

LA VEGETACION EN EL ALTIPLANO

ROSA NEGRETE CORDOVA

FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACEUTICAS,
UNIVERSIDAD DE CHILE
VICUÑA MACKENNA 20, CASILLA 233, SANTIAGO 1, FAX (562) 222 7900

RESUMEN

Para preservar las riquezas naturales renovables de la zona del Altiplano, es necesario profundizar en el conocimiento de las mismas, con el fin de evaluar su verdadero potencial y promover su aprovechamiento racional por parte del hombre nativo, mejorando sus condiciones de vida sin abandonar sus tradiciones.

Hasta el momento la mayoría de los estudios sobre los recursos vegetales se han orientado hacia una prospección cuantitativa. En el futuro proponemos, además de continuar en esta línea, ampliar las investigaciones con una visión más cualitativa determinando el valor nutritivo de las especies designadas como alimenticias y forrajeras, y las verdaderas propiedades farmacológicas y posible toxicidad de las plantas medicinales, relacionándolo con la composición química. Esto permitirá valorizarlas, dándoles el respaldo científico que permita su correcta aplicación, en un caso, como alimento y, en el otro, en el campo terapéutico.

ABSTRACT

A deeper knowledge of the natural renewable resources of the Altiplano is necessary to preserve them and evaluate their actual potential and also promote their rational use by native men, improving their life quality without altering their traditions.

At present most studies about vegetable resources have been oriented towards a quantitative survey. For the future we propose to continue with what has been done and to widen the research activity to a more qualitative approach, thus determining the nutritive value of both food and forage species, the real pharmacological properties, and the possible toxicity of medicinal plants, and finally relating them with their chemical composition. This will permit to give them a scientific validation to use it correctly as food or as a therapeutic medium.

LA VEGETACION EN EL ALTIPLANO

La relativa inaccesibilidad de la precordillera y particularmente del Altiplano, significó el aislamiento de estas regiones de la influencia de los núcleos urbanos de la Costa Chilena. Esta situación terminó de manera abrupta alrededor de 1950 con la construcción de caminos de acceso que unieron las planicies Altiplánicas con la ciudad de Arica. La ruptura del aislamiento determinó fuertes movimientos migracionales desde el Altiplano y la precordillera hacia este núcleo urbano en su activo proceso de industrialización con fuerte requerimiento de mano de obra y de servicio doméstico. Esto se tradujo en un abandono de las formas tradicionales de uso de la tierra, especialmente por los jóvenes de ambos sexos. Por otra parte, la facilidad de acceso también determinó una mayor demanda de productos agropecuarios del interior y al mismo tiempo una mayor presión sobre los recursos naturales.

Es de suma importancia preservar estos recursos naturales y dar a sus habitantes nuevas formas de desarrollo que les permita subsistir alcanzando mejores condiciones de vida, sin abandonar sus tradiciones.

Una de las formas de lograr futuras perspectivas económicas para la zona, sin dañar la estrecha vinculación del hombre con el medio que lo rodea, es precisamente conocer este medio y tratar de desarrollarlo al máximo aprovechando los recursos naturales renovables. En este contexto el acrecentamiento de las actividades agropastorales parece especialmente aconsejable y una de las formas de realizarlo sería favoreciendo la reproducción de las mejores especies forrajeras autóctonas. En esta forma se estaría protegiendo el recurso natural vegetal junto con aumentar la actividad ganadera, hasta la fecha principal fuente de subsistencia para esta población.

En la investigación realizada en la Comunidad Toconce, zona precordillerana de Antofagasta, por Aldunate *et al.* (1981), llama la atención el hecho que de todas las especies vegetales recolectadas por los investigadores un 61,9% fue designado como forrajera, lo que corrobora el carácter eminentemente ganadero que la región ha tenido desde épocas prehistóricas. Queda la duda si realmente estas especies son forrajeras por sus características nutritivas o porque la carencia de alimento para el ganado lleva a que cualquier especie se considere como tal. Son muchos los vegetales que se designan dentro de este rubro y que, desde el punto de vista taxonómico, se podrían catalogar dentro de los grupos de plantas con principios activos farmacológicamente potentes como lo son los alcaloides; seguramente éstas son consideradas como forrajeras cuando están secas, es decir, cuando su actividad farmacológica es reducida a una mínima expresión, ya que si se consumieran frescas podrían ser altamente tóxicas. También podría indicar, que se ha desarrollado en animales como llamos y viscachas una resistencia a la toxicidad de ciertos principios activos como es lo que sucede, por ejemplo, con *Stipa subaristata* (Gramineae), n.v. «paja vizcachera», «sikuya blanca», con respecto a la cual varios indígenas consultados coinciden en señalar que esta paja es consumida por los llamos y vizcacha, siendo venenosa para los burros. De esto se puede concluir que es necesario determinar cuáles son las especies forrajeras con real valor nutritivo, cuyo consumo favorece el crecimiento y mantención del ganado, de modo de privilegiar su cultivo dando un efectivo apoyo al desarrollo económico de la zona. Del total de las especies forrajeras,

dos tercios se encuentran en el TOLAR y en la RIBERA. A pesar de que la VEGA tiene un bajo número de especies con este atributo, su utilidad forrajera es inmensa debido a su extensión y cobertura vegetal continua.

Otro rubro de utilización importante es el alimenticio. Las plantas con este uso representan en la localidad de Toconce (II Región) el 14,9% del total de la vegetación registrada. Más de ellas crece en el TOLAR y MEDANO. Están constituida por frutos, raíces y rizomas de plantas típicas de estas altitudes. También sería de sumo interés hacer una evaluación del valor nutritivo de estas especies con el fin de seleccionarlas y favorecer su cultivo.

Siguiendo la idea de la explotación de los recursos renovables de la zona con el fin de aumentar sus ingresos, sin duda el conocimiento de la flora autóctona medicinal constituye uno de los patrimonios más promisorios y valiosos del Altiplano. En el mismo trabajo recién mencionado, sobre la flora de Toconce, de acuerdo a los usos asignados por los lugareños, las especies medicinales aparecen después de las forrajeras en orden de importancia. Al contrario de lo que ocurre con estas últimas, la mayor potencialidad medicinal se encuentra en los pisos de mayor altitud. Es así como seis de las nueve especies que crecen en el PANISO pertenecen a esta categoría. El TOLAR, por presentar el mayor número de especies, tiene también la mayor cantidad de plantas medicinales. Otro piso que merece destacarse es el MEDANO, en el que se le atribuyen efectos curativos a más de las mitad de sus vegetales. La distribución de las especies medicinales en el área revela que éstas se concentran en sustratos secos ya que los hábitat más húmedos como la VEGA y RIBERA son los que tienen menos plantas con propiedades terapéuticas, siendo más ricas en recursos forrajeros. Esta característica da especial relevancia al conocimiento científico de estas especies, el que permitiría seleccionarlas con mayor actividad farmacológica con la finalidad de promover su desarrollo aprovechando los terrenos con menos disponibilidad de agua, y así destinar los más húmedos a la obtención de plantas forrajeras y alimenticias.

Los primeros reconocimientos florísticos de la zona altiplánica provienen de Meyen (1834) y de Philippi (1860). Antecedentes importantes acerca de la secuencia altitudinal de las formaciones vegetacionales zonales en los Andes Chilenos a la latitud de Arica, son los aportados por Schmithusen (1956, 1957) y por Pisano (1965). Posteriormente Gunckel (1967) analiza la fitonimia de las plantas atacameñas, fundamentalmente sobre la base de colecciones de Socaire y datos bibliográficos. Su interés se centra principalmente en el aspecto lingüístico relacionados con los nombres vernaculares. En las últimas dos décadas, el conocimiento florístico de la región ha sido enriquecido notablemente con las contribuciones de investigadores como: Ricardi (1962), Matthei (1963), Ricardi y Marticorena (1966), Ricardi y Weldt (1974). Otra publicación al respecto es la de Serracino *et al.* (1974) quienes analizan la flora silvestre y su utilización, de la zona Guatin (San Pedro de Atacama). Navas (1976) en un ameno artículo publicado en El Cronista, (Revista de la Universidad de Chile) relata su viaje a Isluga, la ciudad sagrada de los aymaraes. Aldunate *et al.* (1981) publican los resultados de una interesante investigación realizada en la precordillera de la región de Antofagasta en el área correspondiente al pueblo de Toconce. Otro trabajo donde se analiza la vegetación de un transecto altitudinal que va desde Turi (3.100 m) a cerro León (4.250 m) en el costado occidental de los Andes del Norte de Chile (22°06' - 22°22' S; 68°15' - 68°07'W) es el realizado por Villagrán *et al.* (1981). En esta investigación se dan los valores de cobertura total de la vegetación del transecto, los que varían desde 2,5% en el extremo altitudinal inferior a un 35,7 % a 4.000 m s.n.m. Además se diferencian cuatro zonas fisionómicas, incluyendo seis asociaciones: 1) «Pre-puna» (2.700 - 3.150 m s.n.m.) caracterizada por una cobertura de subarbuscos xerofíticos que incluyen dos asociaciones: *Acantholippia deserticola* - *Franseria meyeniana* la que se encuentra sobre los arenales de Turi; y *Franseria meyeniana*-*Helogyne macroglyne*-*Helianthocereus atacamensis* restringida a barrancos y cañones o desfiladeros. 2) «Puna» (3.150-3.850 m s.n.m.) fisionómicamente dominada por arbuscos, presentando una vegetación más alta, incluye las asociaciones *Fabiana densa* - *Baccharis boliviensis*, y *Junellia seriphoides* - *Baccharis incarum* - *Lampaya medicinalis*. 3) La zona «Altoandina» localizada por encima de la «Puna» incluye las asociaciones de *Fabiana bryoides* - *Adesmia horrida*, *Oxalis exigua* - *Mulinum crassifolium*. 4) El «Subnivel» de las altas montañas, semidesértico posee una vegetación pobremente desarrollada. Sólo tres especies se encuentran en el límite vegetal alto (4.380 m s.n.m.).

Otra investigación importante donde se analiza la vegetación de un transecto altitudinal que va desde la Sierra de Huaylillas (1.540 m s.n.m.) hasta el cerro Guane-Guane (5.200 m s.n.m.), en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes (18° - 19°S) es la Sierra de Huaylillas (1.540 m s.n.m.) hasta el cerro Guane - Guane (5.200 m s.n.m.), en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes (18° - 19° S) es la realizada por Villagrán *et al.* (1982). En este trabajo se aplica la metodología fitosociológica y la de análisis de gradientes. Se dan valores de cobertura total de la vegetación la que varía desde 0,1% en el extremo altitudinal inferior limítrofe del desierto de Atacama, hasta 70% a 4.000 m s.n.m. en la transición entre la Precordillera y el Altiplano. Las principales formaciones fisionómicas, incluyendo cinco asociaciones y tres subasociaciones, son los siguientes:

1.- Formación desértica, entre 1.540 y 2.800 m incluyendo la asociación *Atriplex microphyllum* - *Franseria meyeniana*. 2.- Formación de Tolar, entre 3.000 y 4.000 m s.n.m. incluyendo la asociación *Fabiana densa* - *Baccharis boliviensis* - *Diphlostephium meyenii*. 3.- Formación de Pajonal, entre 4.000 y 5.000 m s.n.m. incluyendo las asociaciones: i) *Parastrephia lepidophylla santelices*, en la transición entre el TOLAR y el PAJONAL, ii) *Parastrephia lucida* - *Festuca orthophylla*, en las planicies altiplánicas y iii) *Festuca orthophylla*, en las laderas de los cerros que emergen del Altiplano. Castro *et al.* (1982), hacen un completo estudio de la flora de los Andes de Arica. Se mencionan 225 especies autóctonas, de las cuales un 74,3% tienen nombres vernáculos, 68,8% uso reconocido y 44,9% son forrajeras. En cuanto a las especies de uso medicinal, éstas constituyen el 30% de la flora utilizada. En una encuesta realizada con 36 personas de diferentes sexos, edades y localidades, se mencionan un total de 38 usos terapéuticos. Se hace referencia a 23 publicaciones. Una importante investigación, es la realizada por Kalin

Arroyo *et al.* (1984) quienes estudian la flora de la Cordillera de los Andes del interior de Vallenar entre el área de Conay y las cuencas de Laguna Grande y Laguna Chica (1.600 - 4.300 m s.n.m.) (28°30' - 20°00'S y 69°45' - 70°15'W), provincia de Huasco, III Región, Chile, basándose en materiales colectados y observaciones hechas en dos expediciones efectuadas en los veranos de 1981 y 1983. Se incluyen descripciones breves, datos sobre hábitat y rangos altitudinales determinados a base de registros tomados a intervalos de 50 m de altura, para un total de 281 especies. Se da a conocer nuevos límites sur de 5 especies. Se propone la nueva combinación *Gentianella gilliesii* (Gils) Marticorena y Arroyo.

También se han realizado trabajos de Herborización en la Precordillera y el Altiplano del sector Las Cuevas del Parque Nacional Lauca. Elaboración de la Carta de Vegetación (formación vegetal y especies dominantes) del Altiplano de la provincia de Parinacota, entre Caquena y Guallatire. Línea Base Ambiental y Monitoreo de los Recursos Biológicos en la Cordillera y el Altiplano del Salar de Maricunga, provincias de Chañaral y Copiapó, Región de Atacama y de la Cuenca Superior de Guatacondo y los Salares de Coposa y Michincha, provincia de Iquique, Región de Tarapacá. Monitoreo Ambiental del Altiplano en un sector de la Reserva Nacional de Las Vicuñas, provincia de Parinacota, Región de Tarapacá. Revisión de la Carta de Vegetación Regional, a escala 1:250.000 de todo el Altiplano de la Región, ubicación y descripción de los humedales (vegas y bofedales) en la I y II Región de Chile (Faúndez, 1993).

Para los tres principales cinturones de vegetación (los matorrales del desierto, los Andes y los Altos Andes) en el Norte de los Andes chilenos sobre el desierto de Atacama, sobreviven seis transectos, cada uno con un ancho aproximado de uno a cuatro grados de latitud, localizados a 18°S, 19°S, 21°S, 24°S, 26°S, 28°S, 28°S, donde existen 769 especies de plantas vasculares pertenecientes a 290 géneros (Kalin Arroyo *et al.*, 1988). En cuanto a estudios fitoquímicos y farmacológicos, en general son escasas las especies que han sido analizadas, entre los principales trabajos realizados tenemos el estudio químico de *Senecio romarinus* Phil. var *ascotanensis* (Phil.), recolectado en Toconce y realizado por Morales *et al.* (1982), quienes aislaron lactonas sesquiterpénicas del tipo eremofilanolídeos identificados como: 1-oxo-8-idroxi-10⁻H-eremofilanolídeo (Istanbulina A) p.f. 248° y 1-oxo-8-H-10-H-eremofilanolídeo (Istanbulina B) p.f. 167°. Otra publicación respecto a este tema es la de Morales *et al.* (1986).

Otro trabajo con una especie recolectada en Toconce es el de Rivero *et al.* (1982) quienes analizaron el extracto etanólico de *Mulinum crassifolium* Phil., Umbelliferae, aislando: la escopoletina y los ácidos anísico, verátrico y ferúlico. Otra publicación relacionada con estos resultados es la de Riveros *et al.* (1984).

También ha sido estudiada por Loyola *et al.* (1989a) *Parastrephia quadrangularis* de la cual se ha aislado una nueva flavona identificada como 5,7-dihidroxi- 3,8,3',4'-tetrametoxiflavona, además de escopoletina, umbeliferona y p-cumariloxitremetona. Otra especie de la flora de Toconce es *Chersodoma jodopappa* la que ha sido investigada por Morales *et al.* (1985) de la cual se han obtenido dos lactonas sesquiterpénicas del tipo eremofilanolido. 6β-hidroxi-8β-dihidroxi-10β (H)-eremofil-7 (11)-en-8, 12-olido. Además de un alcaloide pirrolidínico.

Otra especie recolectada en Toconce y que ha sido sometida a una investigación química por Loyola *et al.* (1982) es *Senecio graveolens* Weed. (Chachacoma) de la cual se han aislado el dihidroeurparin; acetildihidroeurparin; 5- acetil-salicilaldehído y la 3(3'-hidroxi-isopentil)-4-hidroxiacetofenona. En una publicación posterior de Loyola *et al.* (1985b) se mencionan además de los productos ya indicados otros compuestos como 4-hidroxi-3-(isopenteno-2-il)-acetofenona y 3-hidroxi-2,2-dimetil-6-acetilcromano.

La actividad antihipertensiva de un compuesto aislado de *Senecio graveolens* Weed. (chachacoma), identificado químicamente como 5-acetil-6-hidroxi-2-isopropenil-2,3-dihidrobencofurano, ha sido comprobada por Cerda (1986). La prueba se realizó en ratas con hipertensión neurogénica, inducida mediante lesiones electrolíticas bilaterales del núcleo del tracto solitario (NTS). La administración del compuesto, vía sistemática, produjo una disminución de las presiones sistólica, diastólica y media (P a M), llegando ésta a algunos casos, al valor control. Estos resultados confirmarían el efecto antihipertensivo de esta nueva droga, aplicada en síndrome hipertensivo agudo. Su probable mecanismo de acción podría ser a través de B- receptores. Otras especies, estudiadas bajo el aspecto químico son *Trichocereus chilensis* (Morales y McLaughlin, 1989). *Mulinum crassifolium* (Loyola *et al.*, 1990a, 1990b, 1991). *Diplostephium cinereum*, donde se investiga la composición química del exudado resinoso y *Polylenis tarapacana* y *P. besseri* (K'nuva) en las que se investigan los flavonoides y su acción microbiana (Henríquez, 1993).

Desde un punto de vista biológico se ha investigado el efecto tóxico sobre Tripomastigotes de *Trypanosoma cruzi* «in vitro» (González *et al.*, 1990).

PROYECCIONES FUTURAS

Para preservar las riquezas naturales renovables de la zona, es indispensable tener un profundo conocimiento de las mismas, que permita evaluar su verdadero potencial y promover su aprovechamiento racional por parte del hombre nativo, con el fin de mejorar sus condiciones de vida sin abandonar sus tradiciones.

Hasta el momento, los principales estudios sobre los vegetales se han orientado hacia su prospección cuantitativa considerando además, los beneficios que el hombre logra de los mismos. Hacia el futuro proponemos, además de continuar en esta línea, extender las investigaciones a un aspecto más cualitativo, en el sentido de determinar el valor nutritivo de las especies designadas como alimenticias y forrajeras y realizar una prospección de las plantas medicinales orientada a averiguar tanto sus verdaderas

propiedades farmacológicas como su posible toxicidad, relacionándolas con sus constituyentes químicos, con el fin de valorizarlas, dándole el respaldo científico que permita su correcta aplicación terapéutica.

La implementación de este tipo de investigaciones, favorecerá el desarrollo sustancial de esta zona, afectada directamente por la escasez de recursos nutricionales y medicinales.

BIBLIOGRAFIA

- Aldunate, C., Armesto, J., Castro, V., y Villagrán, C., 1981. Estudio Etnobotánico en una comunidad precordillerana de Antofagasta: Toconce. Bol. Mus. Nac. Hist. Nat., Chile, 38: 183 - 223.
- Castro, M., Villagrán, C., y Kalin Arroyo, M.T., 1982. Estudio etnobotánico en la Precordillera y Altiplano de los Andes del Norte de Chile (18°- 19° S) Volumen de Síntesis - Proy. MAB - 6 - UNEP - UNESCO. Santiago de Chile, Vol. II, 133 - 205.
- Cerda, C.J., 1986. Actividad antihipertensiva de un derivado de benzofurano extraído de *Senecio graveolens* Weed. (vul. Chachacoma). Tesis Químico Farmacéutico, Fac. de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile, Santiago-Chile.
- Faundez, L., 1993. Comunicación por escrito.
- González, J., Sagua, H., Araya, J., Loyola, A., Morales, G., Pereira, J. y Estrada, M., 1990. In Vitro activity of natural products against the Trypanastigote from *Trypanosoma cruzi*. Phytotherapy Research, 4.1
- Gunckel, H., 1967. Fitonimia Atacameña, especialmente cunza. Rev. Universitaria, Univ. Católica de Chile, Santiago, 52: 3-81.
- Henríquez, F., 1993. Comunicación por escrito.
- Kalin Arroyo, M.T., Marticorena, C., y Villagrán, C., 1984. La flora de la Cordillera de los Andes en el área de Laguna Grande y Laguna Chica, III Región, Chile, Gayana, Bot. 41 (1-2): 3-46.
- Kalin Arroyo, M.T., Squeo, F.A., Armesto, J. y Villagrán, C., 1988. Effects of aridity on plant diversity in the northern Chilean Andes: Results of a natural experiment. Ann. Missouri Botanical Garden 75: 55-88.
- Loyola, L.A., Morales, G.S. y Pedreros, S.L., 1982. Derivados de p-hidroxacetofenona aislados desde *Senecio graveolens* Weed. Bol. Soc. Chil. Quím. 27 (2): 310-312
- Loyola, L.A., Naranjo, S.J., y Morales, B.G., 1985a. 3,8, 3'4' - tetramethoxy - 5,7 - dihidroxyflavone from *Parastrephia quadrangularis*. Phytochemistry, 24 (8): 1871-2.
- Loyola, L.A., Pedreros, S.L., y Morales, G., 1985b. p-hydroxyacetophenone derivatives from *Senecio graveolens*, Weed. Phytochemistry, 24 (7): 1600 - 2
- Loyola, L.A., Morales, G., Rodríguez, B., Jiménez, J., De La Torre, M., Perales, A., y Torres, M., 1990a. Mulinic and isomulinic acids rearranged diterpenoids with new carbon skeleton from *Mulinum crassifolium*. Tetrahedron 46,5413.
- Loyola, L.A., Morales, G. De La Torre, M.C., Pedreros, S. y Rodríguez, B., 1990 b. 17-Acetoxyulinic acid, a rearranged diterpenoid from *Mulinum crassifolium*. Phytochemistry 29:3950.
- Loyola, L.A., Morales, G., De La Torre, M.C., Pedreros, S., y Rodríguez, B., 1991. Mulinenic acid a rearranged diterpenoid from *Mulinum crassifolium*. Journal of Natural Products, 54: 1404.
- Matthei, O.R., 1963. *Anthochloa lepidula* Nees et Meyen (Gramineae), especie interesante del Norte de Chile, Gayana, 8: 11-15.
- Meyen, J.F., 1834- 1835. Reise um die Erde. Berlín.
- Morales, G. S., Loyola, L.A., Grenet D.A., y Riveros, R.A., 1982. Lactonas sesquiterpénicas aisladas desde *Senecio rosmarinus* Bol. Soc. Chil. Quím. 27 (2): 162-164.
- Morales, G.S., Bórquez, R.J., Mancilla, P.A., Pedreros, T.S. y Loyola, A.L., 1986. An eremophilanolide from *Senecio rosmarinus*.

Phytochemistry 25 (10): 2412 - 14.

Morales, G., Bórquez, J., Mancilla, A., Pedreros, S. y Loyola, L., 1985. Constituents of *Chersodoma jodoppa*. J. Nat. Prod. 49 (6), 1140-1.

Morales, G., y McLaughlin, J.L., 1989. 3-O-Palmityl longispinogenin from *Trichocereus chilensis*. J. Nat. Prod., 52, 381.

Navas, B.E., 1976. Isluga, en el Altiplano Chileno. El Cronista, Revista de la Universidad de Chile. Año 1. Santiago de Chile. Mayo.

Phillippi, R.A., 1860. Viaje al desierto de Atacama hecho de orden del Gobierno de Chile en el verano 1853-54. Halle, viii, 236 pp., 1 mapa, 27 lám.

Pisano, E.V., 1965. Biogeografía. En, «Geografía Económica de Chile». Corto, Santiago, Chile.

Ricardi, M., 1962. Dos compuestas peruanas nuevas para Chile. Gayana 4: 3-18.

Ricardi, M. y Marticorena, C., 1966. Plantas interesantes o nuevas para Chile. Gayana 14: 3-29.

Ricardi, M. y Weldt, E., 1974. Revisión del género *Polygachyrus* (compositae). Gayana 26: 3-34.

Riveros, R., Morales, G., y Loyola, L., 1982. Componentes ácidos del *Mulinum crassifolium* (Fam.Umbelíferas). Bol. Soc. Chil. Quím. 27 (2): 244-246.

Riveros, R., Morales, G., Loyola, L.A y Torres, R., 1984. Scopoletin and aromatic acids from *Mulinum crassifolium*. Fitoterapia, 55 (4), 234-6.

Schmithusen, J., 1956. Die räumliche Ordnung der Chilenischen Vegetation. Bonner-Geogr. Adh. 17: 1-86.

Schmithusen, J., 1957. Probleme der Vegetations-Geographie. Wiesbaden.

Serracino, G., Stehberg, R. y Liberman, G., 1974. Informe etnobotánico de Guatín (San Pedro de Atacama). Antropología Segunda Epoca, Santiago, 1: 55-65.

Villagrán, C., Armesto, y Kalin Arroyo, M.T., 1981. Vegetation in high Andean transect between Turi and Cerro León in Northern Chile. Vegetation 48: 3-16.

Villagrán, C., Kalin Arroyo, M.T., y Armesto, J., 1982. La vegetación de un transecto Altitudinal en los Andes del Norte de Chile (18-19° S). Volumen de Síntesis - Proy.. MAB-6-UNEP-UNESCO. Santiago de Chile. Vol. II, 133-205.