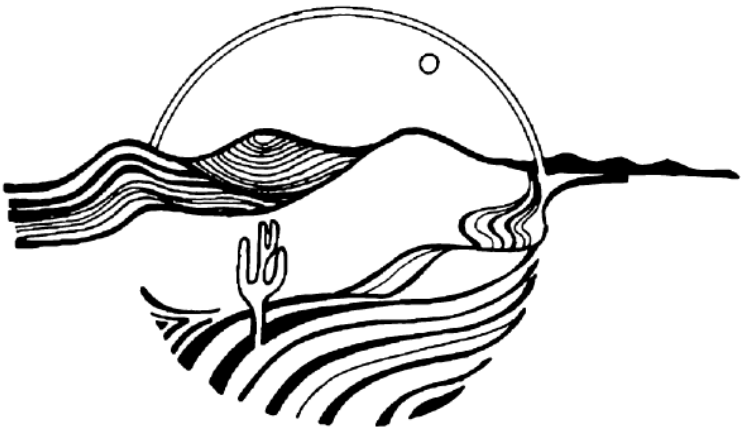
Nº 6 Diciembre 1987 SANTIAGO – CHILE



TERRA ARIDA

UNIVERSIDAD DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS, Y FORESTALES

CENTRO DE ESTUDIOS DE ZONAS ARIDAS

LA DESERTIZACION EN LA ZONA ARIDA MEDITERRANEA DE CHILE*

M. Etienne[1], L. Faúndez[2], J. Valdés[2]

RESUMEN

Se analiza el efecto sobre la vegetación del sobreuso de los recursos naturales en un área de 300.000 ha representativa de la IV Región. Se aborda el problema de la desertización según dos enfoques: una evaluación regional de la intensidad actual del proceso por medio de un índice fitoclimático, y un análisis histórico de su dinámica a nivel predial según diferentes condiciones climáticas y de tenencia de la tierra.

SUMMARY

The impact of the oversure of natural resources on vegetation is analised in an area of 300.000 ha representative from IV Region of Chile. Two approaches of the problem of desertization are developed: a regional evaluation of the current intensity of the process through a phytoclimatic index, and an historical analisis of its local dinamic comparing diferent climatic and land property conditions.

RESUME

Cette étude analyse l'impact sur la végétation de la surutilisation des ressources naturelles dans une zone de 300.000 ha représentative de la VI Région du Chile. Le probleme de la désertization est abordé dans deux directions: une évaluation régionale de l'intensité actuelle du processus par le biais d' un indice phytoclimatique; une analyse historique de sa dynamique au niveau local on fonction des conditions climatiques et du système de propriété foncière.

INTRODUCCION

Existen muy pocos antecedentes disponibles sobre la utilización del espacio rural de la IV Región en los tiempos precoloniales y los principales estudios arqueológicos existentes están concentrados en la ocupación de los grandes valles transversales.

Durante el siglo XVII la minería y la ganadería son los rubros de mayor importancia, estando la agricultura concentrada en los valles con posibilidades de riego.

En el siglo XVIII, con el desarrollo y auge de los centros mineros de Combarbalá e Illapel, surge una gran demanda de leña por parte de las fundiciones, lo cual determina un fuerte impacto en la vegetación nativa. (Schmidtmeyer, 1824).

[1] *Fitosociólogo CEPE/CNRS, Montpellier-Francia.*

[2] *Investigador Programa ARCHILI, Fac. de Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales, Universidad de Chile.*

* *Trabajo realizado a través del convenio de cooperación científica y técnica suscrito entre el CEPE/CNRS, Montpellier-Francia y la Facultad de Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales de la Universidad de Chile, con el apoyo del Servicio Cultural y de Cooperación Científica y Técnica de la Embajada de Francia en Chile y la Oficina de Planificación Agrícola (ODEPA) del Ministerio de Agricultura.*

Así, a comienzos del siglo XIX el Norte Chico era una región de gran atracción para el resto de la población chilena (INIA, 1977). Chateau (1887) describe la "Provincia de Coquimbo como una de las más ricas y prósperas de Chile". En ella, la explotación masiva de minerales de plata y cobre desarrolló un gran número de pueblos mineros y aldeas campesinas (INIA, 1977), poblaciones que intensificaron la presión de utilización sobre todos los recursos naturales al aumentar las necesidades de agua, alimentos y leña. Ejemplo de esto es la explotación de los minerales Panulcillo, Incienso, Esperanza y Condesa, ubicados al Norte de Ovalle y reportados en el año 1887 (Chateau, 1887).

Este proceso provocó un rápido agotamiento de los recursos y ya a principios del siglo XIX, algunos relatos señalan problemas en el abastecimiento de material leñoso para combustible y desde 1850 se necesita importar carbón para alimentar las fundiciones. Este florecimiento de la industria minera, se vió acompañado de un gran movimiento inmigratorio, el cual se verifica entre los siglos XVII, XVIII y primera mitad del siglo XIX (INIA, 1977).

En el siglo XX, la mayoría de los recursos vegetales han sido sometidos a una presión sostenida de cosecha ya sea directamente para la leña o bien a través de los animales domésticos, dominando los caprinos en las zonas más degradadas y los ovinos en la franja costera.

Paralelamente a este agotamiento de los recursos naturales, tanto mineros como vegetales, se da lugar a una fuerte emigración la cual se manifiesta ya a partir de 1850, con el auge de las salitreras en el Norte Grande. Aún después de la caída del salitre, estos movimientos migratorios se mantienen con el descubrimiento de grandes yacimientos cupríferos tales como Chuquicamata, El Salvador y Potrerillos, siendo notables entre los años 1900 y 1920, entre 1940 y 1952 y desde 1960 a 1977 (INIA, 1977).

El fenómeno antes descrito, permite un descanso temporal relativo en estos ecosistemas muy dificilmente recuperables (Zúñiga, 1972); lo cual se ve posibilitado en mayor medida por el auge y desarrollo de grandes centros urbanos nacionales y regionales.

En síntesis, la disminución de los recursos no renovables, el desarrollo de centros urbanos inter y extraregionales, las grandes limitaciones hídricas y el agotamiento de los recursos naturales, deben ser analizados en conjunto para explicar la situación en que se encuentra la región en la actualidad.

El estudio con bases ecológicas de la zona árida mediterránea de Chile, comprendido a través del programa ARCHILI (Long, Etienne y Caviedes, 1978), contempla como uno de sus mayores objetivos detener y revertir el proceso de desertización que afecta extensas áreas de la IV Región.

Para lograr este objetivo, es necesario, en una primera etapa, conocer los mecanismos que contribuyen a la expansión de las zonas desérticas en la región, como así mismo, evaluar el nivel actual alcanzado junto con la dinámica pasada del proceso.

Es de conocimiento general que la desertización afecta principalmente a la cubierta vegetal y su composición, y a la profundidad y el nivel trófico del suelo. Este estudio se refiere solamente a los aspectos vegetacionales dado la dificultad de evaluar los parámetro edáficos pertinentes y la ausencia total de datos disponibles en la bibliografía para la escala de trabajo elegida.

Después de haber definido algunos conceptos claves se propone una evaluación del nivel actual de la desertización, y de la taza de desertización durante los últimos 35 años.

1. METODOLOGIA

1.1 Conceptos

Se pretende en este punto rescatar una adecuada definición del concepto y hacer algunas aclaraciones respecto a las definiciones entregadas por los diferentes investigadores que se han preocupado del problema, cuyas diferencias, si es que existen, son generalmente de tipo formal.

La controversia fundamental, que puede llevar a confusión en Chile, es en el uso de los términos DESERTIFICACION Y DESERTIZACION. Se forman al respecto dos corrientes: primero, la de aquellos que prefieren el término DESERTIZACION entre los que podemos mencionar a Le Houérou (1975), Floret *et al*. (1977) y en segundo lugar los que se adhieren al término DESERTIFICACION, en el marco propuesto por las Naciones Unidas en la conferencia realizada al respecto en Nairobi en el año 1977.

Para la primera corriente, el término DESERTIFICACION tiene mas bien el senti-

do "... de un fenómeno que se traduce en una baja sensible de la densidad de población humana, bajo un cierto umbral a partir del cual se dice que un territorio está desertificado (Long, 1978). Es por lo tanto, un fenómeno esencialmente demográfico, que no implica obligatoriamente la existencia de una degradación del ecosistema. Tal es así, que un lugar podría quedar desierto, en términos humanos y no estar en absoluto degradado. Sin embargo, queda claro que la degradación extrema de un lugar lleva casi siempre al abandono humano de este.

Resulta entonces más apropiado usar el término DESERTIZACION, al que se define como "... un conjunto de acciones que se traducen en una reducción más o menos irreversible de la cubierta vegetal unido a la extensión de paisajes desérticos nuevos en zonas que no representan estas características" (Le Houérou, 1969 in. Floret *et al.*, 1977).

Si se compara esta definición con la emanada de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la DESERTIFICACION (Nairobi, 1977), donde la palabra DESERTIFICACION corresponde a: "... la intensificación o extensión de las condiciones desérticas; es un proceso que lleva a la disminución de la productividad biológica, con la consecuente reducción en la biomasa vegetal, en la capacidad de carga animal, en el rendimiento de los cultivos y en el bienestar humano", es fácil apreciar la similitud de ambas definiciones y es evidente que se refieren a un fenómeno similar.

En fin, se debe señalar que existe un consenso generalizado en señalar al hombre como el único responsable de la Desertización, confirmado por Le Houérou (1975) al decir "... es el hombre el que crea los desiertos, el clima no es más que una circunstancia favorable".

Considerando que Chile presenta a la vez desiertos de origen solamente climático (Etienne *et al.*, 1984a) y desiertos de origen antrópico, se adoptará en este trabajo el término desertización por estar restringido exclusivamente al proceso antrópico.

Es interesante también analizar cuál es la relación existente entre DESERTIZACION y DEGRADACION. Este último término constituye la base de cualquier análisis del fenómeno y el problema podría sintetizarse en la interrogante: ¿Todos los ecosistemas degradados están desertizados? La pregunta tiene validez al considerar lo expuesto por Floret *et al*, (1977; 1980), que dicen: "... en una superficie degradada puede tener lugar una regeneración de la vegetación y de los suelos: en ella no está definitivamente perdida la productividad potencial. Por el contrario las superficies desertizadas lo son de una forma irreversible habiendo perdido todo o gran parte de su potencial productivo".

Esta diferencia tan taxativa, podría no ser más que la expresión de un cierto "grado" de degradación. En efecto, las intervenciones antrópicas pueden adquirir diversas intensidades: desde aquellas que poseen una gran amplitud y eliminan totalmente los elementos reproductivos del ecosistema original impidiendo su regeneración (Gajardo, 1977) hasta modificaciones localizadas, en que a partir de elementos reproductivos periféricos se reestablece la sucesión ecológica a través de la llamada sucesión secundaria (Margaleff, 1977). No sería erróneo entonces, en virtud de que la desertización es un proceso dinámico, hablar de un grado de desertización, dependiendo este por ejemplo, de la resilencia o posibilidad que tiene la vegetación de recobrar su estado original (UNEP, 1981).

Se está entonces ante el problema de determinar cuaĺ es el plazo de regeneración límite a considerar, para establecer que un ecosistema está degradado en tal forma que no puede recobrar su nivel original de productividad. Esta capacidad de resilencia será sin duda muy variable según las características propias del ecosistema; así por ejemplo en la Región de Túnez se han considerado como definitivamente desertizados los lugares que aunque fueran excluidos durante 25 años (una generación humana) permanecerían probablemente en su débil nivel actual de productividad (Floret, 1980).

Otra consideración necesaria es establecer esta irreversibilidad en un contexto socioeconómico particular, ya que serán distintas las posibilidades de revertir el proceso según sea la tecnología, los recursos económicos, y la forma de organización de la población involucrada.

En fin se debe también tener en cuenta el tipo de utilización que el hombre hace de la tierra, de tal forma que en función de esta, una superficie podría estar desertizada para el cultivo, para la utilización pastoral o para todo uso (Floret, *et al.*, 1977).

1.2 Métodos

1.2.1 Nivel actual de Desertización

Gran número de factores pueden jugar un papel en la desertización. El primero en importancia lo representa, sin duda alguna, la presión antrópica que puede manifestarse ya sea directamente a través de la cosecha de material leñoso y de la aradura en condiciones marginales, o bien indirectamente por medio del pastoreo. La densidad demográfica y la intensidad de la carga animal pueden ser buenos indicadores de este factor humano, junto con el porcentaje del área cultivada.

Las condiciones climáticas crean también un ambiente que puede favorecer con diferentes intensidades la velocidad del proceso de degradación. La cantidad, periodicidad y violencia de las lluvias son algunas de las variables determinantes del clima sin descartar, en el caso del Norte Chico, el efecto compensado de las neblinas costeras.

La topografía y las condiciones edáficas que ella genera, influyen también directamente sobre la gravedad del deterioro provocado por la presión humana, según los diferentes grados de resistencia a la erosión o pérdida de nutrientes que ellas permiten.

En la zona árida mediterránea de Chile se puede decir que las variables edáficas que influyen fuertemente sobre las condiciones de desertización son:

- la pendiente : a mayor pendiente, mayores riesgos de erosión y arrastre de materia orgánica;
- la textura : mientras más arenosa sea la textura, mayor es la posibilidad de deflación, pero más alta también es la capacidad de reserva e infiltración del agua;
- la profundidad: a mayor profundidad del suelo, mayor capacidad de almacenamiento de agua.

En cuanto al clima, la componente hídrica es sin lugar a duda la de mayor trascendencia, ya sea a través de la cantidad de agua caída, de la irregularidad de las precipitaciones y su intensidad, o de la humedad del aire. La intensidad de la radiación solar y el valor de la diferencia de temperatura entre la noche y el día tienen también cierta importancia, debido a su efecto sobre la evapotranspiración de las plantas y el consecuente consumo de agua por parte de la vegetación.

La falta de mediciones precisas relativas a escurrimiento, dispersión o capacidad de retención de agua, junto con la disponibilidad solamente puntual de datos de textura y profundidad, obligó a descartar la elaboración de un índice edáfico que pueda integrar la eficacia del suelo como reserva de agua para la planta.

Para el índice climático, se propuso reflejar con prioridad las limitaciones hídricas pero tomando en cuenta las compensaciones debido a la presencia de neblinas en la costa o al efecto de la altitud en la zona interior. Esto implica disponer de una variable que integra a la vez precipitaciones (lluvia + condensación de neblina) y la evapotranspiración. Dentro de la información existente, el **déficit hídrico anual** (DEF = P-ETP) da la mejor idea de estas variaciones y cuantifica parcialmente el "stress" hídrico al cual están sometidas las plantas a lo largo del año. Además se dispone de isoyetas a escala 1:500.000 para la totalidad de la IV Región (Caldentey y Pizarro, 1980).

En cuanto a la vegetación, el criterio más empleado en la bibliografía es la fitomasa (Boyadgiev, 1981; Le Houerou, 1973; Floret *et al.*, 1976). Sin embargo se necesita efectuar mediciones de terreno muy engorrosas y delicadas debido a la heterogeneidad de las comunidades vegetales de la zona árida chilena. Se propuso entonces estimar la **producción vegetal disponible a través del fitovolumen aéreo** en pie, información disponible en el formulario de terreno de la cartografía de ocupación de tierras (Etienne, *et al.*, 1982a; 1982b; 1984b).

El fitovolumen se obtiene del producto entre la estratificación vertical de la vegetación y el recubrimiento de cada estrata. Por ejemplo una unidad cartográfica cuya descripción es:

FORMACION VEGETAL	ESPECIES DOMINANTES
LB_1, $(LB)_2$ S_1 H_0	ec at Gp Pq Hs tK

presenta un fitovolumen de 957:

$$H_4 \quad \frac{2}{3}\,(5 \times 37{,}5) + \frac{1}{3}\,(5 \times 37{,}5) = 188$$

(est. recub. para el primer término; est. recub. para el segundo término)

(Participación relativa de las especies de esta estrata)

(6) est. recub. $75 \times 3 = 225$

(LB)$_1$ (LB)$_2$ est. recub. est. recub. $(75 \times 3) + (125 \times 7{,}5) = 544$

est. = altura promedio de la especie en la estrata
recub. = recubrimiento.

Cada estrata está afectada por el valor promedio de su rango así como también las clases de recubrimiento. Si la estratificación se expresa en cm y el recubrimiento en o/o el fitovolumen obtenido representa m^3/ha. En el caso de las especies herbáceas, la estructura vertical de cada especie se precisó en relación a los datos entregados por la cartografía de ocupación de tierras, quedando en clases de altura cada 5 cm.

Los terrenos con cultivos anuales, en el año en que se realizó el levantamiento cartográfico de la vegetación fueron dejados de lado por la dificultad de evaluar el fitovolumen correspondiente, dado su variación en función del tipo de cultivo, de la fecha de siembra, del estado en el momento de la cartografía, etc.

Al integrar el índice climático con el índice de vegetación, se necesita evaluar en que sentido cuantifican la desertización. Si se supone que la disminución de la fitomasa vegetal es un buen indicador del alejamiento de las condiciones biológicas óptimas de un ecosistema, se puede afirmar que:

- a menor fitovolumen, más alta es la desertización;
- a mayor déficit hídrico, más bajo es el fitovolumen máximo potencial.

Es así que con el fin de aplicar el correctivo climático, se multiplicó el fitovolumen total obtenido de la carta de ocupación de tierras por el déficit hídrico. El índice así obtenido está más directamente relacionado con la degradación de la cubierta vegetal, de origen antrópico. *Se prefirió el fitovolumen total, al fitovolumen perenne,* por el hecho que muchos lugares han sido sometidos a una presión de cultivo tan alta que no poseen especies perennes. Sin embargo, algunos de ellos no presentan mayor degradación y están dominados por especies anuales de buena calidad como *Medicago polymorpha* o *Erodium moschatum.* Estas especies producen cada año un fitovolumen apreciable que no se habría considerado al utilizar como indicador solamente el fitovolumen perenne. Además dentro de los terrenos de pastoreo constituidos solamente por especies herbáceas anuales, el fitovolumen varía mucho en función de la presión de pastoreo. Por ejemplo, especies como: *Lastarriaea chilensis, Herniaria hirsuta* o *Gamochaeta oligantha* indican una degradación avanzada y corresponden a fitovolúmenes muy bajos (menos de 100). Al contrario *Trisetobromus hirtus* o *Medicago polymorpha* caracterizan praderas en buen estado que siempre alcanzan fitovolúmenes superiores a 1.000.

Esto último llevó a aportar un complemento de información en nuestra evaluación del nivel actual de la desertización. En efecto, lo anteriormente expuesto, lleva a dos posibilidades en el caso de índices bajos: la degradación es tan avanzada que ya el ecosistema no es capaz de tener una producción biológica aceptable, o bien la presión humana reciente sobre este ecosistema ha sido tan drástica que todas las especies perennes fueron eliminadas y no han podido todavía recolonizar su territorio.

En el primer caso se tiene un fitovolumen herbáceo anual muy bajo. En el segundo caso, la totalidad de la vegetación está compuesta por especies anuales. Si el suelo recientemente cultivado, ha sido completamente agotado, el fitovolumen anual será muy bajo; al contrario si el sustrato mantiene un nivel trófico adecuado, el fitovolumen anual será medio a alto.

Se agregó entonces, en el caso de las tres categorías de desertización más severas, un índice de abundancia de la estrata herbácea anual como indicador de la intensidad de degradación de los sectores sometidos a una fuerte presión antrópica.

Para poder representar cartográficamente

presenta un fitovolumen de 957:

$$H_4 \quad \frac{2}{3}\,(5 \times 37{,}5) + \frac{1}{3}\,(5 \times 37{,}5) = 188$$

(est. recub. para $\frac{2}{3}$; est. recub. para $\frac{1}{3}$)

(Participación relativa de las especies de esta estrata)

$$\boxed{6} \quad \text{est. recub.} \quad 75 \times 3 = 225$$

$$\boxed{LB}_1\ \boxed{LB}_2 \quad \text{est. recub.} \quad (75 \times 3) + (125 \times 7{,}5) = 544$$

est. = altura promedio de la especie en la estrata
recub. = recubrimiento.

Cada estrata está afectada por el valor promedio de su rango así como también las clases de recubrimiento. Si la estratificación se expresa en cm y el recubrimiento en o/o el fitovolumen obtenido representa m^3/ha. En el caso de las especies herbáceas, la estructura vertical de cada especie se precisó en relación a los datos entregados por la cartografía de ocupación de tierras, quedando en clases de altura cada 5 cm.

Los terrenos con cultivos anuales, en el año en que se realizó el levantamiento cartográfico de la vegetación fueron dejados de lado por la dificultad de evaluar el fitovolumen correspondiente, dado su variación en función del tipo de cultivo, de la fecha de siembra, del estado en el momento de la cartografía, etc.

Al integrar el índice climático con el índice de vegetación, se necesita evaluar en que sentido cuantifican la desertización. Si se supone que la disminución de la fitomasa vegetal es un buen indicador del alejamiento de las condiciones biológicas óptimas de un ecosistema, se puede afirmar que:

- a menor fitovolumen, más alta es la desertización;
- a mayor déficit hídrico, más bajo es el fitovolumen máximo potencial.

Es así que con el fin de aplicar el correctivo climático, se multiplicó el fitovolumen total obtenido de la carta de ocupación de tierras por el déficit hídrico. El índice así obtenido está más directamente relacionado con la degradación de la cubierta vegetal, de origen antrópico. *Se prefirió el fitovolumen total, al fitovolumen perenne,* por el hecho que muchos lugares han sido sometidos a una presión de cultivo tan alta que no poseen especies perennes. Sin embargo, algunos de ellos no presentan mayor degradación y están dominados por especies anuales de buena calidad como *Medicago polymorpha* o *Erodium moschatum.* Estas especies producen cada año un fitovolumen apreciable que no se habría considerado al utilizar como indicador solamente el fitovolumen perenne. Además dentro de los terrenos de pastoreo constituidos solamente por especies herbáceas anuales, el fitovolumen varía mucho en función de la presión de pastoreo. Por ejemplo, especies como: *Lastarriaea chilensis, Herniaria hirsuta* o *Gamochaeta oligantha* indican una degradación avanzada y corresponden a fitovolúmenes muy bajos (menos de 100). Al contrario *Trisetobromus hirtus* o *Medicago polymorpha* caracterizan praderas en buen estado que siempre alcanzan fitovolúmenes superiores a 1.000.

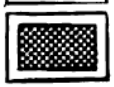
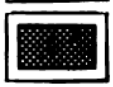
Esto último llevó a aportar un complemento de información en nuestra evaluación del nivel actual de la desertización. En efecto, lo anteriormente expuesto, lleva a dos posibilidades en el caso de índices bajos: la degradación es tan avanzada que ya el ecosistema no es capaz de tener una producción biológica aceptable, o bien la presión humana reciente sobre este ecosistema ha sido tan drástica que todas las especies perennes fueron eliminadas y no han podido todavía recolonizar su territorio.

En el primer caso se tiene un fitovolumen herbáceo anual muy bajo. En el segundo caso, la totalidad de la vegetación está compuesta por especies anuales. Si el suelo recientemente cultivado, ha sido completamente agotado, el fitovolumen anual será muy bajo; al contrario si el sustrato mantiene un nivel trófico adecuado, el fitovolumen anual será medio a alto.

Se agregó entonces, en el caso de las tres categorías de desertización más severas, un índice de abundancia de la estrata herbácea anual como indicador de la intensidad de degradación de los sectores sometidos a una fuerte presión antrópica.

Para poder representar cartográficamente

Cuadro Nº 2. Representación cartográfica del índice actual de desertización, (NAD).

Indice NAD (fitovolumen x DEF)	Representación cartográfica	Nivel de desertificación
0 – 400		extremadamente severo
400 – 800		muy severo
800 – 1.600		severo
1.600 – 3.200		mediano
3.200 – 6.400		moderado
6.400 – 12.800		débil
más de 12.800		nulo

Para las tres categorías más bajas del índice, una trama sobrepuesta indica el fitovolumen anual:

 menos de 100 de 100 a 300 más de 300

Por ejemplo:

 significa una desertización severa con una estrata herbácea muy degradada.

 significa una desertización severa con una estrata herbácea degradada.

 significa una desertización severa con una estrata herbácea en buen estado.

La información final se presenta en nueve cartas, a escala aproximada 1:100.000, cada una de las cuales corresponde a la reducción de los mapas bases a escala 1:50.000 utilizados en la cartografía de ocupación de tierras (Etienne *et al.*, 1982a; 1982b; 1984b).

Las cartas ordenadas de acuerdo a los tres transectos efectuados son las siguientes (figura 1).

D_1	Puertos Oscuro - Combarbalá	27.717 ha
D_2	Combarbalá - Embalse La Paloma	30.737 ha
D_3	Embalse La Paloma - Las Cardas	36.190 ha
D_4	Los Vilos - Illapel	31.527 ha
D_5	Illapel - Combarbalá	24.395 ha
D_6	Totoralillo - Quebrada Seca	37.691 ha
D_7	Quebrada Seca - La Cebada	50.870 ha
D_8	Mantos de Hornillo - Puerto Oscuro	32.303 ha
D_9	Huentelauquén - Agua Amarilla	24.930 ha
		296.360 ha

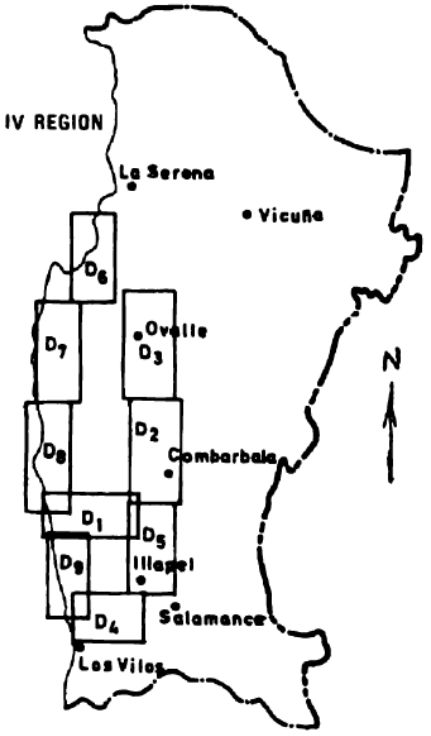


Figura 1. Ubicación de las cartas del Nivel de Desertización en los 3 transectos efectuados en la IV Región, Chile.

1.2.2 Tasa de Desertización

El método de estudio está basado en el análisis comparativo de fotografías aéreas de un mismo sector tomadas en distintos años.

Selección de material fotográfico

Para realizar la investigación se utilizaron fotografías aéreas blanco y negro, emulsión pancromática, correspondientes a los siguientes vuelos:

Vuelo Trimetrogón 1944	Escala aproximada 1:40.000
Vuelo Hycon febrero 1955	Escala aproximada 1:70.000
Vuelo SAFCH30 agosto 1978	Escala aproximada 1:30.000

Considerando la existencia de fotografías para estas tres fechas de vuelo se seleccionaron sitios de estudio que cuentan con ellas y que sean representativos de los diferentes tipos de tenencia de la tierra a lo largo de los tres transectos (figura 2).

— **Comunidades Agrícolas** *

+ Huentelauquén (al norte del Río Choapa en la costa.
+ Yerba Loca y Carquindaño (entre Canela Baja y Mincha).
+ Higueritas Unidas (al Norte de Ovalle)

— **Grandes Haciendas** **

+ El Tangue (al Sur de Tongoy)
+ Talinay (al Sur del Río Limarí)
+ Cavilolén (al Este de Los Vilos)
+ Cuesta La Viuda (al Oeste de Combarbalá)

— **Parcelas y Pequeña Propiedad** ***

+ Tunquén (entre el Río Illapel y el Río Choapa).

Desertización de los terrenos de pastoreo

Como sistema de evaluación se aplicó la trama de puntos. Este sistema se basa en la fotointerpretación de la imagen existente en un mismo punto leído en las fotografías de las tres fechas antes mencionadas.****

El método de muestreo puntual está ampliamente difundido para determinar las áreas totales cubiertas por un tipo de vegetación sin establecer sus límites en forma precisa (ASP, 1960; 1975). La densidad de los puntos en una trama cualquiera, varía desde uno a sesenta y cuatro por pulgada cuadrada (aproxi-

---

* **Comunidad Agrícola:** es una forma de propiedad comunitaria típica y original del Norte Chico que constituye una organización social de pequeños agricultores, unidos por lazos de parentesco y de derechos en torno a la propiedad y uso común de una extensión territorial indivisa.

** **Gran Hacienda:** es una propiedad privada de gran tamaño, frecuentemente en manos de un solo propietario y que en general es manejada por un administrador y un reducido número de obreros agrícolas.

*** **Parcelas y pequeña propiedad;** corresponden a terrenos agrícolas, parcialmente bajo riego, de reducida superficie y que pertenecen a un sólo propietario, el que la explota junto con su familia.

**** Todas las mediciones se llevaron a cabo mediante una lupa o un estereoscopio de bolsillo cuando la dificultad de foto interpretación lo exigió.

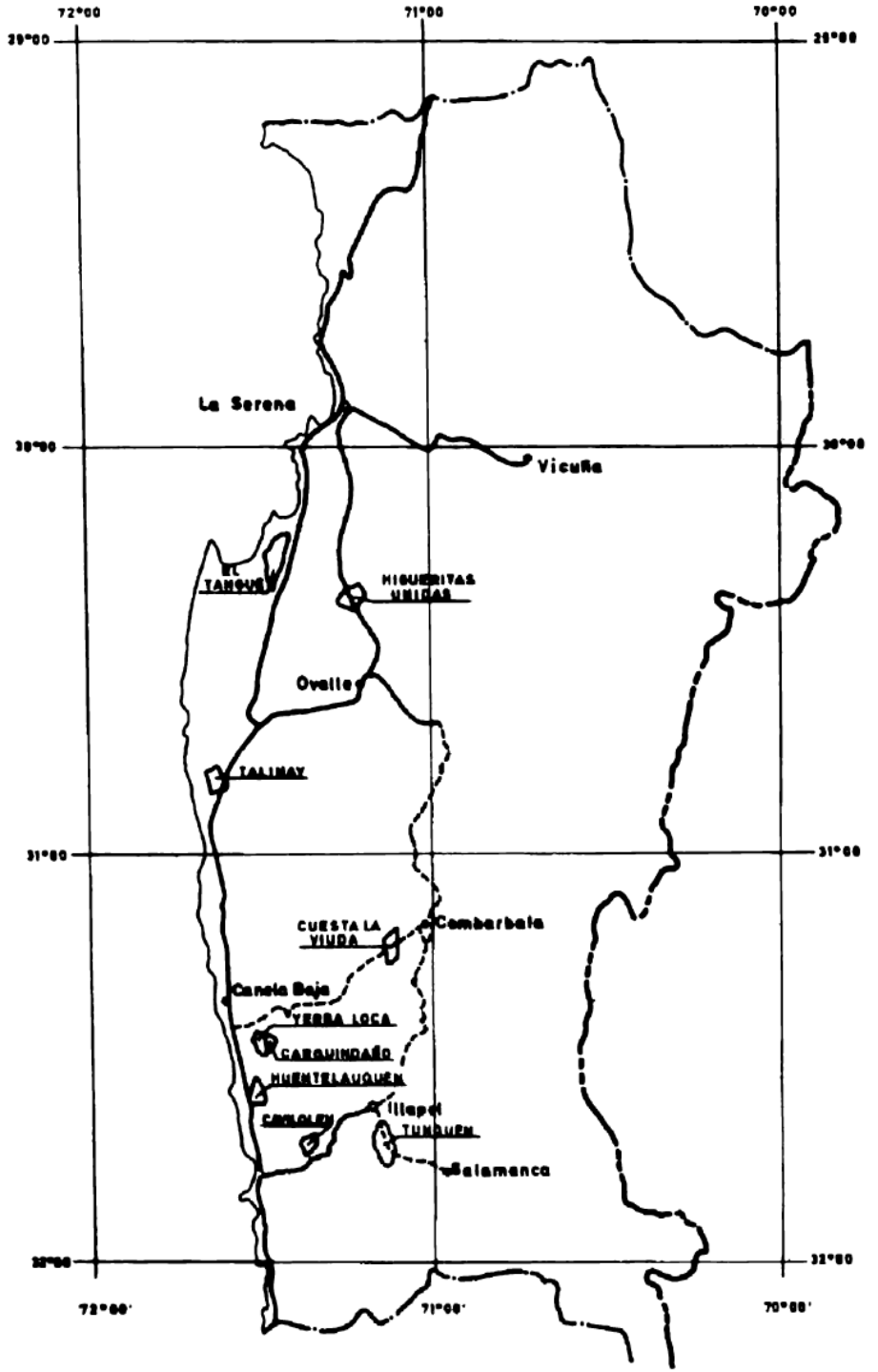


Figura 2. Plano de ubicación de los sectores estudiados.

madamente 10 puntos/cm^2) dependiendo de la intensidad del muestreo y de la escala de la foto usada (ASP, 1960).

Número y ubicación de los puntos

Los puntos fueron ubicados en forma sistemática sobre las áreas a través de una malla cuadriculada transparente (figura 3) que se colocó sobre la fotografía de menor escala. Esto último se debe a que la precisión del estudio está determinado por la resolución que entrega dicha fotografía. Si fijó un distanciamiento de cuatro milímetros entre el centro de cada cuadrado, lo que determina un número de 6, 25 puntos/cm^2, que es bastante intensivo considerando el criterio antes señalado. Este distanciamiento se estableció en función de la representatividad de cada punto (7,84 ha), estimada suficiente para el fenómeno a evaluar y de la operacionalidad del sistema, ya que distanciamientos menores lo harían extremadamente largo e inoperante. Una vez aplicada la trama sobre la fotografía a escala 1:70.000 se traspasaron los puntos centrales de cada cuadrado a las fotografías del año 1944 y 1978, dejándose marcados con un círculo autoadhesivo (figura 3).

Se ubicaron así 13.746 puntos distribuidos de la siguiente manera entre los tres sectores estudiados:

		Area cubierta
Huentelauquén*	3 x 313 puntos	2454 ha
Yerba Loca	3 x 526 puntos	4123 ha
Carquindaño	3 x 372 puntos	2316 ha
Higueritas Unidas	3 x 573 puntos	4432 ha
El Tangue*	3 x 778 puntos	6100 ha
Talinay*	3 x 314 puntos	2462 ha
Cavilolén	3 x 304 puntos	2383 ha
Cuesta La Viuda	3 x 733 puntos	6264 ha
Tunquén	3 x 507 puntos	3575 ha

Esto cubre un área representativa de 35.000 ha de territorio abarcado por los tres transectos.

Mediciones a realizar

La fotointerpretación de los puntos se sustentó en pautas o criterios tales como: tonalidades de grises, textura, estructura, dimensiones, forma, localización o situación (Veruette, 1967; ASP, 1975; Etienne y Prado, 1982).

La base de este sistema de evaluación corresponde a la fotointerpretación de la vegetación natural, ya que esta es una expresión integrada de las condiciones del medio ambiente y posee además un valor intrínseco como recurso (Lira, 1978).

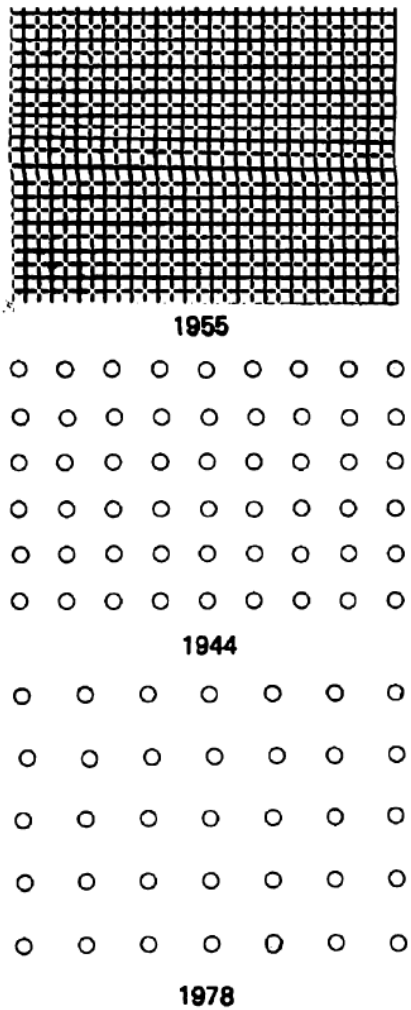


Figura 3. Trama de puntos y sus distanciamientos en cada fecha de estudio.

* Se debe notar que el área abarcada por los tres vuelos utilizados no cubre la superficie total de estas propiedades.

De esta forma, en el centro* de cada cuadrado o círculo según corresponda, se estableció la presencia de algunas de las siguientes categorías (figura 4):

1. Leñosos altos o árboles: son aquellas especies de tejidos lignificados cuyo tamaño excede los dos metros de altura (Etienne y Prado, 1982). Se caracterizan por su textura gruesa y su tamaño observado en estereoscopía.

2. Leñosos bajos o arbustos; suculentas: los primeros corresponden a especies de tejidos lignificados cuyo tamaño no excede los dos metros de altura (Etienne y Prado, 1982). Las suculentas corresponden principalmente a las cactáceas y bromeliáceas y se incluyen en esta categoría por su difícil diferenciación de las especies arbustivas. Se caracterizan por su textura media, por su localización, y su tonalidad generalmente oscura.

3. Herbáceas: son aquellas especies de tejidos no lignificados con tallos fotosintéticos, ricos en clorofila (Etienne y Prado, 1982).

   Esta categoría se diferenció en dos:

— praderas o formaciones herbáceas naturales, caracterizadas por su textura fina, sin contorno geométrico definido y no limitada por cercos.

— barbecho-cultivo, constituidos por superficies cultivadas o roturadas para su posterior cultivo. Poseen textura fina, tonalidad oscura en invierno, siempre en el interior de una superficie cercada y de forma geométrica definida. Si las fotografías corresponden al verano (caso de los vuelos Hycon y Trimetrogón), el patrón de fotointerpretación es el mismo en cuanto a su textura y regularidad geométrica, pero la tonalidad es blanca debido al desecamiento del suelo, en dicha estación.

4. Intraestructura: en esta categoría están comprendidos cercos, caminos y casas. Los dos primeros caracterizados por líneas continuas negras o blancas respectivamente y por su situación.

5. Suelo desnudo: corresponde a rocas, lechos de ríos o zonas desprovistas de vegetación. Se caracterizan principalmente por su tonalidad de color blanco intenso y por la situación en que se encuentran.

Se debe señalar que las categorías barbecho-cultivo y las dos últimas, si bien aparecen diferenciadas no están correctamente muestreadas bajo este sistema de medición, ya que cada punto es representativo de 7,84 ha, en consecuencia la probabilidad de encontrar alguna de ellas es muy baja.

Calibración de la Fotointerpretación.

Con el objeto de corregir el grado de subjetividad que lleva implícito el proceso de fotointerpretación, se establecieron pautas fijas mediante:

— fotointerpretación preliminar en la que participaron los tres autores.

— fotointerpretación preliminar del vuelo SAFCH 30 1978, en un sector de las comunidades "Yerba Loca" y "Carquindaño", lo que se verificó con una visita a terreno.

— lectura definitiva de los puntos hecha por personas con consultas a terceros en caso de desacuerdo. Este punto es vital en cuanto a la validez de los resultados, ya que al confrontar el criterio de tres personas la información obtenida adquiere un carácter determinístico.

En una primera lectura de calibración se obtuvo una diferencia promedio de 14,3o/o sobre 70 puntos leídos; en una segunda oportunidad la diferencia fue 11,4o/o sobre 63 puntos. Después del adiestramiento y previamente a las correcciones finales, se obtuvo una discrepancia promedio de 8o/o para un total de 2.400 puntos fotointerpretados.

En cuanto a validez de la información obtenida de las fotos, se comparan los datos obtenidos en Carquindaño y Yerba Loca con el estudio cartográfico realizado a escala 1:10.000 (Etienne *et al.*, 1983). Se encontró respectivamente 28o/o y 34o/o de cubierta arbustiva contra 32o/o y 41o/o en el trabajo de terreno. Dada la menor escala de las fotos y la ausencia de apoyo de terreno, se puede decir que el sistema de evaluación utilizado presenta una alta confiabilidad.

* La lectura en el centro del punto difiere del método tradicional descrito por la ASP (1960; 1975) en el cual se clasifica en una cierta categoría a toda el área delimitada por el punto de muestreo.

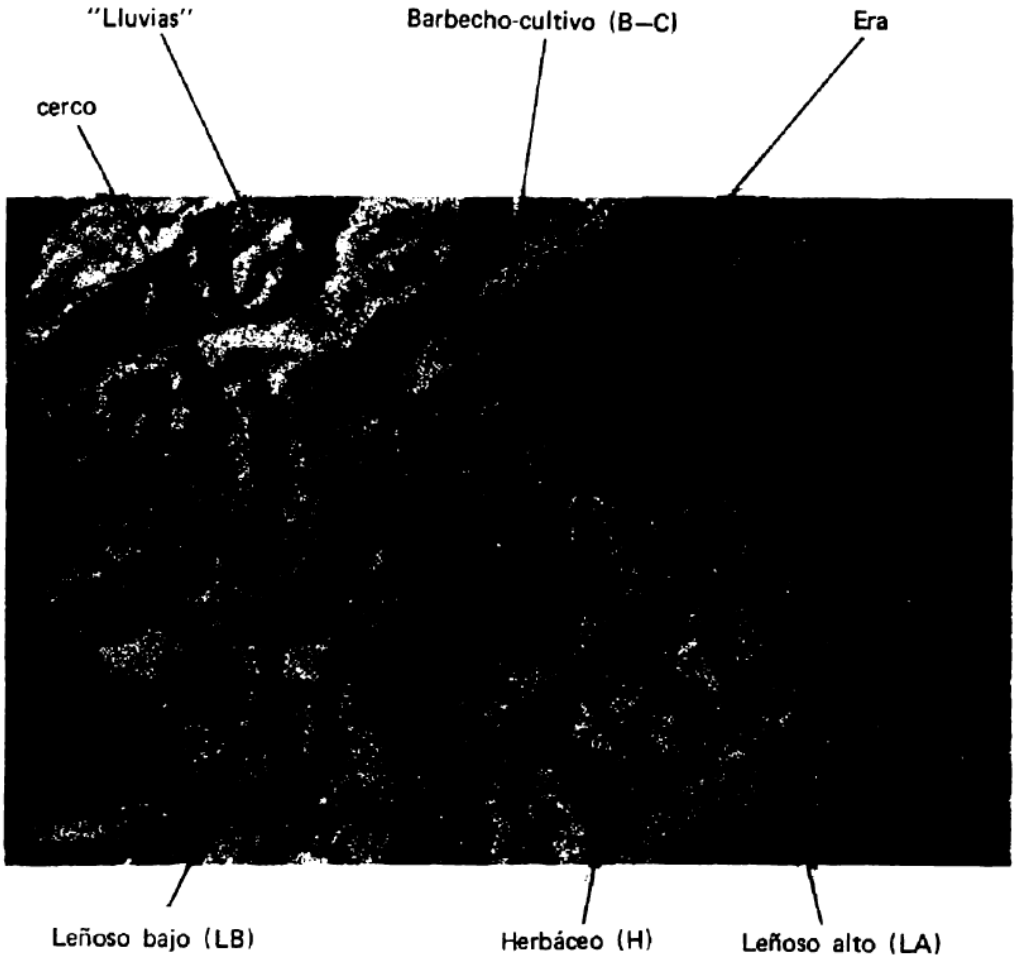


Figura 4. Ilustración de los patrones de fotointerpretación, (reproducción fotografía vuelo SAFCH 30, 1978, IV Región).

Desertización de los terrenos de cultivo.

Considerando que las áreas cultivadas se encuentran ubicadas en sectores bien específicos y de tamaño reducido, se vió la necesidad de utilizar un método más preciso para evaluar la importancia, dinámica y desertización de los terrenos de cultivo.

Según los patrones y criterios de fotointerpretación descritos en el punto anterior, (figura 4), se colocó sobre las fotografías una lámina transparente y se ennegreció todas las superficies barbechadas-cultivadas, delimitando además el sector circunscrito por cada "lluvia"*. Luego las áreas identificadas fueron planimetreadas.

A través del mismo método su ubicaron y contaron todas las eras** observables en la foto.

Correctivo climático.

Para establecer comparaciones consistentes entre los resultados obtenidos de las diferentes fechas de evaluación, especialmente lo referido a superficie barbechada-cultivada, fue necesario comparar las precipitaciones registradas en ellas.

	1943***	1954***	1978***	Promedio
Ovalle	130	105	75	133
Combarbalá	225	230	--	260
Canela Baja	--	180	185	180

Se puede observar que las precipitaciones presentaron valores levemente inferiores al promedio pero similares entre si, lo que permite afirmar que las variaciones pluviométricas no fueron un elemento distorsionador de los resultados que se presentan a continuación.

---

* Area delimitada por un cerco que se afecta a cada comunero para realizar cerealicultura de secano. Cuando ésta se considera agotada, el comunero tiene derecho a habilitar una nueva "lluvia", abriendo la antigua al pastoreo.

** Pequeñas áreas circulares destinadas a batir el trigo, localizadas generalmente en las cercanías de las casas o terrenos cultivados.

*** Año pluviométrico correspondiente a la temporada de desarrollo de la vegetación observada en las fotos.

2. RESULTADOS.

2.1 Nivel actual de desertización.

Las nueve cartas presentadas en anexo ilustran por si solas el nivel de degradación alcanzado por la vegetación natural en los tres transectos. Basta con recalcar que sólo 0,7º/o del territorio estudiado corresponde a la categoría "no desertizado".

El fenómeno de desertización es generalizado y presenta niveles críticos en todas las regiones ecológicas estudiadas; así se observa que el nivel de degradación "extremadamente severo" ocupa 5 a 15º/o de la superficie, según las zonas.

2.1.1 Análisis por transecto.

Transecto I. En el transecto I (figura 1, cartas D_1, D_2, D_3) el 45º/o del territorio cartográfiado presenta niveles severos de desertización de lo cual más del 40º/o corresponde a una degradación pronunciada de tapiz herbáceo anual. 3.641 ha pueden ser consideradas como desiertos totales.

Un análisis detallado de las cartas deja aparecer un extenso sector con desertización muy severa en la cuenca de la Quebrada El Ingenio y en los alrededores del Embalse Cogotí. En el primer caso el fenómeno está probablemente relacionado con el auge del mineral de hierro de Panulcillo que permitió mantener una población importante en un sector de topografía favorable al cultivo pero cuyas condiciones extremas de aridez provocaron un rápido deterioro.

En el caso del Cogotí, la supresión de la limitante agua a través de la construcción de un embalse, ha favorecido una concentración humana muy por encima de la capacidad sustentadora de los ecosistemas circundantes. El agotamiento de los suelos por el cultivo indiscriminado junto con una fuerte presión de pastoreo y de cosecha de material leñoso han llevado a este sector al estado de desierto total.

Cabe destacar la ausencia total de zonas sin desertización dentro de la vegetación natural, lo que junto al hecho que la categoría más representada sea la del nivel mediano, comprueba el deterioro avanzado de este transecto (figura 5).

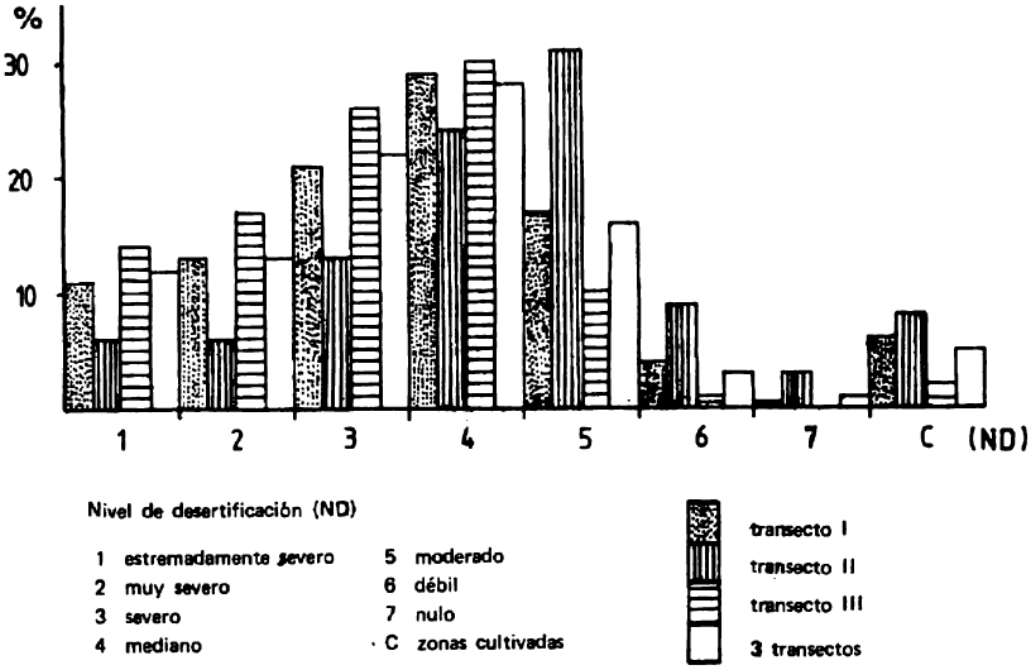


Figura 5. Importancia relativa de los niveles de desertificación alcanzados en los tres transectos cartografiados.

Transecto II. Por su ubicación en la parte Sur de la IV Región, el transecto II (figura 1) presenta condiciones pluviométricas más favorables y por consiguiente una desertización menor (Cartas D_4, D_5). Sólo 25º/o de la superficie total se caracteriza por niveles severos de desertización, de los cuales menos del 30º/o presenta una estrata herbácea muy degradada. 2.169 ha llegan al estado de desierto total, incluidas las 393 ha de la duna de Agua Amarilla.

Un análisis más profundo de las cartas muestra una localización bien diferenciada de las zonas con desertización muy severa. En la costa, la erosión eólica es el factor dominante provocando grandes desplazamientos de arena que se acumulan formando dunas vivas, o creando un sustrato muy sensible al arado y al sobrepastoreo.

En la zona de Illapel la importante infraestructura de regadío de las terrazas de los ríos Choapa e Illapel provoca un fenómeno similar al del embalse Cogotí. Aprovechando la disponibilidad continua de agua, las cabrerías se concentran a lo largo de los canales de riego lo que provoca un uso indiscriminado de la zona inmediatamente superior. A pesar de las pendientes pronunciadas y la fragilidad de los suelos, se realizan cultivos de trigo de secano en los piedmonts y los bajos de laderas lo que junto con la fuerte carga animal, transforman rapidamente estos sectores en desiertos.

En la cuesta El Espino los asentamientos relacionados con la pequeña minería del cobre, son los principales agentes de la desertización. Los cultivos repetidos año tras año en las pequeñas depresiones, el pastoreo concentrado en áreas reducidas y la intensa extracción de leña son las causas de la desertización que allí se evidencia.

Por otro lado, cabe recalcar la presencia de ciertas áreas todavía bien conservadas en la zona de la costa como en el interior. El fuerte efecto compensador de la neblina, el sistema de tenencia de la tierra y un manejo conservacionista de los recursos, han permitido tener más de 21º/o del territorio cartografiado en la costa con desertización débil a nula. Resaltan

en particular las áreas con bosques relictos en la hacienda Cavilolén o la reserva forestal de la Cuesta del mismo nombre.

Al Sur de Illapel, las zonas en buen estado corresponden equitativamente a plantaciones forestales o matorrales altos y densos en las cumbres de los cerros pertenecientes a las grandes haciendas.

En resumen el transecto II presenta, por sus condiciones climáticas más favorables y la presencia de varias haciendas bien manejadas, un mejor estado general, confirmado por la dominancia del nivel moderado dentro de las categorías de desertización empleadas (figura 5).

Transecto III. El transecto costero (figura 1, cartas D_6, D_7, D_8 y D_9) a pesar de estar incluido en su totalidad en un área que se beneficia por la neblina, es el más fuertemente desertificado al presentar un 57,5º/o de su territorio con niveles severos. Estos comprenden más del 40º/o con una degradación avanzada de sus pastos anuales. En cuanto a los desiertos totales, se puede afirmar que cubren 12.335 ha incluidas 2.560 ha de playas y dunas vivas.

Dada la escasa superficie actualmente dedicada cultivos (sólo 2,2º/o de la superficie total) la presión actual sobre los ecosistemas se debe principalmente al pastoreo y a la cosecha de leña. Es posible, en particular, observar en las cartas que las zonas con desertización extrema están concentradas en sectores bien definidos. En Totoralillo y Guanaqueros, se trata de una extensa zona de dunas que corresponde al mismo fenómeno presente al Norte de los Vilos. Entre Salala y el Río Choapa sin embargo, hay una relación directa con el sistema de tenencia de la tierra. En efecto, cada sector completamente desertizado corresponde a una "comunidad agrícola", territorio donde la densidad demográfica es muy superior a la capacidad sustentadora del ecosistema correspondiente. Además para cada una de ellas, el agua no constituye un factor limitante, dado que están todas instaladas proximidas a un importante curso de agua (río Limarí para la comunidad Alcones, Quebrada El Teniente para la comunidad La Cebada y río Choapa para la comunidad Huentelauquén).

El resto del territorio, ocupado por grandes haciendas, tampoco presenta un buen estado de conservación y gran parte de la superficie se caracteriza por una desertización mediana (figura 5). Además, casi ninguna unidad alcanza el nivel nulo de desertización con excepción del bosque relicto de Talinay.

2.1.2 Análisis por región ecológica.

Mientras las categorías severas se distribuyen a lo largo y ancho de la IV Región, los sectores mejor conservados y menos degradados presentan una distribución de acuerdo con las condiciones mesológicas. Además el origen del proceso de desertización tiene causas diferentes según la región considerada.

Se presenta a continuación, un análisis por región ecológica considerando los límites propuestos en estudios anteriores (Caldentey y Pizarro, 1980; Etienne *et al.*, 1982a; 1982b; 1984b). Por comodidad cada región ha sido denominada por su situación fisiográfica y su ubicación latitudinal. Serán citadas en el texto con su respectiva abreviación, cada una de ellas siendo representada por las cartas bases del estudio a 1:50.000; indicados en el cuadro 3.

Cuadro Nº 3. Codificación de las regiones ecológicas consideradas con sus respectivas cartas representativas.

Región	Código	Carta representativa
Costa Norte	CN	Totoralillo-Guanaqueros
Costa Central	CC	Mantos de Hornillos
Costa Sur	CS	Los Vilos - Cavilolén
Interior Norte	IN	Ovalle - Las Cardas
Interior Central	IC	Canela Alta - El Espino
Interior Sur	IS	Illapel - Aucó
Precordillera Central	PC	Combarbalá - Embalse La Paloma
Precordillera Sur	PS	Aucó - El Espino

La Zona Costera. Se observa en el cuadro 4 una evidente influencia del régimen pluviométrico, en particular en las categorías más bajas y más altas. En efecto el sector norte con mayor déficit pluviométrico, presenta una mayor desertización general y ninguna unidad en buen estado de conservación.

Por el contrario el sector sur presenta los más bajos porcentajes en las categorías muy desertizadas y posee una buena porción de su territorio muy poco afectada por la desertización (22º/o). Cabe señalar la ausencia de áreas dedicadas al cultivo.

En su totalidad (figura 6) la región costera presenta niveles elevados de desertización con más de 55º/o de su territorio en categorías severas y sólo 2,5º/o con niveles nulos a débiles.

La zona interior. Se observa nuevamente una gradiente en los niveles de desertización de Norte a Sur, sobre todo en las categorías moderado y débil (cuadro 4). En los niveles severos se manifiesta un cambio brusco ya sea entre la parte norte y el resto (nivel 1) o bien entre la parte sur y el resto (niveles 2 y 3).

Hay que recalcar la degradación máxima alcanzada en el área norte de la región interior, con 32º/o del territorio con desertización extremadamente severa.

Evaluada como un todo (figura 6), la región interior a pesar de tener una buena proporción de su territorio dedicada al cultivo (8º/o), presenta la mayor cantidad de terrenos en buen estado de conservación (7º/o). Esto no impide que 37º/o de su superficie esté afectada por niveles severos de desertización.

Cuadro Nº 4. Importancia relativa (º/o) de los niveles de desertización en diferentes sectores de las regiones ecológicas.

Región Ecológica	NIVEL DE DESERTIZACION							
	1	2	3	4	5	6	7	C
PC	5	12	20	30	21	3	(0,5)	9
PS	9	8	23	31	28	1	—	—
IN	32	13	28	15	10	1	—	1
IC	4	15	28	30	19	2	—	2
IS	4	5	7	24	34	10	2	14
CN	27	21	13	32	5	2	—	—
CC	14	26	38	19	5	—	—	—
CS	9	6	18	21	24	14	8	—

La Precordillera. Esta región ecológica presenta pocas variaciones tanto en las categorías bajas como en las altas (cuadro 4). En su conjunto (figura 6) se caracteriza por un neto predominio de los niveles medianos, con una ausencia casi total de sectores perfectamente conservados y una superficie reducida con desertización extrema (6º/o).

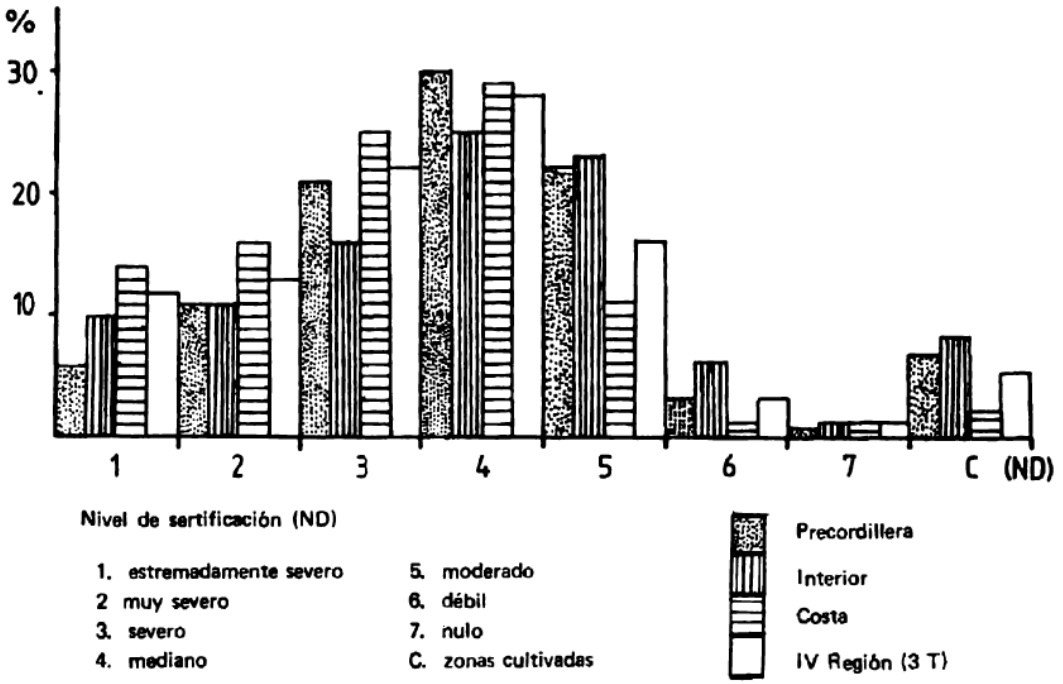


Figura 6. Importancia de los niveles de desertificación alcanzados en las tres regiones ecológicas consideradas.

2.1.3 Análisis Global.

Por su ubicación a lo largo y lo ancho de la IV Región y la superficie que abarcan las 296.360 ha cubiertas por los tres transectos pueden ser consideradas como representativas del secano árido mediterráneo chileno con potencial silvoagropecuario. Por lo tanto, el análisis global de las cartas presentadas permiten tener una idea de la magnitud y gravedad del proceso de desertización en gran parte de la IV Región.

Las cifras son bastante elocuentes: 47º/o del territorio cartografiado presenta niveles severos de desertización de los cuales el 40º/o se caracteriza por una estrata herbácea anual muy degradada. 18.145 ha pueden ser consideradas como desiertos totales. Sólo 0,7º/o del territorio no presenta rasgos alguno de desertización mientras el 12º/o está calificado con niveles extremadamente severos. Finalmente a título informativo, 4,6º/o del área cartografiada está dedicada a cultivos de secano o de riego.

Si se busca una tendencia entre regiones ecológicas dentro de la IV Región, se aprecia una gradiente de intensidad de degradación que va creciendo de precordillera a costa. En cuanto al nivel de conservación, éste es mayor en la zona interior, disminuye en la costa para alcanzar valores ínfimos en la precordillera.

En resumen la totalidad de la zona árida mediterránea de Chile está afectada por un proceso de desertización que alcanza niveles importantes en las comunidades agrícolas y en los alrededores de las áreas de riego.

2.2 Tasa de Desertización.

A partir del análisis de los puntos, se obtuvo una imágen de los cambios experimentados por la vegetación a lo largo de 34 años. La precisión del método empleado permitió conocer la dinámica, intensidad y localización del proceso de desertización sólo en los lugares dedicados al pastoreo y/o cosecha de material leñoso.

La extensión de las superficies barbechado-cultivadas y su ubicación con respecto a la degradación del medio, se detallan en otro capítulo con base a otra metodología.

2.2.1 Desertización de los terrenos de pastoreo

— Distribución del uso del suelo.

El análisis directo de la información extraída de la lectura de las fotos, permite caracterizar cada uno de los sitios estudiados en cuanto al tipo de uso del suelo a que estén destinados. Este se obtiene a partir del tipo de cubierta vegetal observado en la foto:

Categoría observada	Significación	Uso probable
leñoso alto	bosque	cosecha de leña, conservación
leñoso bajo	matorral	pastoreo, cosecha de leña
herbáceo	pradera	pastoreo, cerealicultura
barbecho/cultivo	cultivo	cultivo
infraestructura	cerco, camino casa	manejo del predio
suelo desnudo	peladero, lecho de río, duna, roqueríos	sin uso

La figura 7 presenta los valores alcanzados por las categorías más representadas. Los histogramas se realizaron efectuando el promedio entre los datos obtenidos para 1944 y 1978 por ser las fechas inicial y terminal del estudio y por presentar las fotos escalas similares.

Cavilolén, Tunquén y Cuesta de la Viuda, presentan una importante cubierta vegetal leñosa (75º/o) sin embargo, Cavilolén se distingue por tener el 31º/o de su territorio cubierto por árboles. Este hecho merece ser destacado dada la poca representación del tipo leñoso alto ya que en el conjunto de los sitios estudiados, además de Cavilolén solo Tunquén, El Tangue y Talinay poseen áreas boscosas.

Higueritas Unidas, Yerba Loca y Carquindaño se caracterizan por tener una cubierta leñosa baja de 40º/o a 50º/o mientras las praderas dominan fuertemente en Talinay y Huentelauquén. Esta última comunidad se caracteriza igualmente por un alto nivel de deterioro con 9º/o del suelo totalmente desertizado y sólo 12º/o ocupado por matorrales.

En el Tanque dominan las praderas y se destaca un porcentaje notorio de zonas desprovistas de vegetación (10º/o) que se puede

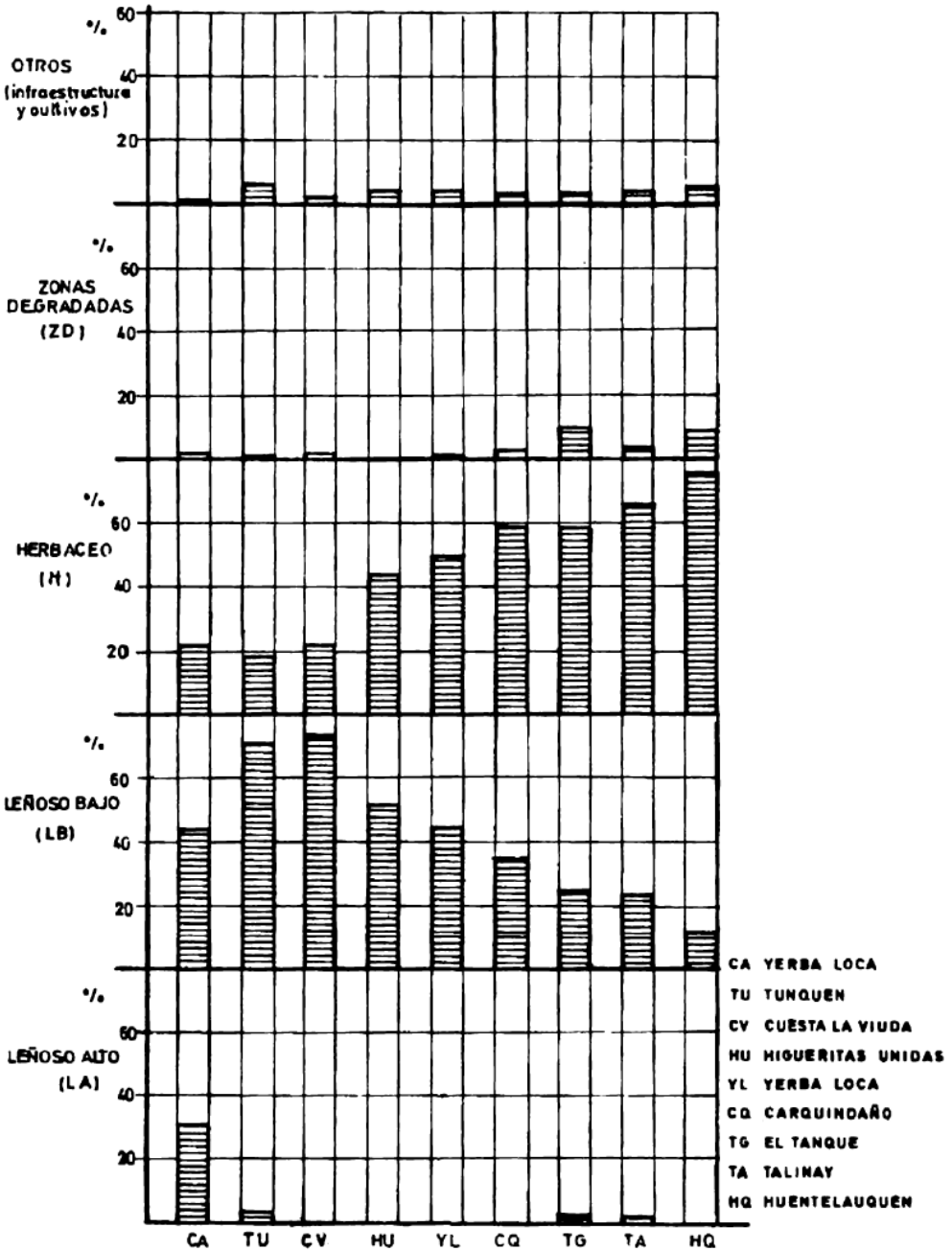


Figura 7. Distribución del uso del suelo en los 9 sectores estudiados (promedio entre los años 1944 y 1978).

explicar por estar ubicado el predio en suelos arenosos de origen eolico..

Esta breve caracterización refleja una degradación menos pronunciada en las grandes haciendas que en las comunidades agrícolas. La existencia de vestigios de leñosos altos son un signo evidente de una fuerte intervención antrópica previa al año 1944.

— Evolución de la naturaleza de la cubierta vegetal.

Al comparar los resultados de las tres fechas de observación para la misma categoría de uso, se puede establecer la tendencia evolutiva que presenta la cubierta vegetal. El análisis se centró en la cubierta leñosa (bosques+ matorrales) que, según su erradicación o reestablecimiento, da una idea clara del grado de intervención antrópica.

Como lo muestra la figura 8 se observan tendencias muy diferentes según el sector concerniente.

En Cavilolén después de un repunte en 1955, se aprecia una leve baja en 1978, por lo tanto, se puede considerar como estable en cuanto a cubierta leñosa. Tunquén, Cuesta la Viuda e Higueritas Unidas presentan un declive en 1955, pero recuperaron su estado inicial en 1978.

Yerba Loca y Carquindaño se caracterizan por una disminución permanente de su cubierta arbustiva, mientras en Huentelauquén y el Tanque se observa una recuperación leve para la primera y más acentuada para la segunda.

Al contrario Talinay, después de una ligera recuperación antes de 1955, muestra actualmente una brusca pérdida de la superficie de matorrales.

Cabe destacar que los sitios que se caracterizan por tener más alto porcentaje de cubierta leñosa presentan una cierta capacidad de recuperación y que por lo tanto su degradación no parece irreversible.

— Dinámica del uso del suelo.

Los territorios pueden ser clasificados según la dinámica que adquiera la vegetación en función del uso que el hombre hace de los suelos. Así, cada punto de observación se clasifica como estable si se mantiene en la misma categoría en las tres fechas estudiadas (Ej. leñoso bajo (LB) en 1944. LB en 1955 y LB en 1978), como degradación si pasa a una categoría que signifique mayor presión antrópica (Ej. LB en 1944, herbáceo (H) en 1955 e infraestructura en 1978), como recuperación si hay una progresión en términos sucesionales (Ej. H. en 1944, H en 1955 y LB en 1978), como variable si no existe una tendencia clara y los cambios parciales entre cada período no permiten concluir sobre la dinámica del uso del suelo (Ej. LB en 1944, H en 1955 y LB en 1978). En las categorías degradación y recuperación se dirá que ésta es antigua si comprende todo el período de evaluación (Ej. H, LB, LB), y que es reciente si comprende sólo el período 1955-1978 (Ej. H, H, LB).

El tema de la dinámica del uso del suelo es el que logra sintetizar e integrar en mejor forma los resultados obtenidos ya que permite la confección de una carta que condense la información de las tres fechas de evaluación.

En la comunidad de Higueritas Unidas predominan (65%) los suelos cuya vegetación se ha mantenido estable a través de los 34 años (fig. 9). Este alto porcentaje, es indicador de las fuertes presiones históricas de uso que han agotado los terrenos, cuya fisiografía se prestaba al cultivo, ya antes de 1944, mientras la fuerte disminución de la población ha permitido que se mantenga la cubierta arbustiva en los sectores de mayor pendiente. Se observa también un desfase entre la degradación y recuperación del ecosistema, de tal forma que la primera es esencialmente antigua, mientras la segunda es principalmente reciente (figura 10).

En las comunidades de Yerba Loca y Carquindaño, predominan también los suelos con cubierta vegetal estable, encontrándose ésta equilibrada en formaciones herbáceas y leñosos bajos en "Yerba Loca" contra un predominio de la categoría herbácea en "Carquindaño", lo que probablemente indica una sobreutilización más antigua. La influencia de la actividad humana ha trascendido a casi toda la superficie de ambas comunidades, de tal forma que la categoría degradación se encuentra ampliamente distribuida y alcanza un nivel promedio elevado (32% en Yerba Loca y 26% en Carquindaño), presentándose en "Yerba Loca" en forma casi sostenida a través de los últimos 34 años e intensificándose recientemente en "Carquindaño" (figuras 9 y 10).

En Huentelauqén 76% de la superficie corresponde a la categoría estable siendo la mayor de todas las áreas estudiadas (figura 9). Sin embargo, el 86% corresponde a formaciones herbáceas, lo que está indicando el

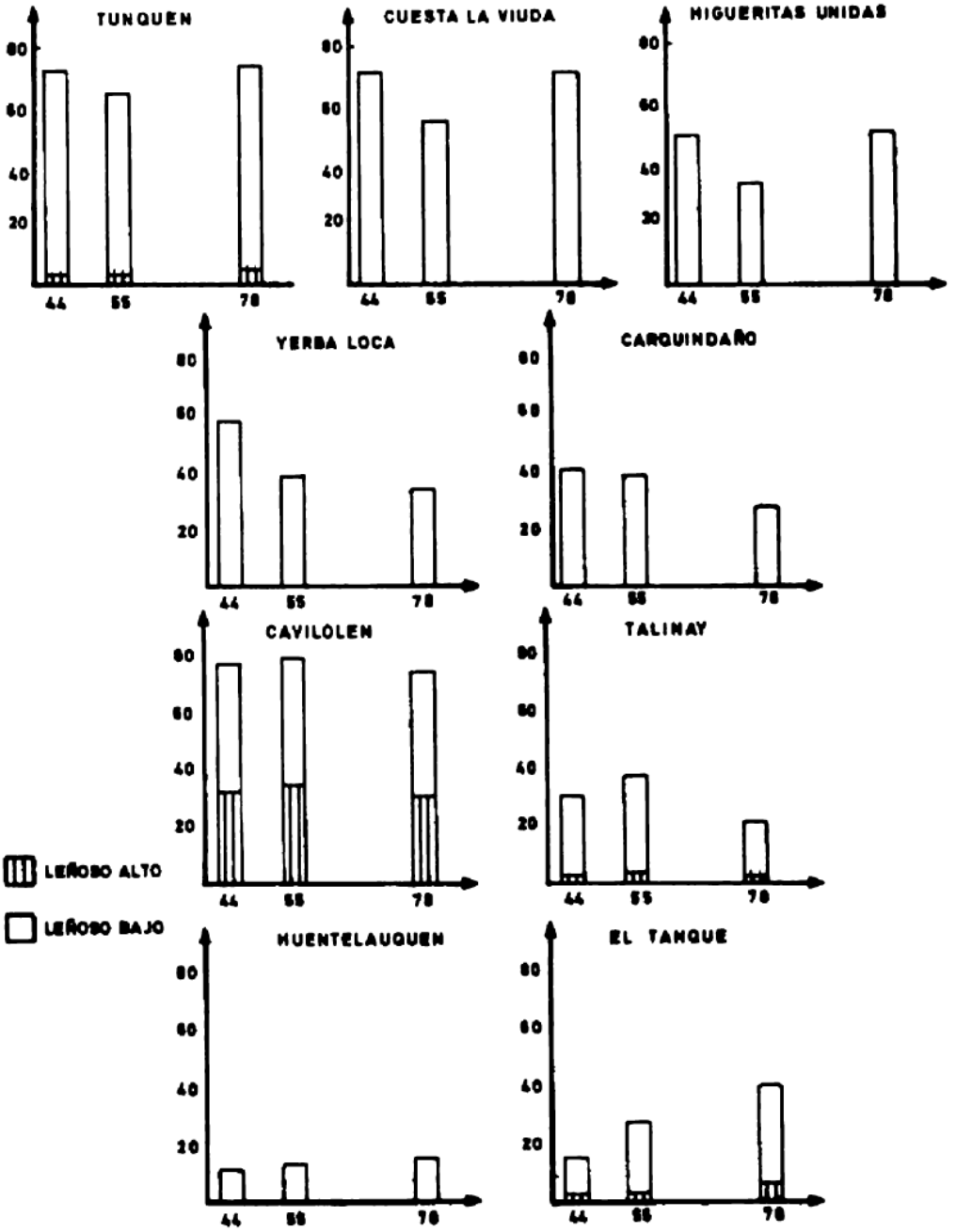


Figura 8. Evolución de la cubierta leñosa en los sectores estudiados entre los años 1944, 1955 y 1978.

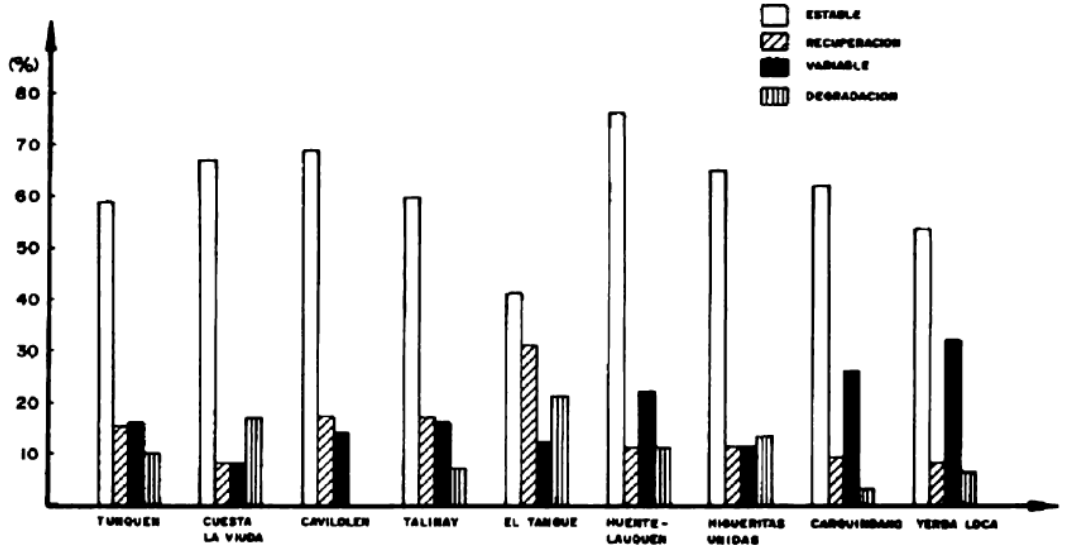


Figura 9. Dinámica del uso del suelo en los sectores estudiados entre los años 1944, 1955 y 1978.

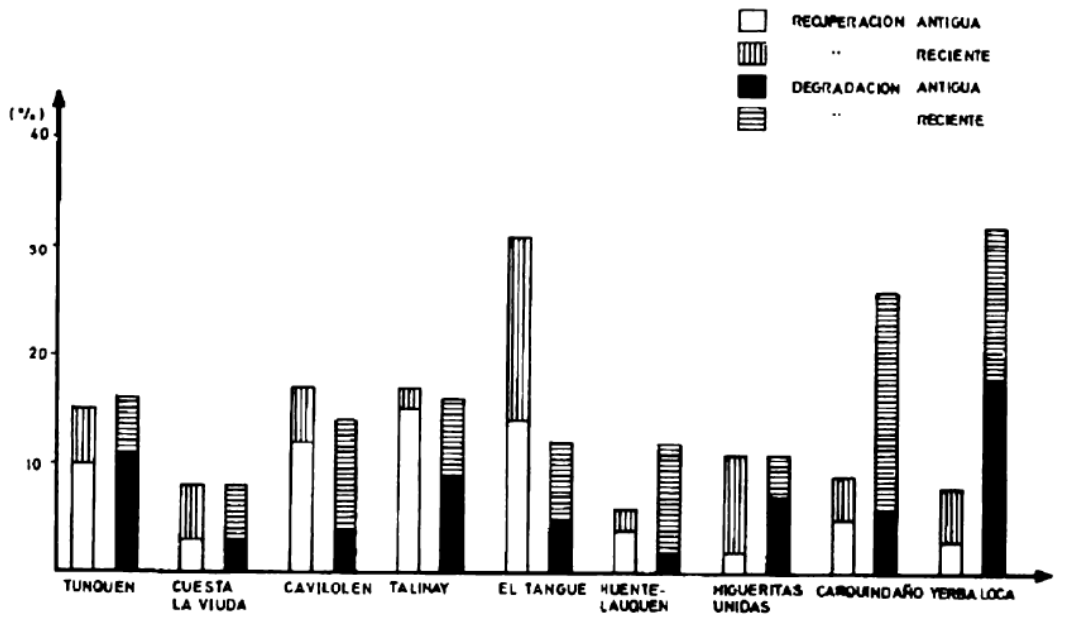


Figura 10. Recuperación y Degradación; antiguedad de los procesos en los sectores estudiados durante 1944 - 1955 (antiguo) y 1955 - 1978 (reciente).

fuerte grado de utilización a que han sido sometidos los terrenos en esta comunidad. En la figura 10 se puede apreciar que, a pesar de una recuperación mayor que la degradación entre 1944 y 1955, recientemente se intensificó la presión antrópica a tal punto que llegó a un nivel global de degradación de un 6%.

El sector de Cuesta La Viuda, en términos globales ha mantenido una alta proporción de su superficie cubierta por el mismo tipo de vegetación (figura 9). Nuevamente la fisiografía ha ejercido un papel preponderante en la dinámica del uso del suelo, manteniéndose una vegetación arbustiva en el sector escarpado de "Laguna Verde" y parte de "Llanos de Combarbalá", mientras que en las inmediaciones del caserío "Chingay" de topografía plana se presenta la huella de una actividad agrícola histórica intensa que se manifiesta en suelos ocupados por formaciones herbáceas.

Las categorías degradación y recuperación, presentan en ambos períodos porcentajes equivalentes con lo cual se compensan (figura 10), destacándose que la recuperación se verifica fundamentalmente en el sector "Llanos de Combarbalá" (figura 11) específicamente en aquellos sectores planos dedicados a la agricultura que posteriormente fueron abandonados. En este mismo sector se concentra un alto porcentaje de la categoría variable (21%) y que al igual que en la comunidad "Higueritas Unidas", se deriva de una erradicación de la cubierta arbustiva en el período 1944-1955 en terrenos de mayor pendiente sobre los cuales posteriormente disminuye la presión de uso, lo que permite una nueva colonización por arbustos.

La dinámica de uso del suelo en Cavilolén y Talinay es similar, presentándose en ambos un predominio de la categoría estable; sin embargo, en Cavilolén el 74% de esta categoría corresponde a vegetación leñosa (leñosos altos y leñosos bajos), mientras en Talinay sólo en 25% proviene de estos tipos biológicos, el 75% restante corresponde a la vegetación herbácea.

Esto está indicando que en el manejo de la hacienda Cavilolén la conservación siempre ha jugado un papel importante, mientras Talinay ha sido sometida al desmonte para el cultivo en algún período de su historia.

En Tunquén el uso del suelo en el tiempo no difiere mayormente del que presentan las grandes haciendas ya analizadas así mientras se mantiene un promedio de la categoría estable sólo se puede apreciar una recuperación ligeramente menor a la degradación.

El Tangue por su parte, presenta algunas características destacables con una recuperación que alcanza a un 31%. Así mismo, presenta un bajo nivel de degradación sólo un 20% superior al de la Cuesta la Viuda, que es el más bajo de las localidades analizadas. Estas características dejan suponer en el Tangue una política de manejo tendiente a una recuperación de la vegetación principalmente leñosa.

— Tasa de desertización.

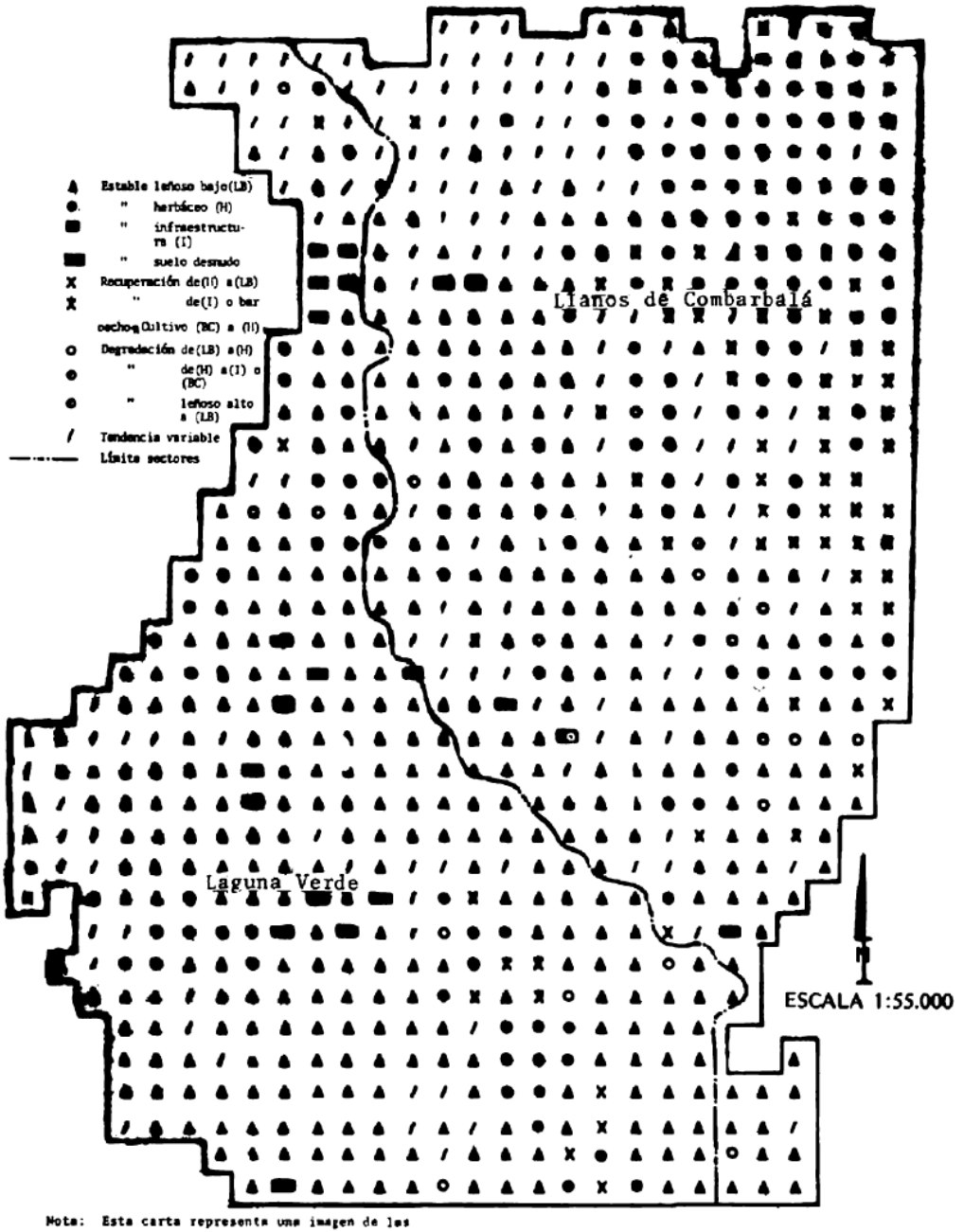
Corresponde a la diferencia entre las categorías de degradación y recuperación descritas en el punto anterior y que expresadas en términos anuales, nos indican el incremento anual de las superficies desertizadas.

Debido a que el proceso de desertización manifestado a través de la degradación de la cubierta vegetal, reviste distintas intensidades según la fase de desarrollo en que se encuentre, es necesario diferenciar las tasas de desertización alcanzadas en los dos períodos considerados, los que se distinguieron en el punto anterior como degradación o recuperación antigua y reciente. Debe señalarse que si bien las tasas de reducción de la cubierta leñosa pueden considerarse como un índice de desertización, esta forma de análisis es más acertada ya que incluye tanto esos cambios como los que experimenta la cubierta herbácea hacia categorías que significan mayor presión antrópica, tales como infraestructura, barbecho-cultivo o suelo desnudo. Sin embargo, se presentarán y analizarán ambas tasas ya que con el propósito de extrapolar estos resultados a otras zonas resulta muy práctico conocer la disminución anual de la cubierta arbustiva.

Tasa de reducción de la cubierta leñosa. Esta se caracteriza por presentar una gran variabilidad, tanto en una misma área como entre todas ellas a través de los 34 años de evaluación (figura 12).

Durante el período 1944-1955 (11 años) se presentan las más altas tasas de reducción de cubierta leñosa, destacándose las comunidades de Yerba Loca y Higueritas Unidas respectivamente y la hacienda Cuesta La Viuda con 1,6% sup/año. Carquindaño y Tunquén también presentan una reducción de su cubierta leñosa.

Huentelauquén, Cavilolén, Talinay y El



Nota: Esta carta representa una imagen de las principales tendencias históricas de ocupación de los suelos evaluada en un período de 34 años.

Figura 11. Carta de la dinámica del uso del suelo en el área "Cuesta La Viuda" evaluada entre los años 1944 y 1978.

Tanque presentan en este período un incremento de su vegetación leñosa, destacándose el nivel alcanzado por el Tangue (-1,2%/sup/año).

Luego, durante 1955-1978 (23 años) el panorama cambia sustancialmente. Las comunidades de Yerba Loca y Carquindaño continúan el proceso de degradación pero con velocidades distintas. Higueritas Unidas y Cuesta la Viuda comienzan a ser recolonizadas por vegetación leñosa, principalmente arbustiva, ambas a una tasa de -0,8%/sup/año. Esto también ocurre para Tunquén, aún cuando a una menor tasa y con una pequeña participación de vegetación arbórea. En Cavilolén y Talinay se produce el proceso inverso. Por su parte, Huentelauquén y El Tangue mantienen en aumento su cobertura leñosa, con tasas inferiores al período anterior.

En síntesis, se demuestra que Yerba Loca y Carquindaño presentan un proceso contínuo de desertización. Al contrario El Tangue se destaca por el mejoramiento contínuo de su cobertura, mientras Cavilolén presenta una notable estabilidad.

Tasa de desertización. Al igual que en el punto anterior la tasa de desertización presenta una gran variabilidad (figura 13) la cual se deriva fundamentalmente del estado inicial que presentan los recursos en los distintos sectores.

En la figura 13 se aprecia que Yerba Loca, Tunquén y Higueritas Unidas presentan las mayores tasas de desertización durante el período 1944-1945. De estás, Yerba Loca se destaca con 1,4%/sup. tot./año, lo que equivale a una degradación de 58 ha/año. Esta misma comunidad en el período 1955-1978 reduce su tasa a 0,4%/sup. tot./año, señalando el curso característico que adquiere el proceso de desertización, que inicialmente se desarrolla a tasas elevadas para posteriormente reducir su intensidad. Al contrario se observa una aceleración del proceso de desertización en Carquindaño que pasa de 0,1 a 0,7%/sup. total/año.

Huentelauquén, Cavilolén y Talinay presentan tendencias opuestas entre los dos períodos recuperándose primero para luego degradarse en el segundo período, mientras lo contrario ocurre en Higueritas Unidas, por otro lado El Tangue se mantiene con una tasa marcada de recuperación.

En resumen se observan las mismas tendencias de evolución que para la cubierta leñosa con excepción de Huentelauquén y El Tangue. En estas dos áreas la tasa de desertización observada en el segundo período disminuye en El Tangue y aumenta fuertemente en Huentelauquén. Esto se debe a la evolución de las zonas denudadas respecto de la vegetación herbácea:

—El Tangue se caracteriza por tener varios arenales que el buen manejo y política de conservación aplicadas por los administradores del predio, han transformado progresivamente en praderas:

—Huentelauquén estaba dominada por praderas que el constante sobrepastoreo ha conducido ultimamente a "peladeros".

— Síntesis comparativa.

Se pretende efectuar un análisis de lo que ha ocurrido en los terrenos de pastoreo de los sectores estudiados.

En primer término es interesante destacar el estado inicial del recurso como causal del proceso de degradación. Así por ejemplo en Yerba Loca un buen estado inicial del recurso significó una degradación acelerada durante el primer período para luego reducir su velocidad como resultado de una disminución del recurso. Por otro lado en Carquindaño ocurrió lo contrario; un bajo nivel del recurso vegetal determinó un grado de utilización menor y con ello tasas de degradación más lentas, por lo menos inicialmente, sin embargo circunstancias administrativas al interior de esta comunidad hicieron que las tasas de disminución de la cubierta vegetal leñosa y de desertización se vieran aumentadas. En casos extremos de un nivel muy bajo del recurso leñoso, por ejemplo Huentelauquén y El Tangue, la tasa de reducción es negativa, es decir el recurso comienza a recuperarse.

En general se puede afirmar que la presión de utilización de un recurso abundante es alta, disminuyendo en la medida que el recurso se va haciendo escaso. Excepción de esto lo constituye la Hacienda Cavilolén, propiedad en la cual ha imperado un criterio de explotación conservacionista y en donde aún cuando el recurso leñoso, especialmente arbóreo, es extremadamente abundante, la evolución demostrada ha sido mínima y la degradación prácticamente nula. Otro caso donde el manejo racional de los terrenos de pastoreo deja en evidencia, incluso una recuperación del recurso leñoso, es El Tangue, actual Sociedad Agrícola que desde hace varias décadas

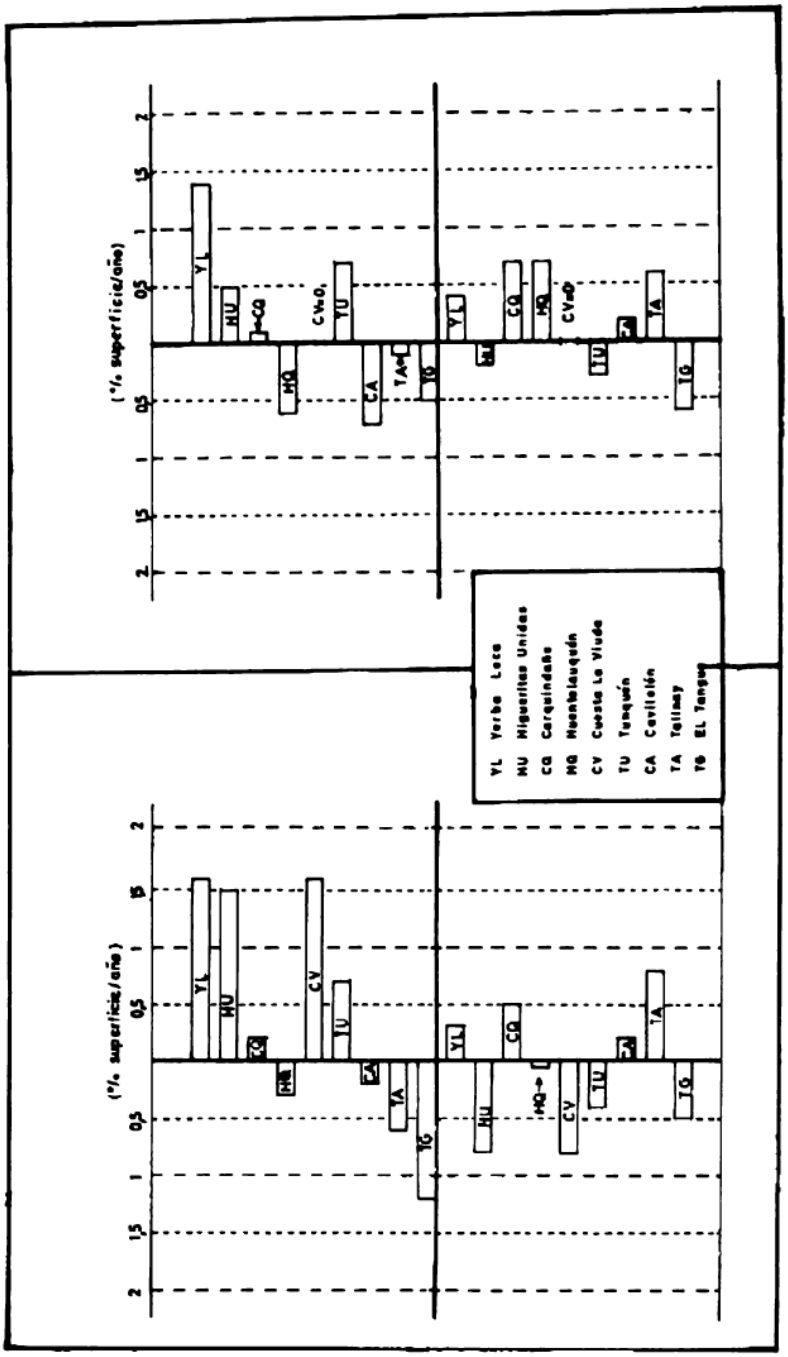


Figura 12. Tasa de reducción de la cubierta leñosa en los sectores estudiados durante los periodos 1944 – 1955 y 1955 – 1978.

Figura 13. Tasa de Desertización en los sectores estudiados durante los periodos 1944 1955 y 1955 – 1978.

viene fomentando la preservación de los recursos leñosos en beneficio de los terrenos de pastoreo y en donde incluso se han realizado plantaciones en fajas paralelas y siembras de especies forrajeras perennes para la recuperación de terrenos degradados por factores naturales como lo son aquellos "peladeros" ubicados en terrazas marinas antiguas, deteriorados por efecto de la erosión eólica.

El manejo resulta fundamental en el estado actual y la evolución de los terrenos de pastoreo. El análisis de la categoría estable en los sitios permite visualizar la tendencia general del manejo en cada uno de ellos. (cuadro 5).

Cuadro Nº 5. Composición (%) de la categoría estable entre 1944 y 1978 en los sitios de estudio.

	LA	LB	H	C	ZD	I	Categoría estable (%) del total de observaciones
Tunquén	2	83	11	1	1	--	59
Cuesta la Viuda	--	75	21	--	4	--	67
Cavilolén	30	44	25	--	--	1	68
Talinay	2	25	75	--	--	--	60
El Tangue	2	15	78	1	2	2	41
Huentelauquén	--	12	86	--	1	1	76
H. Unidas	--	48	52	--	--	2	85
Carquindaño	--	27	63	2	2	6	82
Yerba Loca	--	44	52	--	2	2	54

Se puede apreciar en el cuadro que los sitios de estudio que presentaron el más alto porcentaje de observaciones estables en las tres fechas de medición son Cavilolén y Huentelauquén, quedando de manifiesto la gran diferencia que entre ellas existe. Mientras Cavilolén presenta un 74% de su cubierta estable como vegetación leñosa (LA, LB) y un 25% como herbáceo, Huentelauquén presenta 12% y 86% respectivamente, notándose aquí los diferentes manejos a que han sido sometidos ambas propiedades, las que son representativas de lo que ocurre en las grandes haciendas y las comunidades agrícolas respectivamente. Está demás indicar que los niveles originales de productividad ecosistémica fueron similares ya que ambas se encuentran en zonas ecológicas semejantes, pero Huentelauquén ha debido mantener una población mayor y con ello tasas extractivas muy por sobre su capacidad de regeneración, debiendo soportar el desmonte y aradura para el cultivo de cereales de secano en áreas reducidas, el intenso pastoreo ovino y caprino y la cosecha de material leñoso para calefacción y construcción; procesos todos comunes a las comunidades agrícolas donde la densidad poblacional ha resultado fundamental en los procesos degradativos. Para visualizar el efecto demográfico en la disminución de la cubierta leñosa y en la tasa de desertización de las comunidades agrícolas, en la figura 14 se representa la evolución en la población de cada una de ellas.

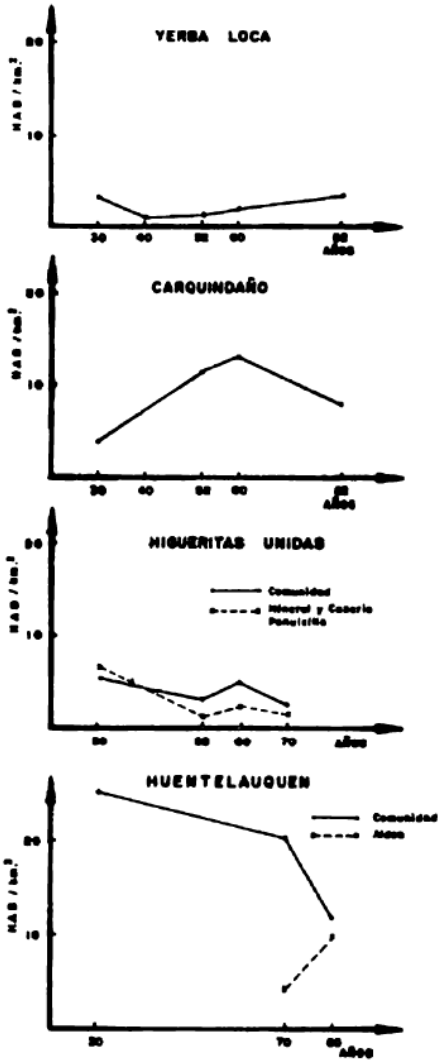


Figura 14. Evolución demográfica (hab/km^2) en las comunidades agrícolas estudiadas.

Se puede apreciar que en Higueritas Unidas se produjo una notable disminución de la presión demográfica como consecuencia del agotamiento y abandono del mineral de Panulcillo (ubicado al límite sur del sector estudiado) y la disminución permanente de la población de la comunidad. La fuerte caída registrada entre 1940 y 1950 explica la recuperación actual de la vegetación. En Yerba Loca, desde 1940 la población esta en aumento constante lo que se relaciona perfectamente con la contínua degradación de la cubierta arbustiva en esta comunidad. En Carquindaño el crecimiento demográfico ha sido progresivo desde 1930, presentando un máximo en 1960, donde alcanzó una densidad de 13 hab/km^2. El resultado de una presión tan elevada para una zona árida se refleja en la mayor degradación registrada entre 1955 y ahora, explicándose en que la población luego de esa densidad máxima haya comenzado a declinar al verse afectada la productividad de esta comunidad.

En Huentelauquén se aprecia que la población ha disminuido lenta, pero progresivamente, intensificándose la disminución en la última década, mostrándose significativa la evolución de la población en el interior de la comunidad, la que progresivamente se ha ido asentando en las terrazas del Choapa, intensificando la presión sobre las superficies cultivables bajo riego, más que sobre el secano, donde se ha continuado pastoreando pero casi sin efectuar desmontes para cultivos o cosecha de leña, dando como resultado el aumento de la superficie con vegetación leñosa sobre todo en los sectores con mayores pendientes hacia los cerros de la cordillera de la costa. Sin embargo este pastoreo contínuo sobre terrenos ya degradados en su cubierta vegetacional leñosa los ha llevado recientemente a transformarse en zonas denudadas, intensificándose la tasa de desertización.

A modo comparativo para apreciar la relación entre la tasa de reducción de la cubierta leñosa y la tasa de desertización, en el siguiente cuadro se entregan los valores alcanzados en los distintos sitios de estudio.

Aquí se aprecia claramente que aún cuando la tasa de reducción de la cubierta leñosa está muy directamente relacionada con la tasa de desertización; debería cuidarse de utilizarla en áreas donde las superficies de praderas y/o cultivos sean importantes pués como en el caso de Huentelauquén, Cuesta La Viuda y El Tangue en alguna medida la disminución de la cubierta leñosa no refleja fielmente el proceso de degradación a que está siendo sometido un sector con tales características.

Cuadro Nº 6. Tasas de reducción de la cubierta leñosa (TL) y de desertización (TD) en los sitios de estudio en los períodos 1944 - 1955 y 1955 - 1978.

Localidad	(TL)		(TD)	
	44-55	55-78	44-55	55-78
Tunquén	0,7	−0,4	0,7	−0,3
Cta. La Viuda	1,6	−0,8	0	0
Higueritas Unidas	1,5	−0,8	0,5	−0,2
Yerba Loca	1,6	0,33	1,4	0,4
Carquindaño	0,2	0,5	0,1	0,7
Cavilolén	−0,2	0,2	−0,7	−0,2
Talinay	−0,8	0,8	−0,1	0,6
Huentelauquén	−0,3	−0,1	−0,6	0,7
El Tangue	−1,2	−0,5	−0,5	−0,6

Finalmente se debe recalcar la importancia que tiene la existencia de vestigios de formaciones arbóreas lo que indica la fuerte presión antrópica a que se han visto sometidas importantes áreas de la IV Región, previo a 1944, en especial en la costa e interior sur (El Tangue, Talinay y Cavilolén en la costa norte, centro y sur y Tunquén en la zona interior sur).

2.2.2 Desertización de los terrenos de cultivo.

—Evolución de la superficie total reservada al cultivo.

En las comunidades agrícolas y en general en todos los lugares del secano de la IV Región donde se practica agricultura, ésta se realiza al interior de una superficie cercada que recibe el nombre de "lluvia". Allí el agricultor rotura en el invierno una parte de esta superficie que así arada se conoce como "barbecho" y al año siguiente realiza la siembra, la cual en la mayoría de los casos es de trigo o cebada.

Esta modalidad de agricultura tradicional que ocasiona la desprotección total del suelo y lo deja expuesto a la acción de las escasas pero intensas precipitaciones invernales, posee una dinámica muy particular de tal forma que las superficies sembradas al interior de cada "lluvia" se van rotando a medida que se

agotan, o se produce la habilitación de una nueva "lluvia" cuando la fertilidad del suelo se hace limitante o cuando se admite un nuevo comunero.

En la comunidad Higueritas Unidas las "lluvias" se concentraron en los últimos 34 años, casi en su totalidad en las inmediaciones de la Quebrada del Ingenio, que por la naturaleza de sus suelos y por la mayor disponibilidad de agua ofrece mayores expectativas agrícolas. Salvo leves modificaciones la superficie cercada se ha mantenido en los mismos lugares y aún más, ha disminuido al año 1978 en 11,7 ha. Estos resultados indican que no existe presión alguna para habilitar nuevas tierras de cultivo y el abandono de las ya existentes ha permitido una lenta colonización por especies arbustivas, lo cual explica la recuperación mencionada al analizar la tasa de desertización en esta comunidad.

En Yerba Loca la distribución espacial de las "lluvias" en los últimos 34 años, se ha mantenido prácticamente en los mismos sectores, (figuras 15, 16, 17), esto es, en las proximidades del estero "La Canela", en "Quebrada Honda" o en las cercanías de la Quebrada "Carquindaño". Presentan sin embargo, una gran variabilidad en cuanto a sus límites no encontrándose casi ninguna que lo conserve a través de todo el período de observación. Respecto a la superficie, en el año 1955 se registra un aumento de 124 ha de "lluvias" lo que indica la fuerte presión a que se sometió el ecosistema en esos años y explica la alta tasa de desertización y reducción de la cubierta leñosa baja alcanzada en el período 1944-1955.

En "Carquindaño" las "lluvias" presentan una distribución espacial estable a través de todo el período de evaluación localizándose principalmente a lo largo de la quebrada del mismo nombre y la quebrada "El Zapallo", presentándose un aumento sostenido de la superficie.

Este aumento así como la persistencia de un conjunto de "lluvias" demuestran una presión agrícola sostenida. Aún más al producirse el aumento a tasas decrecientes está demostrando la escasez y agotamiento de las tierras aptas para el cultivo.

Cabe destacar que el diseño de las "lluvias" en el año 1978 deja aparecer dos grandes encierras que concentran el 53% de la superficie total destinada al cultivo. Dado que normalmente se asigna a cada comunero una "lluvia" de tamaño similar, esta anómala distribución de las tierras para el cultivo demuestra una deficiente organización comunitaria, con la apoderación de un espacio amplio de la comunidad por un grupo reducido de personas (Castro, 1983). Esto explica que a pesar de la disminución de población registrada desde 1960, los comuneros tienen menos tierras a su disposición y por ende el ecosistema es sometido a una mayor presión de utilización.

En Huentelauquén se observa un fenómeno similar con el aumento sostenido de la superficie de "lluvias" y la exclusión de dos grandes nuevas áreas, una de las cuales tiene como objeto la plantación de arbustos forrajeros del género **Atriplex** Considerando que ésta última necesita tres temporadas de rezago completo para asegurar su establecimiento, se puede preveer que la presión antrópica sobre el espacio restante alcanzará niveles insostenibles para el ecosistema aún más si la utilización de este nuevo espacio pastoral mejorado se realiza a través de un nuevo rebaño.

En la Cuesta la Viuda, dadas las distintas potencialidades agrícolas que presentan los dos sectores que conforman esta área, se presentan en ellos resultados muy diferentes.

En "Laguna Verde" las fuertes limitaciones que impone la fisiografía, han impedido acceder a nuevas tierras de cultivo de tal forma que las "lluvias" existentes presentan aproximadamente los mismos límites (figuras 18, 19, 20), dando además indicios de agotamiento ya que han disminuido en 13 ha en los últimos 34 años.

En "Llanos de Combarbalá" se presentaban en 1944 una gran división territorial (figura 18) que alcanzaba un total de 421 ha lo que indica la existencia de una agricultura en plena extensión. La brusca disminución de las "lluvias" en esta área en 1955 sugiere un cambio en las actividades de la población, la cual aún manteniéndose en el mismo nivel demográfico no habilita nuevas tierras de cultivo.

—Evolución de la superficie barbechada-cultivada.

Este punto tiene por objeto analizar si la interior de cada "lluvia" la superficie roturada va variando periódicamente de tal forma que se barbecha un nuevo sector cuando en el anterior bajan significativamente los rendimientos de los cultivos realizados.

Este punto tiene por objeto descubrir si la superficie barbechada-cultivada aumenta o

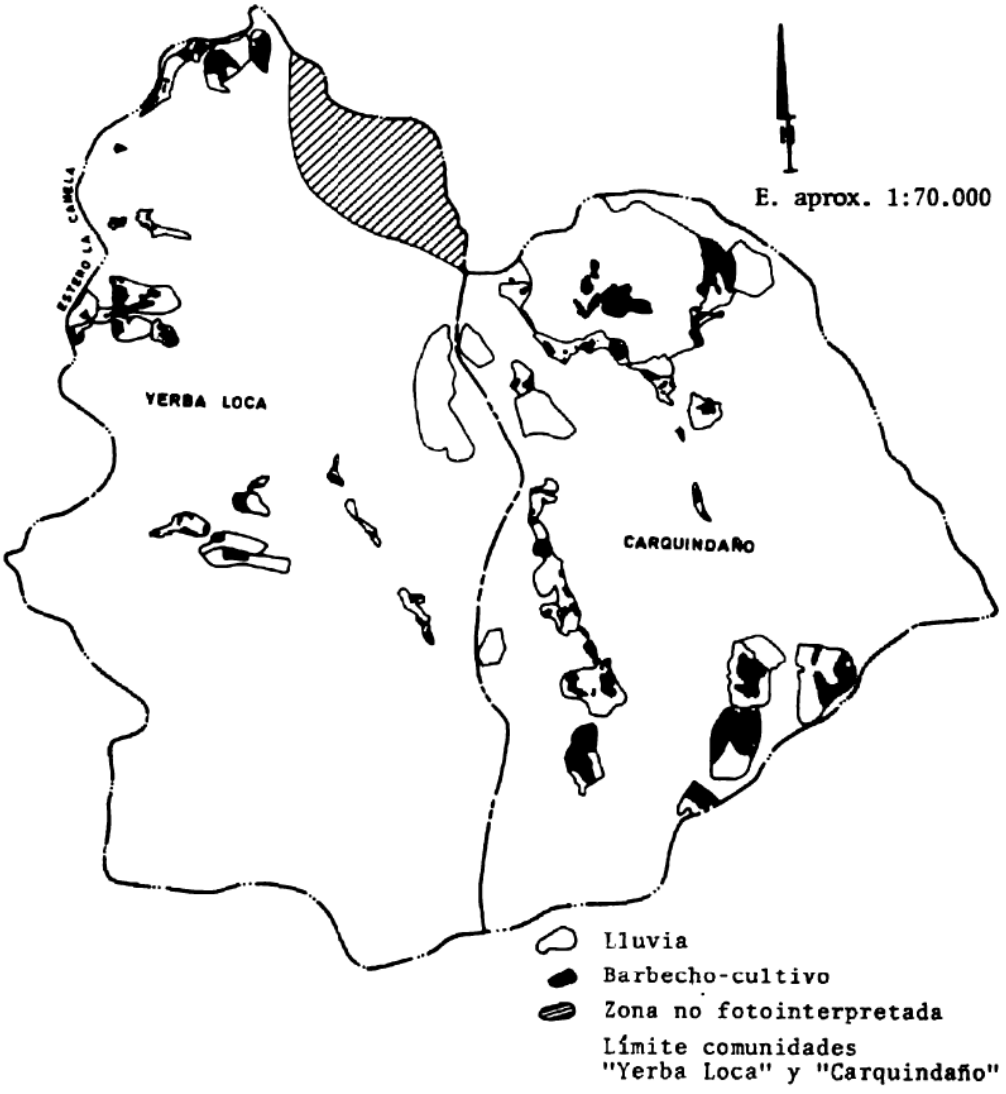


Figura 15. Carta de la superficie barbechada-cultivada y de la superficie reservada al cultivo (lluvias) en las comunidades Agrícolas "Yerba Loca" y "Carquindaño", año 1944.

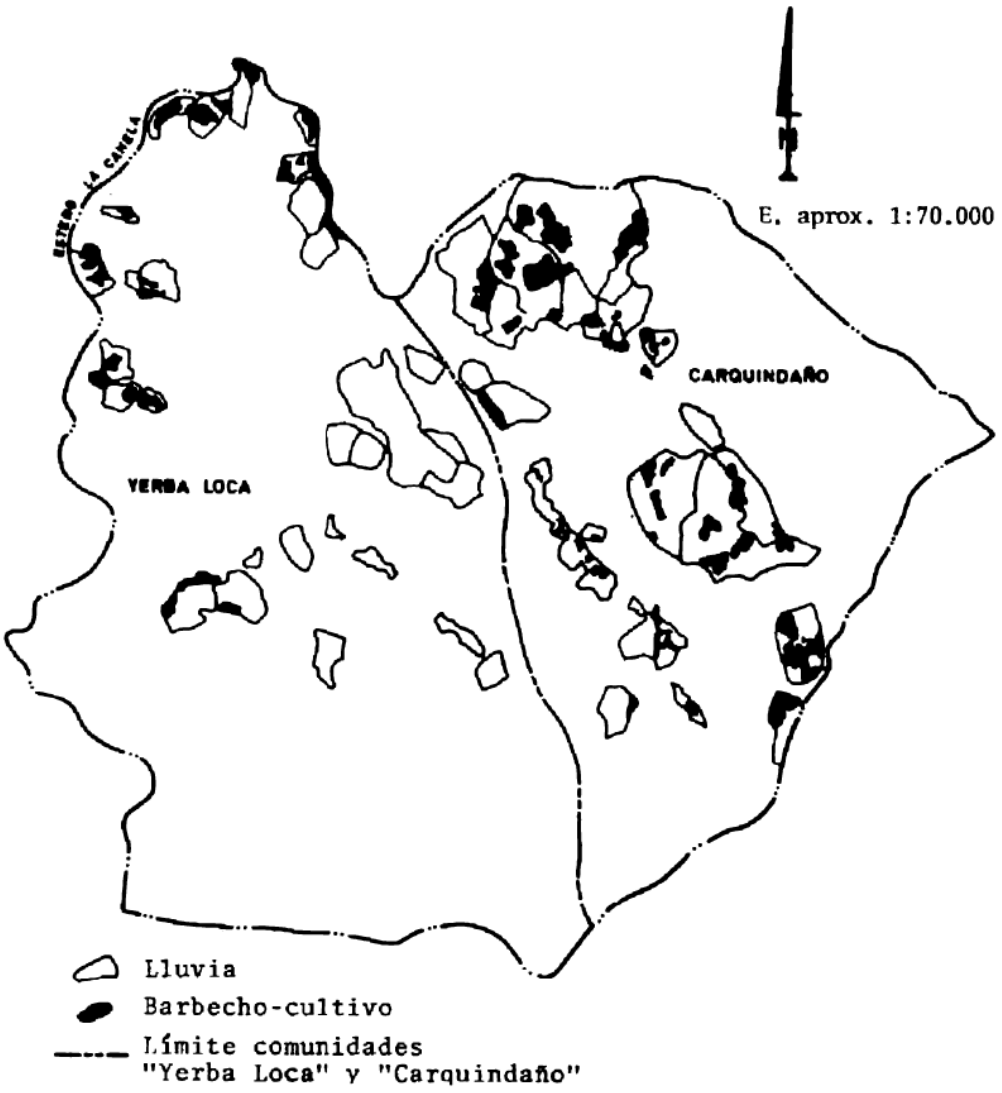


Figura 16. Carta de la superficie barbechada-cultivada y de la superficie reservada al cultivo (lluvias) en las comunidades agrícolas "Carquindaño" y"Yerba Loca", año 1955

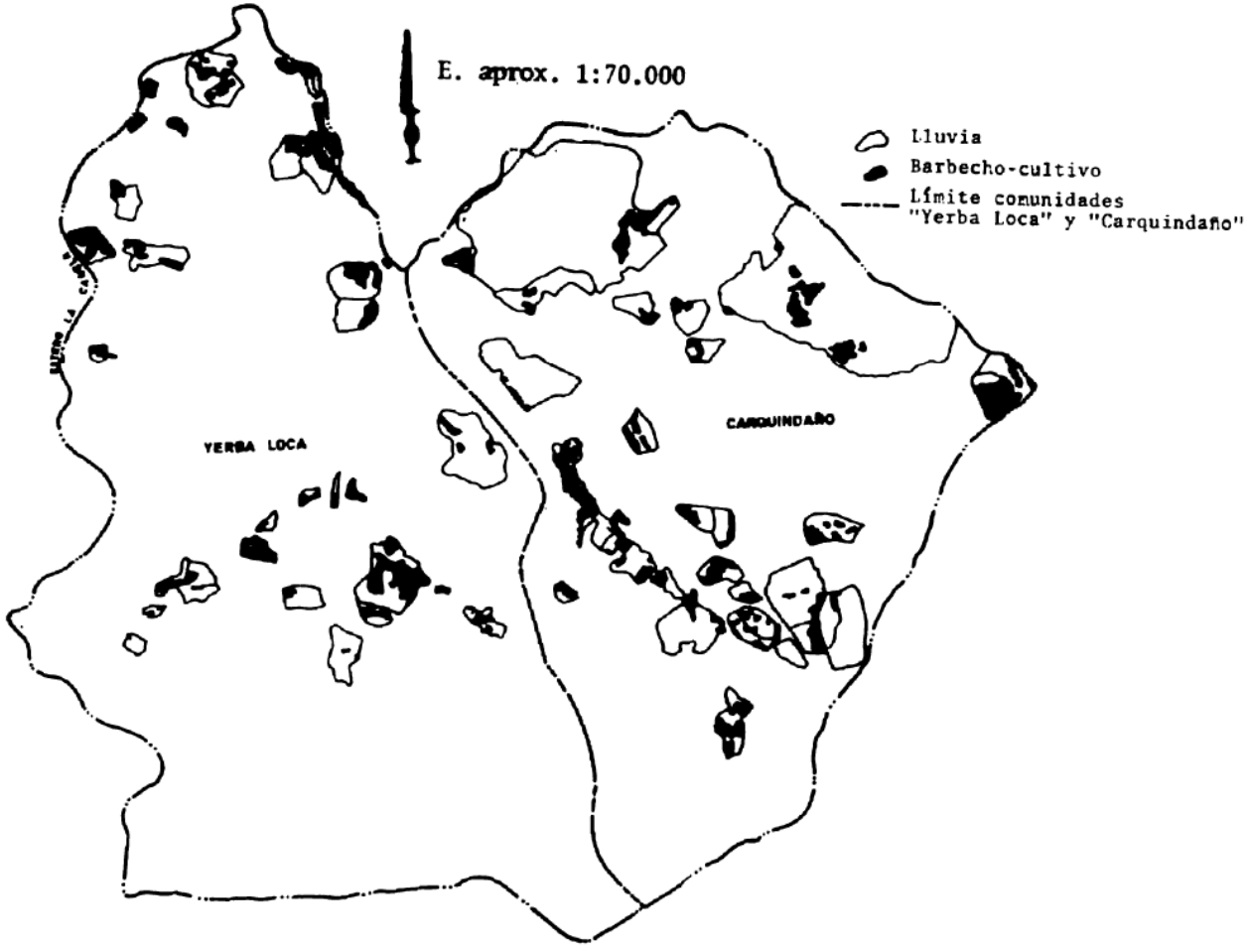


Figura 17. Carta de la superficie barbechada-cultivada y de la superficie reservada al cultivo en las comunidades agrícolas "Carquindaño" y "Yerba Loca", año 1978.

disminuye, lo que constituye uno de los índices más determinantes del proceso de desertización por cultivo.

En Higueritas Unidas los resultados confirman que la agricultura ha desaparecido totalmente en esta comunidad en los últimos 34 años. Así tan sólo 15,4 y 14,5 ha aparecen barbechadas-cultivadas en 1944 y 1955 respectivamente, mientras en 1978 hay una ausencia total de suelos barbechados-cultivados existiendo sólo 8,1 ha con plantaciones de arbustos forrajeros del género **Atriplex.** Se puede afirmar entonces que Higueritas Unidas se encuentra desertizada en forma irreversible para el uso agrícola tradicional.

En la comunidad de Yerba Loca se produce un aumento sostenido de la superficie barbechada-cultivada en estrecha relación con el crecimiento de la población. Esto podría indicar que los terrenos de cultivo no están todavía agotados, como consecuencia de la distribucion homogénea de las "lluvias" entre los comuneros sobre la totalidad de los terrenos de la comunidad.

En Carquindaño se observa, una reducción sostenida de las superficies cultivadas. Esto último, sumado al aumento de las "lluvias" es indicador de la gran magnitud que alcanza el proceso de desertización por uso agrícola indiscriminado.

Un análisis detallado sobre un conjunto de 6 lluvias cuyos límites se mantienen iguales entre 1944 y 1978 (figuras 15 y 17) permitió registrar una disminución de 10,7o/o de la superficie trabajada o sembrada lo que arroja una tasa de desertización anual por uso agrícola de 0,38 ha /año.

La misma tendencia se observa en Huentelauquén donde la superficie dedicada al cultivo de secano se mantiene entre 4 y 6 há. a pesar del aumento de la proporción de lluvias. Sin embargo, esta comunidad dispone de una pequeña área bajo riego en las terrazas del río Choapa donde se duplicó la superficie cultivada este último período.

En Cuesta la Viuda se registra un desaparecimiento casi total de la agricultura. Esto permite explicar la reducción de la cubierta leñoso baja ocurrida en 1955. En efecto, si analizamos el sector "Llanos de Combarbalá", en él se produce una drástica disminución de los suelos barbechados-cultivados (86 ha en 1944 a 2,3 ha en 1955), lo cual implica que la agricultura ya no constituye el medio de sustento y dado que la población se mantiene en el mismo nivel del año 1944 es lógico que se dedica a la ganadería y cosecha de leña incursionando en terrenos de mayor pendiente y erradicando la cubierta arbustiva.

En el sector "Laguna Verde" resulta interesante destacar lo que ocurre en la lluvia de mayor magnitud, la cual no ha variado sus límites a través de los últimos 34 años (figuras 18, 19 y 20). En ella, en el período 1944-1955 se produce un incremento de la superficie barbechada-cultivada de un 17,5o/o respecto al total de la "lluvia" que al no haber un aumento de la población demuestra la intensa utilización de los suelos cuando éstos aún son productivos. Al contrario en el período 1955-1978 la superficie barbechada-cultivada disminuye en un 63,3o/o, que expresado en términos anuales representa una tasa de desertización por uso agrícola de un 2,8o/o de la superficie cercada en este sector.

Es interesante también estudiar el caso de la hacienda El Tangue donde se observa en las fotos trabajos de conservación del suelo con plantaciones en fajas paralelas para disminuir el efecto del viento. La restauración de 70 ha entre 1944 y 1955 explica en gran parte la recuperación de cubierta vegetal obtenida en este predio. La superficie bajo riego no presenta, por su parte, muchas variaciones.

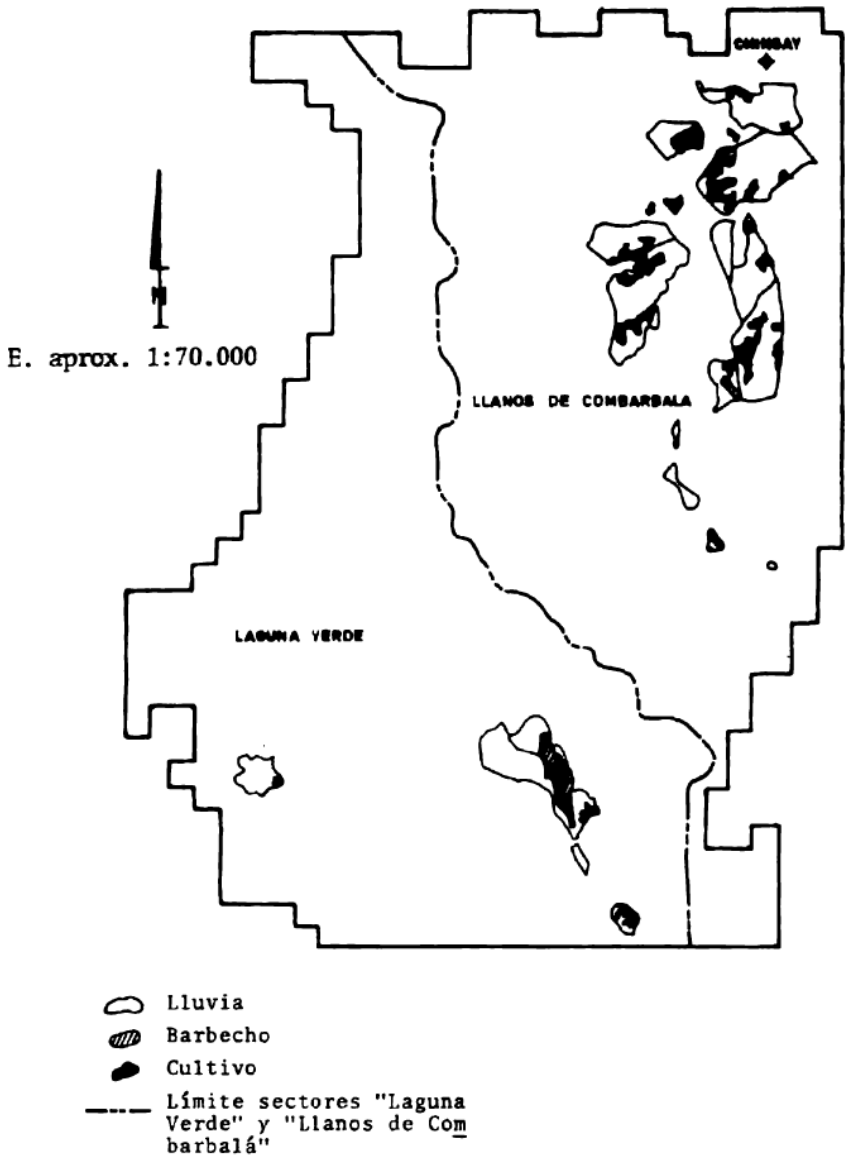
— Evolución en el número de eras.

Esta evaluación tiene por objeto complementar los resultados obtenidos en el punto anterior y determinar si la evolución en el número de eras está relacionada con la dinámica de las superficies barbechadas-cultivadas.

El principal problema que presenta este análisis consiste en que las eras persisten por largo tiempo, tal es así que en gran parte de los casos aparecen en las tres fechas de evaluación (figura 21). Para superar esta dificultad se considera en el análisis sólo el número inicial de eras y posteriormente el incremento neto de ellas, vale decir la diferencia entre las que aparecen menos las que desaparecen.

Existe un estrecha relación entre la distribución de eras y cultivos. Esta situación que se repite en todas las áreas estudiadas permite generalizar esta relación, de tal forma que en un principio se puede afirmar que donde se encuentren eras existirán superficies cultivadas.

Analizando el incremento neto en el número de eras (cuadro 7), se apreció una



— Figura 18. Carta de la superficie barbechada-cultivada y de la superficie reservada al cultivo (lluvias) en el área "Cuesta la Viuda", año 1944.

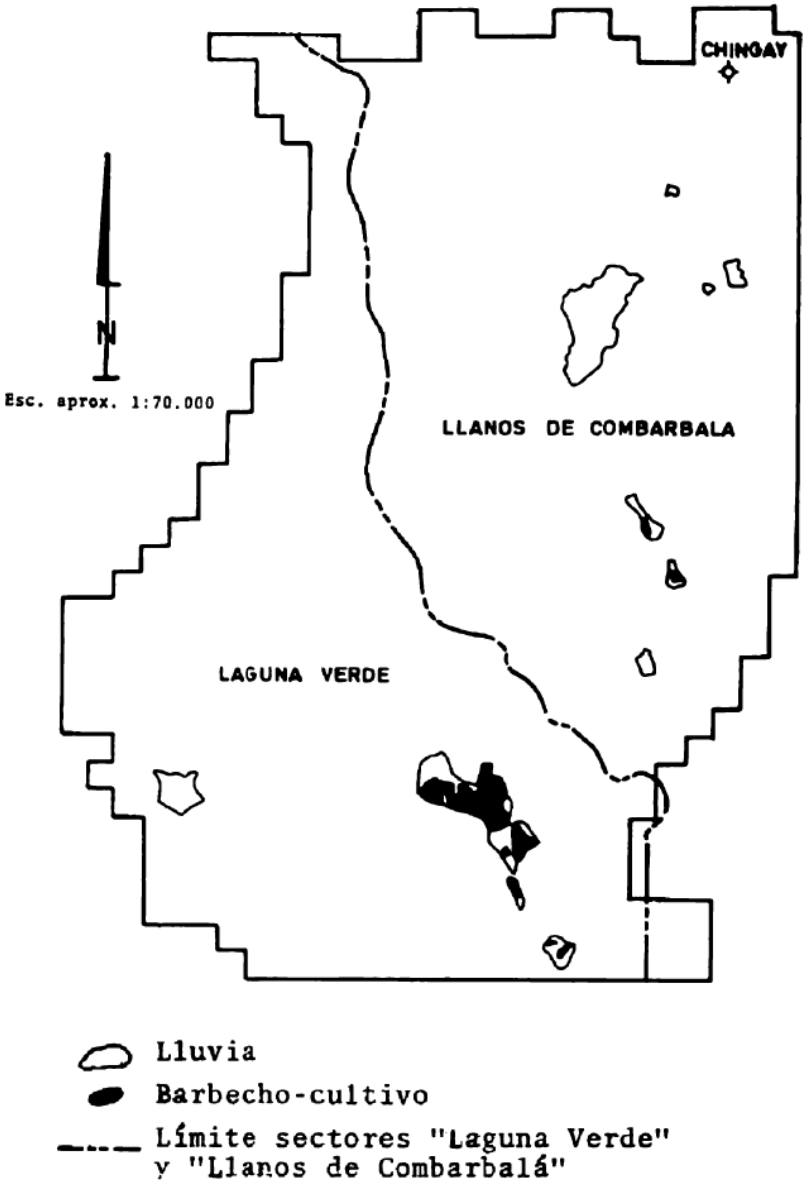


Figura 19. Carta de la superficie barbechada-cultivada y de la superficie reservada al cultivo (lluvias en el área "Cuesta la Viuda", año 1955.

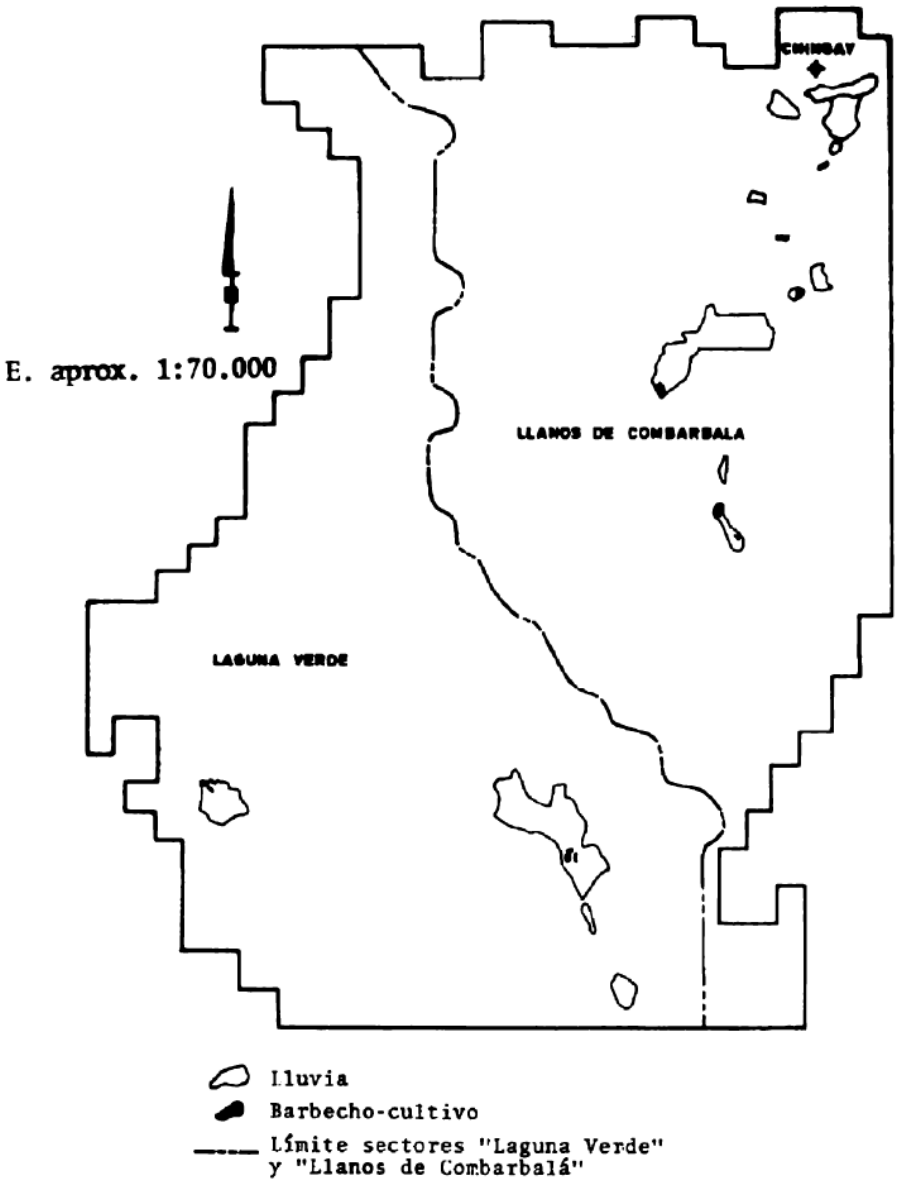


Figura 20. Carta de la superficie barbechada-cultivada y de la superficie reservada al cultivo (lluvias) en el área "Cuesta la Viuda", año 1978.

elevada correspondencia entre éste y la dinámica de las superficies barbechadas-cultivadas. Así, "Higueritas Unidas", "Laguna Verde" y "Llanos de Combarbalá" registran incrementos negativos o nulos, lo que complementa satisfactoriamente la drástica reducción de los cultivos en dichas áreas.

Por su parte en "Carquindaño" se presenta en el año 1978 una sola era nueva, lo que está en estrecha relación con la reducción drástica de la habilitación de nuevas Tierras de cultivo.

Finalmente la tendencia mostrada por la comunidad "Yerba Loca", confirma plenamente la relación existente entre el incremento del número de eras y el aumento de las superficies cultivadas.

Cuadro 7

Incremento neto en el Nº de eras registrado entre los años 1955 y 1978, en las comunidades agrícolas "Yerba Loca", "Carquindaño", "Higueritas Unidas" y el área "Cuesta la Viuda". (CV)

	1944	1955		1978	
	Nº Eras	Nº Eras		Nº Eras	
			(i)		(i)
Higueritas Unidas	5	5	0	3	-2
Yerba Loca	16	23	7	28	+ 5
Carquindaño	17	29	12	30	+ 1
Laguna Verde (CV)	4	2	-2	2	+ 0
Llanos de Combarbalá (CV)	17	14	-3	13	- 1

(i) = incremento neto.

— Síntesis comparativa.

Al analizar lo ocurrido en los sitios estudiados se puede apreciar claramente que, al menos en cuanto a la desertización en las comunidades agrícolas, los procesos que han afectado los terrenos de pastoreo también están afectando los terrenos de cultivo. El sobre cultivo sostenido en áreas reducidas y que normalmente no debieran ser roturadas dadas sus características topográficas inadecuadas, las ha conducido a una pérdida de su productividad biológica, a un nivel que hace insostenible el sustento de un grupo humano. Importante parece destacar el caso de Yerba Loca, donde las lluvias están distribuidas más o menos en toda la comunidad y lo han sido en forma dinámica cambiando sus límites y posiciones, rotando, como asimismo los barbechos-cultivos dentro de las distintas lluvias. Este sistema de manejo "rotativo" explica que aún no se aprecie un agotamiento de los suelos dedicados actualmente (desde 1944 al menos) al cultivo, no obstante el aumento demográfico sostenido en esta comunidad. (figura 14).

El aumento o disminución de la población están siempre relacionados con las variaciones observadas en los recursos disponibles y que están siendo utilizados.

En el caso de Higueritas Unidas, que hasta 1944 debió soportar una alta presión demográfica, originada a partir de la existencia de un centro minero en sus cercanías, una vez dejó de funcionar la fundición, comenzó a disminuir la población y con ello, luego de un período de 33 años, ha comenzado la recolonización de especies arbustivas. Es probable que más tarde se vuelva a intentar el cultivo tradicional de cereales de secano, pero dado el gran deterioro de sus suelos, para que ello ocurra deberá todavía transcurrir otro período largo de tiempo. Actualmente están volviendo a la comunidad algunas personas para dedicarse a la ganadería caprina; lo que demuestra que al recuperarse un poco el estado del recurso existe nuevamente interés por su explotación.

En este mismo contexto, en Yerba Loca, el recurso aún no se agota, y la población continúa en aumento; en Carquindaño las lluvias

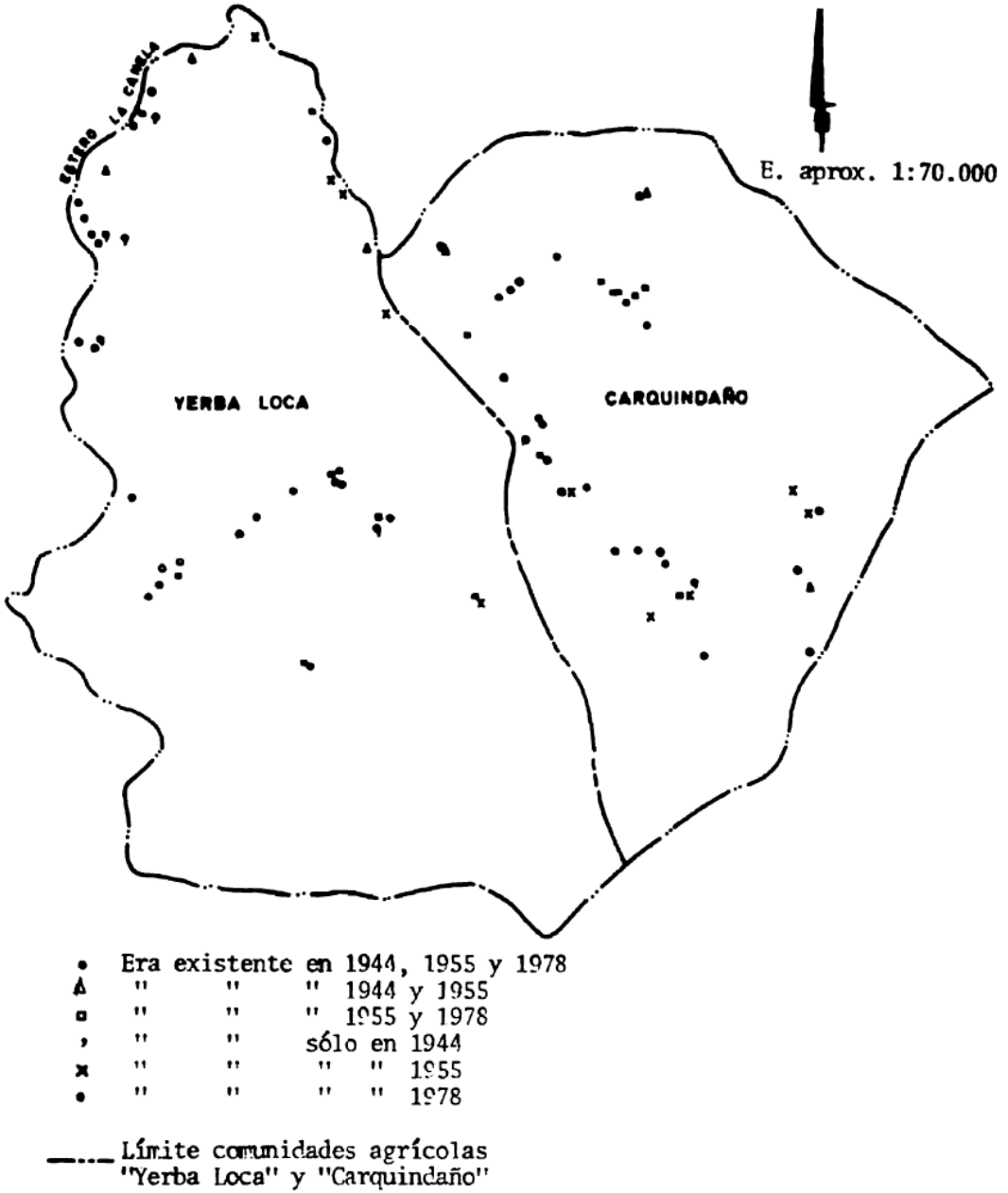


Figura 21. Distribución de las eras en las comunidades agrícolas "Yerba Loca" y Carquindaño", en los años 1944, 1955 y 1978.

se han ido degradando y la población ha comenzado a disminuir luego de llegar a un máximo hace 24 años. Aquí debe notarse que ambas comunidades tienen similar potencial agroecológico, sin embargo, han sido explotadas con criterios distintos, relacionados al parecer, con su grado de organización comunitaria.

En el caso de Huentelauquén, la existencia de sectores bajo riego ha resultado fundamental para evitar la emigración masiva luego de que la comunidad fue desertizada casi por completo; aquí debe destacar que actualmente todo el secano de esta comunidad es terreno de pastoreo utilizado fundamentalmente por caprinos, terrenos en los cuales, en parte, se intenta revertir el o los procesos que los condujo a coberturas vegetales inferiores al 10%, mediante la plantación de arbustos para pastoreo. Lamentablemente los terrenos que no fueron plantados sufrieron daños aún mayores, al incrementarse la presión de pastoreo por la exclusión durante 2 ó 3 temporadas de las zonas de plantación y al utilizarse estas plantaciones con un rebaño nuevo, incrementándose la carga animal total de la comunidad.

En el resto de los sitios estudiados sólo Cuesta la Viuda presenta terrenos dedicados a la cerealicultura de secano y aquí se puede verificar la estrecha relación entre la dinámica poblacional y la dinámica de utilización de los recursos. En esta área la superficie dedicada a "lluvias" disminuye en los dos sectores que se han diferenciado, Laguna Verde y Llanos de Combarbalá, pero mientras en el primero la población se mantiene sin variaciones y la superficie barbechada disminuye, se verifica entonces una fuerte presión sobre los terrenos de pastoreo, existiendo un cambio en las actividades humanas de sustentación. En el segundo sector por sobrecultivo de una gran "lluvia", éste ha ido desertizandose a una tasa de 2,8% sup./año.

2.2.3 Evolución de las dunas de Huentelauquén.

Mediante análisis comparativo de las fotografías aéreas Hycon-1955 y SAFCH30 1978 (período de 23 años) de la zona de desembocadura del Río Choapa en donde existe una importante zona de dunas, se pretende evaluar la dinámica y comportamiento de este proceso de desertización.

Se realizó una fotointerpretación de las áreas adyacentes a la desembocadura del río, delimitándose aquellas en las que se observó la existencia de arenas en superficie. Al no presentar estas zonas textura aparente debido a la ausencia de vegetación, aparece de color blanco en las fotos de 1955 y gris oscuro en 1978. Luego se procedió al traspaso a una misma escala, a fin de comparar la evolución con base a superficies homogéneas, se escogió para ello la escala 1:30.000 por corresponder a un nivel de resolución adecuado para visualizar los procesos existentes en esta zona.

La zona Huentelauquén presenta tres dunas importantes (figura 22): una al sur y dos al norte de la desembocadura del Choapa; de éstas, la duna sur, con orientación nor-noreste y la duna norte ubicada paralela al litoral con orientación norte no presentan cambios en cuanto a su superficie en el período de estudio considerado, mientras que aquella duna norte, con orientación nor-noreste, se presenta bastante dinámica, centrándose el análisis sobre ella.

En la figura 22 se puede apreciar la evolución de las superficies cubiertas por arenas, las que se diferencian en dos tipos: la duna y la zona de avance de la duna; correspondiendo en el primer caso a aquellas áreas completamente cubiertas por una estrata arenosa de profundidad variable cuya superficie presenta un relieve ondulado suave a fuerte (montículos aislados o unidos). Las zonas de avance son las áreas adyacente o no a la duna, en las que se aprecia el depósito de arenas superficiales sin llegar éstas a constituir una estrata continua, manteniéndose el relieve general de la zona.

En el cuadro 8 se presentan las superficies de cada duna y sus incrementos en el período 1955-1978.

Se aprecia que las tasas anuales de incremento tanto de la duna nor-noreste como de sus zonas de avance son similares, indicando esto que el proceso se encuentra en activo desarrollo, aun cuando la duna en 1978 avanzó un 40% sobre terrenos que no presentaban zona de avance en 1955; pero resulta difícil señalar una tendencia en la velocidad de este proceso al no contarse con otras fechas que pudiesen servir de comparación a las tasas observadas.

Tanto el desplazamiento de la duna como de la zona de avance de ella, se dirige principalmente hacia el poblado de Huentelauquén y "lluvias" cercanas a éste, indicando que la presión antrópica pasada y actual está influ-

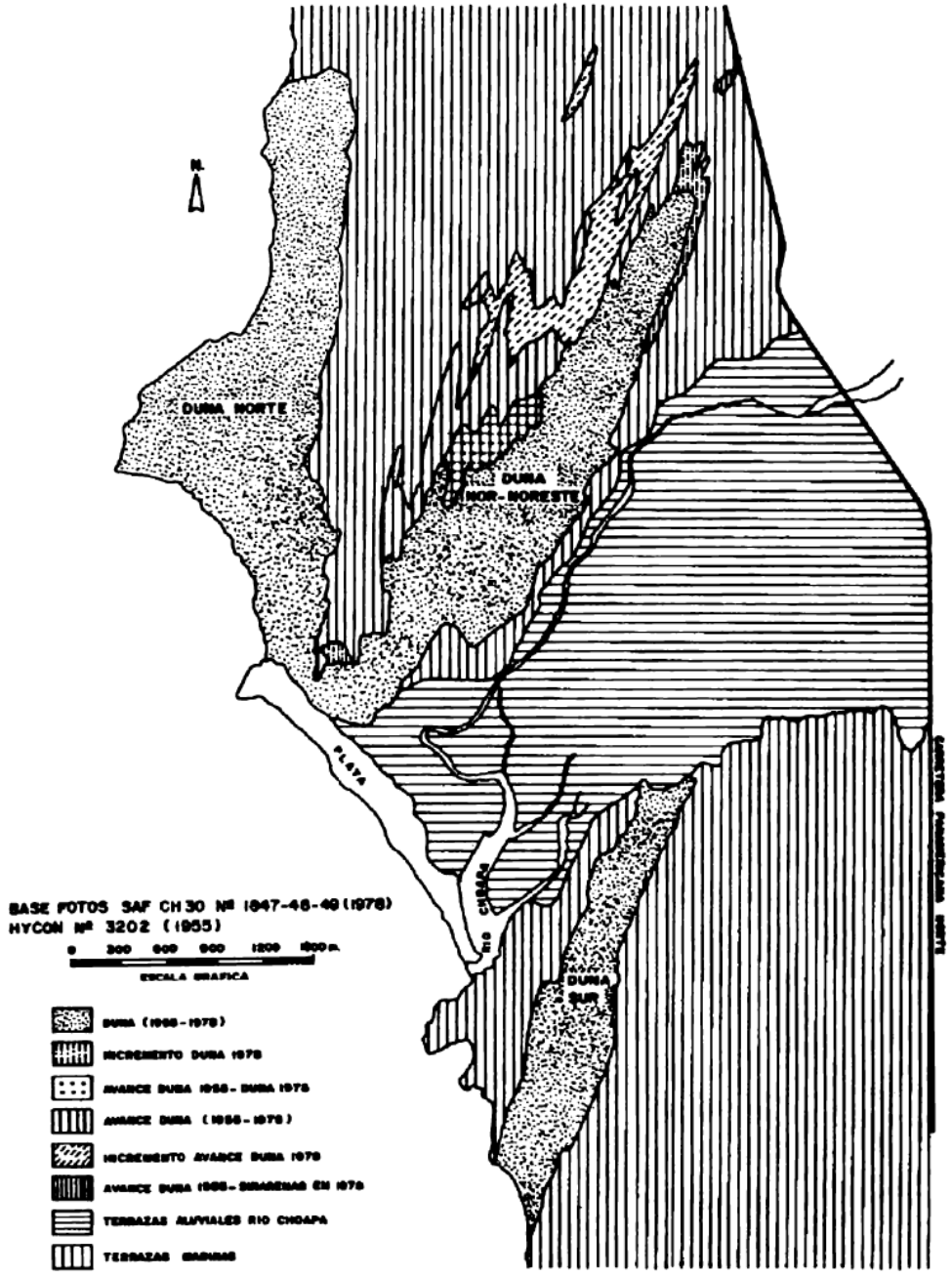


Figura 22. Evolución de las superficies cubiertas por arenas móviles en las dunas de Huentelauquén, Choapa, IV Región, entre los años 1955 y 1978.

Cuadro 8

Evolución de las dunas de Huentelauquén: período 1955-1978

	Superficie 1955 (ha)	Superficie 1978 (ha)	Incremento (%)	Tasa anual
Duna Sur	104,7	104,7	–	–
Duna Norte	242,7	242,7	–	–
Duna Nor-Noreste	188,9	216,9	14,8	1,22 há/año
Zona de Avance	65,1	91,8	41,0	1,16 há/año
TOTAL	601,4	656,1		

yendo directamente en el avance de las arenas, al no contarse con la barrera física que constituye la vegetación, la que ha sido eliminada para usos humanos y por sobre pastoreo y desmontes para habilitación de terreno de cultivo.

En este sentido se puede señalar lo significativo de la evolución de la duna nor-noroeste respecto a la estabilidad aparente de las dunas norte y sur, ya que el proceso de degradación general de la cubierta vegetal debiera afectar, sino igual, en alguna medida a las tres zonas, pero circunstancias topográficas particulares han frenado el avance de las arenas en las dunas que no evidencian evolución. La duna sur limita en su extremo norte y en la dirección del viento dominante con un canal de desague el que seguramente arrastra las arenas que puedan avanzar, llevándolas nuevamente al mar. La duna norte por su parte limita al norte con una quebrada, que en la época de las lluvias drena pequeños aluviones al mar, eliminando así las arenas que pudieran avanzar y hacia el este se encuentra bajo la terraza marina superior, barrera física que frena el avance de las arenas. En la duna nor-noreste las arenas no tienen ningún accidente topográfico importante que frene su avance.

Se puede concluir que las dunas de Huentelauquén se encuentran en activa evolución, restando suelos que, aunque de mediana a mala calidad, se pierden definitivamente para uso humano a una tasa de 1,22 ha /año, mientras que 1,16 ha /año comienzan a ser invadidos por las arenas, las que salvo medidas correctivas también serán completamente cubiertas por la duna.

Asimismo, se puede afirmar que el método de estudio empleado permite conocer la dinámica de la duna y en alguna medida las causas que influyen en ella.

2.2.4 Evolución del espinal de Vivanco.

La zona de Vivanco, ubicada al sur de Combarbalá por el camino que une esta ciudad con la de Illapel a través de la Cuesta del Espino, es una de las escasas áreas en donde una formación de espinos (*Acacia caven* (Mol.) Mol.)y Algarrobos (*Prosopis chilensis* (Mol) Stund. emend Burk.) aún sobreviven a la tala indiscriminada en la precordillera de la IV Región.

Para contar con algunos antecedentes respecto al estado y evolución en el tiempo de esta formación, se contabilizaron los árboles presentes en las fotos aéreas de 1955 y 1978 representándose luego a una escala similar (1:30.000) con el fin de visualizar los cambios ocurridos (figura 23).

En la figura 23 se aprecia que aun cuando la desaparición de árboles ha sido pronunciada, ésta ha ocurrido principalmente en la zona que en 1955 presentaba la mayor densidad sin que se evidencie un patrón claro de corta. Se asume así que no se ha efectuado una tala y desmonte con el propósito de habilitar terrenos para cultivo, sino más bien la corta "selectiva" de individuos con el fin de suministrar combustible y quizás madera (postes) para algunas construcciones en la zona.

En 1955, según las fotografías aéreas existían en el área 171 espinos y algarrobos y de estos en 1978 sólo permanecían 88 árboles, apareciendo en este período de 23 años sólo

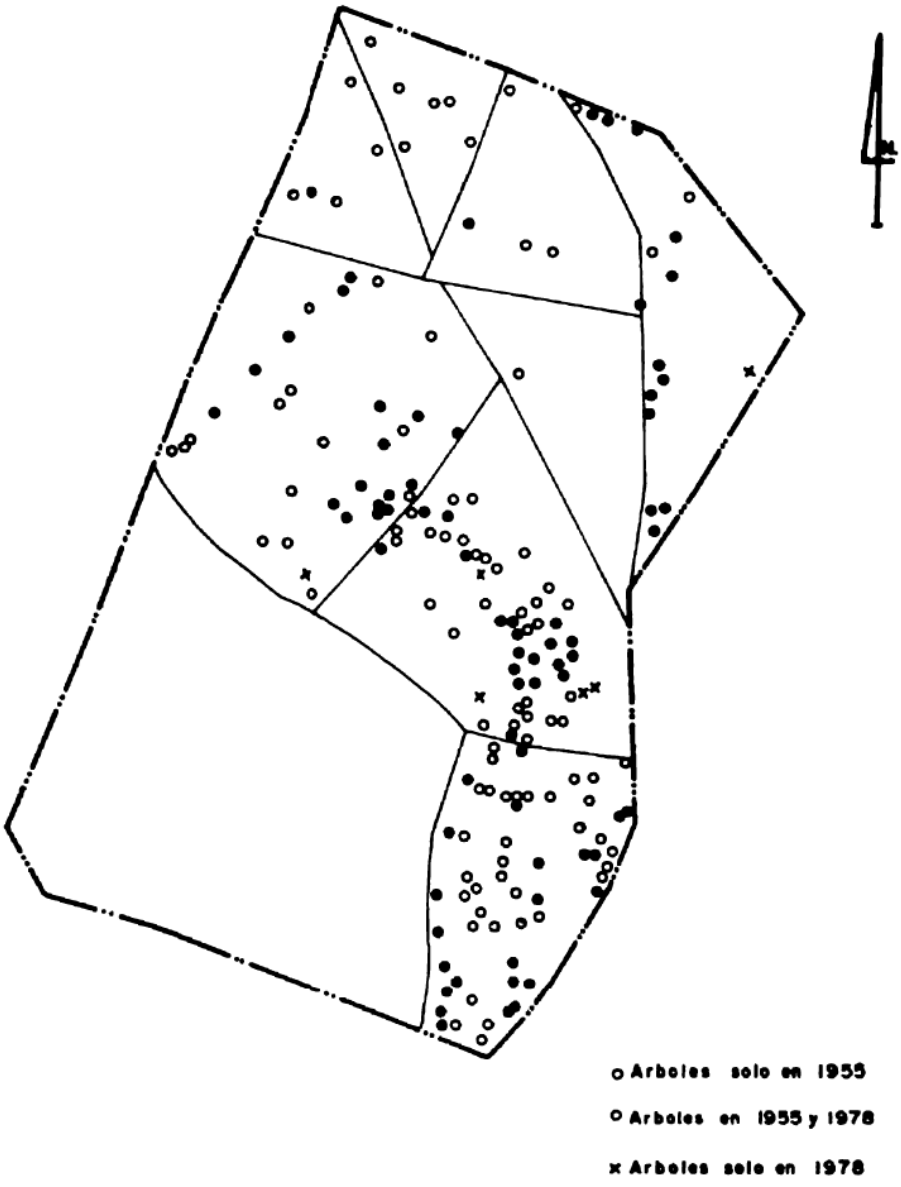


Figura 23. Evolución de espinos y algarrobos en la zona de Vivanco, Combarbalá IV Región, entre 1955 y 1978.

6 nuevos árboles. Estas cifras indican que se cortan o desaparecen 3,6 árboles/año mientras que la reposición es de sólo 0,25 árboles/año; de continuar este proceso de corta en 23 años más no se podrá hablar del "espinal de Vivanco" pues quedarán a lo sumo 16 árboles desapareciendo así lo que alguna vez fue o pudo ser un bosque de espinos y algarrobos.

CONCLUSIONES

Si se extrapolan los resultados obtenidos en la totalidad del área con potencial agropecuario de la IV Región, se puede estimar que más de 180.000 ha de la zona árida mediterránea de Chile han sido transformadas en desiertos totales. El proceso de desertización más agudo se observa en las comunidades agrícolas y en las cercanías de las áreas bajo riego, lo que tiene relación con la mayor densidad demográfica de dichos sectores.

Asimismo, se comprueba un grado avanzado de deterioro en la vegetación leñosa, la que no presenta estados adecuados de conservación, salvo ejemplares situaciones de manejo racional. Estas últimas se encuentran solamente en algunas grandes haciendas, lo que confirma la importancia de la modalidad de tenencia de la tierra en el desarrollo de los procesos de desertización, especialmente en relación con la densidad demográfica.

Globalmente se pueden diferenciar cuatro modos de dinámica de la desertización, en función de la intensidad y evolución de la presión antrópica. Los terrenos que no presentan rasgos de desertización corresponden a grandes haciendas en que se ha practicado desde siempre un manejo racional (Hacienda Cavilolen p.e.). Otras haciendas han conocido una fase importante de degradación, seguida de una buena recuperación. Esta última situación, corresponde en general, al paso de una intensa cerealicultura en terrenos planos y mesetas o terrazas marinas, a una explotación casi exclusivamente ganadera. Las más notorias recuperaciones se observan cuando se realizan trabajos de establecimiento de vegetación perenne, como la siembra de gramineas o introducción de arbustos forrajeros (Hacienda el Tangue p.e.).

En las comunidades agrícolas se presentan dos tendencias: sobreutilización de los recursos → abandono → recuperación o sobreuso permanente → degradación. En el primer caso, el abandono puede estar ligado a un agotamiento del recurso vegetal, lo que normalmente se ve acompañado por la disminución del recurso agua, o la desaparición de la principal actividad productiva (minoría p.e.). En el segundo caso la presión continua debido a: la cosecha de leña, sobrepastoreo caprino, desmonte para cultivo en áreas con topografía inadecuada y cultivo repetitivo de cereales y especias, lleva a una degradación cuya intensidad y reversibilidad están relacionadas con el nivel de organización comunitaria y la disponibilidad de agua. A mayor sentido comunitario menor desertización, y a mayor disponibilidad de agua, mayor desertización.

Se puede afirmar que la desertización por cultivo es activa en cada localidad donde se realizan siembras de secano, y que estas, históricamente han conducido a la degradación completa de sectores que ya no son aptos para esta actividad, y cuyo grado de reversibilidad parece mínimo, por lo menos con las técnicas tradicionales de explotación agrícola-ganadera de la zona árida chilena. En aquellos sectores que aún mantienen su productividad en niveles aceptables, de no realizarse prácticas conservativas y la redistribución de las zonas de cultivo y los terrenos de pastoreo, pronto se verá disminuida esta productividad.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY (ASP). 1960. Mannual of photografic interpretation. Menasha, U.S.A., Ed. George Banta. 868 p.

_____. 1975. Mannual of remote sensing. Florida, Ed. R.E. Greeves. V. 2. 1275 p.

BOYADGIEV T.G. 1981. Assessment and mapping of desertification. s.l., U.S.A., Soil resources, Management and Conservation Service. 62 p. dact.

CALDENTEY J. y PIZARRO J. 1980. Evaluación y zonificación de los recursos climáticos de la IV Región de Chile. Tesis Ing. Forestal. Santiago, Fac. Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales, Universidad de Chile. 197 p.

CASTRO M. 1983. Mecanismos de subsistencia en las comunidades "Carquindaño" y "Yerba Loca", comuna de Mincha, IV Región, Chile. Informe preliminar. Santiago, MAB-3/UNESCO, Universidad de Chile. 34 p.

CHATEAU E. 1887. Informe sobre la Provincia de Coquimbo, presentado al Supremo gobierno. Santiago, Imprenta Nacional.

ETIENNE M. y PRADO C. 1982. Descripción de la vegetación mediante la cartografía de ocupación de tierras. Santiago, Fac. Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales, Universidad de Chile. Ciencias Agrícolas Nº 10. 120 p.

ETIENNE M., CAVIEDES E., GONZALEZ C. y PRADO C. 1982 (a) Cartografía de la vegetación de la zona árida mediterránea de Chile, transecto I: Puerto Oscuro-Combarbalá-Ovalle-La Serena. Santiago. Terra Aridae 1 (1): 1-82.

ETIENNE M., GONZALEZ C. y PRADO C. 1982 (b) Cartografía de la vegetación de la zona árida mediterránea de Chile, transecto II: Los Vilos - Illapel - El Espino. Santiago. Terra Aridae 1 (2): 83-145.

ETIENNE M., CAVIEDES E., FAUNDEZ L. y PRADO C. 1983. Estudio de tres áreas pilotos en la zona árida mediterránea de Chile. I Comunidades agrícolas Yerba Loca y Carquindaño. Cartografía de la vegetación. Santiago. Informe UNESCO-MAB 34 p.

ETIENNE M., CAVIEDES E. y PRADO C. 1984a. Bases ecológicas para el desarrollo de la zona árida mediterránea de Chile. Elementos para una planificación a nivel regional. Montpellier Doc. CEPE/CNRS 69 p.

ETIENNE M., DEL PEDREGAL J. y ALVAREZ M. 1984b. Cartografía de la vegetación de la zona árida mediterranea de Chile, transecto III: Los Vilos - Coquimbo. Santiago Terra Aridae 3 (1): 1-91.

FLORET C., LE FLOC'H E., PONTANIER R. y ROMANE F. 1977. L'étude de cas sur la désertification région d'Oglat Merteba-Tunisie. Monographie présentée par le Gouvernement Tunisien à la Conférence des N.U. sur la Désertification, Nairobi. 143 p.

FLORET CH., LE FLOC'H E. y PONTANIER R. 1985. Une méthode d'étude de la désertisation: application au cas de La Tunisie. Santiago Chile, Fac. Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales, Universidad de Chile. Terra Aridae. En prensa.

GAJARDO R. 1977. Antecedentes para la fitogeografía histórica de las zonas áridas de Chile. Santiago, Primer Seminario Nacional sobre desertificación. Universidad Católica de Chile - ODEPLAN. 5 p.

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA). 1977. Etude de cas sur la desertificación Región de Combarbalá. Nairobi, Kenya, Conférence des Nations Unies sur la desertification. 169 p.

LE HOUEROU H.N. 1975. The nature and causes of desertification. In. Cambridge meeting of desertification. s.l. pp. 9-24.

LIRA L. 1978. El uso y manejo de la vegetación natural como indicador de impacto ambiental. In. Curso seminario Metodologías para el desarrollo de zonas en desertificación. Tema 4, El desarrollo. La Serena, Chile. p. irr.

LONG G. 1978. Désertification au plan mondial et dans la région méditerranéenne. Montpellier, Francia. Ecotheque méditerranéenne du C.N.R.S. p. irr.

LONG G. ETIENNE M. y CAVIEDES E. 1978. Bases ecológicas para el desarrollo de los terrenos de pastoreo y de la agricultura de las zonas áridas de Chile. Proposición de un programa de investigación, Fac. Agron. Univ. de Chile, mimeog.

MARGALEFF R. 1977. Ecología. Barcelona, Ed. Omega S.A. 951 p.

SCHMIDTMEYER P. 1824. Travels into Chile over Andes in the years 1820 and 1821. 135 p. London.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). 1981. Provisional methodology for desertification assessment and mapping. Land and Water Development Division, Soil Resources, Management and Conservation Service. 55 p.

VERUETTE F. 1967. Notas sobre fotogrametría y fotointerpretación. Caracas, Instituto Agrario Nacional. 68 p.

ZUÑIGA J. 1972. La emigración rural en la provincia de Coquimbo (Chile). Estudios y Documentos Nº 16: 1-95. ILDIS, Santiago.