

SERIE

FO: DP/CHI/83/017
DOCUMENTO DE TRABAJO Nº 16

INVESTIGACION Y DESARROLLO DE AREAS SILVESTRES EN ZONAS ARIDAS Y SEMIARIDAS

CORPORACION NACIONAL FORESTAL

PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO

ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS
PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION



METODOLOGIA PARA DETERMINAR PRIORIDADES
DE MANEJO EN CUENCAS HIDROGRAFICAS

Andrés Inoué A.
Jorge Gayoso A.

SANTIAGO - CHILE
1988

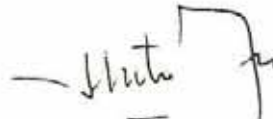
FAO/RLAC # 203771

PROLOGO

Este documento es uno de los logros del contrato 11/FODO, titulado "Estudio de las prioridades de manejo de las cuencas hidrográficas de la I a VII Región" firmado entre el Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/83/017 de Investigación y Desarrollo de Areas Silvestres en Zonas Aridas y Semiáridas, y la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Austral de Chile.

En este documento se pone a disposición de los profesionales del área la "Metodología para determinar prioridades de manejo en cuencas hidrográficas".

El Proyecto agradece a los investigadores Sres., Andrés Inoumé A., y Jorge Gayoso A., por el trabajo realizado.



JAIME LATORRE ALONSO
DIRECTOR

PROYECTO CONAF/PNUD/FAO-CHI/83/017

RESUMEN

En este documento se incluye la metodología para jerarquizar unidades hidrológicas, además de los resultados que arrojó este método para las cuencas existente entre la I y VII Región del país, como también la descripción de otros procedimientos para alcanzar la jerarquización.

SUMMARY

The document described a methodology for ranking and assigning priority to the principal watersheds in Regions I to VII of Chile. A description is also given of the application of the methodology and the results obtained.

INDICE

Pág.

PROLOGO

RESUMEN

1. INTRODUCCION.....	1
2. METODO DE JERARQUIZACION.....	2
2.1 Criterios Generales.....	4
2.2 Selección de Parámetros.....	6
2.3 Análisis de Parámetros.....	7
2.4 Coeficiente de Ponderación de los Criterios y Parámetros Seleccionados.....	15
2.5 Inventario de los Parámetros y Componentes.....	18
2.6 Determinación de los Valores Indices.....	22
2.7 Jerarquización y Asignación de Prioridades.....	25
2.8 Análisis de Sensibilidad.....	25
3. RESULTADOS DE JERARQUIZACION Y DETERMINACION DE CUENCAS PRIORITARIAS.....	25
3.1 Jerarquización de las Cuencas Hidrográficas.....	26
3.2 Determinación de las Cuencas Prioritarias.....	27
3.3 Análisis de Sensibilidad.....	28
4. OTROS PROCEDIMIENTOS PARA ALCANZAR JERARQUIZACION.....	30
5. BIBLIOGRAFIA.....	42
6. ANEXOS.....	53-62

CUADROS

Cuadro N°1 Parámetros seleccionados.....	6
Cuadro N°2 Capacidad embalsada en cuenca mayores a 200 km2.....	8
Cuadro N°3 Producción de Energía eléctrica en Chile.....	10
Cuadro N°4 Inventario de Componentes.....	19
Cuadro N°5 Valor índice componentes.....	23
Cuadro N°6 Calificación de los Proyectos identificados.....	32
Cuadro N°7 Criterios utilizados para jerarquizar Cuencas Hidrográficas.....	39

INTRODUCCION

En general, los proyectos de gestión de cuencas hidrográficas requieren para su implementación de importantes recursos. En el caso de los países en vías de desarrollo, debido a las limitaciones económicas y de personal disponible y capacitado, es prácticamente imposible que éstos lleguen a manejar simultáneamente todas las cuencas. Se hace entonces necesario contar con metodologías que permitan seleccionar las cuencas prioritarias y suministrar a los planificadores y a quienes tienen el poder de decisión, los procedimientos que permitan distribuir más adecuadamente los escasos recursos destinados a la gestión de cuencas.

El nivel de prioridad para una misma cuenca puede variar dependiendo de las distintas alternativas de manejo. En algunos casos, las cuencas prioritarias pueden corresponder, por ejemplo, a las áreas donde el recurso agua es una limitante para el desarrollo mientras que en otros, a aquellas con mayor frecuencia de ocurrencia de crecidas e inundaciones. Sin embargo, cualquiera sea el esquema de manejo, las cuencas deben compararse con el propósito de efectuar una jerarquización de ellas. La selección de las alternativas prioritarias provendrá de aquellas cuencas ubicadas en los primeros lugares de la jerarquización.

KENDALL (1948) define la jerarquización como un arreglo ordenado de individuos de acuerdo a alguna cualidad que todos ellos posean en un grado variable. La jerarquización puede ser relativamente sencilla si la cualidad usada para compararlas puede representarse mediante un criterio, parámetro, o característica. Sin embargo, en el caso de cuencas hidrográficas es en general un proceso difícil ya que debe considerarse un gran número de variables. El problema es aún más complejo cuando las variables o características usadas para las comparaciones se miden en unidades diferentes, o cuando alguna o todas ellas provienen de consideraciones subjetivas. Tal es el caso por ejemplo, al incluir en la evaluación de proyectos además de objetivos económicos otros como valor estético o conservación. Por otra parte, la asignación de prioridades puede diferir entre los distintos grupos u organismos relacionados con los procesos de toma de decisiones (ALBRECHT, 1979). Para un esquema dado de manejo algún grupo puede tender a dar mayor importancia, por ejemplo, al desarrollo económico mientras que otro puede preferir una orientación más conservacionista o proteccionista de los recursos.

2. METODO DE JERARQUIZACION

El método que se propone para la jerarquización consiste en la construcción de un índice que represente las condiciones físicas, sociales y ecológicas de las cuencas hidrográficas. Para determinar el índice, se combinan diversas características de las cuencas para producir un único, o al menos un número reducido de valores numéricos. Estos valores numéricos compuestos o derivados se utilizan posteriormente para comparar, jerarquizar y asignar las prioridades a las cuencas hidrográficas. Esta técnica se usa frecuentemente en evaluaciones con múltiples objetivos para agregar factores medidos en unidades diferentes. Es especialmente útil para reducir tanto la escala como la complejidad de un sistema, hasta proporciones que puedan manejarse con los recursos, información y tiempo disponibles (McKEE, 1979; LARSON, 1979).

Todos los índices condensan información, y en este proceso se puede producir una reducción o pérdida de resolución, variabilidad y heterogeneidad del sistema. Sin embargo esta situación puede ser aceptable si el índice mide o refleja adecuadamente los objetivos que se intenta que represente (McKEE, 1979; HOLLIICK, 1981).

Los principales problemas en la construcción de un índice para priorizar cuencas hidrográficas son los siguientes:

1. Selección de criterios y variables para representar las cuencas hidrográficas.
2. Combinación de variables en unidades diferentes.
3. Establecimiento del peso o importancia relativa de cada variable frente a las demás, y,
4. Selección del modelo para combinar las variables y obtener un valor índice para cada cuenca.

El siguiente ejemplo permite ilustrar los problemas que existen en el proceso de agregar información:

<u>Variable</u>	<u>Cuenca 1</u>	<u>Cuenca 2</u>
Superficie (Ha)	40.000	20.000
Población	550	1.250
Número de cauces	60	40
Totales	40.610	21.290

En el ejemplo, puede ser discutida la inclusión de superficie, población y número de cauces en el grupo de variables utilizadas para comparar las cuencas 1 y 2. Otras pudieron haberse considerado ya que

por una parte, no todas las personas representan un sistema mediante el mismo grupo de variables (FULLERTON, 1979), y por otras, las variables seleccionadas dependen del o de los criterios que se utilicen para realizar las comparaciones.

Debido a esta situación, la información relativa a un grupo particular de variables debe también incluir una descripción de la relación de éstas con otras variables que pueden ser igualmente o más atractivas a otros grupos de interés. La selección debe considerar, entre otros, cuáles variables y con que grado de precisión están siendo medidas, cuál es la posibilidad de transformarlas en valores índice, cuál es el nivel mínimo de información que se requiere para satisfacer a los diferentes grupos de interés, y cuál es la importancia de cada variable para interpretar y pronosticar la dinámica del sistema. Determinar el número de variables que se debe considerar es muy difícil, ya que una sola no representará ni reflejará adecuadamente todas las alternativas. Sin embargo, demasiadas, presentarán dificultades en manejarlas, medirlas, combinarlas, etc (FULLERTON 1979; NEUHOLD, PORCELLA and INNIS, 1979).

La imposibilidad de combinar variables medidas en unidades diferentes resulta evidente al comparar ambas cuencas utilizando los valores totales. Estos no son una evidencia válida que permita asignarle a la cuenca 1 una mayor prioridad que a la cuenca 2. Cualquier variable medida en números grandes, como es el caso de la variable superficie, domina la comparación. Además una segunda dificultad es el hecho que la posición en la jerarquización puede cambiar con una transformación lineal del valor de una variable. Por ejemplo, si la superficie de las cuencas se transforma desde hectáreas a kilómetros cuadrados, este valor cambia a 400 para la cuenca 1 y a 200 para la cuenca 2. Los valores totales cambian entonces a 1010 para la cuenca 1 y a 1490 para la cuenca 2. Una simple transformación en las unidades invierte el orden aparente de la comparación entre las cuencas del ejemplo.

Para poder combinar variables medidas en unidades diferentes, los valores de éstas deben transformarse de las escalas cardinales a escalas ordinales comunes (SINDEN and WORRELL, 1979; OLAYA, 1985).

El peso o importancia de cada variable frente a las demás del grupo debe también analizarse. Si en el ejemplo la variable más importante para determinar el valor de las cuencas fuese el número de cauces, a ésta debiera asignársele una mayor ponderación.

Dependiente de la importancia relativa asignada a las variables, el valor del índice calculado para cada alternativa y por lo tanto, la posición de éstas en la jerarquización cambiarán. Por este motivo es generalmente útil aplicar un procedimiento que use un rango de pesos, dando mayor importancia a unas y luego a otras variables. El número de estas posibilidades es grande y sólo las más relevantes deben considerarse. Por cada grupo de posibles pesos se puede definir una jerarquización de las cuencas y para las diferentes jerarquizaciones habrá un cierto número de ellas que se ubicarán en los primeros

lugares. Estas podrán considerarse con mayor seguridad como las alternativas prioritarias (McGAUGHEY, 1980).

Sin embargo, la asignación de pesos o ponderaciones es un aspecto difícil en la construcción de índices ya que, por una parte, no existen reglas específicas ni procedimientos fijos para hacerlo, y por otra, las variables pueden ser ponderadas en forma diferente por las distintas personas o grupos de interés, y todas estas preferencias pueden ser igualmente válidas (ALBRECHT, 1979; FULLERTON, 1979; LARSON, 1979). Por este motivo, un procedimiento adecuado para solucionar en parte este problema es obtener las ponderaciones de diferentes expertos o personas relacionadas de algún modo con el proyecto que se está evaluando. En este caso, se debe diseñar o usar un método que permita extraer las opiniones de los expertos, y tal vez el mejor método para hacerlo es una técnica grupal (McGAUGHEY, 1980).

La técnica elegida es la conocida con el nombre de método Delphi, el cual consiste en presentar a los expertos una serie de cuestionario donde éstos pueden plantear sus opiniones respecto al problema que está siendo analizado y eventualmente cambiarlas en función de las opiniones y de los antecedentes aportados por los demás. Este procedimiento iterativo termina cuando las opiniones personales no sufren modificaciones. En el caso de no haberse alcanzado un consenso absoluto, se procede a la determinación de los coeficientes por medio del promedio ponderado. Esta última ponderación se refiere a considerar la importancia relativa de cada participante, dependiente principalmente de su nivel de especialización (LINSTONE and TUROFF, 1975; MELNICK y GUTIERREZ, 1982).

El último problema en la construcción de índices es la definición del modelo a usar para combinar las variables. En el caso del ejemplo, la comparación se realizó sumando los valores índices de cada variable. Sin embargo, el valor del índice final, y no la posición de las alternativas en la jerarquización, puede cambiar si éstos se multiplican.

Los modelos más comunes para calcular el valor del índice son la suma y el producto ponderado de las variables (LARSON, 1979), siendo el primero de ellos el que se utiliza en la mayoría de los casos (IROUME, 1986).

2.1 Criterios Generales.

La identificación de los criterios generales que permiten seleccionar los parámetros para representar las características de las unidades de estudio, y proceder a jerarquizarlas, proviene del análisis del primero de los objetivos del estudio. Se puede determinar que las comparaciones entre las unidades deben considerar:

- a) La existencia de procesos de degradación en las cuencas y de fenómenos torrenciales en los cauces.

b) Los bienes presentes en las cuencas que son de interés proteger, los que pueden verse afectados por la degradación de los recursos y por la ocurrencia y magnitud de fenómenos torrenciales.

Las consideraciones anteriores hacen posible identificar los siguientes criterios generales:

2.1.1 Evaluación de los daños potenciales.

Este criterio permite representar los bienes existentes en las cuencas que son susceptibles de ser afectados por la ocurrencia y magnitud de fenómenos erosivos y torrenciales, y que son de interés proteger. Se consideran para cada cuenca:

- centros poblados ubicados a orilla de cauce
- áreas de alto valor agropecuario
- embalses de regulación
- centrales hidroeléctricas
- red vial

2.1.2 Evaluación del riesgo de ocurrencia de fenómenos destructivos

Para evaluar el riesgo se analiza la ocurrencia histórica de:

- inundaciones
- crecidas
- deslizamientos

2.1.3 Interpretación y pronóstico de la dinámica de los fenómenos erosivos y torrenciales (evaluación del peligro).

La situación de degradación de las cuencas y de torrencialidad en los cauces, es el resultado de una combinación de condiciones climáticas, geomorfológicas y telúricas de las cuencas (CONAF, 1982 b) y del impacto de la presencia del hombre y del manejo y uso que éste hace de los recursos existentes en ellas. Por este motivo se consideran características tales como:

- clima
- morfología
- tamaño
- aptitud de los suelos
- uso actual de los suelos
- nivel de cobertura vegetal
- nivel de erosión
- impacto de la densidad de población

Los criterios de evaluación de daños potenciales, del riesgo y del peligro han sido utilizados en otros estudios, también para la asignación de prioridades de protección (JULIO, PAREDES, IROUME y GIROZ, 1980).

2.2 Selección de Parámetros

Considerando la información disponible, se seleccionaron los siguientes parámetros que permiten representar las condiciones de las cuencas hidrográficas para cuantificar los criterios generales:

CUADRO N° 1

Parámetros Seleccionados

PARAMETRO	CONJUNTO DE COMPONENTES
1. Población afecta a daños por crecidas e inundaciones	Número total de habitantes en centros poblados a orilla de cauces
2. Tierras de alto valor agropecuario	Superficie regada
3. Embalses de regulación	Capacidad regulada
4. Red vial	Longitud total de caminos
5. Hidroelectricidad	Potencia instalada Generación media anual
6. Inundaciones	Superficie inundable
7. Crecidas	Relación entre caudales máximos instantáneos y caudales medios mínimos
8. Deslizamientos	Frecuencia de deslizamientos
9. Sobreuso del suelo	Índice de fragilidad de los ecosistemas
10. Deterioro del ambiente asociado a la densidad de población	Densidad de población
11. Precipitación	Precipitación media anual Concentración de precipitación
12. Tamaño	Superficie total de la cuenca

2.3 ANALISIS DE LOS PARAMETROS SELECCIONADOS

2.3.1 Población afecta a daños por crecidas e inundaciones

Este parámetro representa parte de los valores existentes en las cuencas y que son de interés proteger.

Las crecidas e inundaciones que se producen por condiciones naturales, y cuya magnitud y frecuencia puede aumentar debido a una degradación generalizada en las cuencas, afectan severamente los centros poblados ubicados en las orillas de los cauces y en áreas inundables. Aunque no se disponga de datos para una evaluación económica, se puede prever que cuanto más numerosa es la población que vive en las zonas inundables, mayores serán los daños potenciales de las inundaciones (NACIONES UNIDAS, 1977).

En nuestro país, son justamente las áreas con más población ribereña las que sufren en mayor medida los efectos de crecidas e inundaciones. Tal es el caso de las regiones V, Metropolitana y VI donde, por ejemplo, en el año 1986 se concentró el 78,8 y 85,6 por ciento, respectivamente, del total de personas damnificadas y de viviendas dañadas debido a la ocurrencia de estos fenómenos (Fuente: ONEMI). Esta misma situación se observó en dos oportunidades en 1987. Durante julio de ese año, entre las regiones IV y VII el número total de damnificados alcanzó a más de 100.000 personas, y en agosto a cerca de 85.000.

Las cuencas con mayor población concentrada a orilla de cauces deben considerarse prioritarias.

2.3.2 Tierras de alto valor agropecuario

El total de terrenos cultivables es poco más de 11 millones de hectáreas, que representan un 14,6 por ciento de la superficie total del país. Entre las regiones I a VII, la superficie bajo riego es poco menos de 1,2 millones de hectáreas, que representan el 83,3 por ciento del área regada del país (IREN, 1973; IROUME y GAYOSO, 1987 a).

Especialmente en zonas áridas y semiáridas, las áreas regadas son las tierras de mayor valor agropecuario. Las condiciones climáticas unidas a la disponibilidad de agua, permite el desarrollo de cultivos de diferente naturaleza. Sin embargo, debido a que están generalmente ubicadas en las terrazas aluviales de los valles, están expuestas a daños debido a crecidas e inundaciones. Por ejemplo, CONAF (1983b) reporta la pérdida, en los valles de Lluta, San José, Vitor y Camarones en la I Región, de un total de 280 ha. de superficie agrícola originada por crecidas con un período de retorno de 50 años. Por otra parte, en la cuenca del río Huasco, se perdió un total de 1.200 ha. debido a una crecida extraordinaria en los años 1906-1907 (KLOHN, 1972). En las cuencas de los ríos Tinguiririca y Cachapoal, formadores del río Rapel, más de 4.000 hectáreas de tierras de cultivos

se vieron severamente afectadas durante las crecidas de los meses de julio y agosto de 1987.

Se considera que las cuencas con mayor prioridad son aquellas con mayores superficies regadas.

2.3.3 Embalses de regulación

La escasez de agua es una característica de zonas áridas y semiáridas, cuya disponibilidad desempeña un papel especialmente importante en relación con las posibilidades de asentamiento y actividad humana (KLOHN, 1972). La regulación de los excedentes que se producen en años y meses húmedos permite su utilización, tanto para uso potable como para riego y generación hidroeléctrica, en períodos de déficit.

En las dos primeras zonas hidrográficas, el principal uso de los embalses de regulación es asegurar el abastecimiento para riego. A partir de la tercera zona, los embalses son de uso múltiple (riego y generación) o, como es el caso del embalse Rapel, sólo para generación. Entre la I Región y la hoya del río Maule, la capacidad embalsada en cuencas mayores a 200 km², se presenta en el Cuadro Nº2. A la capacidad actualmente embalsada deberá agregarse en el futuro la capacidad de los embalses El Toro y Los Angeles, que forman parte de los proyectos de riego de las cuencas de los ríos Huasco y Aconcagua - La Ligua - Petorca.

En los ríos y quebradas del extremo norte, que están expuestos a crecidas extraordinarias provenientes de las lluvias altiplánicas, hay disponible un potencial regulable. Sin embargo, la magnitud de estas crecidas requiere disponer de elementos de seguridad desproporcionadamente grandes para la pequeña capacidad de los posibles embalses. Por lo tanto, el costo de sus vertederos resulta demasiado alto comparado con el beneficio que se espera (NIEMEYER y CERECEDA, 1984).

CUADRO Nº 2

Capacidad embalsada en cuencas mayores a 200 km²

Fuente: IROUME y GAYOSOS, 1987a.

ZONA	CAPACIDAD	ENBALSADA	SEGUN	USO	(m ³ x 10 ⁶)
HIDROGRAFICA	RIEGO	RIEGO Y GENERACION	GENERACION	GENERACION	TOTAL
Primera	64	0	0	0	64
Segunda	1 165,26	0	0	0	1 165,26
Tercera	1 289,7	2 960	433	433	4 682,7
TOTAL	2 518,96	2 960	433	433	5 911,96

Los embalses, especialmente los ubicados sobre los cauces principales, son severamente afectados por la degradación de las cuencas y la torrencialidad de los cursos de agua. El embancamiento, producto del depósito de los caudales sólidos arrastrados por las aguas, disminuye la vida útil poniendo en peligro el aprovechamiento de un recurso escaso.

Debido a la importancia de estas obras hidráulicas, se considera que debe asignarse una mayor prioridad al manejo de las cuencas que poseen una mayor capacidad embalsada.

2.3.4 Red vial

El desarrollo de sectores tales como el agropecuario, industrial y minero sólo es posible con el desarrollo de una infraestructura vial de apoyo. Las vías de comunicación asociadas al transporte terrestre ponen en contacto las áreas de producción con las de consumo (OLAYA, 1985).

En el país, la red vial se interrumpe frecuentemente debido a crecidas, inundaciones y deslizamientos (IROUME y GAYOSO 1987a), causando problemas al tránsito y afectando negativamente a la economía. Importantes inversiones deben realizarse para reparar y reconstruir los tramos dañados. La situación más reciente corresponde a la ocurrida durante los meses de julio y agosto de 1987, donde las crecidas e inundaciones cortaron 134 caminos y destruyeron 56 puentes (Fuente: ONEMI).

Por estos motivos, las cuencas con mayor longitud total y densidad de caminos se consideran prioritarias

2.3.5 Hidroelectricidad

En países donde los combustibles fósiles son escasos o no existen, la hidroelectricidad se convierte en un recurso indispensable (OLAYA, 1985).

En Chile, en el año 1985, la energía hidráulica representó poco menos del 74 por ciento de la generación de electricidad, tal como se puede apreciar en el Cuadro N°3. Debido a que la producción nacional de petróleo tiende a disminuir, las necesidades futuras de energía eléctrica deberán satisfacerse principalmente a través de un mayor uso de carbón y de energía hidráulica. Esta última presenta ventajas debido al hecho de ser renovables, especialmente si se protegen las cuencas hidrográficas, ya que el potencial hidroeléctrico que tiene el país está lejos de ser sobrepasado. En relación a esto último, se puede indicar que en 1985, se encontraba en explotación sólo el 10,1 por ciento del potencial hidroeléctrico técnicamente utilizable del país (ENDESA, 1985).

CUADRO Nº 3

Producción de energía eléctrica en Chile. Fuente: ENDESA, 1985

FUENTE	ENERGIA ELÉCTRICA (TWh)	PORCENTAJE DEL TOTAL
Hidrocarburos (petróleo diesel y combustible, gas licuado y natural)	1,33	9,5
Carbón	1,98	14,1
Desechos de la madera	0,37	2,6
Hidroelectricidad	10,36	73,8
TOTALES	14,04	100,0

(1 TWh = 10^{12} Wh)

Entre la I y VII Región, hasta la cuenca del río Maule, en ese mismo año estaban en explotación 1.337,1 miles de kw, siendo el potencial no aprovechado en esa zona de 3.898,8 miles de kw. De este potencial aún no aprovechado, poco más del 96 por ciento está disponible en el área comprendida entre la ciudad de Los Vilos por el norte y la cuenca del río Maule por el sur. Esta zona es la más densamente poblada del país, la más industrializada y en general, la de mayor demanda actual y futura (ENDESA, 1985).

Se puede destacar, además, que actualmente se encuentran en construcción las centrales Alfalfal, de 135 MW, y Pehuenche, de 500 MW de potencia, ubicadas en las cuencas de los ríos Maipo y Maule, respectivamente.

Para el cálculo del parámetro hidroelectricidad, se considera tanto la potencia instalada como la generación media anual en cada cuenca. A las cuencas con mayores potencias y generaciones se les asigna una mayor prioridad.

1.3.6 Inundaciones

Entre los numerosos problemas con que se enfrentan los países están los relacionados con los riesgos de inundaciones. La ocupación de las llanuras inundables, que son generalmente lugares atractivos para diversas actividades humanas, puede resultar costosa y provocar desastres. Cada cierto tiempo los ríos desbordan causando una elevada cantidad de daños en las propiedades, pérdidas de ingresos e incluso

pérdidas de vidas humanas (NACIONES UNIDAS, 1977).

En Chile, en el período de 12 años comprendido entre 1974 y 1985, 238 personas murieron, 1064 resultaron heridas y 96 desaparecidas, como resultado de los desbordes de los cauces. De estas cifras, el mayor porcentaje se concentra entre las regiones IV y VII (Fuente: ONEMI).

Por otra parte, entre las regiones I a VII, un total cercano a 2,5 millones de hectáreas están afectas a riesgos de inundación (ONEMI, 1980).

A pesar de todas las pérdidas sufridas, las inundaciones no han hecho que cese el asentamiento humano ni la utilización de las llanuras inundables. Por el contrario, las actividades humanas han ido concentrándose en forma creciente en dichas zonas (NACIONES UNIDAS, 1977). Tal es el caso, por ejemplo, de la ciudad de Santiago, que en 1985 ocupaba un área urbana consolidada de 41.000 hectáreas, habiendo duplicado su extensión desde 1960.

Debido a la importancia de los daños causados por las inundaciones, se consideran prioritarias aquellas cuencas que históricamente han presentado mayores áreas inundables.

2.3.7 Crecidas

La magnitud y frecuencia de los caudales de crecidas, producto de las lluvias y deshielos, provoca daños severos a lo largo del cauce.

Los caudales afectan núcleos urbanos, puentes y vías de comunicación terrestre. Los volúmenes de sólidos arrastrados por las aguas entarquinan embalses reguladores, embancan cauces y crean problemas en puentes y en la navegación fluvial debido a la sedimentación en los estuarios (FAO, 1974).

En aquellas cuencas, donde además de producirse una rápida concentración de aguas en los cauces, existe material detrítico disponible para ser transportado y pendiente del cauce pronunciadas, las crecidas pueden transformarse en corrientes de barro. Debido a su gran peso, volumen y velocidad, éstas poseen una enorme fuerza destructiva. En Chile, la Cordillera de Los Andes entre los paralelos 27° y 33° de latitud sur, es la zona más peligrosa del país por la alta intensidad de las corrientes de barro (GOLUBEV, 1969).

La representación del parámetro crecidas se realiza expresando la diferencia entre los caudales máximos instantáneos y medios mínimos históricos, como porcentaje de los últimos. De esta forma se manifiesta la importancia de los caudales de crecidas frente a los escurrimientos de aguas bajas.

A la cuencas con mayores valores de este indicador se les asigna una mayor prioridad.

2.3.8 Deslizamientos.

Los deslizamientos y otras manifestaciones de movimientos masivos de tierra se producen debido a la acción combinada sobre una misma área, de características como presencia de rocas friables, sismicidad, régimen pluvial y topografía (OLAYA, 1985). En áreas susceptibles a la remoción en masa, la deforestación, el sobrepastoreo, la explotación de minerales y los cortes de carreteras, entre otros, tienden a agravar este fenómeno.

Entre las regiones I a VII, las causas naturales más importantes en la generación de deslizamientos son las lluvias y los deshielos, que han originado el 60 por ciento del total de eventos producidos entre 1911 y 1983. Los sismos y faenas mineras, por su parte, contribuyen con el 11 y 10 por ciento, respectivamente (IROUME y GAYOSO, 1987a).

La remoción en masa, además de constituir un peligro directo para la seguridad de vidas humanas y obras civiles, también afecta negativamente áreas situadas aguas abajo (OLAYA, 1985).

Aún cuando no se disponga de información respecto al volúmen de los deslizamientos, el número de estos eventos puede utilizarse para representar el grado de importancia de los procesos de reordenamiento geomorfológico que permanentemente se producen en las cuencas hidrográficas.

Por estos motivos, las cuencas con mayor frecuencia de deslizamiento se consideran prioritarias.

2.3.9. Sobreuso del suelo.

El uso inadecuado de los terrenos y de la cubierta vegetal genera degradación en las cuencas.

Es así como, por ejemplo, las prácticas agrícolas en suelos de aptitud forestal y ganadera explica en parte el deterioro de extensas áreas ubicadas en las planicies costeras y en la Cordillera de la Costa de las regiones IV a VII, y en las cuencas del valle central de la VII Región (IREN, 1979). El sobrepastoreo, especialmente de caprinos, al destruir la vegetación y compactar los suelos favorece el escurrimiento superficial y los procesos erosivos. Esta situación es especialmente severa en la cuenca del río Elquí, donde en 1965 se concentraba el 40 por ciento de la población de caprinos del país (FAO, 1974).

El no manejo de los suelos y de la vegetación ha degradado extensas áreas de nuestro país. De un total levemente superior a los 15 millones de hectáreas estudiadas por IREN (1979) entre las regiones I a VII, más del 43 por ciento presenta niveles de erosión grave y muy grave. La situación es especialmente delicada en la III Región, que

concentra más del 66 por ciento (correspondiente a un millón de hectáreas) de la superficie afecta a un nivel de erosión muy grave.

Por otra parte, el 93,1 por ciento de la superficie estudiada por IREN (1979) entre las regiones I a VII presenta una cobertura vegetal insuficiente. De este porcentaje, la III Región concentra el mayor grado de deterioro de la vegetación. Desde la V Región al sur, la situación cambia, predominando los suelos con cobertura suficiente.

El parámetro sobreuso se cuantifica utilizando el índice de fragilidad de los ecosistemas naturales de Chile, determinado por IREN (1979). El autor define fragilidad como la susceptibilidad de los ecosistemas a deteriorarse, producto de un desequilibrio entre las variables geomórficas, climáticas y vegetacionales que los conforman, y del uso que de ellos se hace.

Puesto que la escala de este parámetro está direccionada negativamente, a aquellas áreas con los menores valores del índice les corresponde una mayor fragilidad y por lo tanto, una mayor prioridad.

2.3.10 Deterioro del ambiente asociado a la densidad de población.

Este parámetro representa el impacto sobre los recursos naturales originado por la presión ejercida por la población.

Los recursos naturales renovables asociados a áreas densamente pobladas son fácilmente deterioradas, ya que las principales causas de la degradación son de origen antropico. La ocupación de zonas montañosas o próximas a ellas, donde se estima que vive la mitad de la población del globo, desencadena desequilibrios ecológicos y pérdidas económicas (FAO, 1974; FAO, 1983; OLAYA, 1985).

La demanda por productos forestales, la explotación irracional de los bosques y la necesidad de ampliar la superficie agrícola, entre otros, dejan en muchos casos a los suelos expuestos a la erosión. En nuestro país, desde mediados del siglo pasado, superficie agrícola aumentó en perjuicio de 21 millones de hectáreas de bosques, de las cuales 15 millones no tendrían vocación agrícola o ganadera (ELIZALDE, 1970; FAO, 1974). Aún cuando en el corto plazo la producción agrícola aumenta al ponerse bajo cultivo nuevas tierras, en muchos casos la presión ejercida por el crecimiento de la población sobre los recursos naturales y los ecosistemas se traduce en el largo plazo en una disminución de los rendimientos y en el aumento de la tasas de erosión (REPETTO, 1986).

Otra características que favorece la degradación es el fraccionamiento excesivo de la propiedad rural. Esta situación ha sido el origen en nuestro país de la erosión que existe en extensas áreas de la Cordillera de la Costa entre las regiones IV y X (IREN, 1965; FAO, 1974). Por otra parte, formas de tenencia de la tierra, como es el caso de las Comunidades Agrícolas de la IV Región, debido

principalmente al sistema en que están organizados y a la actitud que tienen frente a la utilización de los recursos, han favorecido la desertificación y degradación de importantes áreas dentro de esta región (SOTO, 1987).

El proceso de deterioro, que una vez iniciado tiende a aumentar aceleradamente, se traduce en una disminución del rendimiento de los suelos y en una degradación de los recursos y ecosistemas, afectando negativamente a la población (FAO, 1983).

Por otra parte, la degradación de las cuencas puede aumentar la frecuencia de fenómenos destructivos, exponiendo a todos los recursos y a la población (NACIONES UNIDAS, 1977; OLAYA, 1985; ALVAREZ, 1986). Por estos motivos, se considera que las cuencas con mayor densidad de población son prioritarias.

2.3.11. Precipitación.

Desde el punto de vista hidrológico, el comportamiento de una cuenca consiste en recibir el agua en forma de precipitaciones, retenerla temporalmente y posteriormente entregarla en forma de escurrimiento (HERNANDEZ, 1980). La disponibilidad del recurso y las posibilidades de aprovechamiento están directamente relacionadas con los volúmenes de agua que precipitan sobre las cuencas.

La generación de la escurrimiento y la presencia del fenómeno de erosión hídrica está ligado a la abundancia e intensidad de la lluvia. Otros factores como suelo, vegetación y relieve sólo favorecen o controlan la acción de la precipitación. La cantidad de precipitación se puede cuantificar a través de la precipitación promedio anual. La intensidad de las lluvias y su efecto sobre la degradación de las cuencas, por su parte, se puede valorar para áreas mayores a 100 km² a través del coeficiente de concentración de la precipitación de Fournier, que corresponde al cociente entre la pluviosidad del mes más lluvioso, elevado al cuadrado, y la precipitación media anual (LOPEZ y BLANCO, 1976).

Por este motivo, las cuencas con mayor precipitación promedio anual y mayor coeficiente de concentración se consideran prioritarias.

2.3.12. Tamaño

Los caudales máximos instantáneos y los volúmenes de escurrimiento aumentan con el incremento de la superficie de las cuencas (HERNANDEZ, 1980). En general, una mayor superficie indica también mayores recursos y niveles de inversión.

Las crecidas e inundaciones en las partes bajas de las cuencas son los efectos finales de la degradación de éstas y de la torrencialidad de los cauces. Entre las medidas que pueden asumirse para regular las

crecidas están la modificación de la vulnerabilidad de los daños, que puede lograrse mediante una ordenación de la llanura inundable, y la modificación de la crecida misma (NACIONES UNIDAS, 1977).

Entre estas últimas se puede mencionar la construcción de obras de regulación o de protección cuyo objetivo es regular la crecida que se ha formado (es lo que se denomina "fase del cauce"). Una segunda medida consiste en retrasar el escurrimiento mediante prácticas de manejo de las laderas de las cuencas (es lo que se denomina "fase de tierra").

Aún cuando el control efectivo de las crecidas sólo se puede lograr mediante una combinación de medidas consideradas en las fases del cauce y de tierra (HEWLETT, 1982), las características hidrológicas distintivas de las cuencas pequeñas permiten fundamentar el control del recurso agua, en forma indirecta, a través de tratamientos de la tierra y manejo de la vegetación (LOPEZ y HERNANDEZ, 1980).

Las medidas de manejo de las cuencas contribuyen a generar un mejor nivel de vida, estado de salud y educación de la población, buenos servicios, óptimo aprovechamiento de los recursos naturales y óptima producción (NACIONES UNIDAS, 1986). Sin embargo, ya que estas medidas entrañan la adopción, entre otras, de nuevas técnicas de cultivo y nuevas normas para la ubicación de la actividad, el éxito de la planificación de las cuencas fluviales depende en gran parte del interés y apoyo de la mayoría de la población (NACIONES UNIDAS, 1977). La participación cívica y de los organismos relacionados con el manejo de los recursos naturales, y el compromiso de éstos con las nuevas medidas, se puede lograr más fácilmente en áreas de menor extensión.

Por este motivo, el parámetro tamaño se considera direccionado negativamente, es decir, las cuencas de menor superficie tienen asignadas una mayor prioridad.

2.4 Coeficientes de Ponderación de los Criterios y Parámetros Seleccionados.

Las ponderaciones para cada criterio y parámetro se obtuvieron mediante consultas a un grupo de especialistas, siguiendo los procedimientos generales del método Delphi (MELNICK y GUTIERREZ, 1982; SCHUSTER, FRISSELL, BAKER and LOVELESS, 1985). Las actividades realizadas durante el proceso de consultas fueron detalladas por IROUME y GAYOSO (1987 b). Participaron 22 especialistas, tanto docentes de las Facultades de Ciencias Forestales y de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile que formaron parte del grupo de trabajo que realizó el presente estudio, como encargados a nivel central y regional del Programa de Manejo de Cuencas y Control de Dunas de la Corporación Nacional Forestal.

En los formularios, los participantes ponderaron en forma diferente los criterios y parámetros, dependiendo de si la jerarquización se efectúa comparando todas las cuencas del área de estudio, o si ésta se hace independientemente para cada zona hidrográfica. Sin embargo, analizando los resultados según FREESE (1984) y GOLBECK (1986), se determinó que las diferencias entre las ponderaciones de un mismo criterio o parámetro no eran estadísticamente significativas a un nivel de 0,05. Por lo tanto, los coeficientes de ponderación se calcularon en base a los datos promedios suministrados por los participantes. Con el fin de homogeneizarlos, se introdujeron algunos ajustes sin afectar significativamente los valores.

Los resultados definitivos de los valores de los coeficientes de ponderación de los criterios son los siguientes:

Criterio	Coeficiente de ponderación K
1.- Evaluación de daños potenciales	38,5
2.- Evaluación de riesgo de ocurrencias de fenómenos destructivos	29,7
3.- Interpretación y pronóstico de la dinámica de fenómenos erosivos y torrenciales (evaluación del peligro)	31,8
Total	100,0

Los coeficientes de ponderación de los parámetros seleccionados para representar el Criterio Nº1 son:

Parámetro	Coeficiente de ponderación
Población afecta a daños por crecidas e inundaciones	26,5
Tierras de alto valor agropecuario	22,0
Embalses de regulación	20,5
Red vial	16,0
Hidroelectricidad	15,0
Total	100,0

Por su parte, los coeficientes de ponderación de los parámetros que forman el Criterio N° 2 son:

Parámetro	Coeficiente de ponderación K
Inundaciones	40,0
Crecidas	35,0
Deslizamientos	25,0
Total	100,0

Finalmente, los coeficientes asignados a los parámetros del Criterio N°3 son los siguientes:

Parámetro	Coeficiente de ponderación K
Sobreuso del suelo	33,0
Deterioro del ambiente asociación a la densidad de población	30,0
Precipitación	26,0
Tamaño de la cuenca	11,0
Total	100,0

Las ponderaciones de los componentes de aquellos parámetros que tienen más de un componente se calcularon también a partir de los valores promedios dados por especialistas.

En el caso del parámetro hidroelectricidad, las ponderaciones son las siguientes:

Componentes de ponderación	Coeficiente de ponderación Pc
Potencia instalada (MW)	50,0
Generación media anual (Gwh)	50,0
Total	100,0

Para el parámetro precipitación, los coeficientes de ponderación de los componentes resultaron:

Componente de ponderación	Coeficiente de ponderación Pc
Precipitación media (mm)	30,0
Concentración de precipitación (mm ² /mm)	70,0
Total	100,0

2.5. Inventario de los Parámetros y Componentes.

A través de una cuidadosa revisión de la información existente, se obtuvo los valores absolutos correspondientes a cada parámetro y cuenca seleccionada. Una tabulación de éstos se resume en el Cuadro N° 4.

La longitud virtual de la red, se calculó sumando los kilómetros de puentes y de caminos de diferentes tipos ponderados, de acuerdo al valor aproximado de construcción, según la relación:

puente: cam. pavimentado : cam. ripio : cam. tierra = 63:30:3:1

para el caso de la superficie de riego virtual, se consideró la relación entre tierras regadas de mayor valor y tierras regadas de menor valor, como 2:1. Las áreas de mayor valor relativo corresponden a las que se destinan a frutales, parronales, viñas y hortalizas, en cambio, el menor valor, principalmente a praderas.

La necesidad de manejar la información en forma sistemática y además, permitir la agregación de parámetros de diverso carácter, magnitudes y sistemas de unidades, lleva a una transformación de los valores y generación de un procedimiento de cálculo indexado (SINDEN and WORRELL, 1979).

CUADRO N°4

Inventario de componentes.

NOMBRE CUENCA	POBLACION	SUPERFICIE	CAPACIDAD	RED VIAL		HIDROELECTRICIDAD	
	GRILLA CAUCE (habitantes)	RIEGO VIRTUAL (ha)	EMBALSADA (millones m ³)	LONGITUD VIRTUAL (km)	DENSIDAD (km/km ²)	POTENCIA INSTALADA (MW)	GENERACION ANUAL (Gwh)
San José	145000	5580	0,0	2308	0,0845	10,10	38,00
Lea	81950	1820	22,0	18288	0,0488	0,25	2,17
Coplasá	70880	12140	37,0	7365	0,0527	0,30	1,50
Muaco	40311	10050	10,0	3817	0,0406	0,00	0,00
Chadaraí de Acetuna	1085	20	0,0	1475	0,1227	0,00	0,00
Los Charas	250	200	0,0	2111	0,0715	0,00	0,00
Clavi	120000	20750	40,0	5042	0,0948	0,00	0,00
Lagunillas	0	0	0,0	1274	0,1845	0,00	0,00
Liverí	85000	88000	998,0	6847	0,1183	16,70	44,00
Choapa	28300	29600	0,0	3851	0,1771	0,00	0,00
Accocagua	198100	75000	63,0	18381	0,1431	18,88	148,00
Vifa	280580	0	0,0	1987	0,2641	0,00	0,00
Sotaria	380	0	0,0	447	0,2412	0,00	0,00
Maipo	4081420	250850	273,8	21481	0,1298	125,10	821,00
Yali	0	0	0,0	1335	0,2497	0,00	0,00
Rapel	57080	445150	943,0	17568	0,1821	490,15	1978,00
Nlahue	2815	12200	6,4	506	0,1842	0,00	0,00
Paredones	450	0	0,0	157	0,4829	0,00	0,00
Matipoita	12590	142800	70,0	5341	0,1792	0,00	0,00
Maula	262996	483000	1254,5	28208	0,2521	559,40	2851,00

CUADRO N°4

Continuación Cuadro N°4

NOMBRE CUENCA	SUPERFICIE INUNDABLE (ha2)	COEFICIENTE CRECIDAS	DESLIZAMIENTOS (número)	INDICE FRAGILIDAD	DENSIDAD POBLACION (habitantes/ha2)	PRECIPITACION MEDIA (mm)	CONCENTRACION (mm/ha)	Templ (°C)
San José	570	22757	11	2,80	66,20	85,0	15,10	2200
Los	1170	4754	12	4,00	3,10	18,0	8,88	33570
Castaño	1070	12567	41	3,80	3,90	87,5	2,30	18800
Huasco	1950	92900	33	3,40	4,10	175,00	2,25	8857
Chañaral de Acuña	675	0	1	2,90	0,70	57,4	2,71	2250
Los Choros	770	0	5	2,70	1,30	100,0	8,39	4058
Elqui	2940	5285	54	2,10	16,50	178,5	8,17	3545
Lagunitas	8	0	1	2,90	2,90	118,4	10,15	915
Limarí	1560	2369900	41	2,80	8,00	260,0	8,82	11512
Chesca	1350	180700	28	2,80	8,00	328,5	14,77	8724
Alcázar	830	5444	144	3,10	39,30	527,0	22,58	7161
Piña	80	2369900	5	2,80	924,00	450,0	24,91	472
Huasco	20	0	0	2,90	10,00	410,0	28,80	255
Relpo	1560	2823	121	3,00	282,40	682,0	30,80	10280
Val	40	0	0	2,10	12,80	470,0	35,70	785
Papel	1210	18309900	56	3,10	34,20	950,0	40,15	10177
Nilhue	80	2369900	5	2,00	12,80	890,0	41,10	1770
Paredones	3	0	7	3,10	21,80	891,0	41,10	208
Mataquito	1290	11482	14	3,40	28,00	1411,0	50,80	1110
Reve	7040	13135	38	3,60	25,00	1481,0	50,42	22285

La conservación de los valores a una escala referencial ordinal de diez grados o "nota lineal de cero a diez" se efectúa utilizando la función:

$$\text{NOTA} = \frac{10 V_j}{V_{\max}} \quad (1)$$

donde V_j , es el valor del parámetro de la cuenca (j) a calificar, y $V_{\max}$ el valor máximo del parámetro para todas las cuencas seleccionadas.

El resultado de esta transformación aparece en el Cuadro N° 5

2.5.1 Selección de clases

Los valores ordinales permiten diferenciar haciendo abstracción de la escala y unidad empleada en el parámetro fuente. Sin embargo, una misma nota en parámetros distintos puede corresponder a una importancia relativa diferente en cuanto al objetivo del estudio. Por esta razón se determinan rangos o clases para los valores de los parámetros, de tal forma de agrupar aquellos valores que originen un efecto similar. La búsqueda de los límites de cada clase se basa en los siguientes supuestos (IROUME y GAYOSO, 1987 b):

- el establecimiento de un número fijo de clases.
- la presencia de individuos en la mayoría de las clases.
- una tendencia a acentuar la segregación en los valores extremos y una alta representatividad en las clases centrales.

Los valores absolutos de los parámetros se ordenan de menor a mayor, estableciéndose arbitrariamente cinco clases o subcomponentes de ponderación (IROUME y GAYOSO, 1987 b):

- CLASE 1 o de muy baja incidencia
- CLASE 2 o de baja incidencia
- CLASE 3 o de incidencia media
- CLASE 4 o de alta incidencia
- CLASE 5 o de muy alta incidencia

Con el objeto de determinar los rangos de cada clase se probaron cuatro modelos de distribución: uno lineal, dos de distribución normal y otro logarítmico (IROUME y GAYOSO, 1987 b). Los rangos definitivos se presentan en los Cuadros N° A-1.1. al A- 1.14.

El manejo numérico de las clases obliga a llevar esta expresión de calidad a valores cuantitativos o a la asignación de una nota a cada clase (CARVAJAL y PATRI, 1979; OLAYA, 1985). La asignación de las

notas las efectuó el grupo de trabajo, previa consulta directa a algunos especialistas. Los resultados de esa asignación se pueden apreciar también en los Cuadros N° A-1.1 al A- 1.14.

Las notas y ponderaciones correspondientes a las clases de los parámetros "tamaño de la cuenca" y "sobreuso del suelo" se direccionan negativamente, es decir a menor valor, mayor incidencia o importancia. Otro caso especial corresponde al parámetro "red vial", representado por la longitud total de la red. Las clases se definieron considerando los valores de la densidad de la red, o cociente entre la longitud de ésta y la superficie total de la cuenca.

2.6 Determinación de los Valores Índices

El Índice de Cuenca o valor numérico que se asigna a cada una de ellas, se obtiene de la siguiente expresión:

$$IC = \sum VIC_i \quad K_i \quad (2)$$

donde IC es Índice de Cuenca, y VIC_i y K_i son el valor índice y el coeficiente de ponderación, respectivamente, del criterio i.

El valor índice para un criterio i cualquiera se obtiene expandiendo entre 0 y 10 el valor del criterio, que se calcula utilizando la ecuación:

$$VC = \sum VIP_j \quad K_j \quad (3)$$

donde VC es el valor del criterio y VIP_j es el valor índice del parámetro (determinando luego de expandir entre 0 y 10 el valor del parámetro), y K_j el coeficiente de ponderación, del j-ésimo parámetro del criterio.

Por su parte, el valor de un parámetro cualquiera (VP), se obtiene la ecuación:

$$VP = Vp \quad (4)$$

donde V es la nota lineal del componente del parámetro j, y p la ponderación de la clase del subcomponente de ponderación respectivo.

Para aquellos parámetros con más de un componente, como es el caso de hidroelectricidad y precipitación, el valor del parámetro se obtiene de:

$$VP = \sum V_n \quad p_n \quad P_c \quad (5)$$

CUADRO N° 5

Valor índice componentes.

NOMBRE	CUENCA	POBLACION ORILLA CAUCES	SUPERFICIE RIEGO	CAPACIDAD ENBALSADA	RED VIAL	HIDROELECTRICIDAD	
						POTENCIA INSTALADA	GENERACION ANUAL
San José		0,3873	0,1128	0,0000	0,7331	0,1547	0,0935
Los		0,2189	0,0329	0,0675	5,8086	0,0038	0,0058
Cochazo		0,1888	0,2452	0,1135	2,3395	0,0045	0,0038
Huasco		0,1077	0,2038	0,0307	1,2125	0,0000	0,0000
Chafaral de Acuituna		0,0028	0,0004	0,0000	0,4685	0,0000	0,3000
Los Choros		0,0007	0,0041	0,0000	0,5706	0,0000	0,0003
Elqui		0,3206	0,5024	0,1228	1,5015	0,0000	0,3000
Lagunillas		0,0000	0,0000	0,0000	0,4047	0,0000	0,3000
Linari		0,1735	1,3793	3,0585	2,2067	0,2533	0,1143
Choapa		0,0756	0,0004	0,0000	1,1597	0,0000	0,3000
Aconcagua		0,5238	1,5213	0,1935	5,2035	0,2859	0,3755
Vila		1,0166	0,0000	0,0000	0,6312	0,0000	0,3000
Rosario		0,0010	0,0000	0,0000	0,1579	0,0000	0,3000
Maire		10,0000	5,2870	1,1479	10,0000	1,9584	2,1371
Yali		0,0000	0,0000	0,0000	0,4241	0,0000	0,3000
Rapel		0,1525	9,0294	2,8957	5,5805	7,4330	4,3573
Milahué		0,0075	0,2475	0,0197	0,1607	0,0000	0,3000
Paradones		0,0012	0,0000	0,0000	0,0499	0,0000	0,3000
Matasquito		0,0336	2,3966	0,2150	1,5966	0,0000	0,3000
Mauie		0,7025	10,0000	10,0000	8,3250	10,0000	10,0000

CUADRO Nº 5

Continuación Cuadro Nº 5

NOMBRE CUENCA	SUPERFICIE INUNDABLE	COEFICIENTE CRECIDAS	DESILZAMIENTOS	INDICE FAGILIDAD	DENSIDAD POBLACION	PRECIPITACION MEDIA	CONCENTRACION	TAMANO
San José	1,8750	0,0170	0,7639	8,0526	0,4732	0,4389	1,0237	0,6212
Los	3,8487	0,0025	0,8323	5,3500	0,0332	0,1080	1,3202	0,2611
Copiasó	5,4926	0,0070	2,8472	8,0526	0,0418	0,5815	0,5828	0,1090
Huasco	8,4145	0,0517	2,2917	8,7647	0,0438	1,1818	0,8423	0,2280
Chaharai de Acetuna	2,2204	0,0000	0,0094	8,2143	0,0075	0,3878	0,7232	0,8111
Los Choros	2,5329	0,0000	0,3472	8,5185	0,0128	0,6752	1,2814	0,5052
Clau	8,5711	0,0027	2,7800	10,0000	0,1767	1,2058	1,8047	0,2125
Laguillas	0,0000	0,0000	0,0094	8,2143	0,0310	0,7880	2,0474	2,2828
Lisari	5,1318	1,2273	2,8472	8,8462	0,0984	1,8183	1,9427	0,1781
Chasda	5,0987	0,0938	1,9444	8,2143	0,0642	2,2048	2,8300	0,2523
Aconcagua	2,0582	0,0028	10,0000	7,4194	0,4208	1,5584	4,4585	0,2362
Vina	0,2932	1,2273	0,3472	7,9310	10,0000	1,0385	8,8389	4,8578
Pesario	0,0858	0,0000	0,0000	7,9310	0,1092	1,0385	5,9081	8,2322
Maion	5,1318	0,0020	8,4828	7,9567	2,8201	4,4787	8,2870	3,1221
Tali	0,1318	0,0000	0,0000	7,9310	0,1349	1,8003	7,2652	2,5727
Rapel	2,8803	10,0000	3,8888	8,9687	3,2662	8,4821	7,9348	0,2448
Hilahu	0,1974	1,2273	0,2472	7,8667	0,1908	4,8858	8,1621	1,1882
Paredones	0,0000	0,0000	0,1389	7,4194	0,1234	4,8858	8,1621	10,0000
Matadito	4,1447	0,0058	0,9722	8,7647	0,1784	9,5409	10,0000	0,2312
Raile	10,0000	0,0068	2,8388	8,3880	0,2577	10,0000	9,9844	0,1210

donde V_n y P_n tienen el mismo significado que para la ecuación 4, y pc es el coeficiente de ponderación del componente n del parámetro. El producto V_n es previamente llevado a una escala ordinal común antes de multiplicarlo por pc .

2.7 Jerarquización y Asignación de Prioridades

La posición jerárquica de cada cuenca se determina ordenándolas en forma decreciente en función del valor de sus respectivos Índices de Cuenca.

La asignación de prioridades se realiza mediante un análisis de conglomerado o cluster. Este análisis comprende técnicas que, siguiendo reglas más o menos arbitrarias, forman grupos de observaciones que se asocian de acuerdo al grado de similitud, el que se cuantifica por medio de un cociente de similitud (MARDIA, KENT and BIBBY, 1979; CRISCI, 1983). Aún cuando esta descripción pueda parecer poco precisa, se debe a que no existe acuerdo entre los diversos investigadores acerca del procedimiento para reconocer los límites entre grupos, y a la gran variedad de técnicas de agrupamiento y de cocientes de similitud que se pueden emplear.

En este estudio, se utilizó el subprograma P 2M del programa estadístico BMDP, desarrollado por el Departamento del Biomecánica de la Universidad de California, y transformado por el Centro de Computación de la Universidad de Pittsburgh para ser usado en computadores DEC 10/20. El subprograma permite unir, en un proceso paso a paso, casos o grupos de casos hasta formar un número de conglomerado.

Puesto que en el diagnóstico fueron descartadas las cuencas que se consideraron con bajas prioridades el análisis cluster se especificó de modo de formar dos conglomerados, debiendo contener uno de ellos a las cuencas prioritarias. El procedimiento seguido considera el cálculo del cociente de similitud en base a la distancia euclidiana de los datos estandarizados, y como técnica de agrupamiento la de ligamiento simple. Los datos considerados en el análisis corresponden a los Índices de Cuenca de las respectivas unidades hidrológicas.

2.8 Análisis de Sensibilidad.

La sensibilidad del valor del Índice de Cuenca, y por lo tanto de la posición jerárquica de cada cuenca, a las ponderaciones de los criterios y parámetros, se determinó efectuando una serie de jerarquizaciones (IROUME y GAYOSO, 1987 b). En cada una de ellas se modificó sucesivamente el valor de un criterio o parámetro.

A partir de la serie de jerarquizaciones, se obtiene para cada cuenca la posición jerárquica medio con su respectivo intervalo de confianza, la cual se compara con la posición sugerida. Aún cuando

ambos resultados no debieran diferir en forma significativa, la posición de una cuenca en una jerarquización cualquiera puede ser distinta a la sugerida. Esta situación permite detectar las fuentes más importantes de origen de problemas en las cuencas.

3. RESULTADOS DE LA JERARQUIZACION Y DETERMINACION DE CUENCAS PRIORITARIAS

3.1 Jerarquización de las Cuencas Hidrográficas

En los Cuadros N°s A-2.1 al A-2.13 se presentan los valores índices de todos los parámetros y criterios. (Anexo 2).

A partir de la suma ponderada de los índices de criterios, se determinan los valores de los Índices de Cuencas para cada una de las unidades hidrológicas consideradas. Los resultados aparecen en el Cuadro N° A-2.14.

La posición jerárquica de cada cuenca se determina ordenándolas en forma decreciente en función de sus respectivos Índice de Cuenca. A cada una se le asigna un número de orden, correspondiendo el valor 1 a aquella con mayor índice, y 20 a aquella con el menor. De acuerdo a los criterios y parámetros considerados en este estudio para realizar las comparaciones entre las cuencas, la posición jerárquica es la siguiente:

Cuenca	Posición jerárquica	Índice de cuenca
Maule	1	8,0596
Maipo	2	6,9260
Rapel	3	6,8111
Elquí	4	4,1726
Viña	5	3,5845
Limarí	6	3,5636
Aconcagua	7	3,5335
Mataquito	8	2,9668
Choapa	9	2,6463
Huasco	10	2,2965
Paredones	11	2,1517
Copiapó	12	2,0852
Ñilhue	13	1,9295
Rosario	14	1,8380
Yalí	15	1,8035
Lagunillas	16	1,3872
Los Choros	17	1,3734
Loa	18	1,3147
Chañaral de Aceituna	19	1,2867
San José	20	0,8852

En esta lista destacan las cuencas que ocupan los tres primeros lugares, que corresponden a las de los ríos Maule, Maipo y Rapel. Sus Índices de Cuenca varían entre 8,0596 y 6,8111. A continuación se ubica la cuenca del río Elqui con un valor índice de 4,1726, y luego las cuencas de los ríos o esteros de Viña, Limarí y Aconcagua, cuyos Índices de Cuenca son muy similares y toman valores entre 3,5835 y 3,5335. Las cuencas prioritarias deberían surgir de este grupo de siete cuencas. Al resto de las unidades hidrográficas consideradas, debe corresponderles un nivel de prioridad secundario.

El resultado de la jerarquización por zona hidrográfica se puede apreciar en el Cuadro N° A-2.15. Las cuencas que se ubican en los tres primeros lugares en la segunda y tercera zona corresponden a su vez con las seis primeras posiciones de la jerarquización general. Esto no ocurre en el caso de la primera zona, donde las cuencas ubicadas en las primeras posiciones sólo aparecen a partir del lugar 18 en la evaluación del conjunto de cuencas.

Aún cuando no corresponde a un objetivo del estudio, se jerarquizaron adicionalmente las cuencas por cada región administrativa del país. En este caso, entraron al proceso de comparaciones todas las cuencas del área de estudio, y se utilizó la información recopilada durante las etapas preliminares del proyecto (IROUME y GAYOSO, 1987a y b). Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro N° A-2.16.

3.2 Determinación de las Cuencas Prioritarias.

La asignación de prioridades tiene como objetivo determinar cuales son las cuencas prioritarias. Estas cuencas deben estar ubicadas en los primeros lugares de la lista jerárquica. Es necesario definir entonces, en función de los valores de los Índices de Cuenca, cuales son las cuencas que se pueden agrupar entre las prioritarias. Para esto se efectuó un análisis de conglomerados o cluster, que permite formar grupos de cuencas, asociados por un grado de similitud.

En este estudio, se utilizó el programa estadístico BMDP-P2M, el cual en un proceso paso a paso une cuencas o grupos de cuencas hasta formar un número deseado de conglomerados. Puesto que en el diagnóstico fueron descartadas las cuencas que especificó de modo de formar dos conglomerados. Uno de éstos debe contener las cuencas prioritarias.

Para formar los conglomerados, se utilizó el valor de los Índices de Cuenca para definir el grado de similitud. Este grado de similitud se cuantificó mediante una distancia de amalgamiento, correspondiente en este caso a la distancia euclidiana de los valores estandarizados de los Índices de Cuenca.

El resultados del análisis cluster aparece en el Cuadro A-2.17. En él, se puede apreciar que para una distancia de amalgamiento de 0,007, se forman 19 conglomerados. Cada uno de éstos agrupa a una sola

cuenca, a excepción del conglomerado que agrupa a las cuencas de Los Choros y Lagunillas debido a la similitud entre sus Índices de Cuenca.

Siguiendo con el proceso paso a paso, se puede observar que, por ejemplo, para una distancia de amalgamiento de 0,204 se forman 5 conglomerados. El primero agrupa a las cuencas de San José, Los Choros, Lagunillas, Chañaral, Loa, Choapa, Mataquito, Rosario, Yali, Nilahue, Huasco, Paredones y Copiapó; el segundo a Aconcagua, Viña y Limarí; el tercero agrupa sólo a Elqui; el cuarto a Maule; y, el quinto a las cuencas de Rapel y Maipo.

Finalmente, para una distancia de amalgamiento de 0,554 se forman dos conglomerados. Uno de ellos agrupa a las cuencas de los ríos Maule, Rapel y Maipo, y el otro a todas las demás. En estos dos conglomerados, las cuencas están agrupadas de acuerdo a la similitud entre sus Índices de Cuenca. Puesto que uno de estos conglomerados agrupa a las cuencas que ocupan los tres primeros lugares en la lista jerárquica, se consideran a éstas como las unidades prioritarias.

Los resultados del análisis de conglomerados confirman sin duda la importancia de estas cuencas, reflejada en los valores de los respectivos Índices de Cuenca. Estas unidades presentan al mismo tiempo, tanto los mayores índices de bienes que pueden verse afectados por la degradación de las cuencas y la torrencialidad de los cauces, como de frecuencia de ocurrencia de eventos destructivos (Cuadro N° A-2.13)

3.3 Análisis de Sensibilidad.

Para evaluar la influencia de las ponderaciones de los criterios y parámetros en la posición jerárquica de las cuencas se efectuó una serie de jerarquizaciones, en las cuales se modificó en forma sucesiva el valor de las ponderaciones. A continuación, se asignó en cada una de ellas un número de orden 1 a la cuenca con el mayor Índice de Cuenca, y un valor 20 a la con el menor índice. Para cada cuenca se calculó la posición jerárquica que representa la tendencia central (moda), con su respectivo intervalo de confianza al 95%. Los resultados se presentan en el Cuadro N° A-2.18.

En este Cuadro, la columna 1 (C1) representa las posiciones jerárquicas resultantes del empleo de las ponderaciones sugeridas en este estudio. Las siguientes columnas corresponden a los resultados de las jerarquizaciones considerando las siguientes modificaciones:

- C2 : ponderación del Criterio 1 aumentado en 20%
- C3 : ponderación del Criterio 1 disminuido en 20%
- C4 : ponderación del Criterio 2 aumentado en 20%
- C5 : ponderación del Criterio 2 disminuido en 20%
- C6 : ponderación del Criterio 3 aumentado en 20%

- C7 : ponderación del Criterio 3 disminuido en 20%
- C8 : eliminado parámetro población afecta a daños por crecidas e inundaciones.
- C9 : eliminado parámetro tierras de alto valor agropecuario
- C10 : eliminado parámetro empalses de regulación
- C11 : eliminado parámetro red vial
- C12 : eliminado parámetro hidroelectricidad
- C13 : eliminado parámetro inundaciones
- C14 : eliminado parámetro crecidas
- C15 : eliminado parámetro deslizamientos
- C16 : eliminado parámetro sobreuso del suelo
- C17 : eliminado parámetro deterioro del ambiente asociado a la densidad de población
- C18 : eliminado parámetro precipitación
- C19 : eliminado parámetro tamaño de la cuenca

En este Cuadro, aparecen subrayadas las posiciones jerárquicas que no están dentro del intervalo de confianza. Tal como se puede apreciar, el parámetro Inundaciones tiene gran incidencia en la posición jerárquica final de las cuencas. Este parámetro contribuye con el 11,88 por ciento del valor total del Índice de Cuenca.

Al comparar la posición jerárquica de las cuencas obtenida usando las ponderaciones sugeridas (columna 1 del Cuadro N° A-2.18) con la que representa la tendencia central del conjunto de jerarquizaciones, se aprecia que no se producen diferencias importantes en las posiciones de las cuencas. Por otra parte, las cuencas de los ríos Maule, Maipo y Rapel ocupan los tres primeros lugares en todas las jerarquizaciones. Esta situación valida la metodología seguida para definir la posición jerárquica de las cuencas, y por lo tanto, la determinación de las unidades prioritarias.

4 OTROS PROCEDIMIENTOS PARA ALCANZAR JERARQUIZACION CASOS DE ESTUDIO

En este capítulo se presentan cinco casos en los cuales se ha utilizado la metodología de construcción de índices para jerarquizar proyectos relacionados con el manejo de cuencas y corrección de torrentes. Se incluye al final un análisis de los procedimientos que se emplearon para asignar un valor índice a las distintas alternativas.

4.1 Caso Número 1.

FAO (1974) seleccionó 25 proyectos tentativos de hidrología forestal y corrección de torrentes en Chile, de los cuales se debería iniciar la solución a los problemas erosivos y torrenciales más evidentes del país. Estos proyectos fueron identificados por BOTERO (1972a) en base al reconocimiento de las principales cuencas y al análisis de diversos antecedentes.

Los 25 proyectos fueron jerarquizados utilizando los siguientes criterios para la asignación de prioridades (BOTERO, 1972 b):

1. Ubicación estratégica y accesibilidad: considera en primer lugar, la localización del proyecto con el fin que éste pueda tener una incidencia sobre la opinión pública en general y sobre ciertos sectores claves de la población. La accesibilidad, en segundo término, se refiere a la posibilidad de acceder al sitio principal del proyecto durante todo el año.
2. Posibilidad de investigación e impacto divulgatorio y demostrativo: considera este criterio a tres grupos de personas a los cuales se pretende interesar con la ejecución del proyecto, y que son: el público en general, los técnicos y directivos de entidades que se puedan beneficiar con el proyecto, y, los técnicos y directivos de las entidades del sector forestal.
3. Concentración de esfuerzos con otros programas de CONAF: se refiere a las perspectivas que pueda ofrecer el proyecto para integrar diversos programas de CONAF con una concepción de proyectos integrados.
4. Factibilidad de fuentes de financiamiento diferentes a la CONAF: considera la posibilidad de obtener recursos de entidades beneficiadas con el proyecto, de fondos de desarrollo regional u otros.

5. Dependientes o no de acuerdos con varias entidades: se refiere a la posibilidad que tendría CONAF de realizar por sí sola el proyecto, o si se requeriría la participación y acuerdo de otras entidades lo cual podría dilatar su puesta en marcha.
6. Dificultad del problema y riesgos que los trabajos fallen: este criterio toma en cuenta la posibilidad de un fracaso de los resultados del proyecto debido a la carencia de personal nacional especializado, la falta de experiencia en Chile en técnicas como la corrección de torrentes y los riesgos que imponen las condiciones de los terrenos.
7. Contribución al desarrollo integrado de la región: se considera la protección a obras o programas de desarrollo vitales para la economía y el bienestar de la región, o que el proyecto permita una optimización de los recursos de tierras y aguas, o que asegure el rendimiento sostenido de los recursos naturales renovables.
8. Protección de obras de infraestructura : este criterio toma en cuenta a los embalses, otras obras hidráulicas, vías de comunicación e instalaciones ribereñas.
9. Protección de tierras de alto potencial agropecuario.
10. Generación de empleo y solución a problemas sociales.

Para cada uno de los 25 proyectos tentativos identificados, se asignó en forma subjetiva a cada criterio un valor máximo de 10 puntos y uno mínimo de 1 punto. Se consideró a todos los criterios de igual importancia, y el puntaje asignado a cada proyecto resultó de sumar los valores parciales de los 10 criterios. De este modo, un proyecto determinado podría optar a un valor máximo de 100 unidades. Con este procedimiento, los proyectos fueron calificados y se determinaron los más atractivos (BOTERO, 1972b; FAO, 1974).

La lista de los proyectos seleccionados y los resultados de la jerarquización aparecen en el Cuadro N°6.

CUADRO N° 6

Calificación de los proyectos identificados
FUENTE: BOTERO 1972 b; FAO, 1974.

CRITERIOS DE SELECCIÓN	PROYECTOS																								
	1. Río Elqui	2. Lobos Paloma	3. Tilipal	4. Alto Aconcagua	5. Estero Quilpué	6. Alto Maipo	7. Cajón del Maipo	8. Cerrillo Codogno	9. Carretera Rancagua-Teniente	10. Alto Cachapoal	11. Cachapoal Medio	12. Estero Pehuelas	13. Lago Vichuquén	14. Alto Maipo	15. Longui Ancas	16. Purapel	17. Aconcagua	18. Collico-Santa Ana	19. Las Arroyas	20. Pucón	21. Estero Quilpué	22. Cerrito Olivareda	23. Arroyo	24. Las Rinas	
1. Ubicación estratégica y accesibilidad	10	5	6	9	3	8	8	6	10	7	8	10	7	5	4	5	6	10	7	3	7	6	9	9	
2. Posibilidades de investigación e impacto divulgativo y demostrativo.	8	8	8	9	8	7	7	6	7	6	6	6	6	8	5	6	9	7	6	5	6	6	9	10	
3. Concentración de esfuerzos con otros programas de CONAF	8	4	3	2	3	5	8	6	2	6	6	9	8	6	6	7	1	6	6	9	7	7	8	8	
4. Factibilidad de fuentes de financiación diferentes a CONAF.	10	8	8	7	2	7	7	3	8	8	8	3	5	8	6	2	10	5	3	4	5	2	7	10	
5. Dependiente o no de acuerdos con otras entidades.	8	3	3	3	3	5	5	3	1	3	6	10	5	3	3	5	1	4	5	10	5	8	5	8	
6. Dificultad de problema y riesgos que los trabajos fallen.	8	8	8	3	5	5	6	5	5	8	5	8	7	4	6	8	4	8	8	6	5	6	7	8	
7. Contribución al desarrollo regional integrado	7	8	3	6	3	8	8	7	4	9	7	5	7	7	6	4	2	5	5	2	4	6	5	9	
8. Protección de obras de infraestructura agropecuaria	5	10	7	8	2	8	5	6	8	8	6	10	8	9	10	3	7	8	6	8	8	4	9	10	
9. Protección de tierras de alta potencial agropecuaria	6	7	2	1	8	9	7	8	2	10	7	3	7	5	8	7	1	7	6	3	3	2	3	1	
10. Generación de empleo y solución a problemas sociales	5	7	5	3	8	8	5	5	3	7	5	3	7	4	5	8	4	8	8	4	7	6	5	8	
PUNTAJE TOTAL	15	66	51	51	45	85	84	55	50	70	62	87	87	59	57	55	45	70	40	56	57	53	67	82	
POSICIÓN EN LA JERARQUIZACIÓN	2	8	21	21	24	8	10	16	23	3	11	5	5	12	14	16	24	3	12	18	14	10	5	18	

4.2 Caso Número 2.

En este punto se presenta la metodología que se aplica en Venezuela para diagnosticar e identificar las cuencas, subcuencas y microcuencas prioritarias.

Para cada unidad hidrológica se obtiene un valor numérico que permite jerarquizarlas y determinar cuáles son las prioritarias para su manejo, planificación conservacionista, control y tratamiento, mediante la combinación de los siguientes parámetros o criterios (DIRECCION DE MANEJO DE CUENCAS, 1977):

1. Tamaño de la cuenca
2. Tipo de drenaje
3. Erosión leve (laminar)
4. Erosión moderada (surcos)
5. Erosión fuerte (cárcavas incipientes)
6. Erosión muy fuerte (sistema de cárcavas)
7. Presencia de rocas blandas.
8. Relación área en vertientes-áreas planas
9. Proyectos de conservación de suelos ejecutados
10. Proyectos de fomento agropecuario ejecutados
11. Daños posibles por inundación
12. Número de fuentes disponibles de agua
13. Existencia de obras para controlar crecidas
14. Descarga de aguas servidas
15. Abastecimiento actual de agua
16. Abastecimiento futuro de agua
17. Capacidad productiva actual
18. Valor protector actual
19. Contaminación ambiental
20. Existencia de asentamiento en vertientes
21. Existencia de asentamiento en partes planas
22. Movimiento migratorio en vertientes
23. Movimiento migratorio en partes planas
24. Nivel cultural del usuario en vertientes
25. Infraestructura establecida
26. Densidad de población urbana en vertientes
27. Densidad de población rural en vertientes
28. Penetración campesina en vertientes
29. Explotación irracional de los bosques
30. Explotación irracional de los suelos
31. Tendencia de quemas en vertientes
32. Tendencia de quemas en partes planas
33. Precipitación media anual
34. Intensidad de la precipitación.

Cada parámetro o criterio tiene asignado una ponderación absoluta, que representa la importancia de cada uno de ellos frente a los demás. Por otra parte, cada parámetro está ordenado en rangos de valores, y cada uno de estos rangos tiene asignado una ponderación relativa. Para cada unidad hidrológica, se determina un valor índice para cada criterio, multiplicando los valores numéricos absolutos, relativos, y el área de influencia del parámetro considerado expresado en porcentaje del área total. Sumando los valores índices de los 34 criterios, se obtiene para cada cuenca un valor numérico que permite la jerarquización.

4.3 Caso Número 3.

Las subcuencas de los ríos Mataquito y Maule fueron clasificadas según tres grados de peligrosidad a través de la determinación de tres indicadores: un índice de degradación física; un índice de sistemas; y, la pendiente media (ODEPLAN, 1981).

El índice de degradación física representa la tendencia media de la erosión. Su valor fluctúa entre 0 y 1 y se calculó ajustando un modelo matemático de regresión lineal múltiple a las siguientes variables básicas:

- erosión
- superficie específica
- erodabilidad de los suelos
- pendiente media
- precipitación anual media
- superficie total
- precipitación del mes de máxima lluvia
- temperatura media anual
- razón de concentración de la precipitación.

El índice de sistemas representa la infraestructura y la población presente en la cuenca y que pueden verse afectados por el deterioro. Los sistemas considerados fueron:

- red vial por tipo
- red ferroviaria
- puentes ferroviarios
- puentes viales por tipo
- población
- área de regadío
- capacidad de los embalses
- energía hidroeléctrica

Todos los sistemas se consideraron con el mismo nivel de importancia y se les asignó un valor índice entre 0 y 1. El valor 1 fue otorgado para cada sistema a la cuenca que presentó el valor máximo, correspondiendo a las demás un valor proporcional. Para cada cuenca, el índice de sistemas se obtuvo de la suma algebraica de los índices parciales. Debido a que se consideró 8 variables, el índice de sistemas fluctúa entre 0 y 8.

El último de los indicadores que se consideró para la jerarquización fue la pendiente media, calculada para cada cuenca como un promedio de las categorías de pendiente ponderadas por su superficie.

Con los valores de los índices de degradación física, de sistemas, y pendiente media, las cuencas se clasificaron según tres grados de peligrosidad: alto, medio y bajo. Las cuencas con peligrosidad alta corresponden a aquellas con: pendientes iguales o mayores a 40 por ciento; pendientes entre 10 y 39,9 por ciento e índices de degradación física de 0,8 a 1; pendientes entre 10 y 39,9 por ciento, índices de degradación física entre 0,6 y 0,799 e índices de sistemas mayores o iguales a 1; y, pendientes entre 15 y 39,9 por ciento, índices de degradación física entre 0,4 y 0,599 e índices de sistemas mayores o iguales a 1.

4.4 Caso Número 4.

CONAF (1983) identificó cinco alternativas de proyectos de manejo de cuencas en la I Región del país, correspondientes a la hoya de los ríos Lluta y San José, y de las quebradas de Camarones, Vitor y Tarapaña. Los proyectos fueron jerarquizados y aquellos clasificados como prioritarios sirvieron, por una parte, para definir un programa de acción futura para el Programa de Manejo de Cuencas de la I Región, y por otra, para ser presentado a la Autoridad Regional para obtener el financiamiento necesario.

Los criterios utilizados para la jerarquización de las cuencas son los siguientes:

1. Superficie agrícola afecta a riesgos de inundación, expresada en hectáreas.
2. Valor de las pérdidas ocasionadas por crecidas que se producen con periodos de retorno de 50 años, expresado en dólares.
3. Costos de preinversión, expresados en porcentajes del proyecto de menor preinversión. La escala de este criterio está direccionada negativamente: a menor costo mejor alternativa.
4. Valor promedio en dólares de la hectárea de suelo agrícola.

5. Superficie agrícola que se pierde debido a crecidas con período de retorno de 50 años, expresada en hectáreas.
6. Importancia de la cuenca en el abastecimiento de agua potable, expresada como porcentaje de la de mayor abastecimiento.
7. Importancia de la cuenca en relación al empleo de mano de obra, expresada como porcentaje de la de mayor generación de empleos.
8. Número de personas afectada por crecidas que tienen período de retorno de 5 años.
9. Prioridad que la Dirección Regional le asigna a cada cuenca. La escala de este criterio está direccionada negativamente.

La jerarquización se efectuó mediante un procedimiento de comparación entre pares de proyectos. Este consistió en identificar todos los pares de proyectos y determinar en la comparación entre cada par, si un proyecto es superior o incomparable al otro. En estas comparaciones se definió si un proyecto es fuertemente superior, levemente superior, incomparable o indiferente al otro, utilizando en este caso cinco parámetros de control, entre los cuales se incluyó las ponderaciones asignadas a cada criterio. Para seleccionar la mejor o mejores alternativas de proyectos se estableció una jerarquización valorando las relaciones de superioridad (e inferioridad) fuerte y leve existentes entre pares de alternativas de inversión, para todos los pares ordenados que se pudieron formar.

El resultado de la jerarquización fue el siguiente:

1. Cuenca del río San José o Azapa
2. Cuenca del río Lluta
3. Cuenca de la quebrada de Tarapacá
4. Cuenca de la quebrada Vitor
5. Cuenca de la quebrada de Camarones

Se seleccionaron como proyectos prioritarios los de las cuencas ubicadas en los tres primeros lugares.

4.5 Caso Número 5.

OLAYA (1985) propuso una metodología para definir las prioridades de manejo de las mayores cuencas hidrográficas de Costa Rica. La metodología se aplicó para estudiar nueve de las más importantes cuencas de ese país, que abarcan cerca del 44 por ciento de su superficie total.

Los parámetros seleccionados para representar las cuencas hidrográficas son los siguientes:

1. Tierra de uso agropecuario: considera los subcomponentes capacidad de uso, superficie regada y fase de desarrollo y respaldo institucional o técnico de proyectos de regadío.
2. Agua superficial y subterránea: incluye los subcomponentes producción, demanda en general, tipo de uso y demanda actual y futura para uso doméstico y riego.
3. Hidroelectricidad: considera los subcomponentes potencia y generación y fase de desarrollo y respaldo institucional o técnico para proyectos hidroeléctricos.
4. Cobertura boscosa: incluye los subcomponentes tipo de bosque y respaldo institucional o técnico para su protección legal.
5. Red vial terrestre: considera como subcomponente la densidad de la red.
6. Minerales: incluye como subcomponente el tipo de mineral.
7. Sobreuso del suelo : considera como subcomponente el grado de sobreuso.
8. Deterioro del ambiente asociado a la densidad de población, considerando como subcomponente la densidad de población.
9. Inundación : tiene como subcomponente la tendencia a las grandes inundaciones y el tipo de valores impactados.
10. Deterioro del ambiente asociado a la extracción de minerales, considerando como subcomponente el tipo de recurso impactado.
11. Remoción de masa : tiene como subcomponentes la tendencia a la remoción en masa y el tipo de recursos afectados.
12. Sismicidad : considera como subcomponentes la tendencia a grandes sismos y el tipo de recursos afectados.

Los doce parámetros están agrupados, representando los seis primeros los recursos, y los demás los impactos de las cuencas hidrográficas. Cada uno de ellos tiene asignado un coeficiente de ponderación que representa su importancia frente a los demás de un mismo grupo. Por otra parte, las distintas categorías de los subcompuestos de cada parámetro tienen a su vez asignados coeficientes de ponderación relativos.

Considerando los coeficientes de importancia relativa es posible determinar un valor índice para cada parámetro y cuenca. Sumando estos valores, ponderados según coeficientes que reflejan su importancia frente a los demás, se calcula un valor índice para cada cuenca, que se utiliza para la jerarquización.

4.6 Análisis de los Casos de Estudio.

El análisis de los casos presentados corrobora lo planteado por LARSON (1979) en el sentido que no hay principios específicos que permitan determinar los componentes que se deben incluir en un índice. Cada evaluación de alternativas consideró diferentes variables o criterios, ponderaciones y modelos para combinarlas. Sin embargo, a pesar de estas diferencias es posible extraer algunas consideraciones generales que permiten establecer las bases para definir el método que se utilizará en el presente estudio.

En relación a la selección de criterios o variables para representar las cuencas, en el Cuadro N°7 se presentan los utilizados en los casos de estudio. Debe mencionarse que en el cuadro algunos criterios agrupan varias variables básicas. Tal es el caso, por ejemplo, del criterio "población" que representa: las variables existencia de asentamiento en vertientes y partes planas, y densidad de población urbana y rural, del caso número 2; la variable población, del caso número 3; el criterio número de personas afectadas por crecidas, del caso número 4; y, el parámetro densidad de población, del caso número 5.

Se puede observar en el Cuadro N°2 que hay algunas variables o criterios que han sido utilizados en la mayoría de las evaluaciones, habiendo sin embargo otros que son únicos para determinados estudios. A pesar que aparentemente no existe consenso relacionado con los criterios que se deben emplear, del mismo cuadro se aprecia que estos tienden a representar:

1. Las características naturales de las cuencas como tamaño, morfología y clima, la existencia de áreas erosionadas y degradadas, y el impacto de la población sobre los recursos naturales, como criterios que permiten interpretar y pronosticar la dinámica de los fenómenos erosivos y torrenciales.
2. La existencia e importancia de áreas regadas, obras de riego y generación, de la red vial y de la población, como criterios que representan los bienes que puedan verse afectados por la ocurrencia y magnitud de los fenómenos erosivos y torrenciales, y,
3. La ocurrencia histórica de fenómenos destructivos, como criterio que permite indicar la frecuencia con que pueden verse afectados los bienes y recursos presentes en las cuencas.

CUADRO N° 7

Criterios utilizados para jerarquizar cuencas hidrográficas

NOMBRE DEL CRITERIO	CASOS DE ESTUDIO				
	1	2	3	4	5
1. Ubicación y accesibilidad	x				
2. Posibilidades de investigación e impacto divulgatorio	x				
3. Concentración de esfuerzos CONAF	x				
4. Fuentes financiamiento diferentes a CONAF	x				
5. Ejecución del proyecto dependiente o no de acuerdos con varias entidades	x				
6. Riesgo de falla de trabajos	x				
7. Protección obras infraestructura (embalses, red vial, centrales hidroeléctricas)	x	x	x		x
8. Protección tierras alto valor agropecuario (áreas regadas)	x	x	x	x	x
9. Generación empleo	x			x	
10. Tamaño de la cuenca		x	x		
11. Morfología de la cuenca		x	x		
12. Precipitación		x	x		
13. Erodabilidad de los suelos		x	x		
14. Degradación de las cuencas, presencia fenómenos erosivos, etc.		x	x		x
15. Población		x	x	x	x
16. Efecto de crecidas		x		x	x
17. Contaminación		x			
18. Uso del recurso agua		x		x	
19. Costo de los proyectos				x	
20. Prioridad dada a la cuenca por autoridades de planificación				x	
21. Deterioro por extracción de minerales					x
22. Remoción de masa					x
23. Sismicidad					x

La excepción a esta regla general corresponde a algunos criterios utilizados por BOTERO (1972b). Este autor consideró entre los objetivos para jerarquizar las alternativas, la necesidad de impactar a la opinión pública y a organismos nacionales y crear conciencia respecto a las ventajas de controlar y reducir la magnitud de algunos focos erosivos y torrenciales de importancia. Por este motivo, incluyó criterios como ubicación y accesibilidad, de modo de dar mayor ponderación a aquellos proyectos que puedan ser apreciados y observados por una mayor cantidad de personas. Probablemente estos objetivos no son actualmente válidos en nuestro país, especialmente debido a la labor de la Corporación Nacional Forestal que ha ejecutado, entre otros: la corrección de los ríos San José o Azapa y Las Minas, en la I y XII Región, respectivamente (CONAF, 1974a; CONAF, 1977); el proyecto de corrección de torrentes del Cerro Divisadero cercano a Coyhaique (CONAF, 1974b); y, los proyectos de estabilización de laderas erosionadas en áreas cercanas a las ciudades de Santiago, La Ligua y en la cuenca del río Limarí (CONAF, 1981; CONAF, 1982b; CONAF, 1984; MINISTERIO DEL INTERIOR, 1983).

En el caso de las ponderaciones o importancias asignadas a cada variable o criterio, debido a la diversidad de procedimientos y valores empleados no es posible resumirlas en un cuadro.

BOTERO (1972b) asignó la misma ponderación a cada criterio. También ODEPLAN (1981) asignó el nivel de importancia, por una parte, a las variables básicas que empleó para determinar el índice de sistemas, y por otra, a los tres índices (de degradación física, sistemas y pendiente media) cuyos valores utilizó para clasificar a las cuencas según tres grados de peligrosidad. Este último autor (en la determinación del índice de degradación física), DIRECCION DE MANEJO DE CUENCAS (1977), CONAF (1983) y OLAYA (1985) utilizaron diferentes ponderaciones para combinar las variables o criterios empleados en las evaluaciones.

Sin embargo, sólo en los estudios realizados por ODEPLAN (1981), DIRECCION DE MANEJO DE CUENCAS (1977) y OLAYA (1985) es posible conocer el procedimiento seguido para asignar las ponderaciones. El primero de los autores mencionados asigna a cada variable básica una ponderación que corresponde al valor de la constante asociada a cada variable en la ecuación de regresión lineal múltiple utilizada para el cálculo del índice de degradación física. Tanto DIRECCION DE MANEJO DE CUENCAS (1977), de acuerdo a lo planteado por OLAYA (1985), y este último autor, emplearon el método Delphi como procedimiento de consulta a diferentes expertos para la asignación de las ponderaciones.

En relación a los modelos empleados para combinar los criterios o variables, todos los autores utilizaron la suma ponderada de éstos para obtener el valor índice para cada alternativa. ODEPLAN (1981) contrastando con los demás autores quienes calcularon un único valor índice para cada cuenca, determinó tres valores correspondientes a los

índices de degradación física, sistemas y pendiente media. Este último, procedimiento que utiliza varios indicadores para comparar las cuencas, aún cuando significa un menor nivel de agregación de las variables, no permite jerarquizarlas sino sólo clasificarlas en rangos o grupos de cuencas, en función de los valores de los índices.

5. BIBLIOGRAFIA

- ABARZUA, M., 1985. Geografía de la energía. Colección Geografía de Chile, Tomo XII. Instituto Geográfico Militar Santiago. 174 p.
- ALBRECHT, S.L., 1979. An identification and evaluation of strategies for assessing social implications of alternative actions on public lands. In: Proceedings of a Workshop on Index Construction for Use in High Mountain Watershed Management. L.D. James (editor). Logan, Utah. pp: 111-124.
- ALMEYDA, E., 1948. Pluviometría de las zonas de desierto y de las estepas cálidas de Chile. Editorial Universitaria. Santiago. 162 p.
-y SAEZ, F., 1958. Recopilación de datos climáticos de Chile y mapas sinópticos respectivos. Ministerio de Agricultura. Santiago. 195 p.
- ALVAREZ, F., 1986. Algunos antecedentes técnicos para el manejo de cuencas. In: Seminario Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas. Corporación Nacional Forestal, VIII Región. Concepción. 80 p.
- BENNEWITZ, R., 1974 Los recursos hidroeléctricos nacionales y las centrales hidroeléctricas en estudio para satisfacer las demandas de la década 1985- 1995. In: Los recursos de agua en Chile y su utilización en la generación de energía eléctrica. Asociación de Ingenieros de ENDESA. Santiago. pp: 303-358.
- BORDE, J., 1963 Las incidencias cataclísmicas en la morfología de los Andes de Santiago. Informaciones Geográficas Chile, Número Único 1960, pp: 7-25.
- BORGEL, R., 1983. Geomorfología. Colección Geografía de Chile Tomo II. Instituto Geográfico Militar. Santiago. 182 p.

BOTERO, L. S., 1972a. Pautas para la ordenación de cuencas, la corrección de torrentes y la lucha contra la erosión en Chile. Apéndice 6: Identificación de proyectos tentativos de hidrología forestal y corrección de torrentes. Corporación Nacional Forestal. Santiago. 18 p.

....., 1972b. Pautas para la ordenación de cuencas, la corrección de torrentes y la lucha contra la erosión en Chile. Apéndice 7: Criterios para la selección de proyectos en la etapa inicial del programa de hidrología forestal y corrección de torrentes. Corporación Nacional Forestal. Santiago. 4 p.

CABRERA, G. y IROUME, A., 1979. Modelo de elementos finitos en la interacción napa-río en el Valle del Aconcagua durante crecidas. Centro de Recursos Hidráulicos, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Pub.CRH 79-10-1. Santiago. 183 p.

CARVAJAL, B. y PATRI, J., 1979. Principios básicos para la obtención de un índice de jerarquización turística, aplicado a la Provincia Antártica Chilena. Informaciones Geográficas Chile, 26:65-80.

COMISION ECONOMICA PARA AMERICA LATINA., 1986. Propuesta metodológica para sistematizar el desarrollo integrado de cuencas hidrográficas de alta montaña en la región Andina. Documento de trabajo elaborado por A. Dourojeanni y T. Santa María para ser discutido en el Seminario Internacional sobre Sistemas Integrados para el Desarrollo y Manejo de Cuencas Hidrográficas en la Región Andina de América Latina, Lima, Perú, 24 al 28 de noviembre de 1986. 96 p.

CONSEJO ECONOMICO Y SOCIAL., 1986. Informe de Comisión Cuencas Hidrográficas. República de Chile. 17 p.

CORPORACION NACIONAL FORESTAL., 1974a. Proyecto ordenación de la cuenca del río Las Minas, Punta Arenas, XII Región. Proyecto Fortalecimiento del Programa Forestal Nacional. FAO/PNUD/CONAF. Publicación mimeografiada. Santiago.

....., 1974b. Proyecto de corrección de torrentes de Cerro Divisadero, Coyhaique, XI Región. Ministerio de Agricultura. Proyecto CHI-526 PNUD. Santiago. 82 p.

- , 1975. Proyecto de tratamiento de las áreas de aporte a los Embalses Recoleta, Cogotí y Paloma (Ovalle, IV Región). Ministerio de Agricultura. Santiago. 212 p.
- , 1977. Proyecto para la defensa del Valle de Azapa contra los efectos del invierno boliviano. Ministerio de Agricultura. Santiago. 141 p.
- , 1981. Evaluación del tratamiento hidrológico forestal de laderas de secano del río Limarí. Ministerio de Agricultura. Santiago. 35 p.
- , 1982a. Plan de acción para la reducción del efecto torrencial de los sistemas hidrográficos tributarios al Gran Santiago. Ministerio de Agricultura. Santiago. 21 p.
- , 1982b. Protección y manejo de cuencas hidrográficas tributarios al Gran Santiago, Ministerio de Agricultura, Santiago. 21 p.
- , 1982c. Plan de ordenamiento físico de la cuenca del estero Nilahue. Departamento de Silvicultura y Manejo, Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Universidad de Chile. Santiago. 171 p.
- , 1983a. Diagnóstico de riesgos potenciales de erosión, Reserva Nacional Río Clarillo. 70 p.
- , 1983b. Identificación y formulación de proyectos de manejo de cuencas para la I Región. Ministerio de Agricultura. Santiago. 55p.
- , 1984a. Proyecto protección y rehabilitación ecológica de laderas tributarias a la ciudad de La Ligua, V Región. Gerencia Técnica-Manejo de Cuencas. Santiago. 72 p.
- , 1984b. Plan de acción para el manejo integral de la cuenca estero Reñaca. Programa Manejo de Cuencas y Control de Dunas. V Región. Viña del Mar. 18 p.
- , 1984c. Diagnóstico cuenca estero Uraco. Ministerio de Agricultura. Talca. 81 p.

-, 1984d. Protección y manejo de la cuenca del río Claro. ICSA Ingenieros Consultores. SERPLAC, CONAF, 94 p.
- CRISCI, J.V., 1983. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica, O.E.A. Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico. 132 p.
- DIRECCION DE MANEJO DE CUENCAS., 1977. Identificación de microcuencas prioritarias a través de la aplicación de 34 criterios (parámetros). Ministerio de Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Carácas. 16 p.
- DIRECCION GENERAL DE AGUAS., 1986. Balance hidrológico nacional, II Región. Pub. Interna S.D.E.H. N° 86/1 Ministerio de Obras Públicas. Santiago. 167 p.
- ELIZALDE, R., 1970. La sobrevivencia de Chile. La conservación de sus recursos naturales renovables (Segunda Edición). Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola Ganadero. Santiago. 492 p.
- EMPRESA NACIONAL DE ELECTRICIDAD., 1981. Colbún. Oficina de Relaciones Pública. Santiago, 10 p.
-, 1984. Producción y consumo de energía en Chile. Gerencia de Explotación. Santiago. 114 p.
-, 1985. Producción y consumo de energía en Chile. Gerencia de Explotación. Santiago. 114p.
- FREESE, F., 1984. Statistics for land managers. Paeony Press. Jedburgh, Scotland. 176 p.
- FUENZALIDA, H., 1965a. Clima. In: Geografía Económica de Chile, Texto Refundido. Corporación de Fomento de la Producción. Santiago. pp:98-152.
-, 1965b. Biogeografía. In: Geografía Económica de Chile, Texto Refundido. Corporación de Fomento de la Producción. Santiago. pp: 228-267.

- FULLERTON, H.H., 1979. Resources management: some philosophic boundaries in the organization and use of data. In: Proceedings of a Workshop on Index Construction for Use in High Mountain Watershed Management. L.D. James (editor). Logan, Utah. pp:1-13.
- GOLBECK, A.L., 1986. Evaluating statistical validity of research reports: a guide for managers, planners and researchers. General Technical Report PSW-87. United States Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. Berkeley, California. 22 p.
- GOLUBEV, G., 1969. Avalanchas y corrientes de barro en Chile. Informaciones Geográficas Chile, Número Unico. 1967, pp:31-73.
- HERNANDEZ, E.A., 1980. La cuenca hidrográfica. Departamento de Conservación, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes, Mérida. 25 p.
- HEWLETT, J.D., 1982. Principles of forest hydrology. The University of Georgia Press. Athens, Georgia. 183 p.
- HOLLICK, M., 1981. The role of quantitative decision-making methods in environmental impact assesment. Journal of Environmental Management, 12:65-78.
- HUBER, A., 1975. Beitrag zur Klimatologie u. Klimaökologie von Chile. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde. Ludwig Maximilians-Universität. München. 87p. y cartografía.
- INSTITUTO DE INVESTIGACION DE RECURSO NATURALES., 1965. Evaluación de la erosión. Corporación de Fomento de la Producción. Proyecto Aerofotogramétrico Chile/OEA/BID. Santiago. 16 p., cartografía y cuadros.
-, 1973. Capacidad de uso de la tierra, provincias de Atacama a Magallanes. Corporación de Fomento de la Producción. Santiago, 39 p.
-, 1979. Fragilidad de los ecosistemas naturales de Chile. Informe N° 40 Corporación de Fomento de la Producción, Santiago. 43 p., anexos y cartografía.

-, 1980. Atlas escolar de Chile. Santiago 64 p.
-, 1985. Geografía I Región de Tarapacá. Colección Geográfica de Chile. Tomo XIII. Santiago. 153 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS., 1982a. Localidades pobladas, I Región de Tarapacá. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Santiago. 80 p.
-, 1982b. Localidades pobladas. II Región de Antofagasta. Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción. Santiago. 62 p.
-, 1982c. Localidades pobladas. III Región de Atacama. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Santiago. 116 p.
-, 1982d. Localidades pobladas. IV Región de Coquimbo. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Santiago. 216 p.
-, 1982e. Localidades pobladas. V Región de Valparaíso. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Santiago. 291 p.
-, 1982f. Localidades pobladas. Región Metropolitana de Santiago. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Santiago. 352 p.
-, 1982g. Localidades pobladas. VI Región del Libertados General Bernardo O'Higgins. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Santiago. 277 p.
-, 1982h. Localidades pobladas. VII Región del Maule. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Santiago. 337 p.
- IPLA .., 1983. Balance Hidrológico Nacional, Regiones V, VI, VII y Metropolitana. Dirección General de Aguas. Santiago. 158 p.

....., 1984. Balance Hidrológico Nacional, Regiones III y IV. Dirección General de Aguas. Santiago. 238 p.

IROUME, A., 1986. Use of indices for determining priorities in watershed management. A dissertation presented for the Degree of Master of Science, University of Edinburgh. Edinburgh. 71p.

....., y GAYOSO.J., 1987a. Estudio de las prioridades de manejo de las cuencas hidrográficas de la I a VII Región (Informe de Avance N°1). Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/83/017 Investigación y Desarrollo de Areas Silvestres en Zonas Aridas y Semiáridas. Informe de Convenio N° 122. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile, Valdivia. 43 p., anexo y cartografía.

.....y GAYOSO ., 1987b. Estudio de las prioridades de manejo de la cuenca hidrográficas de la I a VII Región (Informe de Avance N°2). Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/83/017 Investigación y Desarrollo de Areas Silvestres en Zonas Aridas y Semiáridas. Informe de Convenio N° 127, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia 104p.

JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY., 1986. Feasibility study on Mapocho River Basin agricultural development project. Republic of Chile, Ministry of Agriculture.

JULIO, G., PAREDES, G., IROUME, A., y GIROZ, G., 1980. Proyecto integrado de protección contra incendios forestales para empresas N°33. Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile. Valdivia. 183p.

KENDALL, M. G., 1948. Rank correlation methods. C. Griffin and Company. London. 473 p.

KLOHN, W., 1972. Hidrología de las zonas desérticas de Chile. Proyecto CHI-35, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Santiago. 188 p.

LARROUCAU, L., 1969. Obras de riego construídas por el Estado. Dirección de Riego. Santiago, 70 p.

- LARSON, D., 1979. General approaches and methodology for construction of indices for natural resources planning and management. In: Proceedings of a Workshop on Index Construction for Use in High Mountain Watershed Management, L.D. James (editor). Logan, Utah, pp: 171-194.
- LINSTONE, H.A., and TUROFF, M., 1975. The Delphi method: techniques and applications. Addison-Wesley Publishing Company. Reading, Massachusetts. 619 p.
- LOBO, E., 1978. Recursos de agua en Chile. Dirección General Aguas. Santiago. 142 p.
- LOPEZ, F., y BLANCO M., 1976. Hidrología forestal (Primera Parte). Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Madrid 387 p.
- LOPEZ, J. M., y HERNANDEZ, E.A., 1980. Manejo integral de cuencas (aspectos hidrológicos forestales). Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Los Andes. Mérida. 27 p.
- MARDIA, K.V., KENT, J.T. and BIBBY, J.M., S/F. Multivariate analysis. London Academic Press. London. 521 p.
- MATUS, R., EDWARDS, R., y VEGA, S., 1985. Las grandes obras de riego como motor del desarrollo regional. Dirección de Riego. 31 p.
- MCGAUGHEY, S.E., 1980. Investment criteria for agricultural and rural development projects: the measurements of their multiple economic and social consequences. In: Economic analysis of forestry projects: reading. FAO Forestry Paper 17, Sup.2. Rome. pp: 1-62.
- McKEE, M., 1979. Index utilization in natural resources planning: a review and evaluation of techniques. In: Proceedings of a Workshop on Index. Construction for Use in High Mountain Watershed Management. L.D. James (editor). Logan, Utah. pp: 195-228
- MELNICK, S. y GUTIERREZ, G., 1982. Manual Delphi. Departamento de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad de Chile. Santiago. 45 p.

- MINISTERIO DEL INTERIOR., 1983. Plan piloto para la defensa y recuperación de las riberas del río Mapocho en las comunas de Quinta Normal y Renca. Documento de Trabajo I. Municipalidad de Quinta Normal. Santiago. 25 p.
- NACIONES UNIDAS., 1977. Directrices para la prevención regulación de las pérdidas debidas a las inundaciones en los países en desarrollo. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. Recursos Naturales/Serie de Agua N°5. Nueva York. 215 p.
-, 1986. Estrategia para el desarrollo y manejo de la Región Andina; una propuesta de acción a nivel de cuenca hidrográfica, según A. Dourojeanni y M. Lenzi. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago. 48 p.
- NEUHOLD, J.M., PORCELLAS, D.B. and INNIS, G.S., 1979 Selection of variables for evaluation of stream ecosystems in relationship to watershed activities. In: Proceedings of a Workshop on Index Construction for Use in High Mountain Watershed Management. L.D. James (Editor). Logan, Utah. pp:124-144
- NIEMEYER, H., 1982a Hoyas hidrográficas de Chile. 1a. Región de Tarapacá, Dirección General de Aguas. Santiago. 133p.
-, 1982b. Hoyas hidrográficas de Chile. 2a. Región de Antofagasta. Dirección General de Aguas. Santiago. 115p.
-, 1982c. Hoyas hidrográficas de Chile. 3a. Región de Atacama. Dirección General de Aguas. Santiago. 195p.
-, 1982d. Hoyas hidrográficas de Chile. 5a.Región de Valparaíso, Región Metropolitana. 6a. Región del Libertador General B. O'Higgins, 7a. Región del Maule. Dirección General de Aguas.Santiago. 144p.
- y CEREDA. 1984. Hidrografía. Colección Geografía de Chile, Tomo VIII. Instituto Geográfico Militar. Santiago, 320p.
- OFICINA DE PLANIFICACION NACIONAL., 1981, Estudio de las cuencas de los ríos Mataquito y Maule. Universidad Católica Sede del Maule. SERPLAC VII Región. Talca. 197p.

- OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA DEL MINISTERIO DEL INTERIOR., 1980. Las inundaciones. In: Programa Mapa Nacional de Riesgos y Prevención de Catástrofes (ocurrencia histórica de sismos, inundaciones, incendios urbanos e incendios forestales). Informe General (Segunda Parte). Santiago.pp. 87-183.
- OLAYA, A., 1985. Metodología para determinar prioridades de manejo integral de cuencas hidrográficas y su aplicación en Costa Rica. Tesis presentada para optar al grado de Magister Scientiae. Universidad de Costa Rica-CATIE.Turrialba. 196p.
- OLTREMARI, J., SCHLEGEL, F., y SCHALTTER, R., 1986. Diagnóstico de tres áreas para Analizar su incorporación al Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del Estado. Informe de Avance N°2. Proyecto CONAF/PNUD/FAO - CHI/83'017 Investigación y Desarrollo de Areas Silvestres en Zonas Áridas y Semiáridas. Informe de Convenio N°109, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia, 109p.
- ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION., 1974. Fortalecimiento del programa Forestal Nacional, Chile. Pautas para la ordenación de cuencas, la corrección de torrentes y la lucha contra la erosión, basado en la labor del L.S. Botero. FO:SF/CHI 26. Informe Técnico 6 roma. 81 p.
-, 1983. Ordenación de la cuenca hidrográficas: participación de las poblaciones de montaña, por J.J. Bochet. Guía FAO: Conservación N°8. Roma. 219 p°
- ORTIZ, J., 1983. Población y sistema de asentamientos urbanos. Colección Geografía de Chile, Tomo IV. Instituto Geográfico Militar. Santiago. 156 p.
- PERRENS, S.J., and N.A. TRUSTRUM., 1984. Assessement and evaluation for soil conservation policy, Report of Workshop on Policies for Soil and Water Conservation, January 25-27, 1983 East-West Environment and Policy Institute Honolulu, Hawaii, 31 p.
- QUINTANILLA, V., 1974. La representación cartográfica preliminar de la vegetación chilena. Ediciones Universitarias de Valparaíso. Valparaíso. 74p.

-, 1983. Biogeografía. Colección Geografía de Chile, Tomo III. Instituto Geográfico Militar. Santiago, 230 p.
- REPETTO, R., 1986 Soil loss and population pressure on Java, *Ambio*, 15 (1):14-18.
- ROVIRA, A., 1985. Geografía de los suelos Colección Geográfica de Chile, Tomo V. Instituto Geográfico Militar. Santiago. 180 p.
- SCHUSTER, E. G. FRISSELL, S.S., BAKER, E.E. and LOVELESS, R.S. Jr., 1985. The Delphi method; application to elk habitat quality. Research Paper INT-353. United States Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, Ogden, Utah. 32p.
- SINDEN, J.A. and WORREL, A.L., 1979. Unpriced values. John Wiley and Sons. New York. 280 p.
- SOTO, G., 1987. Impacto de la degradación y desertificación sobre el medio ambiente en comunidades rurales. El caso de las Comunidades Agrícolas de la IV Región. In: Actas Seminario sobre Aporte del Sector Forestal al Desarrollo Rural. Universidad de Talca. Talca. 20 p.

ANEXO Nº 1

ANEXO Nº 1

CONTENIDO

CUADRO N° A-1.1. Población en centros poblados a orilla de cauces.
Definición de clases.

CUADRO N° A-1.2. Superficie regada. Definición de clases.

CUADRO N° A-1.3. Potencia instalada. Definición de clases.

CUADRO N° A-1.4. Generación media anual. Definición de clases.

CUADRO N° A-1.5. Capacidad regulada. Definición de clases.

CUADRO N° A-1.6. Densidad de la red vial. Definición de clases.

CUADRO N° A-1.7. Area inundable. Definición de clases.

CUADRO N° A-1.8. Coeficiente de crecidas. Definición de clases.

CUADRO N° A-1.9. Frecuencia de deslizamiento. Definición de clases.

CUADRO N° A-1.10. Índice de fragilidad de los ecosistemas. Definición de
clases.

CUADRO N° A-1.11. Densidad de población. Definición de clases.

CUADRO N° A-1.12. Precipitación media. Definición de clases.

CUADRO N° A-1.13. Concentración de precipitación. Definición de clases.

CUADRO N° A-1.14. Superficie total de la cuenca. Definición de clases.

CUADRO N° A-1.1.

Población en centros poblados a orilla de cauces. Definición de clases.

CLASE	RANGO (habitantes)	FRECUENCIA	NOTA	PONDERACION
1	< 3	2	1	0,04
2	3 - 107	1	3	0,12
3	107 - 3499	4	5	0,20
4	3499 - 114453	7	7	0,28
5	> 114453	6	9	0,36

CUADRO N° A-1.2.

Superficie regada. Definición de clases.

CLASE	RANGO (ha2)	FRECUENCIA	NOTA	PONDERACION
1	< 4930	8	1	0,04
2	4930 - 31106	6	3	0,12
3	31106 - 78135	2	5	0,20
4	78135 - 196267	1	7	0,28
5	> 196267	3	9	0,36

CUADRO N° A-1.3.

Potencia instalada. Definición de clases

CLASE	RANGO (MW)	FRECUENCIA	NOTA	PONDERACION
1	< 0,58	14	1	0,07
2	0,58 - 3,37	-	-	-
3	3,37 - 19,57	3	5	0,20
4	19,57 - 113,59	-	-	-
5	> 113,59	3	9	0,33

CUADRO N° A-1.4.

Generación media anual. Definición de clases.

CLASE	RANGO (GWh)	FRECUENCIA	NOTA	PONDERACION
1	< 0,83	12	1	0,04
2	0,83 - 6,83	2	3	0,12
3	6,83 - 56,41	2	5	0,20
4	56,41 - 466,08	1	7	0,28
5	> 466,08	3	9	0,36

CUADRO N° A-1.5.

Capacidad regulada. Definición de clases.

CLASE	RANGO (millones m3)	FRECUENCIA	NOTA	PONDERACION
1	< 0,8	9	1	0,05
2	0,8 - 6,38	-	-	-
3	6,38 - 51,01	5	5	0,23
4	51,01 - 407,57	3	7	0,32
5	> 407,57	3	9	0,41

CUADRO N° A-1.6.

Densidad de la red vial. Definición de clases.

CLASE	RANGO (km/km2)	FRECUENCIA	NOTA	PONDERACION
1	< 0,0748	4	1	0,04
2	0,0748 - 0,1192	4	3	0,12
3	0,1192 - 0,1900	7	5	0,20
4	0,1900 - 0,3029	3	7	0,28
5	> 0,3029	2	9	0,36

CUADRO N° A-1.7.

Area inundable. Definición de clases.

CLASE	RANGO (km2)	FRECUENCIA	NOTA	PONDERACION
1	< 590	7	1	0,04
2	590 - 822	2	3	0,12
3	822 - 1053	1	5	0,20
4	1053 - 1515	3	7	0,28
5	> 1515	7	9	0,36

CUADRO N° A-1.8.

Coefficiente de crecida. Definición de clases.

CLASE	RANGO	FRECUENCIA	NOTA	PONDERACION
1	< 21481	13	1	0,04
2	21481 - 117621	2	3	0,12
3	117621 - 544044	1	5	0,20
4	544044 - 3526531	3	7	0,28
5	> 3526531	1	9	0,36

CUADRO N° A-1.9.

Frecuencia de deslizamiento. Definición de clases

CLASE	RANGO (número)	FRECUENCIA	NOTA	PONDERACION
1	< 0,4	2	1	0,04
2	0,4 - 1,8	2	3	0,12
3	1,8 - 7,9	4	5	0,20
4	7,9 - 33,6	5	7	0,28
5	> 33,6	7	9	0,36

CUADRO N° A-1.10

Indice de fragilidad de los ecosistemas. Definición de clases

CLASE	RANGO	FRECUENCIA	NOTA	PONDERACION
1	< 2,57	2	9	0,257
2	2,57 - 2,87	7	8	0,229
3	2,87 - 3,21	5	7	0,200
4	3,21 - 3,58	3	6	0,171
5	> 3,58	3	5	0,143

CUADRO N° A.1.11.

Densidad de población. Definición de clases

CLASE	RANGO (habitantes/km ²)	FRECUENCIA	NOTA	PONDERACION
1	< 2,95	3	1	0,06
2	2,95 - 12,45	6	3	0,17
3	12,45 - 52,51	9	5	0,28
	52,51 - 221,46	-	-	-
	> 221,46	2	9	0,50

CUADRO N° A-1.12.

Precipitación media. Definición de clases.

CLASE	RANGO (mm)	FRECUENCIA	NOTA	PONDERACION
1	< 39,57	1	1	0,04
2	39,57 - 97,88	3	3	0,12
3	97,88 - 242,09	4	5	0,20
4	242,09 - 598,78	6	7	0,28
5	> 598,78	6	9	0,36

CUADRO N° A-1.13.

Concentración de precipitación. Definición de clases

CLASE	RANGO (mm/aa)	FRECUENCIA	NOTA	PONDERACION
1	< 5,28	3	1	0,04
2	5,28 - 9,29	3	3	0,12
3	9,29 - 16,34	3	5	0,20
4	16,34 - 28,76	1	7	0,28
5	> 28,76	10	9	0,36

.

CUADRO N° A-1.14.

Superficie total de la cuenca. Definición de clases.

CLASE	RANGO (km ²)	FRECUENCIA	NOTA	PONDERACION
1	< 568	4	9	0,36
2	568 - 1576	1	7	0,28
3	1576 - 4368	4	5	0,20
4	4368 - 12109	6	3	0,12
5	> 12109	5	1	0,04

CONTENIDO

- CUADRO N°A-2.1. Matriz del parámetro población afecta a daños por crecidas e inundaciones.
- CUADRO N°A-2.2. Matriz del parámetro tierras de alto valor agropecuario.
- CUADRO N°A-2.3. Matriz del parámetro embalses de regulación.
- CUADRO N°A-2.4. Matriz del parámetro red vial.
- CUADRO N°A-2.5. Matriz del parámetro hidroelectricidad.
- CUADRO N°A-2.6. Matriz de parámetro inundaciones.
- CUADRO N°A-2.7. Matriz del parámetro crecidas.
- CUADRO N°A-2.8. Matriz del parámetro deslizamientos.
- CUADRO N°A-2.9. Matriz del parámetro sobre uso.
- CUADRO N°A-2.10. Matriz del parámetro densidad de población.
- CUADRO N°A-2.11. Matriz del parámetro tamaño de la cuenca.
- CUADRO N°A-2.12. Matriz del parámetro precipitación.
- CUADRO N°A-2.13. Matriz resumen de criterios.
- CUADRO N°A-2.14. Matriz resumen del índice de cuenca.
- CUADRO N°A-2.15. Jerarquización por zona hidrográfica.
- CUADRO N°A-2.16. Jerarquización por región administrativa.
- CUADRO N°A-2.17. Análisis de conglomerados.
- CUADRO N°A-2.18. Posición de las cuencas para sucesivas jerarquizaciones.

CUADRO N° A-2.1.

Matriz del parámetro población afecta a daños por
crecidas e inundaciones.

NOMBRE DE LA CUENCA	VALOR INDICE COMPONENTE	VALOR DE LA CLASE	IPO = Vp	INDICE DEL PARAMETRO
	V	p		IP*
San José	0,3873	0,360	0,1394	0,3872
Loa	0,2189	0,280	0,0613	0,1703
Copiapó	0,1888	0,280	0,0529	0,1469
Huasco	0,1077	0,280	0,0302	0,0839
Chañaral de Acetuna	0,0028	0,200	0,0006	0,0017
Los Choros	0,0007	0,120	0,0001	0,0003
Elqui	0,3206	0,280	0,1154	0,3206
Lagunillas	0,0000	0,040	0,0000	0,0000
Limarí	0,1736	0,280	0,0486	0,1350
Choapa	0,0756	0,280	0,0212	0,0589
Aconcagua	0,5238	0,360	0,1886	0,5239
Viña	1,0166	0,360	0,3660	1,0167
Rosario	0,0010	0,120	0,0002	0,0006
Maipo	10,0000	0,360	3,6000	10,0000
Yali	0,0000	0,040	0,0000	0,0000
Rapel	0,1525	0,280	0,0427	0,1186
Ñilhue	0,0075	0,200	0,0015	0,0042
Paredones *	0,0012	0,200	0,0002	0,0006
Mataquito	0,0336	0,280	0,0094	0,0261
Maule	0,7025	0,360	0,2529	0,7025

* Transformación de IPO en IP : Se asigna al mayor IPO un valor 10, y a los demás un valor proporcional según regla de tres.

CUADRO N° A-2.2.

Matriz del parámetro tierras de alto valor agropecuario.

NOMBRE DE LA CUENCA	VALOR INDICE COMPONENTE	VALOR DE LA CLASE	IPo = Vp	INDICE DEL PARAMETRO
	V	P		IP*
San José	0,1128	0,120	0,0135	0,0375
Loa	0,0329	0,040	0,0013	0,0036
Copiapó	0,2462	0,120	0,0295	0,0819
Huasco	0,2039	0,120	0,0245	0,0681
Chañaral de Aceituna	0,0004	0,040	0,0000	0,0000
Los Choros	0,0041	0,040	0,0002	0,0006
Elqui	0,6034	0,120	0,0724	0,2011
Lagunillas	0,0000	0,040	0,0000	0,0000
Limarí	1,3793	0,200	0,2759	0,7664
Choapa	0,6004	0,120	0,0720	0,2000
Aconcagua	1,5213	0,200	0,3043	0,8453
Viña	0,0000	0,040	0,0000	0,0000
Rosario	0,0000	0,040	0,0000	0,0000
Maipo	5,2870	0,360	1,9033	5,2859
Yali	0,0000	0,040	0,0000	0,0000
Rapel	9,0294	0,360	3,2506	9,0294
Ñilahué	0,2475	0,120	0,0297	0,0825
Paredones	0,0000	0,040	0,0000	0,0000
Mataquito	2,8966	0,280	0,8110	2,2528
Maule	10,0000	0,360	3,6000	10,0000

* Transformación de IPo en IP: Se asigna al mayor IPo un valor 10, y a los demás un valor proporcional según regla de tres.

CUADRO N°A-2.3.

Matriz del parámetro embalses de regulación.

NOMBRE DE LA CUENCA	VALOR INDICE COMPONENTE	VALOR DE LA CLASE	IPo = Vp	INDICE DEL PARAMETRO
	V	P		IP*
San José	0,0000	0,050	0,0000	0,0000
Loa	0,0676	0,230	0,0155	0,0378
Copiapó	0,1136	0,230	0,0261	0,0637
Huasco	-0,0307	0,230	0,0071	0,0173
Chañaral de Aceituna	0,0000	0,050	0,0000	0,0000
Los Choros	0,0000	0,050	0,0000	0,0000
Elqui	0,1228	0,230	0,0282	0,0688
Lagunillas	0,0000	0,050	0,0000	0,0000
Limarí	3,0585	0,410	1,2540	3,0585
Choapa	0,0000	0,050	0,0000	0,0000
Aconcagua	0,1935	0,320	0,0619	0,1510
Vina	0,0000	0,050	0,0000	0,0000
Rosario	0,0000	0,050	0,0000	0,0000
Maipo	1,1479	0,320	0,3673	0,8959
Yali	0,0000	0,050	0,0000	0,0000
Rapel	2,8957	0,410	1,1872	2,8956
Ñilhue	0,0197	0,230	0,0045	0,0110
Paredones	0,0000	0,050	0,0000	0,0000
Mataquito	0,2150	0,320	0,0688	0,1678
Maule	10,0000	0,410	4,1000	10,0000

* Transformación del IPo en IP : se asigna al mayor IPo un valor 10, y a los demás un valor proporcional según regla de tres.

CUADRO Nº A-2.4.

Matriz del parámetro red vial.

NOMBRE DE LA CUENCA	VALOR INDICE COMPONENTE	VALOR DE LA CLASE	IPo = Vp	INDICE DEL PARAMETRO
	V	p		IP*
San José	0.7331	0.120	0.0880	0.3775
Loa	5.8086	0.040	0.2323	0.9966
Copiapó	2.3395	0.040	0.0936	0.4015
Huasco	1.2125	0.040	0.0485	0.2081
Chañaral de Aceituna	0.4685	0.200	0.0937	0.4020
Los Choros	0.6706	0.040	0.0268	0.1150
Elqui	1.6016	0.120	0.1922	0.8245
Lagunillas	0.4047	0.200	0.0809	0.3471
Limarí	2.2067	0.120	0.2648	1.1360
Choapa	1.1597	0.120	0.1392	0.5972
Aconcagua	5.2035	0.200	1.0407	4.4646
Vina	0.6312	0.280	0.1767	0.7580
Rosario	0.1579	0.360	0.0568	0.2437
Maipo	10.0000	0.200	2.0000	8.5800
Yali	0.4241	0.280	0.1187	0.5092
Rapel	5.5805	0.200	1.1161	4.7881
Ñilhue	0.1607	0.200	0.0321	0.1377
Paredones	0.0499	0.360	0.0180	0.0772
Mataquito	1.6966	0.200	0.3393	1.4556
Maule	8.3250	0.280	2.3310	10.0000

* Transformación del IPo en IP : se asigna al mayor IPo un valor 10 y a los demás un valor proporcional según regla de tres

CUADRO Nº A-2.5.

Matriz del Parámetro hidroelectrictad

NOMBRE DE LA CUENCA	POTENCIA INSTALADA		GENERACION AEOIA ANUAL		VALOR INDICE PARAMETRO	
	VALOR INDICE COMPONENTE LA CLASE		VALOR INDICE COMPONENTE LA CLASE			
	V_1	P_1	$C_{01} = V_1 P_1$	C_1^*	C_2^*	$IP = 0,5 C_1 + 0,5 C_2$
San José	0,1567	0,270	0,0428	0,0316	0,0935	0,0718
Los	0,0038	0,070	0,0003	0,0009	0,0056	0,0014
Copiapó	0,0045	0,070	0,0003	0,0009	0,0039	0,0011
Huasco	0,0008	0,070	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Chamarel de Acuituna	0,0000	0,070	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Los Choros	0,0000	0,070	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Elqui	0,0000	0,070	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Lagunillas	0,0000	0,070	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Linari	0,2533	0,200	0,0507	0,1516	0,1143	0,0886
Chapa	0,0000	0,070	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Aconcagua	0,2859	0,200	0,0572	0,1733	0,3765	0,1086
Vila	0,0000	0,070	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Rosario	0,0000	0,070	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Maipo	1,8664	0,330	0,6166	1,8685	2,1371	0,2311
Tall	0,0000	0,070	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Rapel	7,4330	0,330	2,4529	7,4330	1,1573	2,0029
Wihue	0,0000	0,070	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Paredones	0,0000	0,070	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Nazquito	0,0000	0,070	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Maula	10,0000	0,330	3,3000	10,0000	10,0000	10,0000

* Transformación de C_{01} y C_{02} en C_1 y C_2 : se asigna el mayor C_{01} , C_{02} un valor 10 y a los demás un valor proporcional según regla de tres.

CUADRO N° A-2.6.

Matriz del parámetro inundaciones.

NOMBRE DE LA CUENCA	VALOR INDICE COMPONENTE	VALOR DE LA CLASE	IPo = Vp	INDICE DEL PARAMETRO
	V	p		IP*
San José	1,8750	0,040	0,0750	0,2083
Loa	3,8487	0,280	1,0776	2,9933
Copiapó	5,4934	0,360	1,9776	5,4933
Huasco	6,4145	0,360	2,3092	6,4144
Chañaral de Aceituna	2,2204	0,120	0,2664	0,7400
Los Choros	2,5329	0,120	0,3039	0,8442
Elqui	9,6711	0,360	3,4816	9,6711
Lagunillas	0,0000	0,040	0,0000	0,0000
Linarí	5,1316	0,360	1,8474	5,1317
Choapa	5,0987	0,360	1,8355	5,0986
Aconcagua	3,0592	0,200	0,6118	1,6994
Viña	0,2632	0,040	0,0105	0,0292
Rosario	0,0658	0,040	0,0026	0,0072
Maipo	5,1316	0,360	1,8474	5,1317
Yali	0,1316	0,040	0,0053	0,0147
Rapel	3,9803	0,280	1,1145	3,0958
Ñilhue	0,1974	0,040	0,0079	0,0219
Paredones	0,0000	0,040	0,0000	0,0000
Nataquito	4,1447	0,280	1,1605	3,2236
Maule	10,0000	0,360	3,6000	10,0000

* Transformación de IPo en IP : se asigna al mayor IPo un valor 10, y a los demás un valor proporcional según regla de tres.

CUADRO Nº A-2.7.

Matriz del parámetro crecidas.

NOMBRE DE LA CUENCA	VALOR INDICE COMPONENTE	VALOR DE LA CLASE	IPo = Vp	INDICE DEL PARAMETRO
	V	p		IP*
San José	0,0170	0,120	0,0020	0,0056
Loa	0,0025	0,040	0,0001	0,0003
Copiapó	0,0070	0,040	0,0003	0,0008
Huasco	0,0517	0,120	0,0062	0,0172
Chañaral de Aceituna	0,0000	0,040	0,0000	0,0000
Los Choros	0,0000	0,040	0,0000	0,0000
Elqui	0,0027	0,040	0,0001	0,0003
Lagunillas	0,0000	0,040	0,0000	0,0000
Limarí	1,2273	0,280	0,3436	0,9544
Choapa	0,0936	0,200	0,0187	0,0519
Aconcagua	0,0028	0,040	0,0001	0,0003
Viña	1,2273	0,280	0,3436	0,9544
Rosario	0,0000	0,040	0,0000	0,0000
Maipo	0,0020	0,040	0,0001	0,0003
Yali	0,0000	0,040	0,0000	0,0000
Rapel	10,0000	0,360	3,6000	10,0000
Nilahue	1,2273	0,280	0,3436	0,9544
Paredones*	0,0000	0,040	0,0000	0,0000
Mataquito	0,0059	0,040	0,0002	0,0006
Maule	0,0068	0,040	0,0003	0,0008

* Transformación de IPo en IP : se asigna al mayor IPo un valor 10, y a los demás un valor proporcional según regla de tres.

CUADRO N° A-2.8.

Matriz del parámetro deslizamientos.

NOMBRE DE LA CUENCA	VALOR INDICE COMPONENTE	VALOR DE LA CLASE	IPo = Vp	INDICE DEL PARAMETRO
	V	p		IP*
San José	0,7639	0,280	0,2139	0,5942
Loa	0,8333	0,280	0,2333	0,6481
Copiapó	2,8472	0,360	1,0250	2,8472
Huasco	2,2917	0,280	0,6417	1,7825
Chañaral de Aceituna	0,0694	0,120	0,0083	0,0231
Los Choros	0,3472	0,200	0,0694	0,1928
Elqui	3,7500	0,360	1,3500	3,7500
Lagunillas	0,0694	0,120	0,0083	0,0231
Limarí	2,8472	0,360	1,0250	2,8472
Choapa	1,9444	0,280	0,5444	1,5122
Aconcagua	10,0000	0,360	3,6000	10,0000
Viña	0,3472	0,200	0,0694	0,1928
Rosario	0,0000	0,040	0,0000	0,0000
Maipo	8,4028	0,360	3,0250	8,4028
Yali	0,0000	0,040	0,0000	0,0000
Rapel	3,8889	0,360	1,4000	3,8889
Nilahue	0,3472	0,200	0,0694	0,1928
Paredones	0,1389	0,280	0,0389	0,1081
Mataquito	0,9722	0,280	0,2722	0,7561
Maule	2,6389	0,360	0,9500	2,6389

* Transformación de IPo en IP: se asigna al mayor IPo un valor 10, y a los demás un valor proporcional según regla de tres.

CUADRO N° A-2.9.

Matriz del parámetro sobre uso.

NOMBRE DE LA CUENCA	VALOR INDICE COMPONENTE	VALOR DE LA CLASE	IPo = Vp	INDICE DEL PARAMETRO
	V	p		IP*
San José	6,0526	0,143	0,8655	3,3677
Loa	5,7500	0,143	0,8222	3,1992
Copiapó	6,0526	0,143	0,8655	3,3677
Huasco	6,7647	0,171	1,1568	4,5012
Chañaral de Aceituna	8,2143	0,229	1,8811	7,3195
Los Choros	8,5185	0,229	1,9507	7,5903
Elqui	10,0000	0,257	2,5700	10,0000
Lagunillas	8,2143	0,229	1,8811	7,3195
Limarí	8,8462	0,257	2,2735	8,8463
Choapa	8,2143	0,229	1,8811	7,3195
Aconcagua	7,4194	0,200	1,4839	5,7739
Viña	7,9310	0,229	1,8162	7,0669
Rosario	7,9310	0,229	1,8162	7,0669
Maipo	7,6667	0,200	1,5333	5,9661
Yali	7,9310	0,229	1,8162	7,0669
Rapel	6,9697	0,200	1,3939	5,4237
Milahué	7,6667	0,200	1,5333	5,9661
Paredones	7,4194	0,200	1,4839	5,7739
Mataquito	6,7647	0,171	1,1568	4,5012
Maule	6,3889	0,171	1,0925	4,2510

* Transformación del IPo en IP : se asigna al mayor IPo un valor 10, y a los demás un valor proporcional según regla de tres

CUADRO N° A-2.10.

Matriz del parámetro densidad de la población.

NOMBRE DE LA CUENCA	VALOR INDICE COMPONENTE	VALOR DE LA CLASE	IPo = Vp	INDICE DEL PARAMETRO
	v	p		IP*
San José	0,4732	0,280	0,1325	0,2650
Los	0,0332	0,170	0,0056	0,0112
Copiapó	0,0418	0,170	0,0071	0,0142
Huasco	0,0439	0,170	0,0075	0,0150
Chañaral de Aceituna	0,0075	0,060	0,0004	0,0008
Los Choros	0,0139	0,060	0,0008	0,0016
Elqui	0,1767	0,280	0,0495	0,0990
Lagunillas	0,0310	0,060	0,0019	0,0038
Lisari	0,0964	0,170	0,0164	0,0328
Choapa	0,0642	0,710	0,0109	0,0218
Aconcagua	0,4208	0,280	0,1178	0,2356
Viña	10,0000	0,500	5,0000	10,0000
Rosario	0,1092	0,170	0,0186	0,0372
Maipo	2,8201	0,500	1,4101	2,8202
Yali	0,1349	0,280	0,0378	0,0756
Rapel	0,3662	0,280	0,1025	0,2050
Milahue	0,1906	0,280	0,0534	0,1068
Paredones	0,2334	0,280	0,0654	0,1308
Metaquito	0,2784	0,280	0,0780	0,1560
Maule	0,2677	0,280	0,0750	0,1500

* Transformación de IPo en IP: se asigna al mayor IPo un valor 10, y a los demás un valor proporcional según regla de tres.

CUADRO N° A-2.11.

Matriz del parámetro tamaño de la cuenca

NOMBRE DE LA CUENCA	VALOR INDICE COMPONENTE	VALOR DE LA CLASE	IPo = Vp	INDICE DEL PARAMETRO
	V	p		IP*
San José	0,5212	0,200	0,1242	0,3450
Loa	0,0611	0,040	0,0024	0,0067
Copiapó	0,1090	0,040	0,0044	0,0122
Huasco	0,2080	0,120	0,0250	0,0694
Chañaral de Aceituna	0,9111	0,200	0,1822	0,5061
Los Choros	0,5052	0,200	0,1010	0,2806
Elqui	0,2125	0,120	0,0255	0,0708
Lagunillas	3,9806	0,360	1,4330	3,9806
Limarí	0,1781	0,120	0,0214	0,0594
Choapa	0,2523	0,120	0,0303	0,0842
Aconcagua	0,2862	0,120	0,0343	0,0953
Vina	4,8578	0,360	1,7488	4,8578
Rosario	8,0392	0,360	2,8941	8,0392
Maipo	0,1333	0,040	0,0053	0,0147
Yali	2,6797	0,280	0,7503	2,0842
Rapel	0,1446	0,040	0,0058	0,0161
Maipo	1,1582	0,200	0,2316	0,6433
Paredones*	10,0000	0,360	3,6000	10,0000
Mataquito	0,3312	0,120	0,0397	0,1103
Maipo	0,1010	0,040	0,0040	0,0111

* Transformación de IPo en IP : se asigna al mayor IPo un valor 10 y a los demás un valor proporcional según regla de tres.

CUADRO Nº A-3.12.

Matriz del Parámetro Precipitación.

NOMBRE DE LA CIUDAD	PRECIPITACION MEDIA ANUAL		CONCENTRACION DE PRECIPITACION			IP ^o	
	VALOR INDICE COMPONENTE V ₁	VALOR DE LA CLASE P ₁	C ₀₁ - V ₁ P ₁	C ₁ ^o	PRECIPITACION		
					VALOR INDICE COMPONENTE V ₂		VALOR DE LA CLASE P ₂
San José	0,4189	0,120	0,05227	0,1464	0,4047	1,6197	1,1458
Asa	0,1080	0,040	0,0043	0,0119	0,1584	0,4000	0,2909
Goisapá	0,5815	0,120	0,0710	0,1912	0,0217	0,0858	0,1121
Huasco	1,1816	0,200	0,2383	0,6564	0,0257	0,0716	0,2768
Chahual de Acuituna	0,3876	0,120	0,0465	0,1297	0,0293	0,0816	0,0981
Los Choros	0,6752	0,200	0,1350	0,3750	0,1658	0,4608	0,4316
Cicuí	1,2059	0,200	0,2412	0,6700	0,120	0,3350	0,5816
Lagunillas	0,7460	0,200	0,1572	0,4367	0,4095	1,1375	0,8943
Limari	1,8163	0,280	0,5086	1,4128	0,208	0,792	1,1988
Chosope	2,2046	0,280	0,6173	1,7147	0,288	2,2011	2,0356
Acocacagua	3,5584	0,280	0,9964	2,7818	0,360	2,4624	3,8758
Vila	3,0185	0,280	0,8508	2,3833	0,360	2,4624	5,2854
Rosario	3,0185	0,280	0,8508	2,3833	0,360	2,1273	4,6681
Maipo	4,4287	0,360	1,6116	4,4769	0,360	2,1913	5,5233
Yali	3,1803	0,280	0,8905	2,4736	0,360	2,5399	5,4517
Rapal	6,4821	0,360	2,3326	6,4822	0,360	2,8585	7,4263
Milahué	4,8558	0,360	1,6797	4,6658	0,360	2,9384	8,9385
Perdomes	4,8558	0,360	1,6797	4,6658	0,360	2,9384	8,9385
Mitiquito	9,5109	0,360	3,4347	9,6408	0,360	3,6000	10,0000
Neula	10,0000	0,360	3,5000	10,0000	0,360	3,5872	9,9644
							10,0000

* Transformación de C₀₁ a C₁ e IP₀ a IP₁ se asigna al mayor C₀₁. C₀₂ a IP₀ con valor 10 y a los demás un valor proporcional según regla de tres.

Cuadro Nº A-2.13.

Matriz resumen de criterios.

NOMBRE DE LA CUENCA	CRITERIO EVALUACION DE DAÑOS POTENCIALES VC ₀₁	CRITERIO EVALUACION DEL RIESGO		CRITERIO EVALUACION DEL PILIGRO	
		VC ₀₂	VC ₀₂ *	VC ₀₃	VC ₀₃ *
San José	0.1822	0.2338	0.4094	1.3266	2.1084
Los	0.2133	1.3995	2.3807	1.1255	1.5682
Capiad	0.1366	2.9094	5.0948	1.1161	1.5829
Musco	0.0761	3.0174	5.2840	1.5695	2.1676
Chadral de Acetuna	0.0868	0.3018	0.5285	2.4969	3.4485
Los Choros	0.0186	0.3855	0.6758	2.6186	3.6577
Elqui	0.2752	4.8020	8.5181	3.1697	4.8189
Lagunillas	0.0555	0.0738	0.0102	3.0870	4.2625
Linarí	1.0294	1.2659	5.5160	3.2473	4.4848
Choapa	0.1552	2.4157	4.2653	2.5605	4.0887
Aconcagua	1.1051	1.6664	5.5885	2.8963	4.1354
Vina	0.3107	0.5184	0.6898	3.2406	10.0000
Rosario	0.0392	0.0520	0.0029	4.6441	6.1378
Maipo	5.6700	2.5232	4.1535	4.2558	5.8778
Yali	0.0815	0.1081	0.0059	4.0067	5.5389
Rapel	4.2619	5.6552	5.7105	3.7886	5.2322
Maipo	0.0425	0.0577	0.3910	0.6867	5.3586
Parícutas	0.0125	0.0166	0.0473	4.8528	8.7022
Matquillo	0.2698	1.0215	2.5896	4.1085	5.6761
Maipo	3.5262	10.0000	8.1502	4.0691	5.5608

* Transformación de VC₀₁, VC₀₂, VC₀₃ en VC₁, VC₂, VC₃ se asigna al valor VC₀₁, VC₀₂, VC₀₃ un valor 10, y a los demás un valor proporcional según regla de tres.

CUADRO N° A-2.14.

Matriz resumen del índice de cuenca.

NOMBRE DE LA CUENCA	VALOR INDICE CRITERIOS			INDICE DE CUENCA IC*
	VC ₁	VC ₂	VC ₃	
San José	0,2418	0,4094	2,1084	0,8852
Loa	0,2830	2,3807	1,5682	1,3147
Copiapé	0,1783	5,0948	1,5829	2,0852
Huasco	0,0983	5,2840	2,1676	2,2965
Chañaral de Aceituna	0,0860	0,5285	3,4485	1,2867
Los Choros	0,0247	0,5758	3,6577	1,3734
Elqui	0,3652	8,4161	4,8189	4,1726
Lagunillas	0,0736	0,0102	4,2635	1,3872
Limarí	1,3659	5,4260	4,4848	3,5636
Choapa	0,2059	4,2653	4,0887	2,6463
Aconcagua	1,4664	5,5685	4,1354	3,5335
Viña	0,5184	0,5898	10,0000	3,5845
Rosario	0,0520	0,0051	6,1378	1,8380
Maipo	7,5237	7,2734	5,8778	6,9260
Yali	0,1081	0,0103	5,5309	1,8035
Rapel	5,6552	10,0000	5,2322	6,8111
Ñilhue	0,0577	0,5847	5,3584	1,9295
Paredones	0,0166	0,0473	6,7022	2,1517
Mataquito	1,0215	2,5894	5,6743	2,9668
Maule	10,0000	8,1502	5,5408	8,0596

* IC = 0,385 VC₁ + 0,297 VC₂ + 0,318 VC₃

CUADRO N° A-2.15.

Jerarquización por zona hidrográfica.

PRIMERA ZONA		SEGUNDA ZONA		TERCERA ZONA	
CUENCA	NUMERO DE ORDEN	CUENCA	NUMERO DE ORDEN	CUENCA	NUMERO DE ORDEN
Loa	1 (18)	Elqui	1 (4)	Maule	1 (1)
San José	2 (20)	Viña	2 (5)	Maipo	2 (2)
		Limari	3 (6)	Rapel	3 (3)
		Aconcagua	4 (7)	Mataquito	4 (8)
		Choapa	5 (9)	Paredones	5 (11)
		Huasco	6 (10)	Ñilshue	6 (13)
		Copiapó	7 (12)	Rosario	7 (14)
		Lagunillas	8 (16)	Yali	8 (15)
		Los Choros	9 (17)		
		Chañaral de Aceituna	10 (19)		

* Número entre paréntesis corresponde a orden de jerarquización global.

CUADRO Nº A-2.16.

Jerarquización por región administrativa.

POSICION JERARQUICA	I REGION	II REGION	III REGION	IV REGION	V REGION	REGION METROPOLITANA	VI REGION	VII REGION
1	San José	Loa	Huasco	Elqui	Vida	Maipo	Rapel	Maule
2	Cauina		Copiapó	Limarí	Acencagua		Paredones	Mataquito
3	Codpa		Chañaral de Chazpa Aceituna		Rosario		Milahué	Huenschullani
4	Casarones		Carrizali Ilo	Lagunillas	Petorca		Yali	
5	Lluta		Salado	Los Choros	La Ligua			
6			Algarrobal	Romeral	Casablanca			
7				Honda	Catapilco			
8				Tongoy				
9				Conchalí				
10				Pachingo				
11				Quilimarí				

QUADRO N° A-2.17.

Análisis de conglomerados.

[illegible]

AMALG.
DISTANCE

[illegible]

CUADRO N° A-2.1B.

Posición de las cuencas para sucesivas jerarquizaciones.

NOMBRE CUENCA	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	MODA + INTERVALO FRECUENCIA
San José	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	19	20	20	18	20	20	20	20 ± 1,4
Loa	18	18	18	18	19	19	16	18	17	18	19	18	20	16	18	16	19	18	17	18 ± 2,2
Copiapó	12	12	12	11	15	15	11	12	12	12	12	12	17	11	13	12	15	10	11	12 ± 2,2
Huasco	10	10	10	10	12	12	10	10	10	10	10	10	18	10	9	11	14	9	10	10 ± 2,2
Chañaral de Acetuna	19	19	19	19	18	18	19	19	19	19	18	19	16	19	19	20	18	16	18	19 ± 2,2
Los Choros	17	17	17	17	17	17	17	17	18	17	16	17	15	17	16	19	17	15	16	17 ± 2,2
Elqui	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	14	8	6	6	7	6	6	6	6 ± 1,8
Lagunillas	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	17	16	14	18	17	17	16	14	19	16 ± 2,2
Limarí	6	5	6	5	6	6	5	5	7	7	5	5	6	6	6	8	5	5	5	5 ± 2,2
Choapa	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	13	9	8	10	8	8	9	9 ± 2
Aconcagua	7	6	7	6	7	7	6	6	5	5	7	6	5	5	10	5	6	7	6	6 ± 2,2
Vina	5	7	5	7	6	5	7	7	6	6	6	7	6	7	5	6	9	6	7	7 ± 2,2
Rosario	14	13	13	14	11	11	14	13	13	13	12	13	11	13	12	14	11	12	15	13 ± 2,2
Maipo	2	2	3	3	2	2	2	3	1	2	3	2	2	2	3	2	3	2	2	2 ± 2,2
Yali	15	15	15	15	14	14	15	15	15	15	15	15	12	14	15	15	13	17	13	15 ± 2,2
Rapel	3	3	2	2	3	3	3	2	3	3	2	3	1	3	2	3	2	3	3	3 ± 2,2
Milahue	12	14	14	13	13	13	13	14	14	14	14	14	10	15	14	13	12	19	12	14 ± 2,2
Paredones	11	11	11	12	10	10	12	11	11	11	11	11	9	12	11	9	10	13	16	11 ± 2,2
Atacutilla	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	8	7	6	7	11	8	8 ± 2,2
Maule	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1 ± 1,4

LISTA DE DOCUMENTOS PUBLICADOS POR EL
PROYECTO CONAF/PNUD/FAO-CHI/83/017

DOCUMENTO DE TRABAJO N°1. 1986

José Alberto Pardo. "Un programa de mejoramiento genético en Prosopis tamarugo y Prosopis chilensis".

DOCUMENTO DE TRABAJO N°2. 1986

Alfonso Muñoz G. "Manual para la producción de plantas de eucalipto en macetas".

DOCUMENTO DE TRABAJO N°3. 1986.

"Actas del Primer Seminario de Información Forestal Chilena"

DOCUMENTO DE TRABAJO N°4. 1986.

"Evaluación de ensayos de introducción de especies vegetales en zonas áridas y semiáridas de Chile".

DOCUMENTO DE TRABAJO N°5. 1986.

"Insectos que atacan tamarugo y algarrobo. Revisión bibliográfica".

DOCUMENTO DE TRABAJO N°6. 1986

Phoracantha semipunctata en plantaciones de Eucalyptus spp. Revisión bibliográfica.

DOCUMENTO DE TRABAJO N°7. 1986.

Simposio internacional sobre avances en el cultivo de la jojoba (Simmondsia chinensis Link. Schneider).

DOCUMENTO DE TRABAJO N°8. 1987.

Luis Faúndez V., Gustavo Mieres U.: Productividad forestal y forrajera en el Tipo Forestal Esclerófilo y Estepa de Acacia caven. Revisión bibliográfica.

DOCUMENTO DE TRABAJO N°9. 1987.

Mario Penalta P., María Teresa Serra V.: Caracterización del hábitat de las especies del género Prosopis, en las provincias de Huasco y Copiapó, III Región, Chile.

DOCUMENTO DE TRABAJO N°10. 1987.

Alvaro Rojas M., Juan Franco de la J.: El Sector Forestal y el Desarrollo Rural (I Encuentro Nacional).

DOCUMENTO DE TRABAJO Nº11. 1987.

R.Schlatter, R. Murúa, J. Oltremari: Diagnóstico de la situación actual en la fauna silvestre (Aves y Mamíferos más característica que habita entre la II y VII Región Administrativa de Chile.

DOCUMENTO DE TRABAJO Nº12. 1987.

R.Schlatter, R. Murúa, J. Oltremari: Bibliografía seleccionada de aves y mamíferos silvestres que habitan entre la II y la VII Región de Chile.

DOCUMENTO DE TRABAJO Nº13. 1988.

Manuel Contreras S., Plan de desarrollo para la cuenca Chapiquiña

DOCUMENTO DE TRABAJO Nº14, 1988.

José Antonio Prado D., Pedro Infante L., Manuel Arriagada B., Sergio Aguirre A., Funciones de Biomasa para Siete Especies Arbustivas en la IV Región.

DOCUMENTO DE TRABAJO Nº 15, 1988

José Antonio Prado D., Pedro Infante L., Manuel Arriagada B., Sergio Aguirre A., Aprovechamiento de la Biomasa en Zonas Áridas y Semia-Áridas.

DOCUMENTO DE TRABAJO Nº 16, 1988

Andrés Inchaurre A., Jorge Gayoso A., Metodología para determinar prioridades de manejo en cuencas hidrográficas.

