = 5,07 (4,5—5,5), Humus 6,85 % (5,00—10,52 %), abschwemmbarere Teilchen 13,86 % (2,4—55 %) und Kappenextrakt 8,25 (0,54—38,16), MAeq./100 g.

C. Die Humusböden**Boden Nr. 1200**

Ort: Calarcá, Höhe 1505 m ü. M.

Klima: Temperatur ca. 20° C, Regenmenge ca. 2200 mm, RF ca. 110.

Vegetation: Kaffee, Zuckerrohr.

Topographie: wellig.

Muttergestein: vulkanische Asche.

Profilbeschreibung:

	Boden	Unterboden
Tiefe, cm	60	40
pH	6,2	6,9
Abschw. Teilchen %	8,6	5,8
Humus %	4,44	1,18
Kappenextrakt MAeq./100 g	6,44	2,94
Farbe	schwarz	gelb

Boden Nr. 1203

Ort: Armenia, Höhe 1320 m ü. M.
 Klima: Temperatur 22° C, Niederschlag 2200 mm, RF 100.
 Topographie: 30° Neigung.
 Muttergestein: vulkanische Asche.
 Profilbeschreibung:

	Boden	Unterboden
Tiefe, cm	30	70
pH	5,9	6,1
Abschw. Teilchen %	11,6	5,8
Humus %	4,78	1,94
Kappenextrakt MAeq./100 g	7,84	3,46
Farbe	schwarz	braun

Boden Nr. 1217

Ort: Trujillo, Höhe 1400 m ü. M.
 Klimafaktoren: Temperatur ca. 22° C, Niederschlag 2000 mm, RF 91.
 Vegetation: Weideland.
 Topographie: eben.
 Muttergestein: neotertiäre Terrasse.
 Profilbeschreibung:

	Boden	Unterboden
Tiefe, cm	60	40
pH	6,0	5,1
Abschw. Teilchen %	43,4	54,6
Humus %	3,12	0,56
Kappenextrakt MAeq./100 g	12,26	7,72
Farbe	dunkelbraun	rot

Bei diesen Böden schwankt die Humusschicht zwischen 30 und 60 cm, und aus diesem Grunde nannte sie JENNY «humic soil», was wir mit Humusboden übersetzen können. Aus 85 Humusböden ergeben sich folgende Mittel: pH = 5,88 (5,5—6,4), Humus 3,82 % (3,0—4,96 %), Abschw. Teilchen 16,65 % (3,2—70,6 %) und Kappenextrakt 11,06 (0,26—27,24) MAeq./100 g. Während bei den Wald- und Urwaldböden der Kappenextrakt im allgemeinen im Boden niedriger ist als im Unterboden, beobachten wir hier das Gegenteil. Offenbar werden hier die ein- und zweiwertigen Basen vom milden Humus zurückgehalten und angereichert. Ihre Farbe ist dunkelbraun bis schwarz, so dass also LANG vollauf berechtigt war, sie Braunerden zu nennen. Da aber bei den europäischen Braunerden Kalk ausgewaschen wird, hier aber nicht, so ziehen wir den Namen Humusboden vor. Er ist dem Prärieboden sehr ähnlich, unterscheidet sich aber dadurch, dass bei diesem die Humuskurve langsam in den Unterboden übergeht, bei jenem aber eine scharfe Grenze besteht. Zweifellos stellt er sein Äquivalent dar und ist der fruchtbarste tropische Boden. Seine Verbreitung an den Andenketten fällt so ziemlich mit der Kaffeezone zusammen. Er eignet sich auch für Zuckerrohr und Kunstwiesen und reagiert vortrefflich auf Handelsdünger wie auch auf organischen. Er dürfte zum grössten Teil kultiviert sein.

D. Die Bambusböden

Die Bambusböden des semiariden Klimas (Regenfaktor 40—60) zeigen folgende Profile:

Boden Nr. 895

Ort: Rovira (Chilí-Tal), Höhe 720 m ü. M.

Klima: Temperatur 26° C, Niederschlagsmenge ca. 1200 mm, RF ca. 45.

Vegetation: Weideland.

Topographie: 20—30° Neigung.

Muttergestein: Konglomerat der Roviraschichten. Tertiär?

Profilbeschreibung:

	Boden	Unterboden
Tiefe, cm	28	72+x
pH	6,7	6
Humus %	1,73	—
Abschw. Teilchen %	2,8	2,8
Kappenextrakt MAeq./100 g	9,62	2,96
Farbe	Sepia	braun

Boden Nr. 1176

Ort: Tuluá (Caucatal), Höhe 1200 m ü. M.

Klima: Temperatur ca. 23° C, Niederschlag ca. 1200 mm, RF ca. 50.

Vegetation: Weideland und Zuckerrohr.

Topographie: wellig.

Muttergestein: neotertiäre Sedimente.

Profilbeschreibung:

	Boden	Unterboden
Tiefe, cm	40	60+x
pH	6,6	5,8
Humus %	1,98	0,84
Abschw. Teilchen %	12,8	10,5
Kappenextrakt MAeq./100 g	12,24	8,80
Farbe	dunkelbraun	gelb

Boden Nr. 1246

Ort: Toro, Höhe 1260 m ü. M.

Klima: Temperatur ca. 23° C, Regenmenge ca. 1200 mm, RF ca. 50.

Vegetation: Kaffeefeld.

Topographie: über 30° Neigung.

Muttergestein: mesozoische Tonschiefer.

Profilbeschreibung:

	Boden	Unterboden
Tiefe, cm	40	60+x
pH	7,4	7,0
Abschw. Teilchen %	40,4	57,8
Kappenextrakt MAeq./100 g	18,30	8,86
Farbe	braun	rot

Mittelwerte von 18 Böden:

pH = 6,69 (6,40—7,4) Humus 2,34 % (1,58—2,95 %)

Abschwemmbar Teilchen 26,70 % (8,4—55,4 %) Tiefe 25—40 cm

Kappenextrakt 16,85 (7,75—23,62) MAeq./100 g

Diese Böden werden mit Tabak und Baumwolle bepflanzt, mit Bewässerung auch mit Reis und Zuckerrohr. Da die chemische Verwitterung hinter der mechanischen zurücktritt, sind sie tonarm und daher leicht pflüger. Offenbar wird aus diesen Böden Kali ausgewaschen; denn COOLHAAS berichtet von Tabakböden aus Java, dass Tabak in junger Asche sehr gut gedeihe, dagegen brauchen ältere Aschenböden für den Tabakbau schon Kalidüngung. Es scheint sich hier Kalzium anzureichern; denn Bohnen und Reben, als kalkliebende Pflanzen, werden auf ihnen erfolgreich angebaut. Doch im Unterboden findet man keine Kalkkonkretionen.

E. Kaktusböden

In ariden Gegenden, wie dem obern Magdalental oder dem westlichen Cauccatal, mit Regenfaktoren unter 40, finden wir verschiedene Böden entwickelt, wie nachfolgende Profile deutlich veranschaulichen.

Boden Nr. 1349

Ort: Doima (Tolima), Höhe 640 m ü. M.

Klimaangaben: Temperatur 26° C, Regenmenge ca. 1000 mm, RF unter 40.

Vegetation: Weideland.

Topographie: Ebene.

Muttergestein: pliozäne Sedimente mit Schuttkegeln.

Profilbeschreibung:	Boden	Unterboden
Tiefe, cm	9	64
pH	7,2	8,8
Abschw. Teilchen %	18,8	43,6
Totaler N %	0,070	0,0267
Kappenextrakt MAeq./100 g	10,84	49,66
Farbe	dunkelgrau	hellgrau

Boden Nr. 1240

Ort: Ansermanueva (Cauccatal), Höhe 960 m ü. M.

Klimaangaben: Temperatur ca. 25° C, Regenmenge ca. 1000 mm, RF ca. 40.

Vegetation: Tabakpflanzung.

Topographie: ebene Terrasse.

Muttergestein: neutertiäre Sedimente.

Profilbeschreibung:	Boden	Unterboden
Tiefe, cm	40	60 + x
pH	5,9	7,4
Abschw. Teilchen %	34,2	37,8
Humus %	1,02	0,54
Kappenextrakt MAeq./100 g	9,46	10,32
Farbe	braun	gelb

Boden Nr. 1361

Ort: La Victoria (Caldas, Magdalental), Höhe 520 m ü. M.

Klima: Temperatur ca. 30° C, Niederschlag 1300 mm, RF 43.

Vegetation: Weide.

Topographie: eben.

Muttergestein: pliozäne Konglomerate.

Profilbeschreibung:	Boden	Unterboden
Tiefe, cm	25	75+x
pH	5,8	6,3
Abschw. Teilchen %	18,0	49,8
Totaler N %	0,160	0,060
Kappenextrakt MAeq./100 g	8,49	16,02
Farbe	dunkelgrau	hellgrau

Boden Nr. 1188

Ort: Cali, Höhe 1040 m ü. M.

Klima: Temperatur 24° C, Niederschlag 1200 mm, RF 50.

Vegetation: Weideland.

Topographie: eben.

Muttergestein: tertiäre Sedimente.

Profilbeschreibung:	Boden	Unterboden
Tiefe, cm	35	65
pH	6	7,3
Abschw. Teilchen %	17,5	11,2
Humus %	1,16	0,66
Kappenextrakt MAeq./100 g	21,88	25,46
Farbe	dunkelbraun	gelb

Boden Nr. 1239

Ort: Ansermanueva, Höhe 1100 m ü. M.

Klima: wie beim Boden 1240.

Vegetation: Weideland.

Topographie: 20—30° Neigung.

Muttergestein: mesozoische Tonschiefer.

Profilbeschreibung:	Boden	Unterboden
Tiefe, cm	30	70+x
pH	5,4	5,3
Abschw. Teilchen %	39,6	68,6
Humus %	1,26	0,94
Kappenextrakt MAeq./100 g	10,10	7,34
Farbe	braun	rot

Boden Nr. 1339

Ort: Nilo (bei Girardot im Magdalenental), Höhe 390 m ü. M.

Klima: Temperatur 31° C, Regenmenge 1300 mm, RF 42.

Vegetation: Weide.

Topographie: eben.

Muttergestein: alluviale Sande (60 cm) über neutertiärem Ton.

Profilbeschreibung:	Boden	Unterboden
Tiefe, cm	30	30
pH	7,8	6,6
Abschw. Teilchen %	49,2	30,2
Totaler N %	0,155	0,126
Kappenextrakt MAeq./100 g	24,65	6,24
Farbe	dunkelgrau	hellgrau

Die Mittelwerte von 28 Böden sind:

pH 7,36 (6,6—8,7) Humus 1,42 % (0,86—1,94 %)
Abschwemmbar. Teilchen 21,72 % (0,2—47,8 %)
Kappenextrakt 16,85 (8,82—29,06) MAeq./100 g

Acht saure Kaktusböden aus dem Magdalental zeigen ein pH von 5,8—6,9 (Mittel 6,1) und acht basische haben Reaktionen zwischen 7,0 und 8,5 (Mittel 7,6). Da nun im Magdalenen- wie im Caucaitale viele Böden in jungen alluvialen Sedimenten liegen, so macht sich das geologische Substrat im Bodenklima recht bemerkbar, da ausserdem das Mikrorelief das Grundwasser beeinflusst, treffen wir recht viele Bodengruppen. Bei dieser Vielgestaltung der Böden ist es nicht leicht, den Klimabodentyp zu finden.

Bei den Böden von Doima, Ansermanueva (1240), La Victoria und Cali sind pH und Kappenextrakt im Unterboden grösser als im Humusboden, das Auswaschen der Basen ist grösser als die Zufuhr der Mineralsubstanz durch faulende organische Materie. Beim roten Kaktusboden von Ansermanueva (1239) sind die Salze auch schon aus dem Unterboden weggeführt und sein pH ist sogar ein klein wenig saurer als die Humuskrume. Auch ist hier der Kappenextrakt im Boden ebenfalls höher, wahrscheinlich durch Anfall von sich zersetzenden Pflanzenresten. Hier handelt es sich um einen alten, ausgespülten Boden, wie es die rote Farbe des Unterbodens auch anzeigt. Jedenfalls sind es Solodböden.

Der Boden von La Victoria weist noch weitere Eigenheiten auf. Sein Unterboden ist verhärtet, und zwar durch Kieselsäure, die bei anfänglich basischer Reaktion mit dem Wasser in den Unterboden verfrachtet wurde, wo sie in den Poren blieb, als Zement für die Ortsteinbildung. Auch bei andern Böden beobachten wir den grösseren Reichtum an abschw. Teilchen im Unterboden, ohne dass es aber immer zu einer Ortsteinbildung führt. Durch das Überwiegen der mechanischen Meteorisation bilden sich viele Mineralpartikelchen, die nicht als Zement wirken. Durch die Ortsteinbildung wird die Durchlässigkeit des Wassers geringer, es bleibt im Boden zurück, die Pflanzendecke wird üppiger und der Humusgehalt wird grösser, wie das La Victoria-profil im Vergleich zum Doimaboden deutlich hervorhebt. Dieser ist noch sehr jung, wie die geringe Mächtigkeit der Humuskrume (9 cm) anzeigt, und besitzt daher noch eine basische Reaktion.

Zur Reiskultur, bei Bewässerung, werden nur die jungen basischen Böden benützt, die aber nach zwei bis vier Ernten wegerodiert sind. Die sauren Böden mit grauen Unterböden dienen als Weideland und den Rest überlässt man den Kakteen und Dornbüschen.

Der Niloboden hat fast ebensoviel Humus, wie der von La Victoria, er muss also auch besser mit Wasser versorgt sein, was leicht aus dem geologischen Profil ersichtlich ist. Der unter den 60 cm mächtigen Sanden liegende Ton verhindert das Abfliessen des Wassers; wahrscheinlich erhält er ausser dem Regenwasser noch Zuschuss von der nahen Ostkordillere, sei es durch oberflächlich abfliessendes Regen- oder als Grundwasser. Es steigt hier mehr

Wasserkapillar auf als versickert, und dadurch werden Salze im Boden angereichert, wie die Reaktion deutlich zeigt (pH 7,8). Es bildet sich hier ein Salzboden aus. Er kann aber nicht als Klimabodentyp aufgefasst werden, da zu seiner Bildung ausser dem ariden Klima noch eine undurchlässige Schicht nahe der Oberfläche erforderlich ist. Hier handelt es sich um einen intrazonalen Boden.

Das Altern der tropischen Böden

Das Alter der Böden erkennt man am leichtesten an der Farbe der Unterböden, die bei ganz jungen Böden steingrau ist, aber bald gelblich, gelb, braun, rötlich und rot wird. Diese Farben der Unterböden treffen wir über jedem Gestein und in jedem Klima an. Bei der Verwitterung der Feldspäte bildet sich, nach den Arbeiten von BAUER, Hydrargillit an deren Stelle. Nun sollte man erwarten, dass dieser sich mit Kieselsäure zu einem Tonmineral verbindet. Das ist nun nicht so leicht, weil Kieselsäure zur Lösung eine alkalische, das Aluminium eine saure Lösung braucht, es werden also jeweilen verschiedene Mengen gelöst sein, so dass zwar Kaolinitbildung vorkommt; ich fand Kaolinit in allen untersuchten Tönen aller Klimabodentypen, meist neben Hydrargillit. Das Eisen bildet den Goethit, der ebenfalls überall anzutreffen ist. Bis zum pH 6 ist es bestimmt löslich, denn bis dahin kann die Comberreaktion verwendet werden. Darüber hinaus werden wahrscheinlich auch noch ganz geringe Mengen in Lösung gehen, die sich in den langen Zeiten bemerkbar machen können. Immerhin, im ariden Gebiet finden wir sehr oft graue Unterböden, aber bei Neiva (oberes Magdalental) sind die Ortsteine der neutertiären Hondaschichten schon rötlich.

Das sehr saure bis schwachsaure Bodenwasser enthält also immer etwas Eisen. Kommt nun diese Eisenlösung im Unterboden mit Feldspäten in Berührung, so fallen deren Alkalien das Eisen aus und gehen in Lösung über, so dass sich die Farbe des Gesteins langsam ändert. Sind keine Feldspäte vorhanden, so kann der Kalk eventuell die Rolle der Feldspäte übernehmen, denn er ist in reinem Wasser ja auch etwas löslich (drei französische Härtegrade) und erzeugt ebenfalls eine basische Reaktion. Einzig bei Abwesenheit von Eisen werden keine roten Unterböden entstehen. Aber die rote Farbe wird auch dann verschwinden, wenn saures Bodenwasser mit dem gefällten Eisen in innigen Kontakt kommt und es wieder löst.

Liegen zum Beispiel jungvulkanische Aschen auf altvulkanischen Gesteinen mit ungefähr gleicher Durchlässigkeit, so sind diese vollständig rot verfärbt, sofern es sich um Wald- oder Urwaldböden handelt, wie man es bei Popayán und bei Manizales an vielen Aufschlüssen feststellen kann. Sind die altvulkanischen Schichten weniger durchlässig, wie es teilweise bei Manizales der Fall ist, dann sammelt sich hier in der Asche Grundwasser an, das sich an Basen sättigt, und es hat sich eine 2 bis 12 dm mächtige weisse, plastische Tonschicht gebildet. Die darunterliegenden Tone sind blutrot gefärbt. In einem Falle konnte ich folgendes Profil beobachten:

Vulkanische Asche	ca. 5 m
Weisse plastische Tone	0,2 m
Altvulkanische Tuffe:	
Blutrote Eisenkonkretion	0,05 cm
Übergangszone mit Abnahme der Farbe und Auflösung in	0,15 cm
Graue Tuffe mit eiszapfenähnlichen, von der Übergangszone ausgehenden Pünktchengirlanden von 20—60 cm Länge	3 m

Wir haben also eine Bleichzone, eine Anreicherungszone von Eisenkonkretionen durch Zufuhr von oben und darunter eine Fleckzone, die sich an der Grenze zweier feldspathaltiger vulkanischer Gesteine gebildet hatte. Dieser unterirdische Laterit wird sich nur in einer solchen Entfernung vom Boden bilden können, die gross genug ist, um den Humus zurückzuhalten, dann kann sich Laterit in Abwesenheit von Humus auch unter Urwald- und Waldböden bilden. Es handelt sich wohlverstanden nicht um den alluvialen Horizont von humösen Urwaldböden, sondern um chemische Vorgänge, die durch die verschiedene Durchlässigkeit der beteiligten Gesteine bedingt ist, so dass sie in vielen Fällen fehlt oder in grösserer Tiefe unsichtbar vor sich geht. Es handelt sich um einen rein geologischen Vorgang, so dass der Laterit nicht als Boden betrachtet werden kann, wenn er auch gelegentlich als Muttergestein auftritt. (Nach MEIGEN kann sich Laterit auch an der Oberfläche bilden, durch Abtransport bei basischer Reaktion der ein- und zweiwertigen Metalle und der Kieselsäure, so dass bei Abwesenheit von Humus ein Rückstand der Sesquihydroxyden entsteht. Ich halte diesen ebenfalls geologischen Vorgang für durchaus möglich, aber solchen Laterit habe ich nie gesehen, weil in Kolumbien die Vegetation und der Humus der Verwitterung eine andere Richtung gegeben haben.)

Die Fruchtbarkeit der Böden über roten Unterböden ist recht verschieden. In den Urwald- und Kaktusböden sind die Basen fast vollständig entfernt, in den Waldböden das Kalzium, die Alkalien fehlen in den Bambusböden; nur in den Humusböden werden die Ionen der Pflanzennährstoffe angereichert. Das Bodenprofil gibt Aufschluss, um welchen Klimabodentyp es sich handelt, oder dann eine chemische Pauschalanalyse von Boden und Muttergestein, während das Verhältnis $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ zu sehr vom Muttergestein abhängig ist, um über den Bodentyp etwas aussagen zu können.

Zusammenfassung

In den tropischen Zonen Kolumbiens bedingen die Faktoren Geologie, Klima, Organismen und Zeit die Bodenbildung, genau wie im gemässigten Klima. Wir können die fünf Klimabodentypen LANG's erkennen, sie sind mit abnehmender Befeuchtung: Urwald-, Wald-, Humus-, Bambus- und Kaktusböden. Sie lassen sich am Profil erkennen.

Bambusboden	25—40	1,58— 2,95	erst basisch; dann sauer
Humusboden	35—60	3,0 — 4,96	über 6,4
Waldboden	30—40	6,8 —10,5	5,5—6,4
Urwaldböden	unter 20	12,0 —17,9	4,5—5,5
Kaktusboden	25—35	0,86— 1,94	unter 4,5

Die Farbe der Unterböden ändert mit dem Alter von Steingrau über Gelb zu Braun und Rot, während die Bodenfarbe schwarz, braun oder grau in allen Abstufungen ist. Die roten und gelben Farben können daher nicht zur Klassifikation, sondern nur zur Altersbezeichnung benützt werden. Laterit ist kein Boden; denn er bildet sich bei Abwesenheit von Humus oberirdisch, vorwiegend im ariden Klima, oder unterirdisch, hier leichter unter Wald- und Urwaldböden. Das SiO_2 : Al_2O_3 -Verhältnis hängt weniger vom Klima als vom Gestein ab, wie natürlich auch vom Alter des Bodens.

Benützte Literatur

- BAUER, MAX: Beiträge zur Geologie der Seyschellen, insbesondere zur Kenntnis des Laterites. N. Jahrb. f. Min. etc. Bd. III (1898).
- Beitrag zur Kenntnis des Laterites, insbesondere dessen von Madagaskar. N. Jahrb. f. Min. etc. Festband 1907.
- COOLHAAS: Kalidüngungsprobleme im Tabakkulturgebiet der Vorstenlanden. Die Ernährung der Pflanze. Bd. 32, H. 5 (1936).
- KNOCH, K.: Klimakunde von Südamerika. (Handbuch der Klimatologie, Bd. 2, Teil G.) Berlin 1930.
- LANG, RICHARD: Versuch einer exakten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht. Int. Mitt. f. Bodenkunde. 1915.
- OSORIO, LUIS H.: Anuario Meteorológico. 1934—1937, 1937—1943, 1944. Bogotá.
- PALLMANN, HANS: Über Bodenbildung und Bodenserien in der Schweiz. Ernährung der Pflanze. Bd. 30, 1934, 225—234.
- SARASOLA, S.: Anales del Observatorio Nacional de San Bartolome en los Andes Colombianos. 1923—1937.
- SCHAUFELBERGER, P.: Ensayo de la clasificación de los suelos de la zona tropical. Revista Colombiana de Química. Vol. II. Nr. 2, 1946.
- SCHERF, EMIL: Geologische und morphologische Verhältnisse des Pleistozäns und Holozäns der grossen ungarischen Tiefebene und ihre Beziehungen zur Bodenbildung, insbesondere der Alkalibodenentstehung. Jahresbericht der kgl. ungarischen geologischen Anstalt 1925—1928, Budapest 1935.