

GEOÖKOLOGISCHE STUDIEN IN DER ANDINEN VULKANKORDILLERE UND DER ZENTRALEN LÄNGSSENKE VON CHILE BEI CHILLÁN*)

Mit 8 Abbildungen, 1 Tabelle, 2 Photos und 7 Pflanzenlisten

WILFRIED ENDLICHER und MARIA MARDONES

Summary: Geo-ecological studies in the Andean Volcanic Cordillera and the Central Depression of Chile near Chillán

Studies of geomorphology, soil and vegetation cover have been undertaken at four different sites. In the *Nevados of Chillán*, a volcanic complex in the high cordillera, the Lenga forest has been extensively destroyed by forest fires and the construction of ski-fields and hotels. The risk of avalanches has therefore been increased. In the *valley of the Rio Renegado*, the volcanic ashes of its north-facing slopes are dissected by gullies. The secondary vegetation, an open bamboo scrub, cannot effectively protect the soil against water erosion. In the valley bottom the natural vegetation has been severely damaged by human impact (firewood cutting). On the south-facing slopes primary forest of Lenga and Coigüe can, however, still be found. The greatest landscape damage is shown in the north-facing and overgrazed slopes of the *Montaña*, the Andean piedmont, where sheet and rill erosion is common. The remnants of the secondary Avellano-Raulí forest are often replaced by pine plantations. Finally, in the *Central Depression*, four main landscape units can be distinguished: laharcic stone fields with espinal bush, moist valley bottoms, its terrace systems which are particularly suitable for artificial irrigation, and hilly terrain with a cover of loose, fine volcanic sands which are exposed to wind erosion.

1. Problemstellung

Die Winterregen-Subtropen Chiles zwischen dem Río Aconcagua (33° S) und dem Río Bío-Bío (38° S) sind der am dichtesten besiedelte Teil des Landes. Während über das nördliche Zentralchile, dem Einzugsbereich der Metropole Santiago, differenzierte Untersuchungen zu verschiedenen physisch-geographischen Aspekten vorliegen, beschränken sich diese in der südlichen Hälfte nur auf einzelne Teilbereiche, wie den geologisch-vulkanologisch-petrographischen oder botanisch-floristischen Aspekt. Vor allen Dingen aber fehlen verknüpfende geoökologische Untersuchungen, wie sie etwa in der Cordillera de Nahuelbuta (ENDLICHER u. MÄCKEL 1985a), im Übergang zum Kleinen Süden (ENDLICHER u. MÄCKEL 1985b) oder im Küstenbergland (ENDLICHER 1985) durchgeführt wurden. In Erweiterung und Ergänzung der genannten Untersuchungen wurden deshalb die vier wichtigsten Raumeinheiten

zwischen den Anden und der Längssenne ostwärts von Chillán (36° 30' S) untersucht. Dies sind

- der Westabfall der Vulkankordillere am Nevado de Chillán;
- der innerandine Talzug des Estero Renegado;
- die Montaña als hügelige Übergangszone zur Längssenne am Rio Chillán;
- die zentralchilenische Längssenne selbst in der Umgebung der Ortschaft Pinto.

Die Geländearbeiten entlang eingemessener Profile wurden durch die Auswertung von Luft- und Satellitenbildern unterstützt (Abb. 1). Neben morphologischen, pedologischen und klimatischen Aspekten wurde dabei dem Aufbau der Vegetation ein besonderes Augenmerk geschenkt und Überlegungen zu den Einwirkungen des Menschen angestellt.

2. Die Vulkankordillere von Chillán

Die im Hinterland von Chillán aufragende Andenkordillere wird von andesitischen, rhyolithischen und basaltischen Laven, Tuffen und Brekzien aus dem Oligozän bis Pleistozän aufgebaut. Sie wird gekrönt von den Nevados de Chillán, die als vergletschertes, mehrgipfliges Massiv bis auf 3212 m NN aufragen. Sie bestehen aus pyroklastischen Sedimenten und Laven sowie Laharflüssen, die an jungen Vulkanismus gebunden sind. Er gibt diesem Kordillerenabschnitt sein Gepräge. Die Nevados de Chillán sind ein auch heute noch sehr aktiver Stratovulkan. Insgesamt können sechs große, in NW-SE-Richtung angeordnete Eruptionsstellen unterschieden werden, von denen die Nevados de Chillán in den Jahren 1751 und 1865, der Chillán Viejo 1898, der Volcán Nuevo 1906 und der Volcán Reciente in den seit 1980 vergangenen Jahren besonders aktive Aschenauswürfe und Gasexhalationen aufwiesen (*Instituto Geográfico Militar*

*) Die Autoren danken Herrn MARCELO ROSAS, Depto. de Botánica, Universidad de Concepción, für seine Hilfe bei der Pflanzenbestimmung und Herrn SERGIO FIGUEROA, Los Lleuques, für die Bergführung. Das Vorhaben wurde dankenswerterweise mit Mitteln des BMFT (Förderungskennzeichen 01 QS 8504) gefördert.

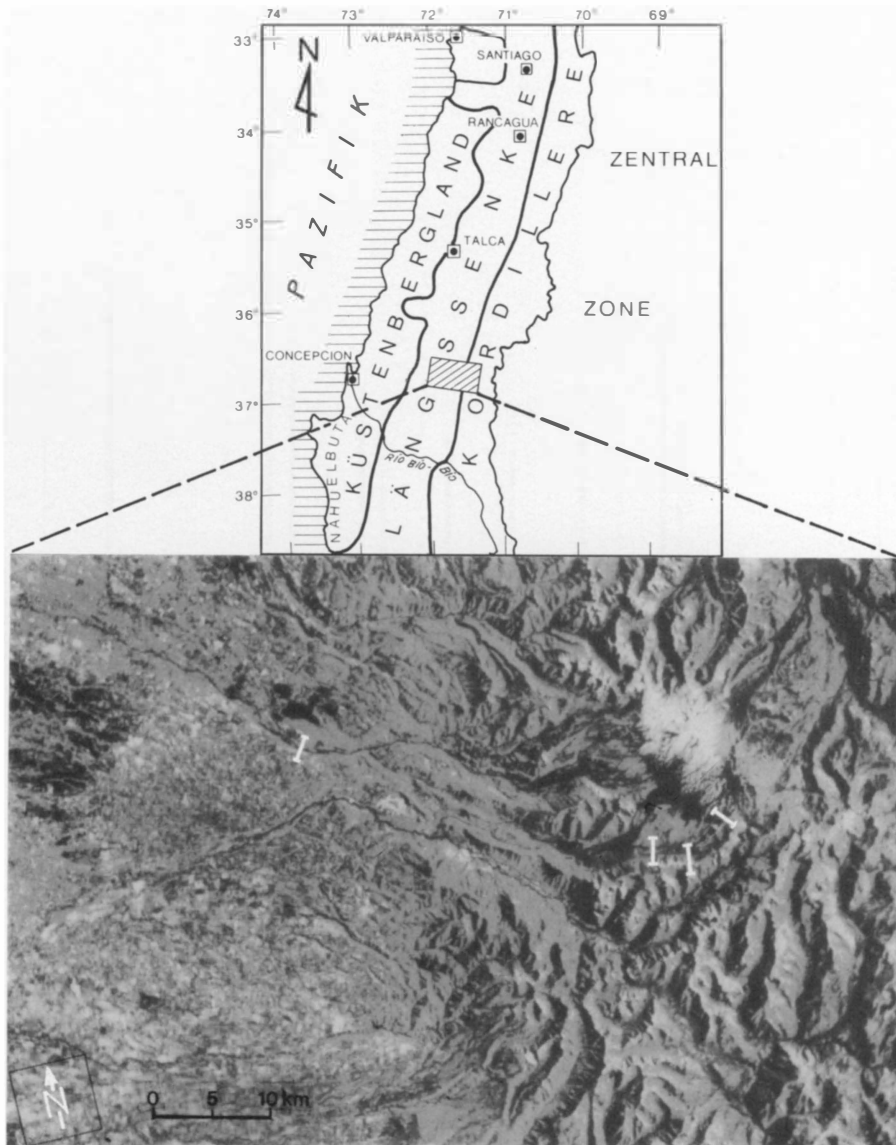


Abb. 1: LANDSAT-MSS-Bildausschnitt des Untersuchungsgebietes vom 13. Januar 1981 mit den vergletscherten Nevados de Chillán und den Schutt- und Mattenzonen der Hochanden im Osten, den Sekundärwäldern (einheitliche Grautöne) der Montaña in der Mitte und den kleinparzellierten Campos der Längssenke über unterschiedlichem Laharsubstrat im Westen; die bearbeiteten Geländestreifen sind eingezeichnet

LANDSAT-MSS-Image, January 13, 1981, showing the investigation area between the ice-covered Nevados de Chillán and the debris and grassland of the Andean High Cordillera in the east, the secondary forest (in a uniform grey tone) of the Montaña in the centre and the highly parcelled campos over different laharic sediments of the Central Depression in the west; the cross-sections are indicated

1982, 79). Diese Wanderung des Ausbruchsschlotes ist eine am Rande tektonischer Platten häufig zu beobachtende Erscheinung.

Das oberhalb der Schneegrenze (ca. 2600 m NN) angesammelte Gletschereis bildet einen idealen, wenn auch flächenmäßig relativ kleinen Wasserspei-

cher, ohne den die sommerliche Bewässerung in der Längssenke nicht vorstellbar wäre. Die Jahresniederschläge belaufen sich im Luv der Vulkankordillere in Atacalco (900 m NN) auf ca. 2600 mm, im Tal des Río Ñuble in ihrem Lee in Los Mayos (675 m NN) auf ca. 2060 mm. Auf argentinischer Seite im Lee der

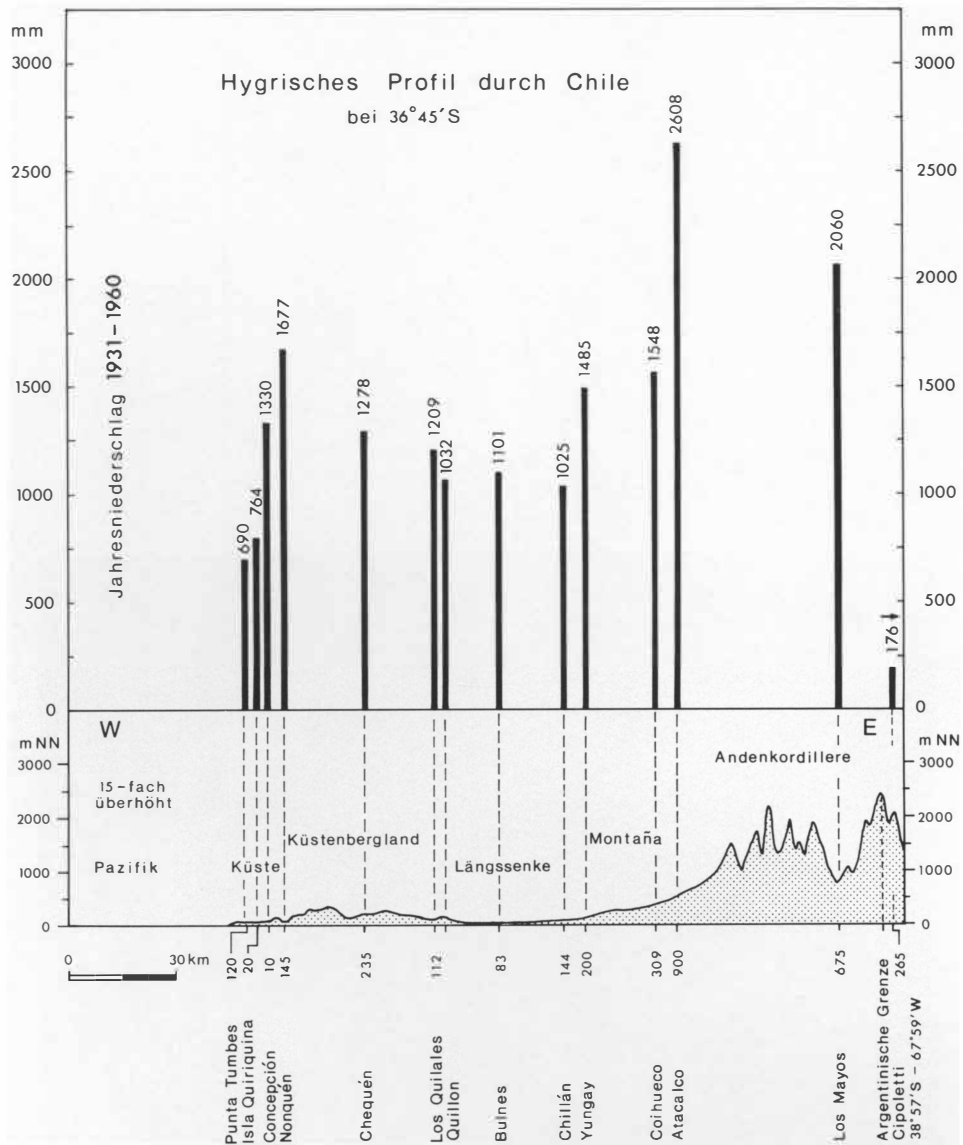


Abb. 2: Mittlerer Jahresniederschlag in 36°45'S zwischen der Pazifikküste und der Andenkordillere
Average annual rainfall amounts in 36°45'S between the Pacific Coast and the Andean Cordillera

Hauptkette werden in Cipoletti (265 m NN) dagegen nur noch 176 mm gemessen (Abb. 2).

Auf einem Profil durch den Talschluß des Estero Renegado in der Höhe der Thermen von Chillán wurden die Unterhänge des Nevado de Chillán analysiert (Abb. 3). Der mäßig bis sehr steil geneigte, südexponierte Hang wird in seiner oberen Hälfte von grobem, vulkanischem Blockwerk gebildet, das nur in den Ritzen eine Rohbodenentwicklung gestattet. Im vulkanischen Feinmaterial hat sich dort eine andine Mattenvegetation aus Racoma, Uvilla, Ñipa,

Zarcilla sowie Farnen und Moosen festgesetzt (Pflanzenliste 1). Der Unterhang wird dagegen von einer mehrere Meter mächtigen Verschüttungshülle aus vulkanischen Aschen und Sanden eingenommen. Wechselnde Farbe und Körnung belegen ein sukzessives Eindecken, das weniger solifluidalen als äolischen Ursprungs ist. Auf tiefgründigen Rohböden stockt ein dichtes Südbuchen (Lenga)-Krummholz, das durch Schneelast und Lawinen alljährlich niedergedrückt wird. Seine Schutzfunktion sowohl gegen die Erosion der vulkanischen Lockersedimente als

auch in Form eines Bannwaldes gegen Lawinenschäden kann gar nicht hoch genug eingeschätzt werden. Die Hotelanlage an den Thermen wurde schon mehrfach durch Lawinen zerstört. Dort, wo das Krummholz für Skipisten gerodet wurde, haben sich Gräben in die Schluffe eingetieft. Sie schneiden sich nicht wie im Küstenbergland in den Wintermonaten ein, sondern im Frühjahr, wenn der noch gefrorene Untergrund durch Frühjahrsregen verstärktem Schmelzwasserabfluß unterliegt.

Der WNW-exponierte Gegenhang „Las nieblas“ unterscheidet sich hiervon in mehrfacher Weise. Zum einen sind hier die vulkanischen Blöcke von einer wechselnd mächtigen Schicht vulkanischer Sande (Abb. 4) und Aschen mit fortgeschrittener Bodenbildung eingedeckt, zum anderen sind in ihnen entwickelte Andosole flacher und dichter gelagert. Der schon von REICHE (1907, 221f.) beschriebene Lenga-Hochwald (Photo 1) ist in seinem oberen Teil zerstört worden. Auf den baumfreien Flächen hat sich eine Zarcilla-Paramela-Heide entwickelt (Pflanzenlisten 2 u. 3), wobei sowohl Brandspuren im Lenga-Wald, seine scharfe Begrenzung und die eingedrungene Quila auf Feuereinfluß schließen lassen. In Gipfelnähe behindert ein Fumarolenfeld die Ausbreitung der Vegetation ebenso wie eine Schwefelquelle am Mittelhang.

Die Exhalationen werden als Dampfbad direkt an den Austrittsstellen genutzt, das heiße Wasser in einem Hotelkomplex seit vielen Jahrzehnten für Thermalbäder (Schwefel- und Stahlbäder) verwendet. Die „Termas de Chillán“ gehören zu den bekanntesten Heilbädern des Landes. Aufgrund des relativ guten, auch im Winter befahrbaren Zugangs erfreuen sie sich großer Beliebtheit. Durch einen Sessellift werden lange Skipisten erschlossen, so daß sich in der pittoresken Vulkanlandschaft ein Fremdenverkehrszentrum von überregionaler Bedeutung gebildet hat.

3. Das innerandine Tal des Estero Renegado

Bereits MORTENSEN (1928) hat auf die glaziale Überformung des innerandinen Renegado-Tales hingewiesen. Allerdings sind im Talboden keine glazigenen Akkumulationen, sondern nur rezente Schotter und Lavaströme aufgeschlossen. Von den Termas de Chillán herabziehend, entwässert der Bach nach Westen. Er gehört aber nicht zum Einzugsbereich des Río Chillán, sondern wird durch einen Seitenbach des weiter südlich aus dem Gebirge austretenden Río Diguillin angezapft und rechtwinklig nach Süden abgelenkt. Im Gebirge selbst

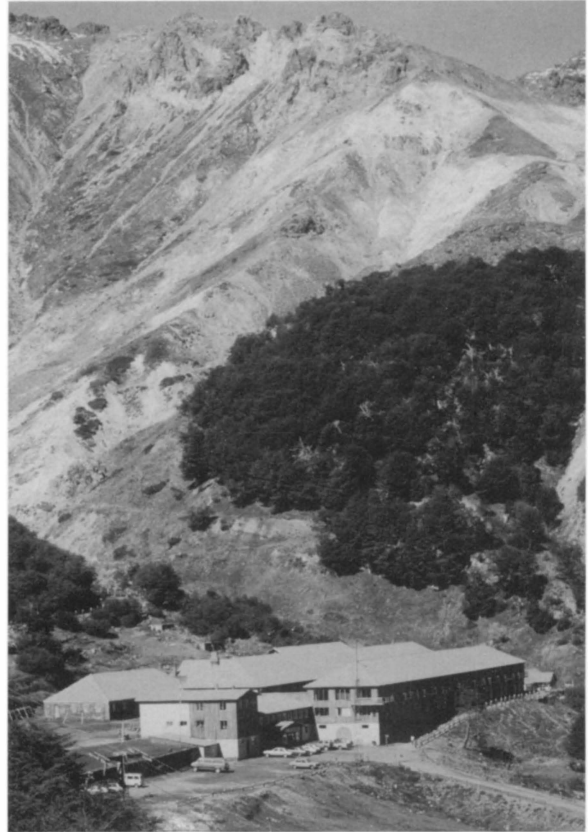


Photo 1: Restbestand des Lenga-Hochwaldes am Hotelkomplex der „Termas de Chillán“. Aufnahme: ENDLICHER, März 1986

Relict Lenga high forest near the „Termas de Chillán“ hotels

trennt Renegado und Diguillin jedoch die hohe Wasserscheide des Cerro Torrealba, der in 2006 m NN kulminiert und zumeist nicht mehr aus rezenten Laven, sondern tertiären Intrusivgesteinen aufgebaut ist. Der nordexponierte Sonnenhang des Renegado-Tales am Cerro Torrealba ist in Abb. 5, der südexponierte Schattenhang in Abb. 6 dargestellt.

Der Gipfel des Torrealba wird von einer Lavafelsburg gebildet. Das Lavafeld ist von etwa 2 m hohem Lenga-Gebüsch umstellt. Das Verwitterungsprodukt, schwarze Grobsande, besitzt nur eine geringe Vegetationsdeckung von 20% aus Coirón (*Pitidosperma spec.* und *Festuca spec.*), Zarcilla (*Berberis empetrifolia*) und Arbustos postrados (*Baccharis spec.*) und ist im Schatten zu Solifluidalschleppen angeordnet. Das in den Strahlungsnächten gebildete Nadeleis hebt die Substratteilchen mehrere Zentimeter hoch. An dem stark mittelteneigt bis mäßig steilteneigtem

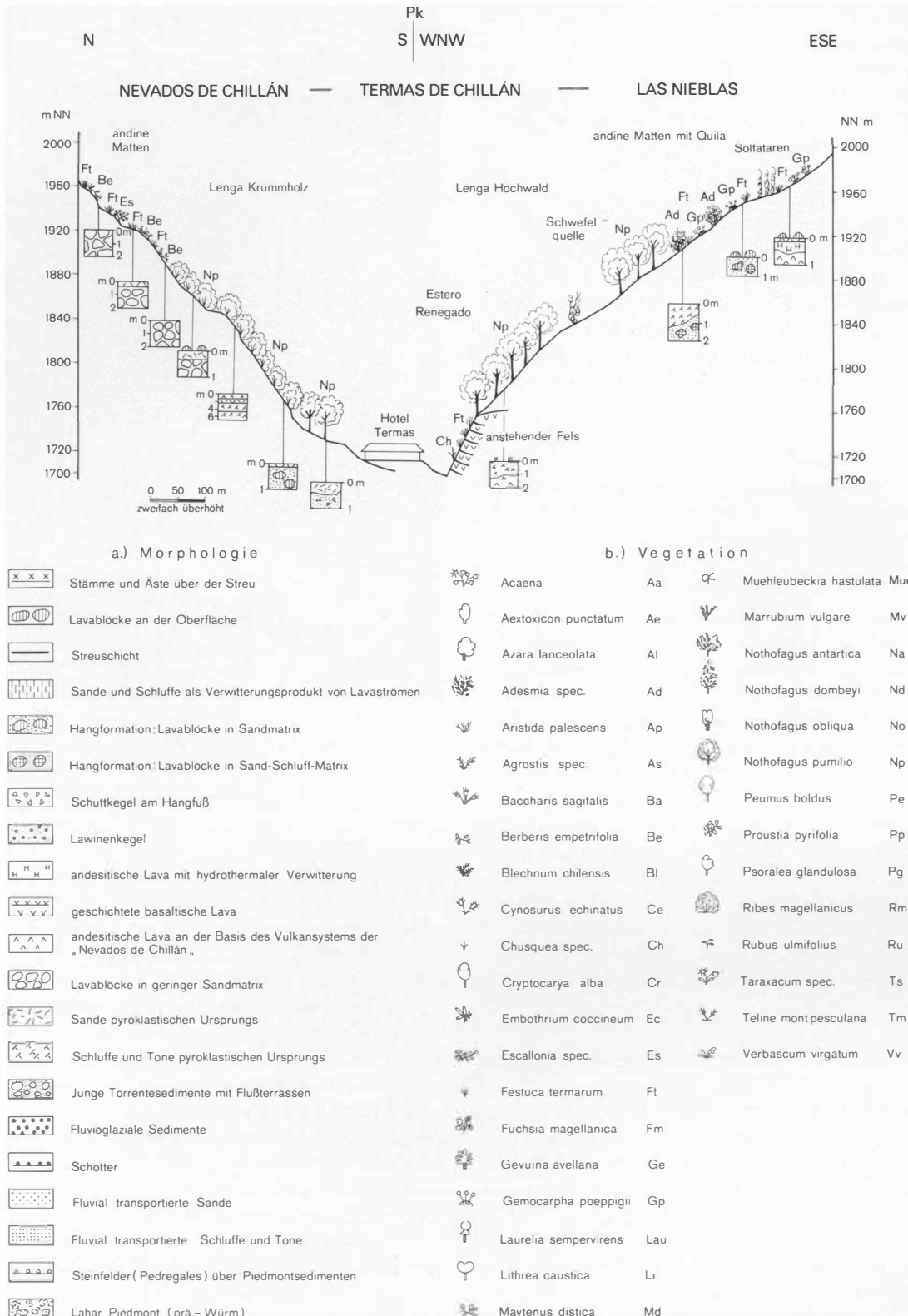


Abb. 3: Talqueraufriß am Estero Renegado bei den Thermes von Chillán
Cross-section of the Estero Renegado valley near the Termas of Chillán

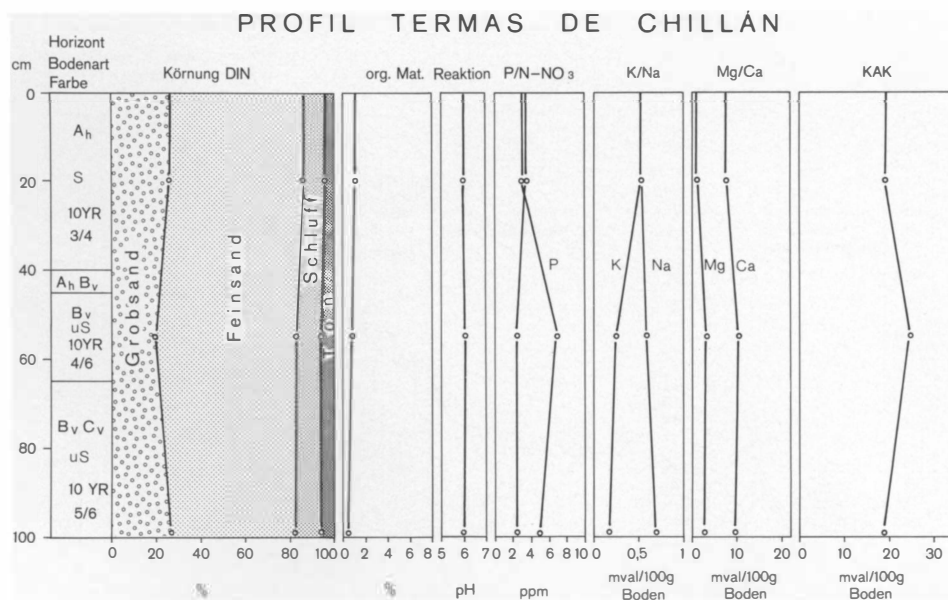


Abb. 4: Bodenprofil in vulkanischen Feinsanden und Aschen in ca. 1900 m NN; charakteristisch die hohe Austauschkapazität trotz geringem Humusgehalt

Soil profile in volcanic fine sands and ashes at c. 1900 m a. s. l.; characteristic high exchange capacity despite low humus content

Hang ist der Wechsel zwischen niedrigem Lengua (*Nothofagus pumilio*) – und Ñirre (*Nothofagus antarctica*)-Krummholz, großen vegetationslosen Flecken und Quila-Reinbeständen charakteristisch. Dieser offene „Quilato“ (Pflanzenliste 4) mit seinen scharfen Grenzen zum Krummholz kann nur als das Ergebnis einer Wiederbesiedlung nach einem Waldbrand verstanden werden. Die erosionshemmende Wirkung der Quila ist an der Ausbildung von vielen kleinen „Sprungschancen“ zu erkennen, die durch die von den Büschen zurückgehaltenen Sande und Schluffe gebildet werden. Auffallenderweise und im deutlichen Gegensatz zum Küstenbergland sind selbst an diesem offenen Sonnenhang nur vereinzelt Erosions-schluchten mit Feuchtökotopen zu beobachten. In tieferen Hanglagen wird der Quilato-Busch auch von Pimpinella (*Acaena haplopappus*)-Matten oder einem offenen Matorral mit Parrilla (*Ribes magellanicus*)-Büschchen abgelöst. Dieser Vegetationsdegradation wird mehrfach Vorschub geleistet: Einmal durch Schadfeuer, insbesondere im Hochsommer, wenn in den Dürreperioden mit frischen Südwinden (Surazo) unbeaufsichtigte Camping- oder Buschfeuer sich rasch ausbreiten, zum anderen durch Weideschäden (ramoneo) von Huftieren (Pferde, Rinder, Schafe), wie an den Viehangeln zu erkennen ist.

Die Ökotopen des Talbodens und des südexponierten Schattenshangs sind im Aufriß Loma del Gato –

Estero Renegado (Abb. 6) wiedergegeben. Die Talform stellt sich als typisches glaziales Trogtal mit übersteilen Wänden und breitem Talboden dar. Dieser wird aber vollständig von Lavaströmen sowie vulkanischen Schottern und Sanden gebildet. Die rezenten vulkano-morphogenetischen Prozesse lassen so nahe am Ausbruchszentrum eine Konservierung glazialer Akkumulationen nicht zu. Der Primärwald des Talbodens ist ein hoher, üppiger Coigüe-Roble-Mischwald mit einer unteren Baumschicht aus Corcolén und einer dichten Strauchschicht mit Quila, Mirto, Parrilla und Maitén (Pflanzenliste 5). Seine gute Zugänglichkeit erleichtert jedoch menschliche Eingriffe, z. B. zur Brenn- und Bauholzgewinnung. Auf den Rodungsinseln hat sich ein niedriger Rome-rillo-Matorral als erste Neubesiedlung ausgebildet. In einem weiteren Sukzessionsstadium wird er von Ñirre (*Nothofagus antarctica*) aufgesiedelt. Die winterlichen Kaltluftseen mit Frosttemperaturen in den gegen Ausstrahlung nicht geschützten Rodungsinseln behindern offenbar das Aufkommen des ursprünglichen, weniger robusten Coigüe-Roble-Bestandes und begünstigen die kälteunempfindlichen Ñirren. Auch in anderen Kordillerentälern sind sie die typischen Talbodenbestände (GOLTE 1983). Sie werden aber in zunehmendem Maße vom Menschen beeinträchtigt, da der breite Talboden unterhalb der Termas und die Straßenerschließungen

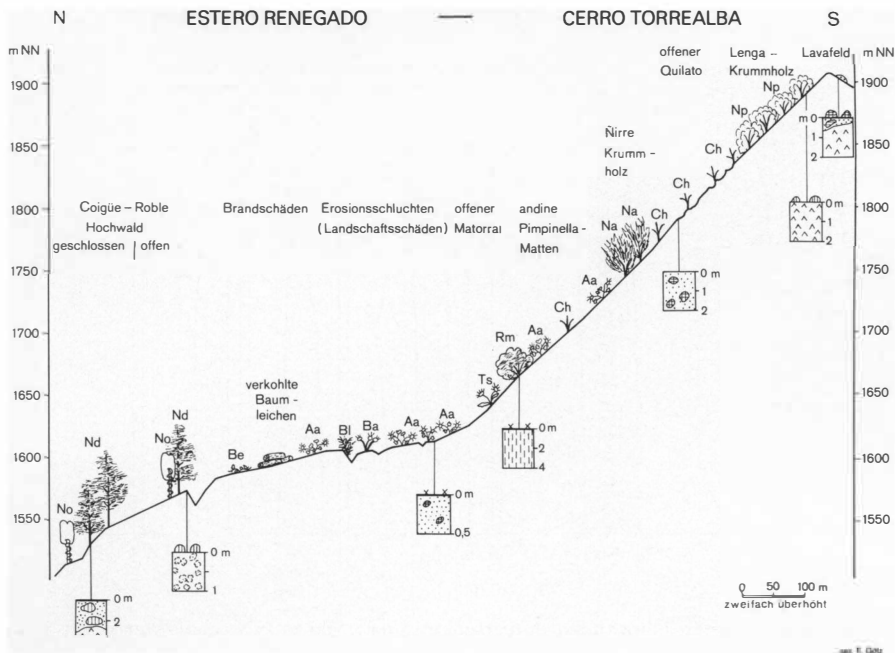


Abb. 5: Aufriß des nordexponierten Renegado-Hanges am Cerro Torrealba
Transsect of the north-facing slope of Cerro Torrealba, Rio Renegado valley

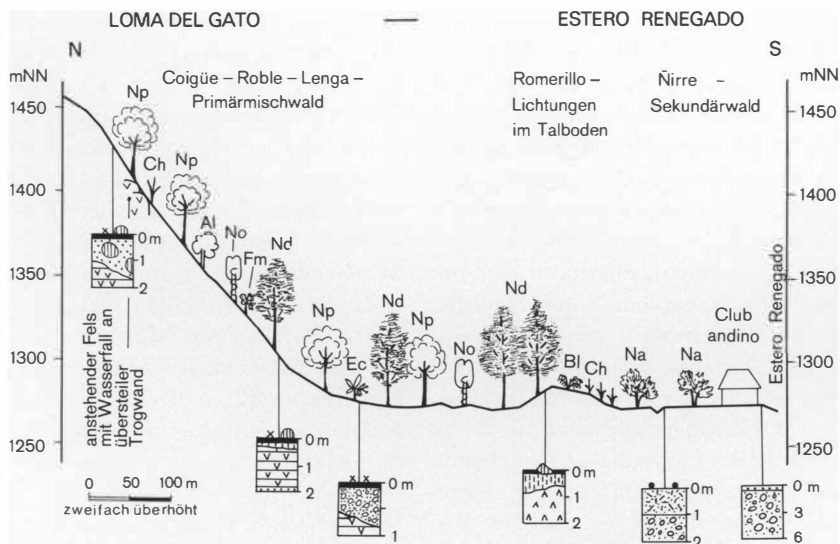


Abb. 6: Aufriß des südexponierten Renegado-Hanges an der Loma del Gato und des Talbodens an der Brücke „Puente Aserradero“
Transsect of the south-facing slope of Loma del Gato and the Rio Renegado valley floor near the „Puente Aserradero“ bridge

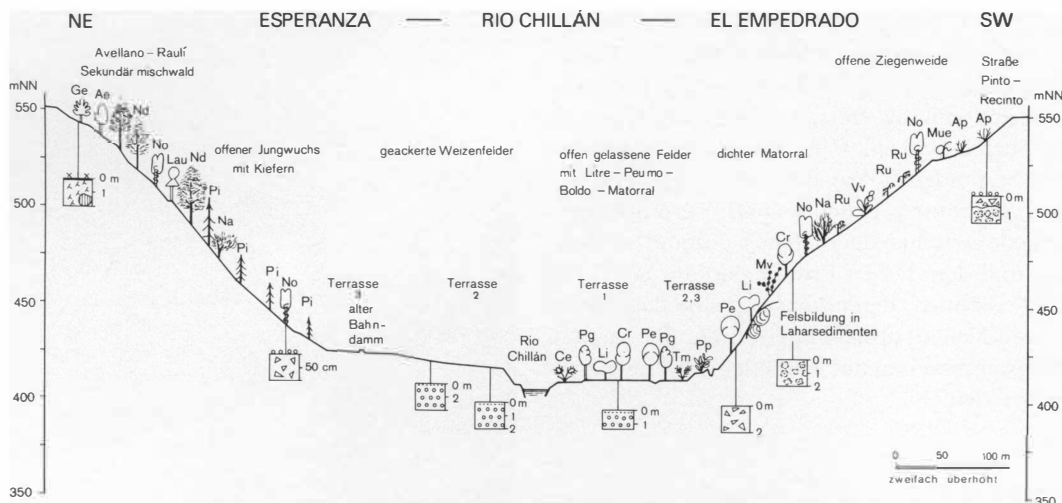


Abb. 7: Talqueraufriß des Rio Chillán-Tales in der Montaña bei Recinto
Cross-section of the Rio Chillán valley in the Montaña near Recinto

a.) Morphologie

	Stämme und Äste über der Streu
	Lavablöcke an der Oberfläche
	Streuschicht
	Sande und Schluffe als Verwitterungsprodukt von Lavaströmen
	Hangformation: Lavablöcke in Sandmatrix
	Hangformation: Lavablöcke in Sand-Schluff-Matrix
	Schuttkegel am Hangfuß
	Lawnenkegel
	andesitische Lava mit hydrothermaler Verwitterung
	geschichtete basaltische Lava
	andesitische Lava an der Basis des Vulkansystems der „Nevados de Chillán“
	Lavablöcke in geringer Sandmatrix
	Sande pyroklastischen Ursprungs
	Schluffe und Tone pyroklastischen Ursprungs
	Junge Torrentesedimente mit Flußterrassen
	Fluvioglaziale Sedimente
	Schotter
	Fluvial transportierte Sande
	Fluvial transportierte Schluffe und Tone
	Steinfeld (Pedregales) über Piedmontsedimenten
	Lahar Piedmont (prä - Würm)

b.) Vegetation

	Acaena	Aa		Muehlebeckia hastulata	Mue
	Aextoxicon punctatum	Ae		Marrubium vulgare	Mv
	Azara lanceolata	Al		Nothofagus antarctica	Na
	Adesmia spec.	Ad		Nothofagus dombeyi	Nd
	Aristida palescens	Ap		Nothofagus obliqua	No
	Agrostis spec.	As		Nothofagus pumilio	Np
	Baccharis sagittalis	Ba		Peumus boldus	Pe
	Berberis empetrifolia	Be		Proustia pyrifolia	Pp
	Blechnum chilensis	Bl		Psoralea glandulosa	Pg
	Cynosurus echinatus	Ce		Ribes magellanicus	Rm
	Chusquea spec.	Ch		Rubus ulmifolius	Ru
	Cryptocarya alba	Cr		Taraxacum spec.	Ts
	Embothrium coccineum	Ec		Teline montepesculana	Tm
	Escallonia spec.	Es		Verbascum virgatum	Vv
	Festuca termarum	Ft			
	Fuchsia magellanica	Fm			
	Gevuina avellana	Ge			
	Gemocarpha poeppigii	Gp			
	Laurela sempervirens	Lau			
	Lithrea caustica	Li			
	Maytenus distica	Md			

den Bau von Erholungseinrichtungen, wie Schutzhütten, Ferienhäuser und Hotels begünstigt. Unge­stört zieht sich dagegen der Primärwald den südexpo­nierten Schattengang hinauf. Zunehmend mischt sich hier auch Lenga ein. Charakteristisch ist ein von Fuchsien bestandener Wasserfall an der Trogwand.

Die Temperatur-, Feuchte- und Verdunstungs­unterschiede zwischen dem offenen Bestand am Son­nenhang und dem hohen Primärwald am Schattengang sind erheblich. Bemerkenswert sind dabei auch die morgendlichen Frosttemperaturen, die in den Übergangsjahreszeiten auf Talbodenlichtungen ver­zeichnet werden.

4. Die Montaña am Rio Chillán

Als Montaña wird der aus Lockersedimenten auf­gebaute, andine Piedmont der südlichen Zentralzone und des Kleinen Süden Chiles mit Höhen zwischen 400 und 1000 m NN bezeichnet. In ihm verschneiden sich pyroklastische, glazigene und fluvioglaziale Sedimente, wobei die entstandenen Kegel meist poly­genetisch zu deuten sind. Keineswegs ist eine gerade Grenze zwischen pleistozänen Moränen und tertiären Sedimenten zu ziehen, wie dies die jüngste Geologi­sche Karte 1:250 000 suggeriert (GAJARDO 1981). Hinzu kommen tektonische Störungen am andinen Rand der Längssenke in NNE-SSW-Richtung. Sie werden oft deutlich durch das Gewässernetz nach­gezeichnet. In der Montaña liegen die ersten kleinen Gruppensiedlungen, wie z. B. Recinto. In die pyro­klastischen Sedimente haben die Flüsse tiefe Kastentäler eingeschnitten. Ihre Terrassensysteme sind die bevorzugten Nutzungsräume, da sie sich bewässern lassen. Einen entsprechenden Aufriß des Río Chillán-Kastentales westwärts von Recinto zeigen Abb. 7 und Photo 2.

Am Schattengang stockt über vulkanischen Aschenböden ein degradiertes Avellano-Raulí-Niederwald (Pflanzenliste 6). Er ist am Oberhang bereits einer Kiefernauflistung gewichen und am Unterhang nur noch als Gebüschformation vorhan­den. Die nur wenige Zehner von Metern breiten Ter­rasseleisten mit ihrer Auelehmdecke sind bevor­zugte Anbauflächen für Weizen. Auf offen gelassenen Feldern hat sich ein Litre-Peumo-Boldo-Matorral als die in dieser Höhe übliche, wärmeliebende Sekundär­formation etabliert.

Am Sonnenhang sind an den steilsten Stellen noch einige Roble-Überhälter und ein offener Matorral stehengeblieben. Der mittelhängige Oberhang wird durch eine von Ziegen stark degradierte Weide mit



Photo 2: Blick vom nordexponierten Hang auf die Terrassen des Rio Chillán am Ausgang aus der Montaña westlich Recinto. Aufnahme: ENDLICHER, November 1983

North-facing slope and terraces of the Rio Chillán in the Montaña west of Recinto

schütterer Oberflächendeckung genutzt. Die von Laharblöcken durchsetzten Aschen werden flächenhaft erodiert. Dies steht im deutlichen Gegensatz zu den Erosionsschluchten des granitoiden Küstenberglandes. Degradationszeigerpflanzen wie Quilo (*Muehlenbeckia hastulata*), Hierba del Paño (*Verbascum virgatum*), Hierba del Chancho (*Hypochoeris radicata*) oder Cardillo (*Carduus spec.*) sind häufig. Selbst die Brombeeren sind stark verbissen (Pflanzenliste 7).

Trockenfeldbau und Brachweide sind in der Mon­taña, ähnlich wie im Küstenbergländ, die vorherr­schende Landnutzung. Die größere Stabilität der Andosole gegenüber dem Hangabtrag, das Überwiegen der flächenhaften und nicht der linearen Erosion und die dadurch bedingte Exposition frischer, noch nicht ausgewaschener Aschenhorizonte bieten aber vergleichsweise günstige ökologische Bedingungen. Bei fortgeschrittener Überweidung und Bodenver-

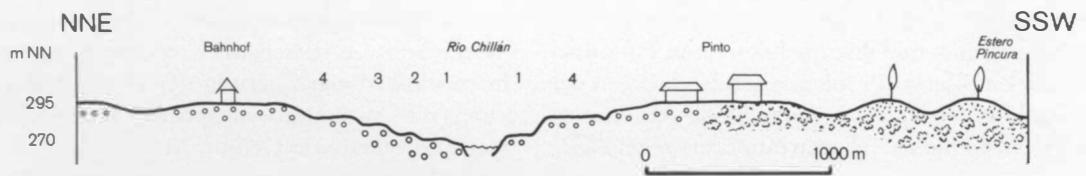


Fluvioglaziale Schotterfelder
(Pedregales)
ohne Hochflutsediment

Torrentebett und bewässerte
Terrassensysteme des Rio Chillán
mit Feinmaterialauflage

Hochufer

Andenpiedmont aus
Laharsediment mit
Aschendecke



Institut für Physische Geographie Freiburg i.Br.

Entwurf: W. Endlicher

Abb. 8: Luftbild und schematisiertes Querprofil des Rio Chillán-Tales in der Längssenke bei Pinto
Air photo and simplified cross-section of the Rio Chillán valley in the Central Depression near Pinto

dichtung durch Huftiere kommt es aber auch in der Montaña zu Rillenbildung und Grabenreißen. Maßnahmen zum Bodenschutz werden aber nicht angewandt.

5. Die Längssenke bei Pinto

Die zentralchilenische Längssenke stellt das Hauptsiedlungs- und Wirtschaftsgebiet des Landes dar.¹⁾ Dabei hängen die agrarischen Produktionsmöglichkeiten nicht nur vom zur Verfügung stehende Bewässerungswasser, sondern auch von den edaphischen Bedingungen ab. Insbesondere ist zu unterscheiden zwischen: Erstens, *Pedregales*, also Steinfeldern ohne Feinmaterialdecke, die laharischen oder fluviatilen Ursprungs sein können; sie sind Standorte des Espino (*Acacia cavén*), bilden sogenannte „Espinales“ und sind nur als extensive Weide zu gebrauchen. Zweitens sind weite *Muldenälchen* mit feuchten, humusreichen Wiesenböden als besonders günstige Ökotope entlang autochthoner Wasserläufe auszugliedern. Drittens sind die schon in der Montaña erwähnten *Terrassenleisten* mit ihren Auelehmedecken entlang der allochthonen, andinen Flüsse, wie dem Río Chillán, zu nennen. Ihr gleichsinniges Gefälle erleichtert die übliche Grabenbewässerung. Und viertens bilden *flachwellige Hügel* aus pyroklastischen Sedimenten einen besonders weitverbreiteten Ökotyp. Sie sind von vulkanischen Aschen und Feinsanden äolischen Ursprungs eingedeckt. Auf diesen jungen „Trumao“-Böden, die zu den Cineritic Dystrandeps (USDA) bzw. Humic Andosols (FAO) gerechnet werden, kann bei Bewässerungsmöglichkeit ein ertragreicher Ackerbau auf Weizen, Mais und Zuckerrüben betrieben werden. Insbesondere ist die Erodierbarkeit dieser Böden im Vergleich zu den granitoiden Chromic Luvisols des Küstenberglandes – ganz abgesehen von den geringeren Hangeigungswinkeln – nur etwa $\frac{1}{3}$ so groß (PEÑA MAC-CASKILL 1984). Ihre größere Erosionsresistenz ist auf ihre bessere Wasseraufnahmefähigkeit aufgrund anderer Porenstruktur, ihren größeren, aggregatverklebenden Humusgehalt und ihre quellfähigeren Tonminerale zurückzuführen. Problematisch ist dagegen der Windeinfluß. Die monatlich maximal gemessenen Windgeschwindigkeiten liegen immerhin regelmäßig

bei 5–6 Beaufort, d. h. frischen Brisen bis starken Winden. Die entscheidenden Spitzenböen erzielen natürlich noch höhere Werte bis 8 Beaufort (ca. 20 m/sec.). Da sie an trockene Schönwetterperioden gebunden sind, ist die Gefahr der Deflation erheblich. Die Parzellen sind deswegen mit Windschutzstreifen aus Pappeln eingefafßt. Einen charakteristischen Ausschnitt aus dieser Landschaft bietet das Luftbild der Ortschaft Pinto (Abb. 8).

6. Zur Inwertsetzung der Räume

Die ökologischen Bedingungen zwischen Längssenke und Andenkordillere stellen sich hinsichtlich ihrer agrarwirtschaftlichen Inwertsetzung günstiger dar als im Küstenbergland. Hierfür sind in erster Linie die allophanreichen, austauschstarken Andosole verantwortlich. Aus klimatischer Sicht bieten die ergiebigen Winterniederschläge, die in der Hochkordillere als Schnee fallen, die Möglichkeit der Wasserspeicherung, die durch das vulkanische Blockwerk und die gute Infiltrationskapazität der Böden noch erhöht wird. Die Terrassensysteme der andinen Flüsse erleichtern dabei die Anlage von einfachen Bewässerungskanälen.

Die wachsende Inanspruchnahme der Naturressourcen in den verschiedenen Landschaftsräumen und Höhenstufen (Tab. 1) bringt aber immer größere Probleme mit sich. Dies gilt zum einen für die Forst- und Holzwirtschaft. Die derzeitige Praxis des Kahlschlags degradierter Südbuchenwälder in der Montaña und ihr Ersatz durch Kiefernforste bildet – im Gegensatz zum Küstenbergland – keine befürwortenswerte Perspektive. Statt dessen sollten endemische Werthölzer wie Ruil (*Nothofagus alessandri*) oder Raulí (*Nothofagus alpina*) gefördert werden, und der selektive „Floreo“ müßte durch eine geregelte Waldnutzung ersetzt werden. Mit wachsender Erschließung der andinen Täler nimmt darüber hinaus die Degradation der verbliebenen Naturwaldbestände zu. Auch auf hydrologischem Gebiet können noch bedeutende Verbesserungen erzielt werden, etwa durch eine Modernisierung der Bewässerungswirtschaft (z. B. Sprinklerbewässerung). Der Neubau von Speicherbecken wie Colbun-Machicura zielt ebenfalls auf eine Vergrößerung der Bewässerungsfläche in der Längssenke. Kritisch stellt sich freilich die Ertragslage auf den nicht bewässerbaren Hanglagen der Montaña in Dürre Jahren dar. Bei der Bodenbearbeitung schließlich müssen Phosphatfixierung und Aluminiumüberschuß in den Trumaoböden

¹⁾ Untersuchungen zu ihrem geologischen Aufbau im Raum Chillán wurden von VARELA u. MORENO (1982), zu ihrer agrarischen Nutzung von WEISCHET (1976) und HENRIQUEZ (1983) veröffentlicht.

Tabelle 1: Zusammenfassende Übersicht der untersuchten Raumeinheiten nach Höhenstufe, aktueller Vegetation, der Nutzung sowie der beobachteten Landschaftsschäden

Tabular summary of the areas of investigation with the altitudinal zones, the actual vegetation, the land use and the observed landscape damages

Höhenlage	Stufe	Aktuelle Vegetationsverhältnisse	Nutzung	Beeinträchtigung
Andenkordillere ca. 2800 m NN 2200–2800 m NN	Schneegrenze hochandin	andine Rasen und Matten	extensive Weide	Grabenreißen an Skipisten in vulka- nischen Aschen; Trittschäden durch Weidetiere
2200 m NN 1800–2200 m NN	Waldgrenze subandin	Lenga- und Ñirre-Krummholz	Bauholz	ungeregelte und selektive Degrada- tion der Natur- wälder; häufige Schadfeuer
1500–1800 m NN	montan	hygromorpher Lenga-Coigüe- Hochwald v.a. in Südexposition	Feuerholz, Holzkohle, Waldweide	
1200–1500 m NN		mesophytischer Roble (maulino u. colorado)- Coigüe-Südbuchenwald		
Montaña 400–1200 m NN	submontan	Roble-Raulf-Avellano-Mischwald in Sekundärrestbeständen; überwiegend Matorral und Kiefernforste	Zweigweide; Trockenfeldbau auf Weizen, Zuckerrüben und Hülsenfrüchte	flächenhafter Bodenabtrag auf waldfreien Nord- hängen; Verbiß der Gebüschformation
Längssenke 200–400 m NN	kollin	Windschutzpflanzungen; reliefbedingte Auwaldreste und Schattenbäume; Espinal	Bewässerungsfeld- bau auf Terrassen und Riedeln mit Trumaoböden; extensive Weide auf Pedregales	Winderosion; Über- schwemmungen im Winter, Wasser- klemmen mit Dürreperioden im Sommer

durch Humusanreicherung bekämpft werden. Die übliche Praxis des herbstlichen Flämmens steht dem jedoch entgegen.

Das Verständnis für eine ökologisch adäquate Landnutzung steigt zwar auch in Chile, wie auf dem

„Primer Encuentro Científico sobre el Medio Ambiente Chileno“ (1983) deutlich wurde. Es fehlt jedoch verbreitet an dem Willen und den Möglichkeiten, die gewonnenen Erkenntnisse auch tatkräftig vor Ort umzusetzen.

Pflanzenliste 1: Thermen von Chillán; 1730–1960 m NN; Unterhang des Vulkankomplexes „Nevados de Chillán“, Südexposition; andine Matten

Hot springs of Chillán; 1730–1960 m a. s. l.; lower slope of the volcanic complex „Nevados de Chillán“, south-facing; Andean meadows

Schicht	Art	einheimischer Name	Deckungsgrad* ¹⁾
Strauchschicht	<i>Maytenus distica</i>	Racoma	3
	<i>Empetrum rubrum</i>	Uvilla	2

	<i>Escallonia</i> spec.	Ñipa	2
	<i>Berberis empetrifolia</i>	Zarcilla	+
Krautschicht	<i>Blechnum microphyllum</i>		2
	<i>Festuca termarum</i>		2
	<i>Acaena</i> spec.	Pimpinela	2
	<i>Euphrasia chrysantha</i>	Cartucho	1
	<i>Adesmia</i> spec.	Paramela	1
	<i>Senecio poeppigii</i>		1
	<i>Viola cotiledon</i>		1
	<i>Hippochaeris</i> spec.		1
	<i>Musci</i>	Musgo	1
	<i>Euphorbia</i> spec.	Pichoga	+
	<i>Senecio multicaulis</i>		
	<i>Erigeron</i> spec.		r
	<i>Perezia pedicularifolia</i>		+
	<i>Loasa</i> spec.	Ortiga	+
	<i>Phacelia secunda</i>	Platero	+
	<i>Senecio chilensis</i>		+
	<i>Valeriana carnosae</i>	Ñamko-Lahuen	r
	<i>Nassauvia digitata</i>		r

*) Die Vegetationsaufnahmen wurden nach der Relevé-Methode durchgeführt. Bei der kombinierten, semiquantitativen Schätzung von Abundanz und Deckungsgrad fand die sechsteilige Skala von BRAUN-BLANQUET Verwendung. Die Symbole besagen:

r nur ganz vereinzelt vorkommend

+ spärlich, mit sehr geringem Deckungsgrad

1 reichlich, aber mit geringem Deckungsgrad oder ziemlich spärlich mit großem Deckungsgrad

2 sehr zahlreich, 10–25% der Aufnahme­fläche deckend

3 beliebige Individuenzahl, 25–50% der Aufnahme­fläche deckend

4 beliebige Individuenzahl, 50–75% der Aufnahme­fläche deckend

5 beliebige Individuenzahl, über 75% der Aufnahme­fläche deckend

Pflanzenliste 2: Thermen von Chillán; 1900–2000 m NN; „Las Nieblas“, WNW-exponierter Hang
Hot springs of Chillán; 1900–2000 m a. s. l.; „Las Nieblas“, WNW-facing slope

Schicht	Art	einheimischer Name	Deckungsgrad*)
Strauchschicht	<i>Chiliotrichum rosmarinifolium</i>	Romerillo	+
	<i>Berberis</i> spec.	Michai	+
	<i>Chusquea</i> spec.	Quila	r
	<i>Berberis empetrifolia</i>	Zarcilla	2
	<i>Baccharis</i> spec.	(Postrado)	1
Krautschicht	<i>Festuca termarum</i>	Coirón	3
	<i>Gamocarpha poeppigii</i>		3
	<i>Adesmia</i> spec.	Paramela	3
	<i>Euphorbia</i> spec.	Pichoga	2
	<i>Haplopappus</i> spec. 1		2
	<i>Mulinium chillanense</i>		2
	<i>Senecio multicaulis</i>	Adorno	2
	<i>Acaena</i> spec.	Pimpinela	2
	<i>Rumex acetosella</i>	Romacilla	1
	<i>Cortaderia</i> spec.	Cola de Zorro	1
	<i>Perezia</i> spec.		1
	<i>Senecio</i> spec.	Adornillo	1

<i>Viola cotyledon</i>	Hierba del Corazón	1
<i>Scrophulariaceae</i>		1
<i>Trisetum spec.</i>		1
<i>Plantago lanceolata</i>	siete Venas	+
<i>Gnaphalium spec.</i>		+
<i>Blechnum microphyllum</i>	Helecho	+
<i>Viola spec.</i>		+
<i>Stellaria spec.</i>		+
<i>Nassauvia aculeata</i>		+
<i>Cerastium spec.</i>		+
<i>Sisyrinchium arenarium</i>		+
<i>Gamochaeta spec.</i>		+
<i>Calceolaria spec.</i>		+
<i>Valeriana carnosa</i>	Ñamko-Lahuen	r
<i>Leucheria glacialis</i>		r
<i>Poaceae spec.</i>		2

Pflanzenliste 3: Thermen von Chillán; 1720–1820 m NN; „Las Nieblas“, WNW-exponierter Hang; Lengua-Hochwald
Hot springs of Chillán; 1720–1820 m a. s. l.; „Las Nieblas“, WNW-facing slope; Lengua high forest

Schicht	Art	einheimischer Name	Deckungsgrad*
Baumschicht	<i>Nothofagus pumilio</i>	Lengua	5
Strauchschicht	<i>Berberis spec.</i>	Michaicillo	2
	<i>Ribes magellanicus</i>	Parilla	2
	<i>Maytenus distica</i>		2
	<i>Azara alpina</i>		3
	<i>Chusquea spec.</i>	Quila	4
	<i>Baccharis spec.</i>		1
	<i>Polygala spec.</i>		1
	<i>Ericaceae spec.</i>		1
	<i>Solanum cyrtopodium</i>		+
	<i>Diostea juncea</i>	Retamo	r
	<i>Embothrium coccineum</i>	Notro	r
<i>Eryngium paniculatum</i>	Chupalla	r	
Krautschicht	<i>Acaena spec.</i>	Pimpinela	2
	<i>Perezia nutans</i>		2
	<i>Calceolaria spec.</i>		2
	<i>Acaena ovalifolia</i>		1
	<i>Senecio spec.</i>		1
	<i>Rumex acetosella</i>	Romasilla	1
	<i>Viola spec. 1</i>	Violeta	1
	<i>Valeriana aff. obtusifolia</i>	Valeriana	1
	<i>Adenocaulon chilense</i>		1
	<i>Latyrus spec.</i>	Arvejilla	1
	<i>Adesmia spec.</i>		1
	<i>Dioscoria spec.</i>	Garra de León	1
	<i>Alstroemeria spec.</i>	Lliuto	1
	<i>Scrophulariaceae spec.</i>		1
	<i>Sisyrinchium arenarium</i>		1
	<i>Stachis spec.</i>		1
	<i>Hipericum perforatum</i>		1
<i>Euphorbia spec.</i>		+	
<i>Phacelia secunda</i>	Platero	+	

<i>Osmorrhiza chilensis</i>	Asta de cabra	+
<i>Haplopappus</i> spec. 2		+
<i>Festuca termarum</i>	Coirón	r
<i>Solanum ligustrinum</i>	Ají de Campo	r
<i>Mutisia decurrens</i>	Clavel del Campo	r

Pflanzenliste 4: Renegado-Tal; 1700–1800 m NN; nordexponierter Hang am Cerro-Torre alba; Quilato
Valley of the Rio Renegado; 1700–1800 m a. s. l.; north-facing slope of the Torre alba mountain; Quilato

Schicht	Art	einheimischer Name	Deckungsgrad* ¹⁾
Baumschicht	<i>Nothofagus obliqua</i>	Roble	+
Strauchschicht	<i>Chusquea</i> spec.	Quila	4
	<i>Baccharis</i> spec.	Romerillo	+
	<i>Maytenus distica</i>		+
	<i>Ribes magellanicus</i>	Parrilla	+
Krautschicht	<i>Acaena</i>	Pimpinela	3
	<i>Haplopappus</i>		2
	<i>Adesmia</i> spec.		2
	<i>Alstroemeria</i> spec.	Llutio	2
	<i>Festuca</i> spec.	Coirón	2
	<i>Rumex acetosella</i>	Romazilla	2
	<i>Bromus setifolius</i>		2
	<i>Phacelia secunda</i>	Platero	1
	<i>Juncus</i> spec.	Junquillo	1
	<i>Dioscoria</i> spec.	Garra de León	1
	<i>Viola cotiledon</i>		1
	<i>Conyza</i>		1
	<i>Mutisia decurrens</i>	Clavel de Campo	1
	<i>Euphorbia</i> spec.	Pichoga	+
	<i>Trisetum</i> spec.		+
	<i>Vicia</i> spec.	Arvejon	+
	<i>Polygala</i> spec.		+
	<i>Sisyringium</i> spec.		+
	<i>Hypochaeris</i> spec.		+
	<i>Senecio chilensis</i>		+
<i>Solanum</i> spec.	Huevil	+	
<i>Taraxacum</i> spec.		+	
<i>Lactuca</i> spec.	Lechuguilla	+	
<i>Fragaria chiloensis</i>	Frutilla	+	

Pflanzenliste 5: Renagado-Tal; 1230 m NN; Talboden; Coigüe-Roble-Hochwald
Valley of the Rio Renegado; 1230 m a. s. l.; valley floor; Coigüe-Roble high forest

Schicht	Art	einheimischer Name	Deckungsgrad* ¹⁾
Baumschicht 1	<i>Nothofagus dombeyi</i>	Coigüe	4
	<i>Nothofagus obliqua</i>	Roble	3
	<i>Nothofagus pumilio</i>	Lenga	3
Baumschicht 2	<i>Azara lanceolata</i>	Corcolen	2
	<i>Embothrium coccineum</i>	Notro	r

Strauchschicht	<i>Chusquea</i> spec.	Quila	4
	<i>Pernettya</i> spec.	Mirto	3
	<i>Ribes magellanicus</i>	Parrilla	2
	<i>Berberis</i> spec. 1	Millaicillo	2
	<i>Berberis</i> spec. 2	Michay	1
	<i>Myoschilos oblonga</i>	Gorocoi	1
Krautschicht	<i>Berberis rotundifolia</i>		+
	<i>Berberis</i> spec. 3	Michaicillos	+
	<i>Rosa moschata</i>	Mosqueta	+
	<i>Fragaria chilensis</i>	Frutilla silvestre	2
	<i>Alstroemeria</i>	Lliuto	2
	<i>Festuca</i> spec.	Coiron	1
	<i>Osmorrhiza chilensis</i>	Asta de Cabra	1
	<i>Acaena ovalifolia</i>	Trun	1
	<i>Dioscoria</i> spec.	Garra de León	+
	<i>Latyrus</i> spec.	Arvejilla	+
	<i>Blechnum mochaenum</i>	Helecho	+
	<i>Adenocaulon chilense</i>		+
	<i>Bromus coloratus</i>		+
	<i>Vicia</i>	Arvejón	r
	<i>Loasa</i> spec.	Ortiga Caballuna	+
	<i>Cyrcium vulgare</i>	Cardo	+
	<i>Madia</i> spec.	Lechuguilla	+
	<i>Acaena</i> spec.	Pimpinella	+
	<i>Polygonum aviculare</i>	Sanguinaria	+
	<i>Oxalis</i> spec.	Vinagrillo	+
	<i>Solanum</i> spec.	Huevil	+
<i>Valeriana aff. obtusifolia</i>	Valeriana	+	

Pflanzenliste 6: Montaña am Rio Chillán; 450–550 m NN; südwestexponierter Hang „Esperanza“; Arellano-Roble-Raulí-Sekundärmischwald

Montaña at the Rio Chillán; 450–550 m a. s. l.; SW-facing slope at „Esperanza“; Arellano-Roble-Raulí secondary mixed forest

Schicht	Art	einheimischer Name	Deckungsgrad* ¹⁾
Baumschicht 1	<i>Geuina avellana</i>	Avellano	4
	<i>Nothofagus alpina</i>	Raulí	3
	<i>Nothofagus obliqua</i>	Roble	4
	<i>Aextoxicon punctatum</i>	Olivillo	2
	<i>Laurelia sempervirens</i>	Laurel	2
	<i>Cryptocarya alba</i>	Peumo	1
	<i>Persea lingue</i>	Lingue	1
Baumschicht 2	<i>Lomatia dentata</i>	Avellanillo	2
	<i>Drimys winteri</i>	Canelo	1
	<i>Azara serrata</i>	Aromo	+
	<i>Lithraea caustica</i>	Litre	r
Strauchschicht	<i>Sophora macrocarpa</i>	Mayú	3
	<i>Aristolelia chilensis</i>	Maqui	2
	<i>Chusquea</i> spec.	Colihue	2
	<i>Proustia pyrifolia</i>	Parrilla blanca	2
	<i>Rubus ulmifolius</i>	Zarzamora	2
	<i>Vestia foetida</i>		

	<i>Luma apiculata</i>	Arrayán	1
	<i>Rhaphitamnus spinosus</i>	Arrayán Macho	+
	<i>Sphacele chamaedrioides</i>	Salvia	1
	<i>Myoschilos oblonga</i>	Gorocoi	+
	<i>Solanum crispum</i>	Natri	+
	<i>Ribes magellanicus</i>	Parrilla	1
Krautschicht	<i>Blechnum chilense</i>	Helecho	2
	<i>Agrithamnia tricuspidata</i>		2
	<i>Holcus lanatus</i>	Pasto Miel	2
	<i>Hipericum perforatum</i>		1
	<i>Acaena argentea</i>	Trun	1
	<i>Podanthus spec.</i>		1
	<i>Calceolaria spec.</i>	Zapatito de la Virgen	1
	<i>Ranunculus spec.</i>		+
	<i>Echium vulgare</i>	Vivorera	+
	<i>Dioscorea spec.</i>	Garra de León	+
	<i>Geranium spec.</i>	Core-Core	+
	<i>Nasella spec.</i>	Coironcillo	+
	<i>Solanum spec.</i>	Huevil	+
Lianen	<i>Lapageria rosea</i>	Copihue	3
	<i>Tropaeolum speciosum</i>	Pajarito	2
	<i>Relbunium hypocarpium</i>	Relbún	1
	<i>Cissus striata</i>	Pilpilvoqui	+
	<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	Quilo	1
	<i>Lardizabala biternata</i>	Coguil	1
	<i>Bomarea salcilla</i>	Salcillo	+

Pflanzenliste 7: Montaña am Rio Chillán; 480-550 m NN; nordostexponierter Hang „Empedrado“; Roble-Parkland mit degradiertes Weide

Montaña at the Rio Chillán; 480-550 m a. s. l.; NE-facing slope at „Empedrado“; Roble parkland with degraded pasture

Schicht	Art	einheimischer Name	Deckungsgrad* ¹⁾
Baumschicht 1	<i>Nothofagus obliqua</i>	Roble	3
	<i>Laurelia sempervirens</i>	Laurel	+
Baumschicht 2	<i>Peumus boldus</i>	Boldo	2
	<i>Escallonia illinita</i>	Mordoño	+
	<i>Lithraea caustica</i>	Litre	+
	<i>Azara serrata</i>		+
Strauchschicht	<i>Rubus ulmifolius</i>	Zarzamora	2
	<i>Marrubium vulgare</i>	Toronjil Cuyano	+
	<i>Sphacele chamaedrioides</i>	Salvia	+
	<i>Proustia pyrifolia</i>	Parrilla blanca	+
	<i>Luma apiculata</i>	Arrayán	+
	<i>Berberis spec.</i>	Michay	+
Krautschicht	<i>Aristida palescens</i>	Coirón	4
	<i>Hypochoeris radicata</i>		3
	<i>Muehlenbeckia hastulata</i>	Quilo	3
	<i>Gastridium ventricosum</i>		2
	<i>Vervascum virgatum</i>	Hierba del Paño	2

<i>Agrostis</i>		2
<i>Avena</i> spec.	Avena	1
<i>Modiola caroliniana</i>	Pila Pila	1
<i>Euphorbia ovatifolia</i>		1
<i>Acaena argenta</i>	Trun	1
<i>Aira caryophylla</i>		1
<i>Cynoglossum creticum</i>		1
<i>Cynosurus echinatus</i>	Plumón	1
<i>Callicera leucanthema</i>		+
<i>Carduus</i> spec.	Cardillo	+
<i>Centaurea</i> spec.	Cizaña	+
<i>Vitis vinifera</i>	Vid	+
<i>Haplopappus</i> spec.		+
<i>Rumex acetosella</i>	Romasilla	+
<i>Calceolaria</i> spec.	Zapatito de la Virgen	+
<i>Viola</i> spec.	Violeta Silvestre	r

Literatur

- ENDLICHER, W.: Zur Witterungsklimatologie der Winterregen-Subtropen Chiles. In: Erdkunde 37, 1983, 258-268.
- : Vegetationszerstörung und Bodenerosion im Küstenbergland von Concepción (Chile). In: Zbl. Geol. Paläont. Teil I 1985, H. 9/10, 1139-1148.
- ENDLICHER, W. u. MÄCKEL, R.: Natural Resources, Land Use and Degradation in the Coastal Zone of Arauco and the Nahuelbuta Range, Central Chile. In: GeoJournal 11, 1985a, 43-60.
- : Studien zur Fluß- und Talentwicklung im südlichen Zentralchile. In: Z. Geomorph. N. F., Suppl.-Bd. 56, 1985b, 89-108.
- GAJARDO C., A.: Mapas Geológicos Preliminares de Chile, No. 4, Hoja Concepción-Chillán, Escala 1:250 000. Inst. de Invest. Geol., Santiago 1981.
- GOLTE, W.: Verbreitung und ökologische Grundlagen der laubwerfenden Nothofagus-Arten im südlichen Andenraum. In: LAUER, W. (Hg.): Beiträge zur Geoökologie von Gebirgsräumen in Südamerika und Eurasien. Abh. Akad. Wiss. Lit. Mainz, Math. Nat. Kl., 1983, 9-51.
- HENRIQUEZ R., M. E.: Naturgeographische Grundlagen und Struktur der Kleinbauern - Agrarlandschaft in der Montaña von Chillán (südliche Zentralzone Chiles). Diss. Geowiss. Fak. Univ. Freiburg/Br. 1983.
- Instituto Geográfico Militar: Atlas de la República de Chile. Santiago 1982.
- LANGOHR, R.: The volcanic ash soils of the Central Valley of Central Chile. Deposition and origin of the parent material of the trumao soils within the Itata River basin. In: Pédologie XXI, 1971, 259-293.
- MORTENSEN, H.: Das Formenbild der Chilenischen Hochkordillere in seiner diluvial-glazialen Bedingtheit. In: Z. Ges. f. Erdk. Berlin 1928, 98-111.
- PEÑA MAC-CASKILL, L.: Cultivo en contorno y cobertura mínima de rastros en control de erosión en lomajes suaves de Trumao. In: Agricultura Técnica (Chile) 41(4), 1981, 243-247.
- : Uso de la ecuación de predicción de erosión en planes de conservación de suelos (VIII Región). Univ. de Concepción, Depto. de Ciencias Agropecuarias, Secc. Suelos 1984 (unveröff.).
- QUINTANILLA P., V.: L'Étagement altitudinal de la végétation au Chili Central: Les profils phytogéographiques. In: Biogeographica 16, Landschaftsforschung und Ökologie. The Hague 1979, 49-68.
- : Geografía de Chile, Tomo III, Biogeografía. IGM, Santiago 1983.
- REICHE, K.: Grundzüge der Pflanzenverbreitung in Chile. Leipzig 1907.
- VARELA B., J. u. MORENO R., H.: Los depósitos de relleno de la depresión central de Chile entre los ríos Lontue y Biobío. In: III Congreso Geológico Chileno, T. III. Concepción 1982, F 280-F 306.
- WEISCHET, W.: Chile. Seine länderkundliche Individualität und Struktur. Darmstadt 1970.
- : Núcleos Antiguos de Ocupación y Temprano Desarrollo Colonial en los Paisajes de Agricultura de Regadío en Chile Central. In: Revista Geográfica de Valparaíso 7, 1976, 3-31.