



Autoridad Interjurisdiccional de las
Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro

Ignacio José Valicenti

AMENAZAS EN LA CUENCA

DE LOS RÍOS LIMAY, NEUQUÉN Y NEGRO



Autoridad Interjurisdiccional de las
Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro

Ignacio José Valicenti

AMENAZAS EN LA CUENCA

DE LOS RÍOS LIMAY, NEUQUÉN Y NEGRO

La AIC ha considerado pertinente la publicación este documento realizado en carácter de Tesis de Grado por Ignacio José Valicenti para la obtención del título de Ingeniero Civil, presentada en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue y aprobada en Setiembre de 2003, dirigida por el Ing. Jorge Alberto Fouga, responsable del Area Planificación para Emergencias de la Secretaría de Planificación y Desarrollo de la AIC.



Autoridad Interjurisdiccional de las
Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro

AUTORIDADES

CONSEJO DE GOBIERNO

Presidente: Ministro del Interior
Dr. Aníbal Fernandez

Gobernador de la Provincia del Neuquén
Don Jorge Omar Sobisch

Gobernador de la Provincia de Río Negro
Dr. Miguel Saiz

Gobernador de la Provincia de Buenos Aires
Ing. Felipe Sola

COMITE EJECUTIVO

Presidente: Año 2004
Representante de la Provincia del Neuquén
Ing. Elías Alberto Sapag

Representante de la Provincia de Río Negro
Ing. Horacio Raúl Collado

Representante de la Provincia de Buenos Aires
Ing. Jorge Izarra

Representante del Estado Nacional
Arq. Alberto Ciampini

Publicación de la Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro.

9 de Julio 496 - (8324) Cipolletti - Provincia de Río Negro

te/fax: (0299) 477.2100/02

www.aic.gov.ar

© AIC Autoridad Interjurisdiccional de Cuencas, 2004

Hecho el depósito que marca la ley 11.723

Todos los derechos reservados.

Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida o transmitida en ninguna forma y por ningún medio electrónico, mecánico, de fotocopia, grabación u otros, si no se cita la fuente de la misma.

Diseño Editorial: D.G. Amanda Galli

Foto de Tapa: Fernando Casares. Confluencia de los ríos Limay y Neuquén

Producción Gráfica: NOMBRE Y DOMICILIO IMPRENTA

Fecha de impresión:

PROLOGO

Es objetivo de la Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los Ríos Limay, Neuquén y Negro, difundir el conocimiento adquirido durante estos casi once años de funcionamiento. Obviamente, la publicación de sus estudios e investigaciones es un modo eficaz de transmitirlo al medio.

En esta oportunidad, nos sentimos complacidos al publicar los resultados de esta investigación realizada en el ámbito de la cuenca, denominada **Amenazas en la Cuenca de los Ríos Limay, Neuquén y Negro**.

Queremos destacar el hecho de que este trabajo fue realizado por un estudiante avanzado de carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue, en calidad de Tesis para alcanzar su título de Grado, proceso que fue apadrinado por uno de nuestros calificados especialistas en el tema Emergencias Hídricas y Gestión del Riesgo. La circunstancia de propiciar la realización de trabajos de tesis en temas afines al quehacer de esta Institución con la conducción y supervisión de nuestros profesionales, es otro modo de difundir el conocimiento y la experiencia recogida en todos estos años de labor de la AIC en el medio.

Amenazas en la Cuenca de los Ríos Limay, Neuquén y Negro, es el resultado de un minucioso trabajo de recopilación, investigación y análisis de los peligros que acechan a quienes hemos elegido esta región para vivir. Resulta asimismo de alto valor para los inversores que desean instalar nuevos emprendimientos productivos, para quienes deciden el emplazamiento de infraestructura y, en general, para evaluar, aunque más no sea de un modo cualitativo, el riesgo implícito que conlleva la decisión de vivir o transitar por el territorio de la cuenca.

Este trabajo constituye una adecuada base para el desarrollo de estudios a una escala de mayor detalle, según los requerimientos de futuros proyectos.

Ing. Elías Sapag

Presidente del Comité Ejecutivo / Abril de 2004

PRESENTACION

La gestión del desarrollo sostenible es un desafío fundamental del presente milenio. El fortalecimiento de la gestión de cuencas hidrográficas, como una unidad territorial, es un componente clave para lograr que la gobernabilidad en la gestión del desarrollo sea eficaz, entendiéndose por “gobernabilidad” a la capacidad de un sistema social de movilizar energía, en forma coherente, hacia el desarrollo sostenible.

La reducción de la vulnerabilidad es objetivo del desarrollo sostenible. El desarrollo económico no es sostenible en condiciones de vulnerabilidad a los peligros naturales o antrópicos. Los objetivos del desarrollo tienen que enfocarse más hacia las condiciones absolutas de vulnerabilidad que en las condiciones de riqueza.

El hombre compite permanentemente con la naturaleza ocupando territorios y utilizando recursos naturales para el desarrollo de la vida, en muchos casos sin tener un real conocimiento de los peligros a que se expone. Esta realidad, preponderante en América Latina, obliga con frecuencia a la utilización de fondos destinados a otros fines del desarrollo, para atender necesidades en situaciones de emergencia, producto del impacto de amenazas no consideradas en los proyectos de desarrollo y para la posterior recuperación. Esto significa la postergación de los proyectos a los cuales estaban destinados esos fondos con el consiguiente deterioro de la calidad de vida.

La prevención no es aún una pauta cultural generalizada en América Latina. Cuando ocurren los desastres, el hombre generalmente culpa a la fatalidad y no asume que gran parte de esa “culpa” proviene de su propia responsabilidad al no tomar los recaudos necesarios para atenuar los efectos de las amenazas a que está expuesto al desarrollar sus actividades.

La identificación de estos peligros o amenazas en una región permite tomarlas en cuenta en los proyectos, para el diseño de actividades sustentables en el marco del desarrollo sostenible.

Amenazas en la Cuenca de los Ríos Limay, Neuquén y Negro resulta entonces un importante aporte en este sentido, permitiendo la consideración de los peligros en futuros proyectos y en la gestión de los ya existentes en el territorio de la cuenca, dentro de un aceptable marco de sustentabilidad, tomando la seguridad y la reducción de la vulnerabilidad como un elemento estratégico para el desarrollo.

La planificación genera condiciones para alcanzar una forma sostenible, ambiental y socialmente compatible, deseada y económicamente viable del uso de los recursos.

Ing. Jorge Fouga

INDICE GENERAL

Capítulo 1 - Presentación

1. Introducción	3
2. Objeto y alcance del trabajo	3
3. Importancia de considerar los peligros en la planificación	4
4. Marco conceptual	5
4.1 Amenaza	5
4.2 Vulnerabilidad	5
4.3 Riesgo	7
5. El impacto de las amenazas	8
6. Ciclo de los desastres	10
6.1 Antes	10
6.2 Durante	11
6.3 Después	11

Capítulo II - Antecedentes

1. Ambito de estudio	13
2. Sucesos destacables ocurridos en la cuenca	21
2.1 Sismos	21
2.2 Volcanismo	22
2.3 Desertificación	23
2.4 Incendios	24
2.5 Inundaciones	25
2.6 Deslizamientos	26
2.7 Nieve	27

Capítulo III - Amenazas en la cuenca

1. Sismo	31
1.1 Descripción general del fenómeno	31
1.2 El impacto sísmico	32
1.3 Evaluación de la actividad sísmica en la cuenca	33
1.4 Mapa de peligrosidad sísmica	34
2. Volcanismo	36
2.1 Descripción general del fenómeno	36
2.2 El impacto volcánico	36
2.3 Evaluación de la actividad volcánica en la cuenca	40
2.4 Mapa de peligrosidad volcánica	42
3. Desertificación	43
3.1 Descripción general del fenómeno	43
3.2 El impacto de la desertificación	44
3.3 Evaluación de la desertificación en la cuenca	46
3.4 Mapa de desertificación	47

INDICE GENERAL

4. Incendios	50
4.1 Descripción general del fenómeno	50
4.2 El impacto de los incendios	51
4.3 Evaluación de los incendios en la cuenca	52
4.4 Mapa de incendios	59
5. Inundación	60
5.1 Descripción general del fenómeno	60
5.2 El impacto de las inundaciones	61
5.3 Evaluación de las inundaciones en la cuenca	62
5.4 Mapa de inundación por rotura de presas	66
6. Deslizamientos	67
6.1 Descripción general del fenómeno	67
6.2 El impacto de los deslizamientos	68
6.3 Evaluación de los deslizamientos en la cuenca	70
7. Nieve	71
7.1 Descripción general del fenómeno	71
7.2 El impacto de la nieve	72
7.3 Evaluación de la acumulación nival en la cuenca	72
7.4 Mapa de acumulación nival	75

Capítulo IV - Consideraciones finales

1. Mapa de peligros múltiples	97
2. Comentarios finales	103
3. Glosario de términos específicos	104
3.1 Glosario de términos relativos a sismos	105
3.2 Glosario de términos relativos a volcanes	106
3.3 Glosario de términos relativos a desertificación	106
3.4 Glosario de términos relativos a incendios	106
3.5 Glosario de términos relativos a inundaciones	107
3.6 Glosario de términos relativos a deslizamientos	107
3.7 Glosario de términos relativos a nieve	107
4. Citas del trabajo	108
4.1 Bibliografía y recursos electrónicos correspondientes al primer capítulo	108
4.2 Bibliografía y recursos electrónicos correspondientes al segundo capítulo	108
4.3 Bibliografía y recursos electrónicos correspondientes al tercer capítulo	109
4.4 Bibliografía y recursos electrónicos correspondientes al cuarto capítulo	110



Capítulo uno

Presentación

1. Introducción

Cualquier fenómeno natural o antrópico puede afectar el normal funcionamiento de una región, menoscabando la seguridad de sus habitantes y de su infraestructura. La identificación de estas amenazas permite, junto con un estudio de vulnerabilidad, conocer los riesgos a los que se expone la población.

El conocimiento de las amenazas en una región brinda información sobre la ubicación y la severidad de los fenómenos peligrosos, así como sobre la probabilidad de que ocurran en un tiempo y área determinados. El análisis de la vulnerabilidad permite estimar el grado de pérdida y los daños que podrían resultar de la ocurrencia de un fenómeno natural de severidad dada. Los elementos analizados incluyen la población humana, la infraestructura, las actividades económicas y el medio ambiente. Finalmente, el riesgo es un estimado de las probables pérdidas previsibles para un evento peligroso.

La información generada en este trabajo es de aplicabilidad en las tareas de prevención y planificación de las acciones de mitigación de riesgo y manejo de emergencias y para la planificación del desarrollo.

Las amenazas o peligros pueden tornarse factores de riesgo si no son considerados con anticipación. Los de origen natural incluyen una gran diversidad de fenómenos físicos y meteorológicos, como precipitaciones, tornados, tsunamis, aludes, terremotos y erupciones volcánicas. Entre los de origen antrópico o antropogénico, pueden citarse las epidemias, las guerras, los accidentes y la contaminación ambiental.

Los factores naturales y antrópicos pueden combinarse, originando situaciones de emergencia: si las crecidas superan las hipótesis de diseño de las obras fluviales, se originan inundaciones; los sismos pueden destruir presas, desencadenando así una catástrofe; bajo condiciones ambientales particulares, la presión humana puede ser la causa de un proceso autoacelerado de desertificación.

Para que los fenómenos naturales o antrópicos se tornen un factor de riesgo, es necesario que tengan el potencial de afectar de manera adversa la integridad, las instituciones, la infraestructura y las actividades del hombre. Si el impacto de la amenaza ocasiona daños o pérdidas de magnitud, se convierte en un desastre. En áreas donde no hay población ni bienes de interés, estos fenómenos no constituyen un riesgo, dado que no existe un receptor vulnerable.

Un requerimiento indispensable para el análisis de los peligros característicos de una región es el manejo de información de fácil comprensión. En este sentido, la elaboración de mapas de amenazas que permitan identificar las zonas de mayor potencialidad de ocurrencia e intensidad, es de suma utilidad para la evaluación del riesgo y la definición de medidas preventivas, planes de operación para emergencias, programas de evaluación de daños, etc.

La evaluación de las amenazas mediante mapas individuales, genera una primera aproximación a los peligros, porque se analizan los eventos en forma individual. Los mapas de peligros múltiples permiten analizarlos a todos en conjunto, mejorando así la interpretación de los peligros y facilitando, entonces, la comprensión de los riesgos en una determinada región. En particular, *Gray de Cerdán (1997)* los considera instrumentos que pueden ser utilizados directamente en la gestión territorial, para tomar decisiones de localización de proyectos de inversión y otras acciones de planificación, de investigación y de desarrollo, teniendo en cuenta, sin embargo, que éste es sólo uno de los múltiples aspectos que se deben considerar para hacerlo.

2. Objeto y alcance del trabajo

El objetivo principal del trabajo es la confección de mapas a escala regional que permitan visualizar los peligros en la cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro. Estos mapas individuales son el insumo del mapa de peligros múltiples, que constituye una herramienta de aplicación para la realización de futuros proyectos, bajo el concepto de desarrollo sustentable.

El trabajo está orientado a realizar un aporte a la gestión de una cuenca. La identificación de los principales peligros permite reducir la vulnerabilidad, aumentar la seguridad de sus habitantes y contribuir a la conservación del medio ambiente.

Se analizan los peligros existentes en torno a las comunidades, los que pueden crear situaciones adversas para la vida del hombre y el desarrollo de sus actividades: sismos, volcanes, desertificación, incendios forestales, inundaciones, deslizamientos y acumulación nival en superficie.

El alcance del trabajo es de carácter regional y conforma una herramienta para la planificación integrada. Estudios posteriores orientados a la identificación de los receptores vulnerables a cada una de las amenazas, permitirán elaborar los mapas que reflejen los riesgos asumidos por las sociedades involucradas. El trabajo trata de transmitir la necesidad de lograr el concepto de explotación de la naturaleza, tratando de encontrar un equilibrio entre los beneficios adquiridos y las pérdidas económicas relacionadas con los riesgos aceptados.

Los peligros en la cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro se representan en mapas individuales que delimitan áreas de impacto homogéneo. Para tal fin, se ha seguido la metodología propuesta por la *Organización de los Estados Americanos (1993)* que combina el análisis probabilístico con los factores causales, con la finalidad de predecir el comportamiento de las amenazas y contar con las herramientas necesarias para actuar en consecuencia.

Cuando los fenómenos han sido estudiados debidamente, la citada metodología considera apropiada

do incluir estos trabajos en forma directa sin realizar un análisis adicional.

Este estudio, en razón de su escala regional, se enfoca primordialmente en las amenazas de origen natural, las cuales son parte del funcionamiento del medio ambiente y prácticamente no admiten modificaciones ni control por parte del hombre.

Las amenazas que son producto de los procesos originados por la actividad del hombre como, por ejemplo, la contaminación derivada de la actividad extractiva, representan peligros que, si bien producen un impacto importante, deben analizarse a escala local.

No obstante ello, en este estudio se incorporan las zonas potencialmente inundables por la rotura de una o más presas, teniendo en cuenta la magnitud de los daños que su impacto produciría.

3. Importancia de considerar los peligros en la planificación

Según *Fouga (2000)*, distintos fenómenos pueden representar una amenaza para el desarrollo de la actividad humana, y deben ser tenidos en cuenta para que no se transformen en un impedimento o se requieran grandes inversiones para abordar estudios de planificación orientados a la mitigación del riesgo o a afrontar situaciones de emergencia.

La toma de decisiones sobre el uso de los recursos, en muchos países ha prestado limitada atención al medio ambiente. Los cortos plazos e intereses particulares han olvidado la visión sistémica moderna de una cuenca. Esto es, comprendiéndola como un sistema complejo conformado por elementos hidrológicos, hidráulicos, topográficos, geológicos, entre otros, incorporados y relacionados con un suprasistema contenedor ambiental.

El bienestar continuo de la especie humana es dependiente del manejo sostenido de los recursos y de la conservación del ambiente natural. Este tema debe prevalecer en la toma de decisiones para que se gesten las actividades sostenibles y se desalienten aquellas que no lo son. El desarrollo sostenible indica una meta de planificación que abarque la conservación del medio ambiente.

Según la *Organización de los Estados Americanos (1993)*, se advierte que habitualmente la planificación orientada hacia el desarrollo y el manejo de los peligros se consideran como procesos separados, que poco tienen que ver uno con el otro. Ambos deberían tratarse en coordinación, ya que sus metas son las mismas: la protección de la inversión y el mejoramiento del bienestar humano.

Son varias las ventajas de considerar la coordinación de los dos aspectos. En primer lugar, existe una mayor posibilidad de que las medidas de reducción de vulnerabilidad sean efectivas si son parte de un conjunto de proyectos para el desarrollo. La po-

sibilidad aumenta si conforman proyectos específicos integrales para el desarrollo y no proyectos aislados tendientes a la mitigación de los impactos.

La reducción de la vulnerabilidad, cuando forma parte de la formulación original del proyecto, acarrea menor costo que cuando se incorpora después como una modificación del proyecto o como una adición, en respuesta a un análisis de los impactos producidos por diversos peligros. Resulta aun más costoso cuando es tratado como un proyecto de peligros separado, independiente del proyecto original, debido a la duplicación de personal, información y equipos.

Con su amplia visión sobre los requerimientos de datos y la disponibilidad correspondiente, los planificadores pueden ayudar a establecer la agenda de investigación para la comunidad científica. Por ejemplo, cuando un equipo de planificación advierte que un volcán con una periodicidad de corto plazo y ubicado cerca de un centro poblacional, no está siendo monitoreado, puede recomendar un cambio de prioridades al organismo responsable.

De acuerdo a lo estipulado por el *Centro de Manejo de Desastre de Wisconsin del Programa de entrenamiento para el manejo de desastres del PNDU/UNDRO (1992)*, las amenazas constituyen eventos no rutinarios que requieren de respuestas no rutinarias. El gobierno y las agencias para el desarrollo en general, no pueden confiar en procedimientos regulares para ejecutar las respuestas apropiadas. Necesitan aprender y practicar habilidades y aptitudes especiales.

La comunidad mundial muestra gran interés en las consecuencias de los sucesos peligrosos. Los gobiernos y los sistemas de las Naciones Unidas tienen una destacada presencia en estos eventos, que son observados muy de cerca por los medios de comunicación.

Al acrecentarse el conocimiento sobre la relación entre los impactos y el desarrollo, se señalan cuatro cuestiones básicas. En primer lugar, los impactos generan demoras en los programas de desarrollo y destruyen años de iniciativas: en los países donde suceden eventos amenazantes, los proyectos locales se detienen o sufren retrasos a medida que el país se recupera. Por otra parte, la reconstrucción de los elementos afectados otorga una oportunidad única para iniciar programas que tiendan al desarrollo. Seguidamente, los programas de desarrollo pueden aumentar la susceptibilidad de un área vulnerable. Finalmente, estos tipos de programas pueden ser diseñados para disminuir los impactos negativos.

Según la *Declaración de Cartagena (1994)*, los desastres o impactos de gran magnitud son un problema en aumento en América Latina. Los impactos son cada vez mayores debido a los estilos o modelos de desarrollo imperantes en la región. El crecimiento poblacional y los procesos de urbanización, las tendencias en la ocupación del territorio, el proceso de empobrecimiento de importantes segmentos de la población y la presión sobre los recursos naturales, han hecho aumentar en forma continua

la vulnerabilidad de la población frente a una amplia diversidad de peligros.

Aunque se han logrado avances importantes desde el punto de vista técnico, muchas de las soluciones propuestas bajo este enfoque, a menudo no han podido ser aplicadas en la realidad, debido a la restricción en los recursos disponibles y al desconocimiento de las racionalidades locales, que permiten un manejo tecnológico alternativo de los mismos.

La reducción de la vulnerabilidad es un tema aún no resuelto en la planificación del desarrollo. El riesgo no es un estado concedido del azar sino situaciones que resultan de la relación entre las amenazas existentes y la organización y estructura de la sociedad. Las políticas de desarrollo urbano y regional, además de las políticas económicas y sociales sectoriales en general, no tienen en cuenta la problemática de los peligros y, en ocasiones, están agudizando la vulnerabilidad. En pocos casos, los conceptos de prevención y mitigación han sido considerados en la planificación del desarrollo de los países de la región.

No considerar los peligros en el proceso de la planificación orientada al desarrollo y desconocer el análisis de las medidas orientadas a disminuir los impactos de las amenazas, deriva en pérdidas humanas, lesiones, daño a la propiedad, destrucción de las instalaciones críticas, alteración de actividades económicas importantes y deterioro ambiental. Según la magnitud del evento, su ubicación y sus efectos, el impacto real del peligro puede ser catastrófico y desastroso.

Las medidas de prevención y mitigación de los impactos deben considerarse como parte fundamental de los procesos de desarrollo integral a escala regional y urbana, con el fin de reducir el nivel de riesgo existente. Dado que eventos con estas características pueden causar grave impacto en el desarrollo de las comunidades expuestas, es necesario enfrentar la ejecución de medidas preventivas versus la recuperación posterior, e incorporar los análisis de riesgo a los aspectos sociales de cada región o país.

Como lo expresa *Fouga (2000)*, existe una gran dificultad para resolver la confrontación de los dos elementos básicos imprescindibles en la definición de políticas y medidas tendientes a reducir la vulnerabilidad, que son la seguridad y la economía. En consecuencia, las decisiones políticas rara vez podrán proporcionar protección absoluta contra eventos peligrosos, ya que los costos asociados serían muy altos.

El mismo autor considera que el desarrollo económico no es sostenible en condiciones de vulnerabilidad ante los peligros naturales y antrópicos. La reducción de la vulnerabilidad es objetivo del desarrollo sostenible, eliminando y/o mitigando los riesgos de los habitantes potencialmente afectados por las amenazas, minimizando el impacto producido por las mismas y efectuando una administración apropiada del territorio, basada en la búsqueda de un equilibrio entre los beneficios que la explotación

del mismo brinda y los costos y las pérdidas económicas que de ello puedan surgir.

Existen distintos tipos de estrategias categorizadas en función del tiempo que pueden ser aplicadas para la reducción de la vulnerabilidad.

Las de corto plazo constituyen políticas, reglamentaciones, programas de información y otras medidas que pueden aplicarse relativamente rápido. Las reglamentaciones dependen del conocimiento de las amenazas, de la disponibilidad de datos técnicos y de las necesidades de la comunidad. Pueden desarrollarse normas legales específicas, como se hace con otros temas particulares. El desarrollo de programas de información permite crear una mayor conciencia pública del riesgo potencial relativo al impacto de las amenazas. Esto permite considerarlas para la toma de decisiones en futuros desarrollos y ayuda a crear conciencia e interés público para participar en el estudio de las medidas de largo plazo y apoyar su planificación e instrumentación.

Las medidas de largo plazo requieren un análisis más profundo. Su desarrollo requiere de la identificación y el análisis de las amenazas y necesidades que subsisten después de la instrumentación y la aplicación de las medidas seleccionadas a corto plazo. Para ello debe actualizarse el relevamiento y la identificación inicial de problemas y necesidades, con la finalidad de evaluar la efectividad de las acciones de corto plazo adoptadas.

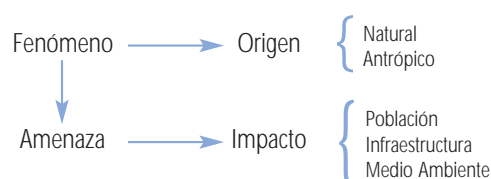
4. Marco conceptual

4.1 Amenaza

Constantemente se produce en el medio una innumerable cantidad de fenómenos derivados de la fuerza de la naturaleza o de la propia actividad humana, que alteran o modifican las condiciones a escala local, regional y global. En función de la existencia y de los tipos de elementos afectados, los eventos pueden pasar desapercibidos o, por el contrario, constituir un problema de importancia.

Cualquier fenómeno que tenga la facultad de producir alteraciones adversas para la vida del hombre y para el normal desenvolvimiento de sus actividades, que afecte sus instituciones y su infraestructura o que pueda impactar negativamente en el medio ambiente, constituye una amenaza.

Los fenómenos amenazantes o peligrosos pueden ser de origen natural o antrópico. Los primeros son todos aquellos que tienen que ver con la dinámica de la tierra, y los segundos son los que se atribuyen



a la autoría directa del ser humano o de los productos de su accionar sobre la naturaleza.

Según Cardona (1992), los fenómenos físicos naturales de origen geológico, hidrológico o atmosférico tales como terremotos, erupciones volcánicas, maremotos, inundaciones, huracanes, etc, o los posibles eventos desastrosos originados por la utilización de tecnologías peligrosas, por accidentes provocados por el hombre o por fallas técnicas, constituyen elementos peligrosos para el desarrollo social y económico de un país o de una región determinada.

Estudios recientes, como los desarrollados por Llave (1996), establecen una clasificación más detallada de los peligros según definiciones que tienen en cuenta el origen de la amenaza.

Las amenazas naturales son el fruto de la dinámica terrestre, constituyen parte del funcionamiento del medio ambiente natural y no admiten modificaciones ni control humano.

Las amenazas socio-naturales se deben a la mala intervención del hombre sobre la naturaleza en su afán de controlarla. Muchas veces suelen ser confundidas y consideradas como amenazas naturales y, por consiguiente, fenómenos sin control. Sin embargo, si modificamos la acción humana, es posible mitigar sus efectos. Es el caso de ciertos deslizamientos que se presentan como producto de la deforestación, los incendios forestales y la desertización.

Las amenazas antrópico-contaminantes también son fruto de una defectuosa intervención humana, pero se relacionan con los procesos de contaminación. Generalmente, son producto de la negligencia y de la falta de controles sobre los procesos productivos, siendo muy frecuentes en las ciudades que muestran un impacto proporcional al proceso de concentración humana. Los derrames de hidrocarburos, la dispersión o la emisión de sustancias

químicas tóxicas en el suelo, en el agua o en el aire, constituyen claros ejemplos de este tipo de amenaza.

Las amenazas antrópico-tecnológicas son las que están vinculadas con los procesos tecnológicos y las formas de distribución y organización que el hombre ha adoptado en este tema. Las fallas de estos procesos constituyen peligros que pueden comprometer a vastas regiones. Son amenazas que están vinculadas estrictamente con la acción humana.

Según el tiempo de gestación y el factor desencadenante, se puede establecer la clasificación que se ilustra en el Cuadro 4.1. El mismo responde a una compilación desarrollada por el Centro de Investigación sobre Epidemiología de los Desastres (CRED), basado en un glosario elaborado por la Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para el Socorro

Cuadro 4.1 Clasificación de las amenazas según el tiempo de gestación

Factor desencadenante	Repentino	Lento
Natural	Avalancha, Ciclones, Crecidas repentinas Deslizamientos de tierra, Erupciones volcánicas Flujo de tierra, Granizadas, Infestación por insectos o animales, Inundaciones, Marea de tempestad, Olas de frío o calor, Terremotos, Rotura de presas, Temporales Tormentas tropicales, Tornados Tsunamis	Desertificación Epidemias Hambrunas Sequías
Antrópico	Accidente industrial / tecnológico Colapso de edificios o estructuras Contaminación, Contaminación por petróleo Contaminación química Derrumbe en minas o hundimiento en galerías Desastre de la navegación aérea Desastre del transporte marítimo Desastre del transporte terrestre Explosiones mineras Explosión nuclear o termonuclear Explosión química, Incendios Incendios forestales, Insuficiencia energética Lluvia ácida	Conflictos internacionales Conflictos nacionales Personas desplazada Poblaciones desplazada Refugiado

Cuadro 4.2 Clasificación de las amenazas según su origen

Tipo de amenaza	Origen	Tipo
Natural	Climatológico	Tornados y ciclones, Huracanes, Granizadas y Nevadas, Ondas frías y cálidas, Sequías, Desertificación, Incendios Climatológicos, Tormentas tropicales, Temporales
	Superficial	Deslizamientos de tierra, Avalanchas de nieve, Inundaciones, Hundimientos
	Subterráneo	Terremotos, Fallamiento, Tsunamis, Erupciones volcánicas, Licuefacción
	Biológico	Epidemias, Plagas
Antrópico	Contaminación	Asociada a la industria, Accidental, Tecnología nuclear, Radiactiva continua
	Civiles	Motines, Manifestaciones, Terrorismo
	Accidentes	Transporte, Estructuras, Explosiones, Incendios accidentales, choques
	Guerras	Convencionales, No convencionales

en Casos de Desastre (UNDRO), actual Departamento de Asuntos Humanitarios (DHA).

De acuerdo con la bibliografía consultada, existen distintas clasificaciones de las amenazas según diversos factores. El Cuadro 4.2 que se ilustra a continuación, detalla una lista de los fenómenos más importantes, clasificados según su origen.

Este tipo de clasificación no permite identificar las amenazas que poseen un origen combinado, como el caso de la desertificación, o las que poseen causas múltiples, como el caso de los incendios. Incluso, como muchos de los peligros están íntimamente relacionados entre sí, resulta muy difícil establecer una categorización absoluta.

4.2 Vulnerabilidad

De acuerdo con la definición clásica establecida por la mayoría de los autores, la vulnerabilidad es la propensión a sufrir daños que tiene un componente de la estructura social o de la naturaleza misma.

Otra definición expresada por *Blaikie et al. (1996)* indica que son las características de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza. Se trata de una combinación de factores que determinan el grado hasta el cual la vida y la subsistencia de alguien queda en riesgo por un evento natural o antrópico. Constituye la forma que tienen las comunidades de exponerse de manera voluntaria o inconsciente a un determinado peligro. En este sentido, *Llavel (1996)* establece que la vulnerabilidad es la expresión del desequilibrio o desajuste entre la estructura social y el medio físico constructivo y natural que nos rodea.

Algunos grupos de la sociedad son más propensos que otros al daño o a la pérdida ante la ocurrencia de distintas amenazas. Esto se entiende porque la vulnerabilidad depende de las características de una persona o grupo, relativas a su exposición a la amenaza, que deriva de la condición social y económica del individuo o de la comunidad involucrada. En consecuencia, se trata de un término relativo a la amenaza, que no posee un valor absoluto

definido y puede ser modificada a través de una acción inteligente.

La existencia de altos niveles de vulnerabilidad implica el resultado de severos efectos ante eventos peligrosos. El crecimiento poblacional y los procesos de urbanización, las tendencias en la ocupación del territorio, el creciente empobrecimiento de importantes segmentos de la población, la utilización de inadecuados sistemas tecnológicos en la construcción de viviendas y en la dotación de infraestructura básica, y los inadecuados sistemas organizacionales, entre otros, han provocado el aumento de la vulnerabilidad de la población frente a una amplia diversidad de fenómenos naturales y antrópicos.

Según *Miño (1998)*, la vulnerabilidad puede ser de tipo estructural, social, económica, organizacional, cultural, biológica, sanitaria o ambiental. Su reducción es lo que minimiza los impactos producidos en diferentes países o regiones. Para tal fin, *Andrade (2000)*, considera que la preparación, la prevención y las estrategias de recuperación son componentes centrales en la reducción de la vulnerabilidad.

Por otro lado, *Rozé (2001)*, al igual que otros reconocidos autores, cita en sus trabajos una categorización más completa realizada por *Wilches-Chaux*

Cuadro 4.3 Niveles de vulnerabilidad global

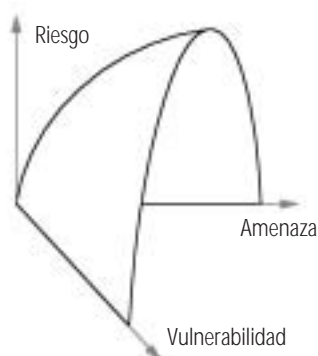
Componente	Descripción
Física	Se refiere a la localización de grandes contingentes de la población en zonas de riesgo físico.
Económica	Relacionada con la relación inversa que existe entre el ingreso per cápita a nivel nacional, regional, local o poblacional y el impacto de los fenómenos físicos extremos.
Social	Se refiere al bajo grado de organización de las comunidades bajo riesgo, que les disminuye su capacidad para prevenirse, mitigar o responder a los efectos de una amenaza.
Política	Es la existencia de un alto grado de centralización en la toma de decisiones y en la organización gubernamental y de falta de autonomía en los niveles regionales, locales y comunitarios.
Técnica	Tiene que ver con la adopción de criterios inadecuados en la construcción de edificios e infraestructura básica en zonas de riesgo.
Ideológica	Se refiere a la forma en que los hombres conciben el mundo y el medio ambiente que habitan y con el cual interactúan.
Cultural	Es la forma en que los individuos se ven a sí mismos en la sociedad y como conjunto.
Educativa	Relacionado con la ausencia en los programas de educación de elementos que instruyan adecuadamente sobre el entorno de las comunidades y con el grado de preparación que recibe la población sobre cómo comportarse en caso de que ocurra una amenaza.
Ecológica	Se relaciona con la forma en que los modelos de desarrollo no se fundamentan en la convivencia, sino en la dominación, por la vía de la destrucción, de las reservas del ambiente, que resultan así altamente vulnerables, incapaces de autoajustarse internamente para compensar los efectos directos o indirectos de la acción humana, y muy riesgoso para las comunidades que explotan las reservas o habitan el ambiente afectado.
Institucional	Se ve reflejada en la obsolescencia y rigidez de las instituciones.

(1989), quien distingue diez componentes o niveles de vulnerabilidad global que se detallan en el Cuadro 4.3.

Lo más importante de este concepto, considerado como un sinónimo de debilidad o fragilidad, es que, por tratarse de una predisposición intrínseca de un sistema expuesto a una determinada amenaza, puede ser reducido con la finalidad de minimizar los impactos potenciales.

4.3 Riesgo

De acuerdo con la definición de *Llavel (1996)*, el riesgo es la probabilidad de que se presente un nivel de consecuencias sociales, económicas o ambientales en un sitio en particular y durante un pe-



ríodo de tiempo definido. Se obtiene de relacionar la amenaza o probabilidad de ocurrencia de un evento peligroso, con la vulnerabilidad o potencialidad de sufrir daño por parte de los elementos expuestos.

A veces se confunde el concepto de riesgo con el de amenaza. La diferencia fundamental radica en que la amenaza está relacionada con la existencia de un evento natural o provocado, mientras que el riesgo se vincula con los impactos que ocasiona una amenaza, los cuales también dependen de la condición de los receptores vulnerables.

La evaluación del riesgo establece la escala de las pérdidas estimadas que pueden anticiparse en áreas particulares durante un período de tiempo específico. Para su estimación deben seguirse tres pasos bien diferenciados: la evaluación de la amenaza o peligro, el análisis de la vulnerabilidad y la estimación del riesgo como resultado de relacionar los dos parámetros anteriores.

Cuadro 4.4 Valores cualitativos de riesgo según la amenaza y la vulnerabilidad

Amenaza	Vulnerabilidad	Riesgo
Pequeña	Baja	Muy bajo
Grande	Baja	Bajo
Pequeña	Alta	Bajo
Grande	Alta	Alto

Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo. De esta forma, se pueden dar dis-

tintas combinaciones cuyos resultados cualitativos se presentan en el Cuadro 4.4.

De acuerdo con *Llavel (2001)*, el riesgo solamente puede existir al concurrir una amenaza con las condiciones de vulnerabilidad ante esa amenaza. Cuando los factores peligro y vulnerabilidad son de magnitud, la ocurrencia de cualquier evento natural o antrópico traería aparejado un gran impacto. Por otro lado, el riesgo es bajo cuando alguno de los factores es mínimo: no hay riesgo si existe peligro pero la vulnerabilidad es nula, o si existen elementos vulnerables en una zona fuera de peligro.

La probabilidad de ocurrencia de un fenómeno físico y su impacto probable, ayudan a definir el riesgo aceptable. En este sentido, *Cardona (1993)*, lo define como un valor de probabilidad de consecuencias sociales, económicas o ambientales que, a juicio de la autoridad que regula este tipo de decisiones, es considerado suficientemente bajo para permitir su uso en la planificación, la formulación de requerimientos de calidad de los elementos expuestos o para fijar políticas sociales, económicas y ambientales afines. Constituye el nivel de probabilidad de una consecuencia dentro de un período de tiempo, que se considera admisible para determinar las mínimas exigencias o requisitos de seguridad, con fines de protección y planificación ante posibles fenómenos peligrosos.

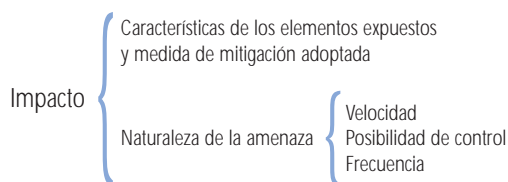
Con respecto al valor de riesgo aceptable, *Fouga (2000)* considera que su valor depende del grado de confianza que se tenga en la evaluación del evento, de la potencialidad de las áreas expuestas, de las perspectivas de desarrollo, de las posibilidades económicas para la ejecución de medidas y de la ponderación política.

Los principios generales para la selección del nivel de riesgo aceptable deben compatibilizarse con el conocimiento y la aceptación del mismo por parte de las autoridades, los técnicos y, principalmente, por parte de las personas afectadas.

De acuerdo a *Cardona (1992)*, el riesgo puede reducirse si se entiende como el resultado de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos. La incorporación de medidas estructurales, como el desarrollo de obras de protección con la finalidad de intervenir en la vulnerabilidad de los elementos bajo riesgo, y de medidas no estructurales, como la regulación de usos del suelo, la incorporación de aspectos preventivos en los proyectos de inversión y la realización de preparativos para la atención de emergencias, pueden reducir las consecuencias de un evento sobre la población de una región.

5. El impacto de las amenazas

Los impactos son los efectos adversos que originan las amenazas sobre los receptores vulnerables: personas, bienes, infraestructura, sistemas naturales y sociales.



El impacto es el resultado de la conjugación de múltiples variables que tienen que ver con la vulnerabilidad y la amenaza. Asume características físicas y naturales, pero también socioeconómicas, de infraestructura, políticas, institucionales, culturales y psicológicas.

Según *Malm García (1989)*, cuando el grado de exposición del receptor vulnerable se mantiene constante para cualquier tipo de peligro, la magnitud de los daños es función de la combinación de variables cuantitativas y cualitativas. Las primeras se refieren a la dimensión del evento amenazante y las segundas a su naturaleza: velocidad de comienzo, posibilidad de control, frecuencia y medidas adoptadas para la reducción de la vulnerabilidad.

En algunos casos, la modificación de la intensidad de los impactos se puede lograr interviniendo en la amenaza misma. Por ejemplo, la construcción de presas de control disminuye los caudales que pueden inundar zonas pobladas aguas abajo. Con la misma finalidad, se puede intervenir en la vulnerabilidad, construyendo obras de defensa para controlar los desbordes de los ríos. Por lo general, se actúa sobre la vulnerabilidad, a través de medidas de mitigación, y no sobre la amenaza.

La mayoría de los autores clasifican los impactos en dos categorías: impactos directos e impactos indirectos.

Los impactos directos son aquellos que mantienen relación de causalidad directa con la ocurrencia de un evento o fenómeno físico, representados usualmente por los efectos en las personas, los bienes, los servicios y el ambiente, o por el impacto inmediato en las actividades sociales y económicas. Se expresa en víctimas, cantidad de evacuados y daños en la infraestructura de servicios públicos, en las edificaciones, en el espacio urbano, en la industria, en el comercio y en el deterioro medioambiental. Este tipo de pérdida es la más fácil de valorar y constituye el resultado inmediato de lo que puede producir una amenaza en una zona vulnerable.

Los impactos indirectos son aquellos que mantienen relación de causalidad con los impactos directos, representados por los efectos concatenados o posteriores sobre la población, sus actividades económicas

y sociales o sobre el medioambiente. Generalmente, pueden subdividirse en efectos sociales y económicos. Los sociales incluyen la interrupción del transporte, de los servicios públicos y de los medios de información y la desfavorable imagen que puede tomar una región con respecto a otras. Los económicos tienen que ver con la alteración del comercio y la industria como consecuencia de la baja en la producción y en la entrega de servicios. Estos últimos se caracterizan por su dificultad para ser evaluados, ya que afectan el empleo, pueden llegar a alterar la balanza comercial, pueden originar inflación, aumentar el gasto fiscal, disminuir las reservas monetarias, modificar el rumbo en las inversiones, desmotivar a los inversionistas e inclusive originar desestabilizaciones políticas como consecuencia de cualquier efecto anterior.

La *Organización Panamericana de la Salud (1993)*, establece que los efectos de las amenazas



no son producto del azar, sino la manifestación de un fenómeno o evento determinado, que se presenta en un espacio y tiempo limitados, ocasionando trastornos en los patrones normales de vida y pérdidas humanas, materiales y económicas debido a su impacto sobre poblaciones, obras y recursos vitales o sobre el medio ambiente.

Al igual que el riesgo, el impacto puede alcanzar distintas magnitudes en función de las condiciones de vulnerabilidad y peligro. Cuando la vulnerabilidad es baja o los eventos peligrosos son de baja intensidad, el impacto no es importante. Bajo otras condiciones menos favorables, el número de víctimas o el daño material se puede tornar inaceptable. En este caso, el impacto se convierte en un desastre.

De acuerdo con la definición clásica, un desastre es un impacto extremo sobre las personas, los bienes, los servicios y el medio ambiente que excede la capacidad de respuesta del sistema afectado. Para *Moscardini (2000)*, su particularidad principal radica en la magnitud de los recursos que se deben emplear para dar solución a las necesidades creadas por el impacto.

En particular *Miño (1998)*, considera que la propensión a la ocurrencia de desastres está ligada a la pobreza, a la falta de incorporación de medidas de mitigación en los programas de los países en vías de desarrollo, a la frecuencia en la ocurrencia de desastres y a la presencia de un ciclo recurrente de impactos.

Para *Cardona (1992)*, en la mayoría de los desastres, el evento peligroso se produce de forma repentina e inesperada, causando alteraciones intensas sobre los elementos vulnerables, representadas en la pérdida de vidas humanas y salud de la población, en la destrucción o pérdida de los bienes de una colectividad y/o en daños severos sobre el medio ambiente.

Llavel (2001) establece la relación entre desastre y riesgo al considerar que un desastre es el fin de un proceso de construcción de condiciones de riesgo en la sociedad. El desastre es la concreción de las condiciones de riesgo preexistentes en la sociedad que ocurre en el momento en que se desarrolla un determinado evento físico, poniendo de manifiesto las condiciones de vulnerabilidad existentes. A partir de un determinado nivel, el riesgo se convierte en un producto con consecuencias inadmisibles en términos de pérdidas y daños.

6. Ciclo de los desastres

Según *Dussán (2002)*, las amenazas desencadenan una serie de eventos que afectan a las comunidades. Estos eventos responden a momentos específicos del accionar de la amenaza. El conjunto de acciones requeridas para atender esos momentos se divide en etapas que se analizan y estudian en forma sistemática como una secuencia cíclica de tres fases: antes, durante y después. Esta secuencia se denomina ciclo de los desastres.



Se trata de un proceso social complejo que conduce al planeamiento y aplicación de políticas, es-

trategias, instrumentos y medidas orientadas a impedir, reducir, prever y controlar los efectos adversos de fenómenos peligrosos sobre la población, los bienes y servicios y el medio ambiente.

En esta secuencia de estrategias, el manejo de los peligros abarca el esfuerzo de prevenir su ocurrencia, mitigar las pérdidas, prepararse para sus consecuencias, alertar sobre su presencia, responder a la emergencia durante su impacto, rehabilitarse de sus efectos y llevar a cabo las tareas de reconstrucción necesarias.

Es importante señalar que dentro del ciclo de los desastres se encuentra implícito el concepto de gestión del riesgo. Según *Fouga (2002)*, consiste en la planificación y ejecución de las acciones necesarias para lograr la convivencia de las amenazas naturales o antrópicas con los receptores vulnerables, bajo condiciones de mínimo riesgo o riesgo aceptado por la sociedad.

6.1 Antes

La fase anterior a que ocurra el impacto de una amenaza involucra actividades que corresponden a las etapas de prevención, mitigación, preparación y alerta. Las actividades correspondientes a esta fase están orientadas a prevenir la ocurrencia de eventos peligrosos, mitigar el impacto cuando no es posible evitar su ocurrencia, preparar para organizar y planificar las acciones de respuesta y alertar para notificar formalmente la presencia inminente de un peligro.

La prevención es un conjunto de medidas y acciones dispuestas con anticipación, cuyo objeto es impedir o minimizar el impacto de las amenazas sobre la población, los bienes y servicios y el medio ambiente.

Si se toma una serie de medidas preventivas, se puede evitar o disminuir los efectos de un evento peligroso. La intervención directa sobre una amenaza o peligro, como por ejemplo la construcción de obras de regulación en ríos, puede evitar la ocurrencia de inundaciones severas. Por otro lado, existen fenómenos como los huracanes, los terremotos y los tsunamis que, por sus características, no es posible evitar que se manifiesten. En estos casos, los esfuerzos que se realicen en procura de la prevención, no garantizan la ausencia de efectos adversos, pero se pueden adoptar medidas con el objeto de minimizar el impacto.

La mitigación constituye el resultado de la aplicación de un conjunto de medidas asociadas a cada tipo de amenaza, tendientes a la reducción de la vulnerabilidad de los elementos bajo riesgo, a través de la disminución del nivel de exposición de la zona en peligro. Permite llevar a cabo las acciones anticipadas, con el propósito de reducir las consecuencias esperadas por un evento peligroso.

La preparación constituye un conjunto de medidas cuyo objetivo es organizar y facilitar los operativos para el efectivo y oportuno aviso, la conduc-

ción de la emergencia, el salvamento, la rehabilitación y la reconstrucción de las consecuencias del impacto. Se lleva a cabo mediante la organización y la planificación de las acciones de alerta, evacuación, búsqueda, rescate, socorro y asistencia que deben realizarse en caso de emergencia. Su finalidad, como en las demás actividades, es reducir al mínimo la pérdida de vidas humanas, organizando oportuna y eficazmente las acciones durante la emergencia y en la etapa de respuesta y rehabilitación.

El alerta es la declaración formal de la ocurrencia cercana o inminente de un evento peligroso. Este estado se declara para que la población y las instituciones adopten los procedimientos y acciones específicas preestablecidas y planificadas.

6.2 Durante

En esta fase, se ejecutan las actividades de respuesta al impacto de la amenaza planificadas en la etapa anterior. Estas actividades incluyen poner a resguardo a la comunidad afectada, la asistencia, la búsqueda y el rescate.

Una vez que el impacto ha ocurrido, se deben poner en práctica las actividades de respuesta, que corresponden a la ejecución de las acciones previstas y que, en algunos casos, ya han sido antecedidas por actividades de movilización, motivadas por la declaración de los diferentes estados de alerta. Corresponde a la reacción inmediata para la atención oportuna de la población.

6.3 Después

Esta fase involucra todas las actividades inmediatas y mediatas de recuperación de los efectos producidos por el impacto de la amenaza. Se divide en rehabilitación y reconstrucción.

La rehabilitación es el proceso de establecimiento inmediato de las condiciones normales y la recuperación a corto plazo de los servicios básicos fundamentales para la sobrevivencia.

La reconstrucción es el proceso de recuperación, a mediano y a largo plazo, del daño físico, social y económico, a un nivel de desarrollo igual o superior al existente antes del impacto de la amenaza. Durante la reconstrucción se busca activar las fuentes de trabajo, reactivar la actividad económica de la zona o región afectada, reparar los daños materiales, en especial en materia de vivienda y de infraestructura, incorporando las medidas de prevención y mitigación del riesgo en el proceso de desarrollo.



Capítulo dos Antecedentes

1. Ambito de estudio

La cuenca del río Negro se sitúa en la parte Norte de la región patagónica de la República Argentina, y constituye el sistema hidrográfico más importante de todos los que se extienden íntegramente en territorio nacional.

La parte más alta de la cuenca se encuentra en el faldeo oriental de la Cordillera de los Andes, en las provincias de Neuquén y Río Negro, zona que se caracteriza por poseer una cobertura vegetal exuberante en forma de bosques, producto de las abundantes precipitaciones pluviales y nivales.

Hacia el Este se extiende la porción media e inferior, caracterizada por una vegetación del tipo arbustiva aislada, de escaso desarrollo y pastizales acostumbrados a un régimen de lluvias más escaso.

La cuenca drena una superficie de 140.177 km², que representan alrededor del 5 % del total de la superficie del territorio continental de la República Argentina.

Los rasgos orográficos de la cuenca condicionan su clima y los mecanismos meteorológicos que provocan las precipitaciones en sitios preferenciales.

En la cuenca del río Neuquén, la barrera montañosa del Oeste, con una altura media superior a los 2.000 m, dificulta el paso de las tormentas provenientes del Pacífico, las cuales alcanzan a descargar su humedad en una franja muy estrecha.

Hacia el Sur, la altura de la Cordillera de los Andes desciende, al mismo tiempo que se tornan más frecuentes los valles transversales. Esto permite que las tormentas provenientes del Oeste puedan descargar dentro de la cuenca del río Limay.

El régimen de lluvias es variable, desde 3.000 mm anuales en la zona cordillerana hasta valores cercanos a 200 mm por año en la parte inferior de la cuenca.

Su red hidrográfica está compuesta por tres de los ríos más importantes del país: el río Negro y sus dos afluentes, el Limay y el Neuquén.

El río Negro se desplaza a través de mesetas áridas con un valle de ancho variable, una reducida pendiente y la existencia de numerosos brazos secundarios que se activan en oportunidad de ocurrencia de alguna crecida. La longitud entre la confluencia de sus dos tributarios y su desembocadura en el océano Atlántico es de 640 km, volcando aproximadamente 930 m³/seg. El río Neuquén aporta el 30% del derrame anual, mientras que el Limay contribuye con el 70% restante.

El río Neuquén, con un módulo de 280 m³/seg, posee un área de drenaje de 40.731 km² ubicada en la falda oriental de la cordillera al Norte de la provincia homónima. Su régimen hidrológico natural, de rasgo pluvionival, se caracteriza por poseer una doble onda de crecida anual. La primera de ellas se origina en época invernal, entre mayo y agosto, lapso en que se produce del 80 al 90% del total de las precipitaciones.



Vista del paisaje montañoso característico de la zona Oeste de la cuenca. La foto corresponde al lago Lolog.
Secretaría de Planificación y Desarrollo de la AIC



Cascada del río Agrio, uno de los principales afluentes del Neuquén.
Secretaría de Planificación y Desarrollo de la AIC



Vista de la costa protegida del río Neuquén en una zona cercana a la confluencia con el Limay.
Secretaría de Planificación y Desarrollo de la AIC



Vista del río Limay en las cercanías de la Villa Llanquín.
www.clubandino.com.ar/Espanol/Kayak/RiosDeLaZona/RioLimay.htm



Una de las frutas más cultivadas en la zona irrigada del Alto Valle: la pera.
Secretaría de Planificación y Desarrollo de la AIC



La explotación ganadera, una actividad productiva de la cuenca.
Secretaría de Planificación y Desarrollo de la AIC

nes, de las cuales una parte importante cae en forma de nieve y se acumula en la parte alta de la cuenca. La porción restante, que precipita en forma de lluvia en la parte media y baja, es la que produce la onda invernal, caracterizada por poseer un pico de gran magnitud en relación al volumen que transporta. La segunda onda de crecida, habitual hacia fines de la primavera, entre noviembre y diciembre, tiene origen, fundamentalmente, en la fusión de la nieve acumulada. Estas crecidas se caracterizan por resultar más moderadas que las invernales. Por otro lado, los estiajes se producen habitualmente al comienzo del otoño, entre marzo y abril. Los lagos que pertenecen a su red hidrográfica son escasos y de pequeñas dimensiones, factor que contribuye al carácter impetuoso de sus crecidas.

El río Limay, cuyo módulo es de 650 m³/seg, constituye el drenaje natural de las estribaciones orientales de la Cordillera de los Andes en el Sur de la pro-

vincia de Neuquén, drenando un área de 61.597 km². Tanto el curso superior del río Limay como el del río Collón Curá, su principal afluente, tienen un régimen hidrológico de origen pluvionival atenuado por los lagos naturales ubicados en las nacientes de casi todos los tributarios importantes que constituyen su red hidrográfica. El régimen hidrológico se caracteriza por poseer una doble onda de crecida. La primera ocurre durante el invierno, época en que se producen las principales lluvias sobre la cuenca. Por las condiciones meteorológicas, gran parte de ellas precipitan en forma de nieve, acumulándose hasta fines de la primavera, cuando se origina el deshielo y se produce la segunda onda de crecida. Ambas son atenuadas por los numerosos lagos naturales existentes en la cabecera de la cuenca.

En lo que respecta al aspecto económico, el valle del río Negro y Neuquén conforma un importante aparato productivo construido gracias al agua que le proporcionan los ríos que lo recorren. De esta manera, el producto bruto geográfico de la cuenca alcanza aproximadamente el 3 % del producto bruto interno del país.

Uno de los pilares productivos lo representa la actividad frutihortícola, alcanzando una superficie cultivada bajo riego cercana a las 150.000 has.

La actividad económica principal es la frutícola, con un volumen cercano a 1.200.000 tn. Esta cifra representa el 80 % del total producido en el país. La fruta se comercializa fresca en importantes mercados de América, Europa y Asia. Otras actividades derivadas de la anterior son la producción de jugos naturales y las industrias vitivinícola y sidrera.

La producción más importante del valle es la de peras y manzanas, siendo su clima uno de los más aptos del mundo para este tipo de frutas. En segundo lugar, se encuentra la uva, cuya producción se destina casi totalmente a la producción de vino. Le siguen la producción de frutas de carozo, y la de tomates y cereales en el Valle Medio e Inferior.

La ganadería es una actividad que se desarrolla indistintamente en las zonas de regadío y de secano. La magnitud de esta actividad alcanza los 2 millones de cabezas de ganado ovino, bovino, caprino, equino y porcino, de los cuales casi la mitad corresponde a la cría de cabras.

Los recursos energéticos de la cuenca la ubican en un sitio de privilegio. La explotación de hidrocarburos y el aprovechamiento hidroeléctrico de sus ríos son actividades que caracterizan a la cuenca como la principal generadora de energía del país.

La cuenca hidrocarburífera neuquina forma parte de la región en estudio, contando con aproximadamente el 30 % de las reservas petrolíferas y más del 50 % de las reservas de gas comprobadas del país.

La explotación de minerales en la cuenca, si bien no tiene la trascendencia del petróleo y del gas, alcanza una magnitud importante en relación con lo que es usual en el país. La extracción de yeso, arci-

lla, bentonita, baritina, sal y piedras naturales, entre los minerales no metalíferos, y cobre, oro y plata, entre los metalíferos, producen una incipiente actividad productiva y manufacturera.

El aprovechamiento de los ríos destaca a la cuenca como la mayor generadora de electricidad del país. Con la creación de Hidronor S.A. en el año 1967, se inicia la construcción de las grandes obras hidroeléctricas de la región. Inmediatamente, se construyó la presa El Chocón sobre el río Limay y el complejo Cerros Colorados en el Neuquén. En ambas se emplazaron, aguas abajo, los compensadores de caudales Arroyito y El Chañar, respectivamente. Alicurá, emplazada aguas arriba de la confluencia del Collón Curá con el Limay, y Piedra del Aguila, aguas abajo, fueron las siguientes.

Antes de dividirse en varias sociedades para posibilitar su privatización en el año 1993, Hidronor S.A. había procedido a instalar 4.200 Mw de potencia y una generación media anual de 13.500 Gw/hora. Actualmente, de esta cifra, el 90 % se transporta a centros consumidores externos a la cuenca, mediante cuatro líneas de 500 Kv cada una.

La excelencia de los paisajes cordilleranos, sumada a la constante preocupación de los operadores turísticos para dar al turismo la infraestructura necesaria para su explotación, han convertido esta actividad en relevante. En este sentido, San Carlos de Bariloche, Villa la Angostura y Caviáhué son los sitios más destacados, junto con San Martín de los Andes, que, si bien no pertenece a la cuenca, no se encuentra desvinculada del negocio turístico de la región.

Estos centros turísticos cuentan no sólo con la preferencia de los turistas argentinos, sino también de la comunidad internacional.

En lo que hace a los aspectos ambientales de la región, el grado de conservación de los ríos de la cuenca es razonablemente satisfactorio. Sin embargo, el vertido de efluentes domiciliarios sin tratar, sumado al de origen industrial y a la utilización descontrolada de técnicas agrícolas altamente contaminantes, hace que la calidad de las aguas se vea parcialmente degradada en algunos sectores localizados del río. Por otro lado, las obras de regulación construidas han modificado sustancialmente el régimen hídrico natural, provocando alteraciones del medio que se manifiestan de diversos modos. La tropificación del recurso y su dinámica morfológica son dos de los efectos directos más importantes.

Una de las actividades más contaminantes presente en el ámbito de la cuenca, es la explotación hidrocarbúrfica, debido a la ocurrencia de derrames y filtraciones de elementos contaminantes. Esta actividad es foco de permanentes conflictos relacionados con la supervivencia de las especies animales y vegetales, como así también con la conservación de las fuentes de agua superficial y subterránea.

A pesar de lo expuesto, la cuenca del río Negro no presenta actualmente el grado de deterioro ambiental de otras zonas de nuestro país y del mundo.



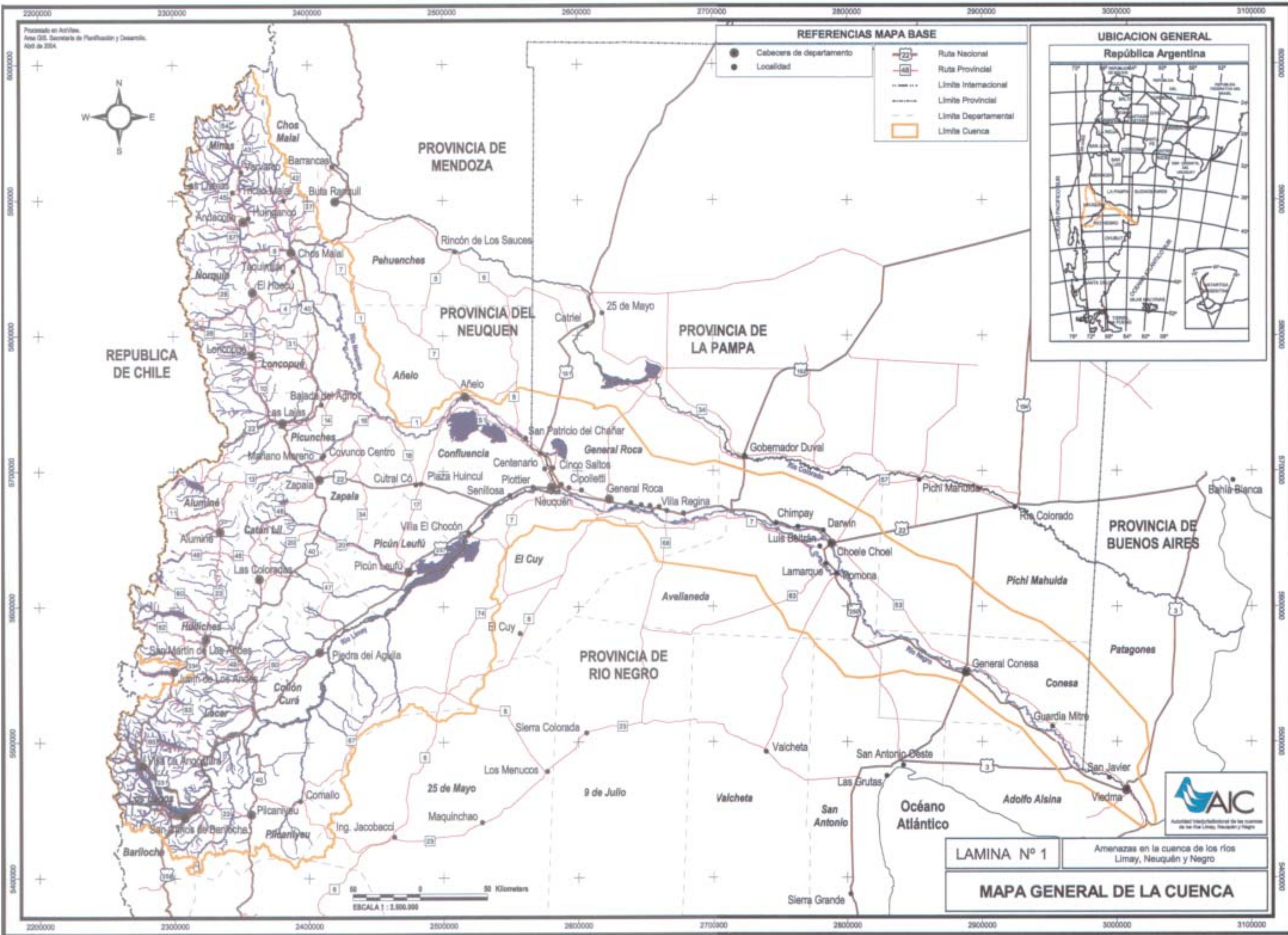
*La extracción de petróleo constituye el sostén económico por excelencia de la provincia del Neuquén.
Secretaría de Planificación y Desarrollo de la AIC*



*Líneas de alta tensión que transportan la energía eléctrica generada en la cuenca hacia los centros de consumo externos.
Secretaría de Planificación y Desarrollo de la AIC*



*Las actividades asociadas a la extracción de petróleo producen daños irreparables en los suelos de la cuenca.
www.el-portal.net/las500fotos/riu.htm*



2. Sucesos destacables ocurridos en la cuenca

La cuenca cuenta con una rica historia de fenómenos que se han tornado un factor de riesgo a medida que se fue poblando la región. Con el aumento de la densidad poblacional, los impactos de las amenazas naturales y antrópicas se han ido multiplicando.

La mejor manera de revivir los impactos de las amenazas históricas, es recurriendo a la información que reflejaron los diarios de la época, ya que constituyen el medio más antiguo de difusión de información que ha acompañado el proceso de poblamiento. Si bien esto es cierto, se debe tener presente que a veces no se registraron muchos eventos importantes, porque la noticia no llegaba a los centros de difusión de información. Esto encuentra su explicación en el hecho de que las primeras comunidades de la región apenas colonizada se encontraban muy dispersas en sus comienzos, y los medios responsables de trasladar la noticia eran lentos e insuficientes. Esta particularidad, por ejemplo, ha contribuido a que fueran muy escasas las referencias que han llegado a nuestros días acerca de la percepción de temblores y terremotos en la zona en estudio.

2.1. Sismos

A continuación se transcriben algunos fragmentos de la información relacionada con la percepción de temblores y terremotos incluidos en diarios de la época y referencias recopiladas por el Servicio Meteorológico Nacional. En las mismas, se destaca la ausencia de noticias acerca de los terremotos más destructivos que han afectado a la región.

Al respecto, es interesante mostrar el caso del terremoto ocurrido el 01/03/1934, al que las estaciones sismológicas ubican su epicentro a 100 km de San Carlos de Bariloche. La referencia del Diario La Nación del día 02/03/1934, menciona sólo la información relativa a su percepción en la ciudad chilena de Valdivia, ubicada también a casi 100 km del epicentro, pero no incluye noticia alguna proveniente de San Carlos de Bariloche.

A las noticias de los temblores producidos por los sismos localizados en territorio chileno, se agregan otras, consecuencia de sismos locales, de poca magnitud y que afectaron a poblaciones argentinas ubicadas más cerca del límite internacional, como es el caso de Junín de los Andes.

Oficina Meteorológica Argentina

16 de agosto de 1906 - A las 8:02 pm, temblor en Chos Malal.

Nota: esta información corresponde al efecto del gran terremoto que destruyó Valparaíso, en Chile.

29 de enero de 1907 - En Piedra del Aguila, continúan los temblores. Se supone que en Junín y en San Martín de los Andes se han sentido con mayor intensidad.

13 de abril de 1907 - A las 2:30 pm, temblores en Piedra del Aguila.

4 de abril de 1914 - A las 4:00 pm, temblores en Chos Malal.

31 de julio de 1920 - A las 12:30 hs, temblores en Chos Malal.

Servicio Meteorológico Nacional

30 de mayo de 1929 - A las 4:35 hs, en Neuquén, se notó un leve sacudimiento de tierra sin mayores consecuencias.

Nota: corresponde al terremoto que afectó a Las Malvinas y Villa Atuel, en la provincia de Mendoza.

Diario La Nación, de Buenos Aires

2 de marzo de 1934 - Santiago de Chile - El corresponsal en Valdivia del diario El Mercurio, de Santiago, envió el siguiente despacho: A las 17:45 hs, se produjo un terrible temblor con todos los caracteres de un gran terremoto. Varias casas quedaron agrietadas, rompiéndose los vidrios y cayéndose las cornisas.

Nota: corresponde al terremoto que afectó al Sur de Chile el 1 de marzo de 1934, y cuyo epicentro se ubicó a 200 km al Oeste de Piedra del Aguila.

23 de mayo de 1960 - San Carlos de Bariloche - Aproximadamente a las 6:00 hs, se sintió un fuerte temblor en San Carlos de Bariloche. Una gran marejada, registrada en el lago Nahuel Huapi, destruyó un muelle de cemento y hundió una lancha. Su duración fue de 4 minutos.

Nota: esta información corresponde al efecto del gran sismo de magnitud 8.5 de Richter del Sur de Chile del 22 de mayo de 1960. Este evento constituye el mayor de este siglo registrado en la zona.

Diario La Prensa, de Buenos Aires

26 de enero de 1939 - Neuquén - Aproximadamente a las 0:35 hs de la madrugada de hoy, se sintió en esta localidad un fuerte temblor de tierra que no produjo daños materiales ni víctimas. En las Termas de Copahue se registró un movimiento sísmico de algunas consecuencias, puesto que algunas paredes se han derrumbado.

26 de enero de 1939 - San Martín de los Andes - Anoche, a las 0:35 hs, se sintió un temblor de tierra que duró dos minutos aproximadamente.

26 de enero de 1939 - Zapala - En esta ciudad se sintió un movimiento sísmico a las 0:30 hs, que duró aproximadamente 30 segundos, sin ocasionar daños materiales.

26 de enero de 1939 - Los Lagos - A las 0:35 de hoy, se produjo en esta localidad un movimiento sísmico de alguna intensidad y de varios minutos de duración.

26 de enero de 1939 - Aluminé - Aproximadamente a las 0:30 hs, fue sacudida esta población con un temblor de 30 segundos de duración. Muchas paredes se han agrietado.

Nota: estas informaciones corresponden al efecto del gran terremoto que destruyó la ciudad de Chillán, en Chile, produciendo más de 30.000 víctimas.

22 de mayo de 1960 - Neuquén - Ayer a las 6:50 hs, se sintió en esta ciudad un fuerte temblor de tierra que se prolongó durante más de un minuto. Las lámparas y otros artefactos eléctricos suspendidos oscilaron violentamente y muchas personas experimentaron mareos.

22 de mayo de 1960 - Cipolletti - Fue muy fuerte el movimiento sísmico - La alarma fue muy grande.

23 de mayo de 1960 - Según información de Bariloche, el Puerto de San Carlos de Bariloche sobre el Nahuel Huapi sufrió importantes daños como consecuencia de la fuerte marejada causada por un temblor.

23 de mayo de 1960 - Puerto Blest - Se observó una fuerte marejada con invasión de aguas calientes, que los pobladores atribuyen a una entrada de las aguas del Pacífico afectadas por el fenómeno sísmico.

Nota: esta información corresponde al efecto del gran sismo de magnitud 8.5 de Richter del Sur de Chile, del 22 de mayo de 1960. Este evento constituye el mayor de este siglo registrado en la zona.

Diario Río Negro, de General Roca

19 de abril de 1979 - San Carlos de Bariloche - Un movimiento telúrico de escasa intensidad se produjo ayer, minutos después de las 17:00 hs, en las cercanías de las localidades fronterizas de San Martín de los Andes y Junín de Los Andes. No se registraron daños ni víctimas.

2.2. Volcanismo

La cuenca ha sufrido en varias oportunidades el impacto de los volcanes, tanto de aquellos pertenecientes a la región, como de los que se encuentran en territorio chileno. Si bien existen evidencias geológicas que justifican esta afirmación, es necesario rescatar lo expresado por los medios de información cuando algún volcán ha manifestado signos de actividad. Por esta razón, se incorporan fragmentos de información relativa a los impactos más relevantes correspondientes a la actividad volcánica dentro de la cuenca, obtenida de diferentes medios gráficos.

Diario La Nación, de Buenos Aires

14 de mayo de 1903 - Neuquén - Desde Paso de los Indios hasta Chos Malal se notan ruidos subterráneos, lo mismo sucede desde Cabo Alarcón hasta Piedra del Águila. Ayer ha caído en Las Lajas mucha ceniza fina, negra y muy brillante.

Nota: esta información corresponde a la erupción del Volcán Llaima, en territorio chileno.

17 de abril de 1907 - Santiago de Chile - Siguen llegando alarmantes noticias sobre erupciones volcá-

nicas frente a la provincia de Valdivia. En la cordillera se sienten frecuentes temblores y ruidos.

29 de julio de 1955 - San Carlos de Bariloche - Los pobladores de esta zona fueron sorprendidos en la tarde de ayer por un inusitado espectáculo de una columna de humo rojiza proveniente de la erupción de un volcán situado en la frontera entre Argentina y Chile. A las 23:00 hs se produjo un movimiento sísmico de regular intensidad que causó alarma en esta población. No hay noticias de que se hayan producido víctimas.

Diario Clarín, de Buenos Aires

16 de agosto de 2000 - Neuquén - Un pueblo en alerta por un volcán - Se trata de Caviahue, que tiene 400 habitantes. Ante la posibilidad de que entre en actividad el volcán Copahue, ubicado a 20 kilómetros del pueblo, ayer se realizó un simulacro de evacuación. Participó toda la gente... Caviahue, con sus 400 habitantes, viene soportando desde el 2 de julio la caída de cenizas sobre la localidad, debido a que el volcán Copahue comenzó a realizar erupciones en esa jornada. Incluso sobre el final de ese día, varios pobladores y turistas decidieron evacuar la villa y dirigirse a Loncopué, una localidad ubicada a unos 50 kilómetros del lugar, aunque a la jornada siguiente regresaron... El volcán Copahue - su nombre significa aguas calientes en el idioma mapuche - no contaminó el agua potable de Caviahue, pero sí lo hizo en la cuenca del río Bío Bío del lado de Chile, donde hubo mortandad de peces. En ese país - que se vio más perjudicado por las cenizas debido a los vientos - se produjeron evacuaciones de lugareños que estaban alojados a la vera del volcán, incluso temiendo que los pastos donde comían los animales estuviesen contaminados por las cenizas que arrojaba el Copahue. Aunque la tranquilidad reina en la villa y aún quedan cenizas, en las vacaciones de invierno muchos turistas decidieron retirarse del lugar por temor, y otros llegaron atraídos por la posibilidad de disfrutar de un volcán activo. El volcán mide 3.000 metros de altura y está al pie de la cordillera de los Andes, en el límite con Chile.

Diario Río Negro, de General Roca

20 de julio de 2000 - Neuquén - Colapsó el sismógrafo y hay alerta en Chile por el volcán Copahue - El sismógrafo que controla la erupción del volcán Copahue colapsó ayer mientras que por el fenómeno se mantiene en estado de alerta a uno y otro lado de la Cordillera de los Andes... El martes a la tarde el volcán produjo dos explosiones fuertes que dispersaron cenizas sobre la zona de Copahue, la villa termal que en esta época está prácticamente sepultada por la nieve. El lunes las cenizas llegaron hasta El Huecú, una localidad ubicada a unos 70 km del volcán...

1 de agosto de 2000 - Neuquén - Declararon la emergencia en Caviahue y podrían evacuar la villa - Por la actividad volcánica el aire es casi irrespirable y hay problemas con el agua... Consideran perdida la tem-

porada turística... La situación es crítica: hay temor de que el agua esté contaminada por el azufre de las cenizas y por las calles hay que andar con barbijo, dado que el aire es prácticamente irrespirable por el alto contenido sulfuroso que tiene el ambiente...

18 de septiembre de 2000 - La erupción del Copahue contaminó pasturas - El futuro de los productores ganaderos del interior neuquino asoma problemático. Ahora las pasturas están dañadas por la nieve, pero cuando este fenómeno concluya, deberán enfrentar la contaminación que provocó el volcán Copahue. El alimento para la hacienda está cubierto de ceniza con una alta concentración de sílice. Este mineral es tóxico y afecta a la dentadura del ganado. Un veterinario recomendó atrasar lo más posible el período de veranada.

15 de marzo de 2003 - Explosiones del Domuyo sorprenden a lugareños - Ocurrieron el 28 de febrero pasado en la fumarola El Humazo. Quienes fueron al lugar vieron cambios importantes, pequeños animales muertos y el suelo cubierto de cenizas - Chos Malal - La explosión de una de las fumarolas de Villa Aguas Calientes en la zona del Domuyo causa preocupación en la región y se espera la presencia de especialistas que puedan determinar qué produjo el estallido.

Pobladores del lugar aseguran que fueron dos explosiones, que se observaron dos grandes nubes que se elevaron a una altura de 300 metros y que pudo observarse a 20 kilómetros. Además, la explosión arrojó bloques de piedra de una tonelada que quedaron esparcidas por el lugar... Destacaron la presencia de géiseres y fumarolas en su base, especialmente en el lado Oeste, aunque persiste la duda porque a pesar de esta actividad, el Domuyo no tiene cráter.

El hecho se registró el pasado 28 de febrero en la fumarola conocida como El Humazo, pero recién trascendió en las últimas horas luego de que los funcionarios de Varvarco entre ellos los guardias ambientales, el delegado normalizador, el guarda-fauna municipal y la persona responsable de Turismo realizaran un relevamiento en el sector afectado... José Valdez y Raúl Hernández dicen haber visto dos grandes nubes oscuras que se elevaron a gran altura, aproximadamente unos 300 metros.

Otros veranadores de la zona de Ailincó, a 5 km del lugar, escucharon la explosión que se produjo en El Humazo el 28 del mes pasado... Conocedores de la zona dicen que luego de las explosiones cambió totalmente su forma y agregaron que la columna de vapor no es tan grande, a la margen derecha del arroyo se ha formado un cráter de aproximadamente 6 metros de diámetro en donde hierve agua no se sabe a qué temperatura y el color que se observa es un celeste turquesa.

A ello agregaron las transformaciones que sufrió el cauce del arroyo en ese sector, donde se ha formado una gran laguna de agua caliente.

La zona se encuentra cubierta de ceniza e incluso en algunos lugares ha tapado por completo la vegetación consistente en piche y neneo, entre otros.

A ello se suman grandes bloques de piedra, cuyo peso se estima en una tonelada que fueron despedidos a una distancia de 500 metros...

2.3. Desertificación

Dado que la desertificación es un proceso lento que no produce un impacto directo tan visible, no se le ha dado un lugar tan importante en los medios de información gráficos del país. Por tal motivo, los antecedentes encontrados no han sido de la cantidad esperada.

Esto no significa que la desertificación sea un peligro ajeno a la cuenca, sino que su manera de impactar en el tiempo no es tan fácil de observar hasta que la amenaza ha producido efectos prácticamente irreversibles en el medio.

Diario Río Negro, de General Roca

7 de julio de 1998 - El costo que encierra la agricultura - En reconocimiento al padre del conservacionismo, Hugh A. Bennet, cuya fecha de fallecimiento es el 7 de julio, se ha designado a esta fecha como el Día de la Conservación de Suelo Agrícola. Debido a ello, se hace una reflexión sobre el valor de las tierras cultivables y el INTA ha dado a conocer un extenso estudio realizado a partir de imágenes satelitales de la línea sur rionegrina, que dio como resultado el severo impacto de la desertificación a la que se ha llegado... Así en los terrenos cuya desertificación es medio y leve, un manejo adecuado del pastoreo podría revertir la desertificación, mejorando la condición y productividad de los pastizales. En el nivel considerado medio a grave, es necesario un manejo adecuado, con lo cual se podría detener la degradación de vegetación y suelos y estabilizar la productividad de niveles más bajos, pero no se puede recuperar lo que ya está perdido. En el sector calificado como muy grave, la degradación del suelo y la vegetación es tan avanzada, que hay que excluir la posibilidad de cualquier uso ganadero para lograr, por lo menos, que se detenga el deterioro, que amenaza incluso a campos vecinos...

12 de julio de 1998 - Quieren rescatar la pampa de Lonco Luan - La provincia de Neuquén está elaborando un proyecto para recuperar alrededor de 50.000 hectáreas en la denominada pampa de Lonco Luán. Se trata de una de las zonas más afectadas por las erosiones que provoca el sobrepastoreo, y que a su vez se ubica en las alturas de la zona cordillerana, donde hay vientos permanentes...

12 de julio de 1998 - La desertificación ya se adueña de la tercera parte de Neuquén - El sobrepastoreo, las picadas sísmicas y las locaciones de las explotaciones hidrocarburíferas son las principales causas del proceso de desertificación que avanza sobre

Neuquén y que ya se adueñó de la tercera parte de su territorio. Unas 2.700.000 hectáreas ya se encuentran en estado prácticamente irrecuperable. Una porción parecida sufre un proceso moderado de erosión. La UNC trabaja en un proyecto de recuperación para algunas áreas...

20 de septiembre de 1998 - Buscan frenar la desertificación en la Patagonia - Conocer la dieta de los herbívoros de nuestros campos es fundamental para evitar la desertificación por desaparición de muchas plantas forrajeras. En los sistemas transformados por la humanidad en sistemas agropecuarios, el criterio meramente conservacionista debe ser reemplazado por el de sustentabilidad. En muchas ocasiones el desconocimiento de la dieta de los animales y la sobrevaloración de la capacidad forrajera del pastizal natural, contribuyeron al proceso de desertificación que afecta a los campos ganaderos de la Patagonia...

23 de mayo de 2000 - El programa contra la desertificación muestra resultados alentadores - A diez años del inicio del proyecto de Lucha Contra la Desertificación en la Patagonia, mucho es el camino que falta por recorrer, pero se advierten adelantos a partir de las tareas realizadas en las distintas regiones en las que se trabajó... El proyecto se inició después de varios años en los que distintas instituciones regionales, nacionales y productores, sistemáticamente denunciaron el estado progresivo de deterioro de pastizales, mallines, fuentes de agua o visualizaban que los índices de producción ganadera iban decayendo...

20 de junio de 2000 - Nace el Bosque de los visitantes en Cipolletti - En la margen sur cipoleña se desarrolla una iniciativa que tiene un triple objetivo. Por un lado, generar conciencia en los chicos de lo que significa la desertificación y buscar revertirla con plantaciones. Por otro, controlar la erosión de la costa y desarrollar un gran espacio recreativo. Así comenzaron a plantar el Bosque de los visitantes...

21 de julio de 2000 - Ñandú: Opción rentable para región patagónica - Si bien la desertificación es uno de los grandes problemas de la región patagónica, el choique o ñandú puede ser una alternativa para muchos productores que fueron afectados por este fenómeno. La degradación de los suelos es uno de los principales problemas de los campos patagónicos, debido a la erosión y al sobrepastoreo del ganado. Grandes extensiones de tierra son abandonadas, ya que muchas de ellas no pueden recuperarse.

2.4. Incendios

La cuenca está expuesta a un régimen recurrente de incendios en las zonas donde el fuego se utiliza como una herramienta de manejo de pastizales o donde el hombre tiene acceso frecuente. Por el contrario, los incendios esporádicos tienen relación con otras causas, tales como las de origen natural.

A continuación se incorporan fragmentos de información relativa a los impactos más relevantes

correspondientes a los incendios dentro de la cuenca, obtenidos de diferentes medios gráficos.

Diario Río Negro, de General Roca

17 de septiembre de 1996 - El Bolsón - Por qué les prenden fuego a los bosques - A poco de iniciarse una nueva temporada veraniega, los habitantes cordilleranos renuevan su preocupación por la probabilidad de incendios forestales que cada año diezman la flora autóctona e implantada...

5 de junio de 1997 - El Bolsón - Los incendios forestales, una amenaza latente - Los bosques andino patagónicos, tienen un enemigo declarado que cada año diezma grandes extensiones: los incendios forestales...

Nadie olvida que en 1987, por ejemplo, llegó un avión Hércules C-130 con pertrechos y personal de lucha contra incendios forestales mientras el cerro Pirque y parte del cerro Currumahuida ardían sin control, amenazando a las localidades de Epuén y Lago Puelo. Con el fuego tan cerca de las poblaciones, toda la región se movilizó para combatirlo.

Algo parecido sucedió en octubre de 1993, cuando más de 3000 hectáreas en la zona del Mallín Ahogado se quemaron por la acción de un incendio devastador. Superficies cultivables, campos de pastura, animales muertos y grandes pérdidas económicas, fueron el resultado de largas jornadas donde el cielo nocturno se iluminó con los destellos de casi todo un paraje ardiendo...

13 de enero de 1998 - Neuquén - El hombre provoca más incendios forestales - El fuego afectó unas 10.000 hectáreas en territorio neuquino en el verano 1996/97. La mano del hombre provocó durante el verano pasado más del 70% de los incendios y destruyó una superficie superior a las 10.000 hectáreas de bosques, campos y pasturas. Las llamas afectaron más tierras fiscales que privadas, aunque la superficie fue mayor en los campos que tienen dueños particulares que los que están a nombre del Estado...

20 de noviembre de 1998 - San Martín de los Andes - Combaten el fuego en Ruca Choroy - Un incendio se desató ayer por la tarde en la zona norte del Parque Nacional Lanín, en el área de Ruca Choroy... Se supo que el incendio cubría una superficie de 300 metros de frente por 400 de fondo y anoche trabajaban en él 60 personas... La zona donde se encuentra el foco está poblada de bosques de araucarias, y esta especie altamente resinosa, estalla cuando se incendia, disseminando el fuego a su alrededor...

19 de enero de 1999 - San Martín de los Andes - Arden bosques en el norte del Parque Lanín - Un incendio de bosques se desató ayer por la tarde en el área norte del Parque Nacional Lanín, a unos 1.400 metros de altura. El fuego afectó ejemplares de araucarias y lengas, en una superficie que aún no pudo ser determinada. El lugar donde fue localizado el foco principal es de muy difícil acceso y se lo considera casi virgen. Los brigadistas dijeron no co-

nocer todavía con exactitud las causas que dieron origen al fuego. De todos modos, consideraron como principal hipótesis la posibilidad de que hubiera sido causado por un rayo, en razón de que se registraron algunas tormentas y descargas eléctricas en esa zona. El incendio se ubica a unos 1.400 metros de altura sobre las laderas del cerro Coloco, cerca de las nacientes del arroyo del mismo nombre. Este sitio está localizado al sur del lago Ñorquinco y al norte del lago Rerepuye. El lugar dista unos cinco kilómetros de la frontera con la República de Chile, y no hay caminos ni sendas que atraviesen el área...

14 de diciembre de 1999 - San Carlos de Bariloche - El fuego arrasa un bosque nativo del Parque Nacional Nahuel Huapi - Un gran incendio forestal afecta las entrañas boscosas del Parque Nacional Nahuel Huapi. Las llamas arrasaron ayer las laderas norte de los cerros Granítico y Falso Granítico, ubicados al sur del río Manso Medio, frente al lago Los Moscos, camino a la cascada Los Alerces. Algunas estimaciones sobre el área afectada apuntaban anoche cerca de mil hectáreas, aunque el comunicado oficial de Parques Nacionales fue mucho más conservador al calcular más de cuatrocientas. El intendente de Parques informó anoche que el organismo procedió a convocar al Plan Nacional de Manejo del Fuego...

25 de febrero de 2001 - Choele Choel - Un rayo llevó más fuego a campos de Choele Choel - Las llamas afectaron cerca de 1.000 hectáreas ayer a la tarde. El rápido trabajo de los bomberos logró controlar el siniestro. Voluntarios mantenían una guardia para evitar más trastornos...

20 de diciembre de 2001 - El bolsón - Incendio en El Turbio está fuera de control - El foco, ubicado a pocos kilómetros al sur del límite del Parque Nacional Lago Puelo, ni siquiera ha podido comenzar a combatirse por lo inaccesible del sitio y las condiciones meteorológicas...

19 de enero de 2003 - Varios incendios afectaron campos de la región - Un foco en Choele Choel quemó 6.000 hectáreas y cortó la ruta. El viento cambiante y el calor dificultaron la tarea de bomberos. También en Río Colorado y Guardia Mitre ardían pastizales...

2.5. Inundaciones

En la historia hidrológica de los ríos de la cuenca se han sucedido grandes crecientes. Cuando éstas han ocurrido en ríos carentes de regulación con zonas vulnerables aledañas, los impactos asociados han sido registrados por los medios de información.

A continuación, se han realizado recopilaciones de las crecidas que, al generarse simultáneamente en los ríos Limay y Neuquén, provocaron inundaciones de magnitud en el valle del río Negro. Cabe mencionar que, a diferencia de otros tipos de eventos, la cantidad de registros en los medios de información nacionales, han sido extremadamente importantes.

Ing. César Cipolletti

Año 1899 - Estudios de irrigación, ríos Negro y Colorado - La única dificultad sería que puede detener el espléndido porvenir reservado al gran Valle del río Negro es el flagelo de las grandes inundaciones a que periódicamente está sujeto... las inundaciones han llamado la atención sobre esta calamidad del Valle, haciendo quizá surgir la idea que la posibilidad de sus frecuentes repeticiones impedirían poblar y cultivar este espléndido territorio.

Diario La Nueva Provincia, de Bahía Blanca

1 de junio de 1945 - Suscita temores en Fuerte General Roca la creciente de los ríos Limay Neuquén y Negro - Desde ayer reina alarma entre los pobladores del valle, con motivo de la extraordinaria creciente que han registrado en sus cauces los ríos Neuquén y Limay, debido a los temporales de lluvia y nieve ocurridos en la zona cordillerana... Las perspectivas son alarmantes y los perjuicios de la inundación alcanzan ya muchas chacras costeras... se teme que de producirse mayor aumento de cauce, supere a la producida en 1932 y pueda adquirir las proporciones alarmantes producidas en 1915.

9 de junio de 1945 - Perjuicios ocasionados por la creciente del río Neuquén - Desde hace muchos años no se había producido una creciente de tal magnitud...

... oportunamente fueron avisados los vecinos del peligro que corrían y especialmente aquellos que se encuentran próximos a las márgenes del río. Son numerosas las propiedades de los colonos que fueron arrasadas por la fuerza de las aguas, perdiendo la mayoría de ellos los animales como así también las plantaciones.

22 de julio de 1958 - Neuquén - El río Limay, a la altura de esta capital, ha llegado hasta las cercanías de la ruta 22 en la Avenida Olascoaga, habiendo parado las aguas el murallón de la misma ruta, volviendo y quedando rodeada con agua los edificios de la comisaría y del cuerpo de bomberos.

25 de julio de 1958 - Mientras sobrevolábamos la zona de Choele Choel, alrededor de las 11 hs. de la mañana, las aguas habían sobrepasado esta zona y avanzaban a impresionante ritmo en dirección a Viedma, Capital de la Provincia de Río Negro...

27 de julio de 1958 - Se habría realizado una rápida gira por los lugares afectados por las aguas entre las localidades de Chichinales y Chelforó y el nivel de las mismas alcanzaron una altura superior a la registrada en el año 1945. En Choele Choel las aguas habían pasado al otro lado de la Ruta Nacional N° 22...

... En Villa Regina el agua se ha extendido por la costa del río en dirección a la localidad de Villa Regina en unos 1.550 metros. Esto motivó muchos daños en viviendas que quedaron cubiertas por las aguas. Lo mismo ocurrió en la localidad de General Godoy, Ingeniero Huergo, Cervantes y Mainqué...

Diario Río Negro, de General Roca

23 de julio de 1958 - Neuquén - Han sido evacuados desde las 15 hs. de hoy, de los barrios Villa Matadero, Villa María, Barrio Nuevo y Villa Florencia, 2.500 personas aproximadamente. No hay desgracias personales.

29 de junio de 2000 - Alarma en barrios de Neuquén y Cipolletti por crecida del río Neuquén - Los últimos dos años de sequía tuvieron una paradójica consecuencia. Las construcciones avanzaron en zonas costeras y ahora la erogación de las represas, consideradas normales, plantea un serio riesgo para familias de Vista Alegre en Neuquén y Costa Norte en Cipolletti. Anoche esperaban evacuaciones.

18 de abril de 2001 - Neuquén - Grave incidente con el manejo del agua en Cerros Colorados - El 7 de abril pudo haber ocurrido una catástrofe y aquí nadie se enteró. Ese día era un sábado apacible hasta que un enfurecido río Neuquén se salió de su cauce por obra y arte del hombre: en apenas tres horas el caudal se duplicó porque se abrió una de las ocho compuertas del dique El Chañar, compensador de la central hidroeléctrica Cerros Colorados.

Diario La Mañana del Sur, de Neuquén

12 de julio de 2000 - Las defensas al límite en Vista Alegre - La crecida en el río Neuquén provocó que se produzcan filtraciones en los barrios costeros de Vista Alegre. No cuentan con sistema cloacal y los desagües están saturados por el nivel de las napas.

Desde la implantación de las obras hidroeléctricas, la única posibilidad sería de colapso se registró en la presa El Chocón, en el año 1982. Si bien el desconcierto era enorme, se tomaron las medidas necesarias para solucionar el problema y se reforzó el sistema de auscultación para poder actuar más eficientemente en el caso de que se detectaran nuevos problemas.

La información encontrada con respecto al problema registrado en la presa El Chocón, responde principalmente a estudios, opiniones de expertos y tareas de reparación realizadas luego de que el peligro fuera anulado. No se han encontrado fragmentos de información que establezcan el peligro real existente en el instante en que fue detectada la amenaza. Esto responde a la extrema cautela manifestada ante la incertidumbre existente, antes de descubrir el motivo de las fallas.

2.6. Deslizamientos

Los deslizamientos no se originan hasta que una causa dinámica se hace presente. Por lo general, los factores que determinan su ocurrencia se manifiestan en forma de sismos o importantes precipitaciones capaces de inestabilizar las laderas.

Por tal motivo, gran parte de la información que manifiesta la ocurrencia de un deslizamiento en la cuenca, hace referencia al agente motor junto con los efectos directos asociados: los deslizamientos.

A continuación se incorporan fragmentos de información relativa a los impactos más relevantes correspondientes a los deslizamientos en la cuenca. La misma ha sido obtenida de diferentes medios gráficos locales.

Diario Río Negro, de General Roca

16 de marzo de 1999 - San Martín de los Andes - No queremos discriminaciones entre el centro y los barrios... la ciudad es una sola, dijo la intendenta Sapag. Anunció así un ambicioso plan de forestación y embellecimiento de los barrios de San Martín de los Andes, que incluirá millares de plantines surgidos del vivero municipal, sin costo para los vecinos... En efecto, la propuesta también incluye forestaciones para fijación de suelos en faldeos. En este caso se prevé plantar unas 20 hectáreas y alrededor de 22.000 árboles nativos en el sector de chacra 4, en cercanías de Covisal y también en los faldeos del barrio Jardín, donde ha habido ya deslizamientos de tierra. Para esta obra en particular, el municipio realiza gestiones en procura de financiamiento para mano de obra, mediante la participación de organismos provinciales...

28 de marzo de 1999 - Susto por un fuerte temblor que sacudió localidades cordilleranas - San Martín de los Andes - Hasta las ocho horas, 13 minutos, 50 segundos, la mañana cordillerana fue como tantas otras... tranquila y con nubes bajas. Un segundo después, la tierra se movió. Un temblor de magnitud 5.5 de la escala Richter e intensidad de 4 grados en la medición Mercalli, sacudió esta ciudad, Bariloche, Junín, El Bolsón y Villa la Angostura y llegó a sentirse levemente en Piedra del Águila y Jacobacci... Pasado el momento de incertidumbre, que duró primero unos 20 segundos en algunos lugares y tuvo luego otro pequeño rebote, no se informó de víctimas o daños materiales de importancia, aunque hubo algunos deslizamientos de piedras en los cerros... En cambio, se constataron desprendimientos de rocas en las laderas del Curruhuinca, aunque no más graves que los deslizamientos habituales. De hecho, no hubo denuncias de daños materiales ni víctimas...

17 de junio de 2000 - Faldeos se derrumban por una obra mal proyectada - San Martín de los Andes - Una obra de contención aluvional mal diseñada y aprobada en 1998 por la Secretaría de Recursos Naturales, por entonces a cargo de María Julia Alsogaray, amenaza con deslizar toda la ladera de un ce-

rro y provocar desbordes del cauce del arroyo Trabunco, poniendo en riesgo a 12 familias de una comunidad mapuche. El intendente Schroh alzó la voz de alerta al conocer un informe técnico encomendado a un geólogo, que es lapidario sobre las condiciones de inestabilidad de la montaña donde debía realizarse la fundación de la llamada Presa Selectiva del Arroyo Trabunco...

29 de agosto de 2002 - Un desplazamiento de tierra destrozó la ruta 41 - Chos Malal - El desmoronamiento de un sector de un cerro situado en plena Cordillera del Viento provocó graves daños en un tramo de 300 metros de la ruta provincial 41 que une Chos Malal con Tricao Malal por la costa, la que como producto del impacto se deslizó entre 15 y 20 metros junto con la masa de tierra... Omar Leiva, un joven que vive en las inmediaciones del lugar, dijo a Río negro haber escuchado un estruendo pasadas las 7 de la mañana del martes. Grande fue su asombro cuando al recorrer el sitio se encontró con que la ruta había sido desplazada de su lugar por una masa de tierra proveniente del cerro...

30 de agosto de 2002 - Piden emergencia para norte neuquino - Tras derrumbe evacuaron a tres familias del paraje Lileo donde un cerro presenta grietas - Chos Malal - Las grietas en un cerro, provocadas por las intensas lluvias, tiene en jaque a los pobladores del paraje Lileo distante a 19 km de Andacollo. Allí fueron evacuadas el martes tres familias ante la posibilidad de derrumbe de un cerro que tiene una altura de unos 200 metros y donde se detectaron importantes grietas...

15 de enero de 2003 - Hay un centenar de evacuados por el temporal de lluvia en la cordillera - El Bolsón y San Carlos de Bariloche - El temporal de lluvia que afecta a la región cordillerana desde hace varios días provocó en las últimas horas desbordes de ríos, arroyos, saturación de desagües y un centenar de evacuados... Dos aludes de barro y piedras cortaron ayer la ruta nacional 258, que une esta ciudad con El Bolsón y no pudo ser despejada pese al esfuerzo de las máquinas viales y la Gendarmería Nacional. Los dos desplazamientos iniciales fueron seguidos a lo largo de la jornada por nuevos desprendimientos a raíz de las intensas precipitaciones que se registran desde hace una semana en la región y que causaron importantes anegamientos en rutas y caminos secundarios. El primero de los aludes se produjo pasadas las 9, a la altura del kilómetro 42, en las inmediaciones del lago Guillermo. En ese sector, el agua socavó un paredón de tierra provocando un importante derrumbe de material que cubrió más de 10 metros de cinta asfáltica. Poco tiempo después, en cercanías del desvío a lago Stefen, el desborde de un arroyo produjo un segundo desplazamiento de tierra de mayores dimensiones que arrastró piedras y árboles sobre la ruta, recientemente bautizada Juan Gelman. El corte fue total y produjo que varios vehículos quedaran parados de uno y otro lado de la ruta. Esto obligó a Gendarmería a montar un operativo especial para reorientar el tránsito y facilitar el trabajo de las máquinas via-

les. Los intentos trabajos realizados por la empresa Hidraco para despejar la cinta asfáltica chocaron con la persistencia del temporal que produjo otros tres derrumbes a lo largo de la jornada. La continuidad de la lluvia y la inestabilidad del suelo obligó a suspender las tareas de remoción de tierra que serán retomadas hoy. La tormenta también provocó inconvenientes sobre la ruta nacional 231, a tres kilómetros de Villa La Angostura, donde el viernes por la noche un arroyo desbordado ganó la cinta asfáltica obstruyendo temporalmente la circulación vehicular...

2.7. Nieve

Las importantes acumulaciones de nieve en la cuenca ocasionan trastornos vinculados con el aislamiento de las comunidades por la interrupción de las vías de comunicación, con los impactos en el sector productivo rural y efectos adversos en los sectores marginales de las grandes ciudades.

A continuación se incorporan fragmentos de información relativa a los impactos más relevantes correspondientes a los problemas asociados con la acumulación nival en la cuenca. La misma ha sido obtenida de diferentes medios gráficos locales.

Debido al importante temporal de nieve registrado en el año 1984, la información corresponde principalmente a este año. Esto no significa que otros años no hayan existido problemas, simplemente como el renombre de este temporal fue de gran alcance, se elaboraron trabajos de investigación e informes especiales.

Diario Río Negro, de General Roca

14 de julio de 1984 - Aluminé - Dramática situación se vive en Aluminé - Una dramática situación están soportando aproximadamente 60 pobladores afincados en proximidades del lago Ñorquinco a unos 70 km de esta localidad, en contrafuertes cordilleranos y aislados totalmente por la nieve.

18 de julio de 1984 - Una fuerte nevada sacude a toda la zona sur de la provincia. La ruta nacional 237 volvió a quedar cortada ayer al tránsito vehicular, desde Piedra del Aguila hasta Nahuel Huapi a raíz de la gran acumulación de nieve. En Junín de los Andes se agravó la situación de la precipitación de la que hace más de 40 años que no se tenía memoria, según pobladores de la zona. Las reservas indígenas nuevamente han quedado aisladas, lo que se agrava con la mortandad y ceguera de los animales que ya llega al 70%. En Alicurá llueve copiosamente y hay perspectivas de nuevas nevadas en Zapala y Piedra del Aguila. Se informó que Junín y San Martín de los Andes han agotado sus existencias de gas oil y kerosén, manteniendo reservas de nafta hasta dentro de 36 hs. También la ruta 231 a quedado inutilizable al desbordarse el arroyo Pelahuencó.

9 de agosto de 2002 - La nieve les trae problemas a los crianceros - Los crianceros trashumantes del norte

neuquino temen que las precipitaciones níveas, que desde hace dos meses mantiene cubierta a la región, termine diezmando a sus rebaños. Ayer volvió a nevar, provocando problemas en las rutas.

2 de septiembre de 2002 - Cinco estudiantes muertos por una avalancha en el cerro Ventana - San Carlos de Bariloche - Una avalancha de nieve arrastró a 15 jóvenes estudiantes y un docente universitario en el cerro Ventana, aledaño a esta ciudad, y anoche se informó que había cinco muertos, otros tantos heridos y cinco personas continuaban desaparecidas. El grupo formaba parte de la cátedra Caminatas de Montaña de la carrera de Educación Física que se dicta en el Centro Universitario Regional de la Universidad Nacional del Comahue. Estaban a cargo del experimentado guía de alta montaña Andi Lamunier, quien se encontraba al frente del grupo arrastrado por la avalancha.

17 de septiembre de 2002 - Preocupaba la intensa nevada que caía ayer en el norte neuquino - La precipitación había acumulado 20 cm en algunos lugares y crianceros de Andacollo, Las Ovejas, Varvarco y Manzano Amargo temían por sus animales y por la escasez de leña.

Diario Tiempo Argentino, de Buenos Aires

18 de julio de 1984 - El interior neuquino sigue acosado por los temporales - Continúa siendo grave la situación en el interior neuquino, y el temporal que desde el sábado último afecta a la región de Junín de los Andes transformó el área en zona de desastre.

Diario Clarín, de Buenos Aires

18 de julio de 1984 - Neuquén - Se agrava la situación en el Sur - Se agravó la situación en el sudoeste y centro de Neuquén. En la villa andina de Junín de los Andes fueron arrasadas viviendas, lo que obligó al traslado de los pobladores. Esta localidad y San Martín de los Andes quedaron aisladas debido al corte de rutas. Falta combustible y peligra el suministro de agua potable. También empeoraron las condiciones en los poblados cordilleranos en Chubut. En Mendoza está asegurado el aprovisionamiento.

12 de julio de 2001 - El temporal de nieve que afecta al Sur del país mostró ayer las dos caras del invierno en la Patagonia. Por un lado, las tormentas fueron recibidas con alegría por turistas y empresarios: las pistas superiores de los centros de esquí ya tienen más de tres metros de nieve. Por el otro, el temporal - con temperaturas bajo cero - aisló a decenas de poblaciones rurales en Río Negro y puso en situación límite a algunos barrios pobres.

Diario El Día, de La Plata

24 de julio de 2001 - Al menos quince personas murieron hasta ayer por el temporal de nieve y frío que azota desde la semana pasada a la Patagonia y zonas cordilleranas de Mendoza, mientras algunos po-

bladores fueron rescatados y otros continuaban aislados en distintos parajes rurales. Ya hay signos de desabastecimiento en algunas poblaciones y comenzaron a racionar el combustible. El estado de muchas rutas es intransitable. En Chubut, helicópteros del Ejército recorrieron el interior de la provincia llevando víveres a pobladores rurales aislados al igual que en Neuquén, Río Negro, Santa Cruz y Tierra del Fuego. A las bajas temperaturas se sumaron las lluvias y la crecida de los ríos Limay, Neuquén y Negro que obligaron a evacuar a cientos de pobladores ribereños que viven aguas abajo de las represas hidroeléctricas de la región.

25 de julio de 2001 - Mientras las tormentas de nieve siguen y sólo atenuaron su intensidad, hay más de 3.000 personas que permanecen aisladas en zonas rurales de la Patagonia y los signos de desabastecimiento comienzan a hacerse evidentes. Ayer se realizaron vuelos arrojando víveres en distintos puestos de estancia que están totalmente cercados por la nieve. Las condiciones climáticas, a todo esto, seguirán siendo extremas hasta el viernes, cuando la temperatura comenzará a elevarse, según pronosticó el Servicio Meteorológico Nacional. Hasta ahora la ola polar ya causó 17 muertes. A este cuadro desolador se suman las inundaciones que afectan a Neuquén y que ya provocaron la evacuación de centenares de habitantes de la ribera del río Limay. En cambio, la situación tiende a superarse en Mendoza, donde el tiempo mejoró y el Paso Internacional Cristo Redentor fue habilitado al tránsito de camiones. Hasta el lunes había varados 700 del lado argentino y 300 del chileno.



Capítulo tres

Amenazas en la cuenca

1. Sismo

1.1. Descripción general del fenómeno



La teoría del rebote elástico establece que existen ciertas zonas preferenciales de la corteza terrestre donde se van acumulando lentamente grandes esfuerzos que son soportados por las rocas que la constituyen. Estos esfuerzos ocasionan en las rocas deformaciones elásticas cada vez mayores, hasta que se supera la resistencia de las mismas y se produce entonces una liberación casi instantánea de la energía acumulada a través del tiempo. El resultado de este mecanismo es la propagación de la energía liberada, en forma de ondas sísmicas y el retorno a un estado de equilibrio elástico de la zona previamente sometida a esfuerzos, con la presencia de una fractura o falla geológica, muchas veces visible en la superficie de la tierra. Este modelo mecánico explica el origen de los terremotos como respuesta a una dinámica interna descrita en el año 1906, con la denominada teoría de tectónica global o tectónica de placas.

De acuerdo con la teoría de la tectónica de placas, la litosfera terrestre se divide a manera de un mosaico, en un grupo de placas que se desplazan unas con respecto a otras, impulsadas por corrientes de convección que se generan en el manto. La mayor parte de la actividad sísmica del mundo está asociada directa o indirectamente con el movimiento relativo de las placas litosféricas y con su interacción a lo largo de las zonas de contacto.

Mediante investigaciones geofísicas se ha observado que debajo de los océanos se encuentran las denominadas dorsales oceánicas que se caracterizan por producir un intenso volcanismo no explosivo. Como consecuencia de este proceso, el material incandescente, que asciende desde el manto superior, aflora en la superficie del fondo oceánico en la cima de la cordillera, generando una grieta que expulsa magma. El material magmático, a medida que surge, se solidifica y se adosa en las placas, favoreciendo su expansión. De esta manera, las depresiones centrales de las dorsales oceánicas conforman los lugares donde comienza la formación y expansión de la litosfera sólida nueva. Para mantener un equilibrio global, es necesario que el aporte del nuevo material ascendente sea compensado con la desaparición por absorción de la misma cantidad de litosfera en otras zonas. Esto se produce en las fosas marinas, donde la placa oceánica se sumerge debajo de la continental de menor densidad, definiendo la zona de subducción. Dicha zona comienza en el contacto de las dos placas y culmina generalmente a grandes profundidades, cuando la litosfera oceánica es absorbida por el manto.

De esta forma, la tectónica de placas explica la dinámica terrestre como fragmentos que se despla-

zan unos respecto a otros. Dependiendo del desplazamiento relativo de las placas, se definen tres tipos de límites. El primer tipo, denominado límite divergente, lo constituye el espacio físico de separación de placas durante el proceso de creación de litosfera por acreción. En segundo lugar, el límite convergente, es el espacio físico donde una placa se sumerge debajo de otra gracias a un mecanismo de subducción. El último tipo, lo conforman los límites transcurrentes donde dos placas adjuntas se mueven una con respecto a la otra en una dirección paralela al límite de contacto.

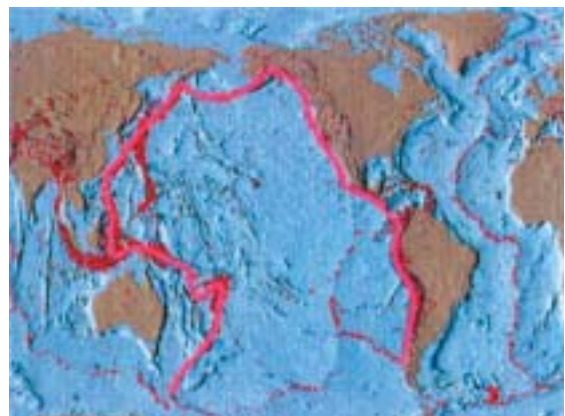
A lo largo de estas zonas de contacto se generan los grandes esfuerzos tectónicos que provocan las dislocaciones súbitas y violentas que caracterizan a la actividad sísmica. La mayor zona de contacto entre placas en el mundo es la llamada Cinturón de Fuego del Pacífico que es responsable del 90% de la sismicidad total del planeta. En esta zona han tenido lugar los mayores terremotos registrados instrumentalmente en este siglo.

La República Argentina se encuentra afectada por la convergencia de la placa de Nazca con la placa Sudamericana. Esta zona de contacto se ubica a lo largo de la costa de Perú y Chile y es considerada la más larga del mundo. La placa de Nazca se desplaza hacia el Este y se sumerge o subduce bajo la placa Sudamericana. La fricción resultante produce presiones internas y aumento de temperatura haciendo que la roca de subducción se fusione y se



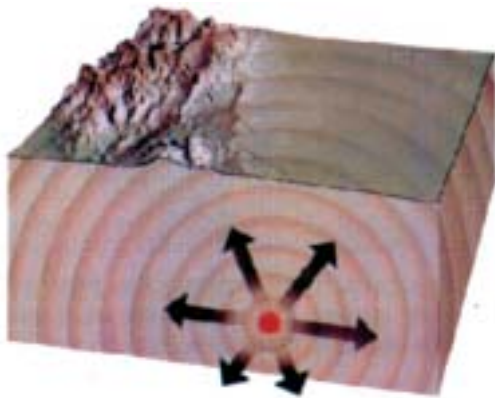
Zona de subducción entre placas litosféricas oceánicas y continentales.

La fotografía fue obtenida del Programa Interactivo GEODE II



Zona de mayor actividad sísmica denominada Cinturón de Fuego.

La fotografía fue obtenida del Programa Interactivo GEODE II



*Ondas sísmicas emitidas por el epicentro de un terremoto.
La fotografía fue obtenida del Programa Interactivo GEODE II*



*Vías de comunicación destruidas por efecto de un terremoto.
www.secretsofsurvival.com/survival/earthquake_survival.html*



*Movilización de escombros durante las tareas de rescate de sobrevivientes.
www.asaps.it/notizie/terrem_molise.html*

expanda, causando presión adicional y un movimiento ascendente del magma. El magma llega a la superficie erupcionando y formando volcanes y las rocas de la corteza se quiebran y se mueven en respuesta a las fuerzas internas. De esta forma la corteza encima de la zona de subducción está marcada por volcanes y fallas activas. El movimiento a lo largo de estas fallas causa terremotos.

Al representar los epicentros de los sismos registrados en la República Argentina, se observa que la mayor parte de la actividad sísmica se concentra en la región Centro y Norte de la Cordillera de los Andes. Si bien la región Noroeste ha soportado varios terremotos destructivos en los últimos 400 años, en su mayoría no han afectado a las zonas más densamente pobladas. Esto ha hecho que muchas veces no se le dé la

importancia que realmente tiene en función del elevado nivel de peligro potencial existente. El terremoto del 25 de agosto de 1948, con epicentro en la zona Este de la provincia de Salta, fue uno de los de mayor trascendencia en cuanto a daños en varios asentamientos de esa provincia y la de Jujuy. Por suerte el número de víctimas fue reducido. La zona Centroeste del país posee una historia sísmica mucho más trágica, registrando terremotos que han constituido verdaderos desastres regionales. El terremoto del 20 de marzo de 1861 marca el inicio de una serie de eventos sísmicos que afectaron a las provincias de San Juan y Mendoza. Este terremoto destruyó totalmente a la ciudad de Mendoza, dejando un saldo de muertos equivalente a la tercera parte de la población según los informes de la época. Fue considerado uno de los terremotos más desastrosos del siglo pasado en todo el mundo. Por otra parte, el terremoto del 15 de enero de 1944, que destruyó a San Juan, representa, con 10.000 víctimas fatales, la mayor catástrofe de toda la historia de la República Argentina.

El Sur argentino, por debajo de los 35° de latitud ha sufrido, en muchos casos, las consecuencias de los grandes terremotos chilenos que alcanzaron a producir daños de menor cuantía en las poblaciones limítrofes, siendo reducida la cantidad de sismos con epicentro en territorio argentino.

1.2. El impacto de los sismos

Los sismos representan una amenaza particularmente severa debido al carácter inesperado de su ocurrencia, la imposibilidad de predicciones adecuadas, la rapidez con que se produce el fenómeno, la gran extensión del área abarcada y los peligros potenciales asociados con los eventos sísmicos. El conocimiento de las medidas de prevención y el adiestramiento son factores relevantes para afrontar con éxito este tipo de fenómenos.

El sacudimiento o movimiento del terreno provocado por la vibración de las ondas sísmicas durante un terremoto, constituye la causa principal del colapso parcial o total de las estructuras. El daño es función de cinco características principales relacionadas con la distancia entre el lugar afectado y el epicentro del sismo: severidad, atenuación, duración, respuesta del sitio y potencial de fallamiento.

La infraestructura está expuesta a daños o colapso debido al sacudimiento del terreno. Las fallas estructurales pueden cobrar muchas vidas humanas en áreas densamente pobladas, lo que depende fundamentalmente de tres factores: el tipo de vivienda, la hora del día en la cual ocurre el temblor y la densidad demográfica del lugar.

En particular la infraestructura destinada a la explotación hidrocarburífera se puede ver seriamente afectada, si no es correctamente evaluado el peligro sísmico. Este tipo de impactos en un sector energético que en situaciones normales se caracteriza por tener asociada una elevada contaminación,

puede desencadenar desastres ambientales de difícil reversibilidad.

Entre los efectos indirectos más comunes de los sismos se encuentran los incendios como consecuencia de la destrucción de líneas de abastecimiento de electricidad y de gas. Inclusive los esfuerzos destinados a combatir los incendios se pueden ver obstaculizados por la interrupción de las rutas de transporte y por la ruptura de las tuberías de agua.

Los sismos pueden inducir el colapso de presas, originando inundaciones cuyo daño potencial está asociado con el tipo de presa afectada, el volumen de agua en el embalse y la distancia de los asentamientos aguas abajo.

Los terremotos pueden producir el fallamiento del suelo superficial. Este efecto se encuentra asociado con terremotos importantes cerca del área epicentral. Los daños son función de los desplazamientos del terreno y los mayores están restringidos a una zona angosta a lo largo de la falla, aunque pueden ocurrir rupturas subsidiarias distantes de la falla principal. En general las estructuras lineales, tales como carreteras, vías férreas, puentes, túneles y tuberías, son susceptibles a daños de fallamiento superficial.

Los sismos producen una amplia variedad de deslizamientos debido al sacudimiento del terreno en áreas que presentan una reducida estabilidad de taludes. En particular, las avalanchas de roca, el impacto producido por la caída libre de fragmentos, los flujos de barro y la licuefacción son responsables de más del 90% de las muertes causadas por deslizamientos inducidos por sismos.

El fenómeno de licuefacción, solamente se puede iniciar por la ocurrencia de sismos de elevada magnitud en regiones cuyo suelo tenga características particulares. En estos casos, cuando el terreno es relativamente plano, los impactos se relacionan con asentamientos localizados del terreno, pero cuando las pendientes son pronunciadas, los impactos asociados pueden cobrar vidas humanas.

El impacto por la caída de rocas inducida por sismos, producen pocas muertes y daños limitados cuando se manifiestan de manera individual. Por el contrario, cuando caen de manera colectiva, se encuentran entre los peligros más importantes inducidos por sismos.

Los sismos pueden afectar el recurso hídrico de muchas formas: las deformaciones producidas en el terreno pueden modificar el curso de un río originando inundaciones o desabastecimiento de agua. Además, los movimientos sísmicos pueden romper las capas impermeables envolventes de los lagos, permitiendo que el agua embalsada escape.

Los tsunamis u ondas marítimas son generadas por la actividad sísmica submarina. Estos fenómenos causan efectos desastrosos en áreas costeras, pudiendo impactar en lugares ubicados a miles de kilómetros de donde ha ocurrido el terremoto.



Colapso de importantes edificios en México luego del terremoto del año 1985.
<http://newweb.www.paho.org/spanish/ped/Mexico.html>



El cuerpo de una niña yace bajo las ruinas de una escuela en la India. Fue uno de los terremotos mas destructivos del mundo.
<http://gujaratearthquake.homestead.com/>



Ciudad de Kobe (Japón) en llamas luego del terremoto del año 1995.
http://www.scarborough.k12.me.us/wis/earthquake_images.htm

1.3. Evaluación de la actividad sísmica en la cuenca

Para determinar la peligrosidad sísmica en un área determinada, es indispensable conocer su historia sísmica. Para tal fin es necesario contar con dos tipos de datos específicos: la severidad potencial de los terremotos y la probabilidad de que ocurran durante un período de tiempo determinado.

La severidad potencial se define de manera histórica, considerando el terremoto más importante en un área determinada. Generalmente, se mide en términos de intensidad según la Escala Mercalli Modificada, o en términos de magnitud, de acuerdo con la Escala Richter.

La probabilidad de ocurrencia se mide en términos de probabilidad condicional o de potencial sísmico. Es un estimado, expresado en porcentaje, de la

probabilidad de que ocurra un terremoto grande o muy grande en un período específico de tiempo.

En lo que respecta a información sísmica, afortunadamente Argentina es un país adelantado a nivel mundial. Desde la creación del Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) en mayo de 1972, se realizan estudios e investigaciones básicas aplicadas a la sismología e ingeniería sismorresistente. Entre otras cosas, al organismo le compete planificar y realizar el estudio de la sismicidad del Territorio Nacional, evaluando el riesgo sísmico en todas y cada una de las zonas del mismo. Además se encarga de operar la Red Nacional de Estaciones Sismológicas, la Red Nacional de Acelerógrafos y el Laboratorio de Estructuras Sismorresistentes en la sede de la institución.

El INPRES ha realizado una serie de mapas, de los cuales dos se ajustan a los requerimientos del presente trabajo. Se trata de dos mapas que representan las intensidades máximas más probables de ocurrir en la República Argentina en Escala Mercalli Modificada asociado con un 90% de probabilidad de no excedencia en 50 y 250 años.

Los mapas son el resultado de la aplicación de un modelo discreto con una única probabilidad de que el impacto sísmico sea superado. Tanto la probabilidad como los intervalos de tiempo estipulados, responden a estándares adoptados en este tipo de evaluaciones y a códigos actuales de estructuras típicas o convencionales. La expresión utilizada es la que se muestra a continuación.

$$F(t) = 1 - (1 - 1/T)^t = 1 - e^{-t/T} = 0.10$$

T es el tiempo de recurrencia

t es el intervalo de tiempo considerado de 50 y 250 años

0.10 es la probabilidad de que el evento sea superado

De esta forma, los sismos históricos fechados y categorizados de acuerdo a la aceleración del terreno en unidades de Gals, son registrados por las estaciones sismológicas y relacionados con el impacto que producen mediante distintas expresiones empíricas. En particular la de Trifunac y Brady (1975) y Sauter (1977) son las que se utilizaron para establecer la relación entre las aceleraciones y la Escala Mercalli Modificada. De esta forma, se definen zonas de igual impacto, con una probabilidad de que el evento sea superado, en un intervalo de tiempo definido.

$$\text{Trifunac y brady (1975)} \quad \log a_h = 0.30 * I_{MM} + 0.14$$

$$\text{Sauter (1977)} \quad \log a_h = 0.276 * I_{MM} + 0.248$$

a_h es la aceleración horizontal

I_{MM} es la intensidad en escala Mercalli modificada

El mapa de peligrosidad sísmica en Escala Mercalli Modificada asociado con un 90% de probabilidad de no excedencia en 50 años, indica que, si se considera un intervalo cualquiera de 50 años de amplitud, existe un 10% de probabilidad de que los valores que muestra el mapa sean superados por un evento sísmico de mayor intensidad. En promedio, el mapa se ve superado por este evento particular cada 475 años. Teniendo en cuenta estos valores, se deduce que los proyectos convencionales pueden considerar lo estipulado en el mapa, teniendo en cuenta que existe una cierta probabilidad de que durante su vida útil, sufran un impacto mayor que el indicado en el mapa en forma de intensidad sísmica.

El mapa de peligrosidad sísmica en Escala Mercalli Modificada asociado con un 90% de probabilidad de no excedencia en 250 años, indica que si se considera un intervalo cualquiera de 250 años, existe un 10% de probabilidad de que los valores que muestra el mapa sean superados por un evento sísmico de mayor intensidad. En promedio, el mapa se ve superado por este evento particular cada 2.372 años. Teniendo en cuenta estos valores, se deduce que los proyectos convencionales pueden considerar lo estipulado en el mapa, teniendo en cuenta que existe una muy remota probabilidad que durante su vida útil sufran un impacto mayor que el indicado en el mapa en forma de intensidad sísmica.

Además de la información asociada con los impactos potenciales según las distintas recurrencias, se incorpora la ubicación de los sismos históricos con foco dentro de la cuenca desde la creación del INPRES. Los focos han sido caracterizados según su profundidad y ninguno fue destructivo.

1.4. Mapa de peligrosidad sísmica

Los mapas para la cuenca fueron elaborados a partir de la información brindada por el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES). En los mismos se realiza una clasificación de las intensidades sísmicas en la región, tomando en consideración la Escala Modificada de Mercalli. Esta escala proporcional fue creada en 1902 por el sismólogo italiano Giuseppe Mercalli. La misma no se basa en los registros sismográficos sino en el efecto o daño producido en las estructuras y en la sensación percibida por la gente. Para establecer la intensidad se recurre a la revisión de registros históricos, entrevistas y publicaciones realizadas. La intensidad es distinta para un mismo terremoto según el lugar en estudio. Generalmente, es función de la energía del terremoto, de la distancia de la falla donde se produjo el terremoto, de la forma en que las ondas llegan al sitio en que se registra, de las características geológicas del material subyacente del sitio donde se registra la intensidad y de la forma en que la población siente o deja registros del terremoto.

Las intensidades registradas en la cuenca para los dos mapas, corresponden a las primeras ocho de las doce totales. El Cuadro 1.1 ilustrado a continua-

Intensidad	Efectos
I	El movimiento es tan leve que no es sentido por las personas, pero es registrado por los sismógrafos.
II	Es una sacudida sentida solamente por pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios. Los objetos suspendidos pueden llegar a oscilar.
III	Se puede sentir en el interior de los edificios. Se perciben vibraciones como las producidas por el paso de un camión liviano, pero no se puede reconocer si se trata de un terremoto. Los objetos suspendidos oscilan levemente y los vehículos estacionados pueden moverse ligeramente. Se puede estimar su duración.
IV	Durante el día puede percibirse por muchas personas dentro de sus casas, al aire libre solamente por algunos. Si el sismo se produce por la noche, algunos se despiertan. La vajilla puede vibrar, las aberturas se abren y las paredes crujen. Los automóviles estacionados se balancean apreciablemente.
V	Es sentido por casi todo el mundo y la mayoría se despierta. Algunas piezas de vajilla y vidrios de ventanas se pueden romper. Se observan casos de agrietamiento en el revestimiento de algunos sitios. Muchos objetos inestables se pueden volcar. Algunas veces se aprecia el balanceo de los árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden llegar a pararse.
VI	Es percibido por todo el mundo. Muchas personas se asustan y salen al exterior de sus casas. Se tiene dificultad para caminar de manera estable. Algunos muebles pesados se mueven y se pueden presentar casos donde los revestimientos fijados con mortero de baja calidad se caigan y las chimeneas se dañen. Los daños son ligeros.
VII	En este caso, todo el mundo corre al exterior y siente dificultad para mantenerse en pie. El daño es significativo en edificios de buen diseño y construcción. El deterioro es moderado en estructuras corrientes construidas adecuadamente y considerable en las débiles o mal diseñadas. Se rompen algunas chimeneas. Puede ser percibido por personas que conducen automóviles. Se presentan ondas superficiales en embalses y depósitos de agua.
VIII	El daño es leve en estructuras sismorresistentes, considerable en edificios ordinarios y sólidos con colapso parcial y grande en estructuras de construcción pobre. Las paredes se separan de su estructura. Se produce la caída de chimeneas, se desarmen las pilas de productos en las fábricas y las columnas, monumentos y paredes se caen. Se quiebran las ramas viejas de los árboles. Los muebles pesados se pueden volcar. Los pozos de agua cambian de nivel. Los conductores de automóviles se asustan pudiendo llegar a perder el control vehicular.
IX	Daño considerable en estructuras de diseño especial. Las estructuras armadas de buen diseño pierden la verticalidad y se desploman. Los grandes edificios sólidos sufren colapso parcial. Se desplazan los cimientos de los edificios. Aparecen grietas visibles en el terreno. Las tuberías subterráneas se rompen.
X	Pocas estructuras sobreviven. Algunos edificios bien contruidos en madera se destruyen. La mayoría de las obras construidas con mampuestos colapsan junto con sus cimientos. El suelo se agrieta considerablemente. Se doblan las vías ferroviarias. Se producen deslizamientos en las riberas de los ríos y en los taludes de fuerte pendiente. Se produce el desborde de los cursos de agua sobre sus riberas.
XI	Casi ninguna obra de albañilería queda en pie. Los puentes son destruidos. Las grietas en el terreno son de abertura considerable. Las tuberías subterráneas quedan completamente fuera de servicio. Se producen hundimientos localizados y deslizamientos. Las vías del ferrocarril quedan completamente inutilizadas.
XII	Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo que modifican la topografía del terreno. Los objetos son lanzados por el aire.

Adaptado de D. H. Delpino (1999) y diversas páginas web citadas en el trabajo.

ción describe los efectos para cada una de las intensidades.

En los mapas, se puede apreciar que el impacto sísmico potencial disminuye de Oeste a Este en toda la cuenca.

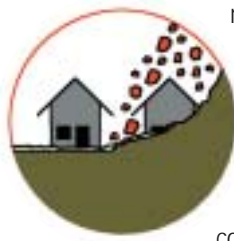
La cuenca no cuenta con fallas activas que requieran de un análisis particular. Tampoco se han registrado fenómenos licuefactivos como consecuencia de la actividad sísmica. La justificación de los expertos en sismicidad del INPRES, establece que esto se debe a que este tipo de manifestaciones requiere de características particulares del suelo

como así también de aceleraciones sísmicas muy elevadas.

Prácticamente, no existe peligro de que la costa del Océano Atlántico en las inmediaciones de la ciudad de Viedma sufra de la ocurrencia de tsunamis por encontrarse alejada de las zonas de importante actividad sísmica.

2. Volcanismo

2.1. Descripción general del fenómeno



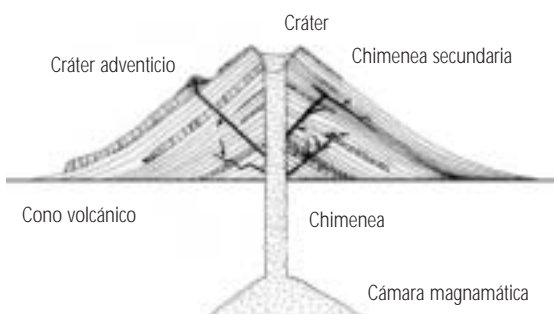
Los volcanes establecen la comunicación directa entre la superficie y los niveles profundos de la corteza terrestre. Constituyen el único medio para la observación y el estudio de los materiales líticos de origen magmático, que componen aproximadamente el 80 % de la corteza sólida. En la profundidad del manto terrestre, el magma bajo presión asciende, creando receptáculos dentro o por debajo de la corteza. Las grietas en las rocas de la corteza conforman una vía para liberar la presión, dando lugar a la erupción. Cuando esto sucede, vapor de agua, humo, gases, cenizas, rocas y lava son lanzados a la atmósfera. Un volcán típico está compuesto por diversos elementos singulares: cámara magmática, chimenea, cráter y cono volcánico.

La cámara magmática es la zona localizada a gran profundidad de donde procede la roca fundida o magma que conforma la lava en superficie.

La chimenea constituye el canal vertical que une la cámara magmática con el cráter. Es el lugar físico por donde asciende la lava. A veces, estos conductos se bifurcan a través de las fracturas, originando chimeneas secundarias dentro del cono volcánico y cráteres adventicios o secundarios en la superficie.

El cráter es una depresión de planta circular que rodea la chimenea en la cima del volcán. Conformar la zona por donde los materiales son arrojados al exterior durante la erupción. Los cráteres no siempre se sitúan en la cima del volcán, sino que pueden aparecer formaciones secundarias en las laderas del cono volcánico, de acuerdo con el trayecto preferencial que adopten las chimeneas secundarias.

El cono volcánico es la estructura elemental de un volcán sobre la que se desarrollan todas las demás. Se trata de una elevación troncocónica, abierta en la cima y formada en capas por los materiales expulsados en las sucesivas fases eruptivas. Estas estructuras son regulares sólo si se han formado en una sola erupción. Lo normal es que los volcanes tengan varias fases de actividad y que presenten conos más complejos.



Esquema simplificado de un volcán con sus elementos constitutivos más importantes.

<http://www.infocienca/volcanes/descripcion.htm> con referencias propias.

2.2. El impacto de los volcanes

Existe una gran heterogeneidad en los efectos de las erupciones: cualquier volcán puede cambiar sus características con el tiempo, inclusive durante una misma erupción.

La magnitud de los impactos asociados con los peligros volcánicos se presentan en función del tipo de material involucrado y de la energía de la erupción. Las características de una erupción pueden presentarse en forma de pequeños rebalses de lava hasta explosiones violentas. La diferencia depende en gran parte de la viscosidad del magma o roca fusionada y del contenido de gas disuelto. Los magmas fluidos ricos en hierro y magnesio, tienden a permitir que los gases volcánicos escapen y lleguen a la superficie en forma de flujos suaves de lava. Los magmas más viscosos, ricos en sílice, tienden a atrapar los gases volcánicos, generando importantes presiones y tornando a la erupción extremadamente violenta. De esta forma, se magnifican los peligros potenciales asociados a la actividad volcánica.

Los volcanes son capaces de producir una gran diversidad de peligros. En primer lugar, la erupción volcánica arroja por el aire, en forma explosiva o por medio de una columna de gases, pedazos de lava o roca que, de acuerdo con su tamaño, se denominan cenizas, lapilli, bloques o bombas. Estos materiales en su conjunto se denominan piroclastos y pueden llegar a ser incandescentes. Los elementos de más de 60 mm de diámetro, cuando se expulsan fluidos, adoptan formas redondeadas y aerodinámicas en forma de bombas. Si son sólidas y conservan sus formas angulosas, se denominan bloques. Los fragmentos de menor tamaño pueden ser lapilli o arenas volcánicas y los de menos de 2 mm son cenizas, las cuales por su bajo peso, pueden ser transportadas por el aire a grandes distancias.

Los piroclastos, a medida que caen, van conformando un depósito cuyo daño asociado depende del tamaño de las partículas y del espesor del depósito. Los piroclastos de mayor tamaño pueden volar hasta a 15 km del cráter. Las pequeñas bombas y lapilli pueden llegar hasta a 80 km del lugar de la erupción, ocasionado incendios, y hasta lesionar a personas. La ceniza puede ser depositada con un espesor de 10 cm hasta a 30 km del lugar de la erupción. La dispersión de la ceniza y de la arena volcánica es favorecida por el viento y puede alcanzar grandes extensiones en lugares lejanos.

Cuando el material fino se encuentra suspendido, puede dañar la maquinaria, especialmente los motores de combustión interna, provocar cortocircuitos en los equipos de transmisión eléctrica y perturbar el transporte aéreo, ferroviario y carretero. Si bien rara vez son la causa de algún incendio, el peso del material acumulado puede ocasionar el colapso de techos.

Una capa de cenizas de algunos centímetros puede matar los pastos y luego los animales herbí-

voros por falta de alimento. Si las cenizas son ingeridas con el pasto y se acumulan en el aparato digestivo del animal, le pueden producir la muerte. Cuando las cenizas poseen componentes tóxicos, la muerte se produce más rápidamente. Si el animal sobrevive un período largo, la abrasividad de las cenizas les desgasta los dientes hasta que es incapaz de comer y muere de hambre.

Si las cenizas afectan un lugar poblado, las consecuencias no dejan de ser menos aterradoras. Dependiendo de la concentración de las partículas en el aire, de su tamaño, de la frecuencia y la duración de la exposición, así como de factores adicionales como enfermedades preexistentes y la presencia de sílice cristalina, el ser humano puede sufrir asfixia, irritación u obstrucción de las vías respiratorias, silicosis y cáncer pulmonar. Además, las partículas pueden penetrar en los ojos y causar abrasiones en la córnea y conjuntivitis.

Los flujos piroclásticos son masas de material piroclástico caliente y seco con gases que se mueven rápidamente a lo largo de la superficie del terreno. El término incluye un rango de fenómenos volcánicos conocidos como flujos de pómez, flujos de cenizas, flujo de bloques y cenizas, nubes ardientes y avalanchas incandescentes. Los flujos piroclásticos incluyen dos partes: un flujo basal, que es el flujo piroclástico propiamente dicho, y una nube turbulenta de cenizas. Los flujos basales son una mezcla de ceniza, gas y roca volcánica cuyo movimiento es controlado por la fuerza gravitacional. Tienen tendencia a desplazarse por las depresiones topográficas.

Los maretazos piroclásticos son nubes turbulentas de baja densidad de gases y de derrubio de roca que se mueven encima de la superficie terrestre a gran velocidad. Generalmente, están asociados con los flujos piroclásticos pero, debido a su mayor movilidad, afectan áreas más amplias. Los maretazos piroclásticos presentan todos los peligros de los flujos piroclásticos, además de los gases nocivos y las nubes de alta velocidad. Su mayor movilidad hace que el escape sea imposible una vez que se han formado.

Las explosiones lateralmente dirigidas son uno de los peligros volcánicos más destructivos. Ocurren en un período de pocos minutos, sin previo aviso y pueden afectar cientos de kilómetros cuadrados. En las áreas afectadas por este fenómeno, se puede esperar que se extinga toda la vida y que todas las estructuras sean destruidas.

Los fragmentos de rocas pueden ser eyectados describiendo trayectorias balísticas, como flujos piroclásticos, maretazos o bajo alguna otra combinación. Cualquiera que sea el mecanismo de transporte, los derrubios son acarreados a velocidades que exceden la simple aceleración gravitacional.

Los flujos piroclásticos son los productos volcánicos más destructivos y mortales: arrasan lo que encuentran a su paso, incluidas construcciones y cualquier forma de vida, debido especialmente a su fuerza y alta temperatura. Los peligros asociados

con los flujos piroclásticos incluyen asfixia, entierro, incineración, lesiones por impacto y otros daños diversos. El material depositado puede ser frío o suficientemente caliente como para iniciar incendios.



Columna de cenizas del volcán Pinatubo en Filipinas durante la erupción del 12 de junio de 1991.
<http://vulcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/Philippines/Pinatubo/images.html>



Erupción explosiva del volcán Parícutín (México) en el año 1946.
http://volcano.und.nodak.edu/vwdocs/volc_images/img_paricutin.html



La ciudad de Armero en Colombia. En el año 1985 fue destruida por completo cuando entró en erupción el volcán Nevado Ruiz.
<http://newweb.www.paho.org/Images/volcano4.html>



Depósito de cenizas sobre una playa de estacionamiento de Filipinas arrojadas por el volcán Pinatubo.
<http://vulcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/Philippines/Pinatubo/images.html>



Imagen aérea del volcán Krakatoa en Indonesia. Constituye uno de los volcanes de mayor actividad del mundo.

<http://volcano.und.nodak.edu/indonesia/krakatau.html>



Escenario posterior al impacto de un lahar sobre un lugar poblado.

http://www.uco.mx/volcan/flujo_lodo_lahares.html



Flujos piroclásticos en movimiento provenientes del volcán Unzen (Japón) 1991 debido al colapso de una parte de la estructura volcánica.

<http://www.iaag.geo.uni-muenchen.de/sammlung/Unzen/debris.html>



Erupción del volcán Nevado Ruiz (Colombia) durante el año 1985. Si bien la magnitud de la erupción fue relativamente pequeña, el derretimiento de la nieve en la cumbre, originó crecientes que mataron a 23.000 personas.

http://volcano.und.nodak.edu/volc_images/img_paricutin.html

Un lahar o flujo de lodo es una mezcla de fragmentos volcánicos y agua que se origina en el volcán y fluye a lo largo de cañadas, quebradas y va-

lles. Pueden ser originados de diversas maneras: por el desborde del agua que encierra el cráter, en presencia de una erupción explosiva o por la rotura de sus paredes laterales; por la rápida fusión del hielo o nieve de las laderas del volcán; por aludes originados durante las explosiones de residuos rocosos que atraviesan cursos de agua; por el descenso hasta cursos de agua de aludes incandescentes, por la penetración de torrentes de lava en cursos de agua; por la circulación de la lava a través de la nieve, hielo o terreno muy húmedo de las laderas del volcán, por los desplazamientos de cenizas o suelos saturados de agua inducidos por terremotos sísmicos; por la extrusión de agua y materiales rocosos incorporados al conducto volcánico; por lluvias de régimen torrencial sobre materiales sueltos de las laderas montañosas, y por el colapso repentino de presas conformadas por flujos de lava que atraviesan transversalmente un curso de agua superficial.

Los lahares son muy destructivos y constituyen la principal causa de muerte asociada a la actividad volcánica. La distancia de impacto alcanzada por un lahar depende de su volumen, contenido de agua y pendiente del terreno, y puede recorrer hasta 300 km. Dependiendo de estos factores, pueden destruir estructuras tales como puentes, enterrar poblaciones, inutilizar zonas agrícolas, taponar ríos, modificar sus cursos y alterar la capacidad natural de transporte. Cuando el lahar atraviesa transversalmente un río, puede originar una presa de material volcánico capaz de embalsar agua y potenciar el peligro de inundación por rotura súbita.

La mayoría de los lahares son fríos, pero algunos son calientes o de temperatura que se aproxima incluso a la de ebullición. En raras ocasiones, el lahar puede contener ácido sulfúrico o clorhídrico en concentraciones suficientes como para causar quemaduras en la piel.

Los flujos de lava se producen por el derramamiento de roca fundida que arroja el volcán. En cualquier caso, rara vez amenazan la vida humana porque se mueven lentamente y su curso puede predecirse. Las distancias que alcanzan están determinadas por su volumen, viscosidad y por la topografía local. Los flujos de lava pueden causar extensos daños cuando producen incendios forestales, aplastamiento o cuando entierran todo lo que se encuentra a su paso.

La lava viscosa puede acumularse en los orificios de salida para formar domos que crecen por expansión interior. La expansión de un domo hace que se rompa la coraza exterior sólida favoreciendo el desplazamiento continuo de bloques que ruedan y representan un peligro para los habitantes cercanos del área. La zona cercana a los domos tiende a ser inestable y se pueden formar avalanchas originadas por explosiones volcánicas o por el crecimiento mismo del domo. Las explosiones pueden producir flujos piroclásticos, que son la principal fuente de daños asociados con el desarrollo de domos.



Una nube de ceniza cubre la ciudad de Quito en noviembre de 2002 por la erupción explosiva del volcán Reventador. La ciudad se declaró en zona de emergencia.
<http://www.paho.org/spanish/ped/ecu-volcano02.htm>



Un Lahar destruye el 50% de Coñaripe (Chile) en el año 1964.
<http://www.povi.org/lahar.htm>

El magma contiene gases disueltos que son liberados por las erupciones, siendo regularmente tóxicos y, por lo tanto, peligrosos para la vida de los pobladores cercanos. Los gases con contenido de azufre son fácilmente percibibles por su olor irritante, pero otros derivados del carbono son especialmente peligrosos porque son difícilmente detectables. Algunos gases son más pesados que el aire y tienden a fluir por las pendientes acumulándose en los valles o depresiones del terreno causando la muerte por asfixia a personas desprevenidas y animales. Los gases afectan a las personas principalmente por sus compuestos, dado que dañan a los ojos, la piel y al sistema respiratorio. También causan daños a las plantas y a los animales que comen la vegetación afectada.

Los volcanes emiten gases no sólo durante las erupciones, sino comúnmente durante largos períodos después de las erupciones. Algunos campos fumarólicos han permanecido activos durante cientos de años sin ninguna actividad magmática superficial.

En ocasiones, las gotas de lluvia, al mezclarse con los gases adheridos a las cenizas pueden causar lluvias ácidas nocivas para las personas, la vegetación y las estructuras metálicas.

Los gases y vapores que arroja un volcán modifican las propiedades eléctricas, favoreciendo la ocurrencia de fuertes tormentas eléctricas.

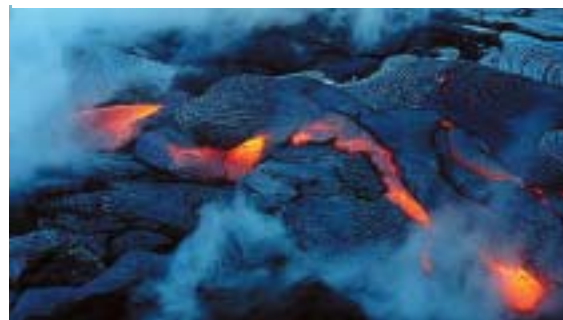
El volcán produce temblores que se sienten sólo en las cercanías del cráter. Si el movimiento es de importancia, puede producir daños en las estructuras circundantes.

Las explosiones freáticas ocurren cuando el magma interacciona con agua al punto que forma vapor a través de la roca o de los sedimentos encima de ella. Los vapores generados acarrean elementos tóxicos que pueden matar a la flora y fauna. El agua freática acidificada causa daño a la vegetación y corroe el metal de las estructuras.

A veces, cuando el agua alterada alimenta a un río, la incorporación de elementos ácidos provenientes de los volcanes, puede modificar el pH tornando al agua inapropiada para la vida o para el consumo humano.



Crecientes de agua originadas por el volcán St. Helens en la erupción de 1999.
http://mailweb.udlap.mx/~tesis/lis/vera_c_ea/capitulo2.pdf



Colada de lava básica en movimiento durante una erupción.
<http://www.scarborough.k12.me.us/wis/teachers/webquest/nature/images.html>

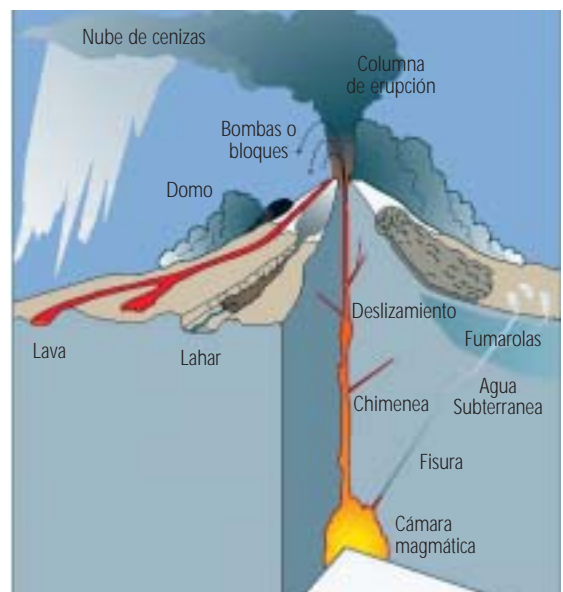


Gráfico ilustrativo de los peligros asociados a los volcanes con referencias propias.
<http://www.scarborough.k12.me.us/wis/teachers/dlewhey/webquest/nature/volcanoes.htm>

2.3. Evaluación de la actividad volcánica en la cuenca

Para poder evaluar el peligro volcánico, es necesario comprender su naturaleza a partir de la clasificación de los volcanes por frecuencia de erupción y tipo de peligro volcánico presente. De esta forma, se elabora un mapa de zonificación de peligros asociado a una cierta probabilidad de ocurrencia, con la finalidad de enfocar y adoptar las medidas de mitigación apropiadas.

La probabilidad de que un volcán erupcione en un determinado período de tiempo se basa en la información histórica y en el estudio del comportamiento de aquellos volcanes que presenten características similares en otras partes del mundo. Si se cuenta con datos de registros históricos, se puede determinar una frecuencia histórica e inferir el comportamiento futuro. Este tipo de estimación supone que el volcán refleja la historia de los últimos miles de años.

La evaluación del peligro volcánico involucra establecer registros estratigráficos de los productos provenientes de erupciones históricas, la determinación de la extensión areal de los depósitos, su secuencia estratigráfica y la fecha aproximada de su deposición. Para lograr esto, la información que existe en el registro histórico debe ser complementada con un análisis de campo detallado.

Al establecer un registro estratigráfico, se encuentra implícita la clasificación del tipo de volcán en términos de la morfología y las características eruptivas. También está implícita la determinación de los tipos de roca de los depósitos volcánicos, puesto que ambos son indicadores de la propensión a explosiones violentas. Una vez determinada la secuencia estratigráfica, los depósitos deben ser clasificados en cuanto a tipo de peligro y fechado. Los productos resultantes son mapas e informes que describen los peligros volcánicos de un área. Finalmente, el peligro volcánico puede ser graduado en términos de severidad sobre un mapa de zonificación.

Los mapas de zonificación de peligros volcánicos tienen dos propósitos primarios: la planificación sobre uso de la tierra en zonas circundantes a volcanes y la determinación de las áreas que deben ser evacuadas y evitadas durante las erupciones. Los mapas preparados para estos dos propósitos tienen similitudes y diferencias. Un mapa de zonificación de peligros y un informe realizado con la finalidad de guiar a los planificadores en la determinación del uso de la tierras, incluye la frecuencia estimada de los eventos volcánicos peligrosos en el futuro. Estos informes tienen en cuenta estimados cuantitativos de los grados relativos de peligro. En contraste, un mapa de zonificación preparado para la protección pública debe clasificar los tipos de peligros, para que la gente pueda ser

trasladada de las diferentes áreas, de acuerdo con los efectos directos de la erupción: lluvia de piroclastos, degradación del aire, flujos piroclásticos, lahares o una combinación de éstos. Este tipo de mapas puede indicar los sectores del volcán o los sistemas de valles que son afectados más frecuentemente por las erupciones.

Los volcanes que representan un peligro a corto plazo equivalente a una periodicidad menor a los 100 años, constituyen una amenaza para la vida y la propiedad. Consecuentemente, deben ser continuamente monitoreados, estableciéndose restricciones a la ocupación permanente en las áreas de mayor peligro. Por el contrario, en el caso de los volcanes que tienen una periodicidad de largo plazo superior a los 100 años, no se justifica la adopción de restricciones en el uso de la tierra por no representar una amenaza durante la vida de la mayoría de los proyectos. En este caso, solamente se deben tener en cuenta las consecuencias potenciales de futuras erupciones.

La gran mayoría de los volcanes activos en el mundo, se localizan en el Cinturón de Fuego del Pacífico, una franja estrecha que, como su nombre lo indica, bordea la cuenca del Océano Pacífico desde la costa occidental del continente americano pasando por Alaska, el Estrecho de Bering, continuando por el oriente del continente asiático.

Algunos de ellos están en reposo, otros aparentemente extintos y varios en actividad. Cabe destacar que es difícil establecer si un volcán realmente se ha extinguido, lo cual potencia el peligro involucrado en este tipo de fenómenos.

En comparación con otros lugares del mundo, en Argentina, los fenómenos peligrosos asociados con la actividad volcánica no alcanzan un alto grado de impacto sobre las actividades humanas y la vida de los pobladores. Sin embargo, no debe pensarse que se trata de una región en la cual el proceso volcánico no sea un factor de riesgo. Existen numerosas evidencias que indican la extensión y el alcance del volcanismo. En primer lugar, la evidencia geológica señala claramente la importancia del volcanismo en tiempos geológicamente recientes. Así, la Cordillera de los Andes, que corresponde a un arco magmático, presenta numerosos aparatos volcánicos, los cuales han estado en actividad desde el comienzo del Mioceno hasta el presente.

En el territorio de la cuenca hay siete focos eruptivos, cuyas principales características se detallan en el Cuadro 2.1. Además de los centros efusivos internos, la región se encuentra amenazada por volcanes externos, esencialmente de Chile.

Cuadro 2.1 Listado de centros eruptivos pertenecientes a la cuenca

Volcán	País	Altura	Latitud	Longitud	Estado	Período	Última erupción
Domuyo	Argentina	4.709	-36° 38 32	-70° 26 18	Pot. Activo	Holoceno	Sin erupción reciente
Tromen	Argentina	4.114	-37° 08 45	-70° 03 04	Pot. Activo	Holoceno	1822 ?
Copahue	Arg - Chile	2.965	-37° 51 31	-71° 11 09	Activo	-	2000
Lanín	Argentina	3.776	-39° 38 17	-71° 30 19	Pot. Activo	Holoceno	Sin erupción reciente
Laguna Blanca	Argentina	1.459	-39° 01 20	-70° 22 35	Inactivo	-	-
Huanquihue	Argentina	1.300	-39° 53 44	-71° 34 58	Pot. Activo	Holoceno	Sin erupción reciente
Sierra Baya	Argentina	2.554	-38° 04 07	-70° 55 51	Pot. Activo	Holoceno	Sin erupción reciente

*Elaboración basada en datos brindados por L. Mas y D. H. Delpino.
Las coordenadas y alturas fueron obtenidas del área GIS de la Secretaría de Planificación y Desarrollo de la AIC.*

Algunos expertos en volcanología locales consideran que los volcanes Domuyo, Tromen y Lanín son activos, mientras que otros los consideran potencialmente activos. Asimismo, ha habido diferencias de opinión en lo que respecta a la inactividad volcánica de Laguna Blanca.

Al igual que en el caso anterior, el Cuadro 2.2 detalla las principales características de los volcanes externos implicados.

Cuadro 2.2 Listado de centros eruptivos externos que tiene influencia en la cuenca

Volcán	País	Altura	Latitud	Longitud	Estado	Período	Última erupción
Auca – Mahuida	Argentina	2.253	-37° 44 30	-68° 55 22	Inactivo	-	-
Tronador	Argentina	3.554	-41° 09 31	-71° 54 07	Pot. Activo	Holoceno	Sin erupción reciente
Nev. de Longavi	Chile	3.242	-36° 11 35	-71° 09 40	Pot. Activo	Holoceno	Sin erupción reciente
Loma Blanca	Chile	2.268	-36° 17 10	-71° 00 32	Pot. Activo	Holoceno	Sin erupción reciente
Resago	Chile	1.550	-36° 27 00	-70° 55 12	Pot. Activo	Holoceno	Sin erupción reciente
Nev. de Chillán	Chile	3.212	-36° 51 36	-71° 22 12	Activo	-	1973 - 1987
Antuco	Chile	2.979	-37° 24 00	-71° 20 24	Activo	-	1869
Callaqui	Chile	3.164	-37° 55 12	-71° 27 00	Activo	-	1997
Lonquimay	Chile	2.865	-38° 22 48	-71° 34 48	Activo	-	1988 - 1990
Tolhuaca	Chile	3.780	-38° 18 20	-71° 38 47	Pot. Activo	Holoceno	Sin erupción reciente
Chapulul	Chile	2.143	-38° 22 12	-71° 04 48	Pot. Activo	Holoceno	Sin erupción reciente
Llaima	Chile	3.125	-38° 41 24	-71° 43 12	Activo	-	1999
Sollipulli	Chile	2.282	-38° 58 12	-71° 31 12	Pot. Activo	-	Antes de 1499
Caburga	Chile	995	-39° 12 00	-71° 49 48	Pot. Activo	Holoceno	Sin erupción reciente
Cerro Redondo	Chile	1.496	-39° 16 12	-71° 42 00	Pot. Activo	Holoceno	Sin erupción reciente
Huelemolle	Chile	810	-30° 23 24	-71° 49 12	Pot. Activo	Holoceno	Sin erupción reciente
Villarica	Chile	2.847	-39° 25 12	-71° 55 48	Activo	-	1998 - 2001
Quetupillán	Chile	2.360	-39° 30 00	-71° 42 00	Activo	-	1872
M. Choshuencho	Chile	2.422	-30° 55 37	-72° 01 37	Activo	-	Entre 1900 y 1963
Carrán	Chile	1.114	-40° 21 00	-72° 04 12	Activo	-	1979
Caulle	Chile	1.798	-40° 31 12	-72° 12 00	Activo	-	1960
Puyehue	Chile	2.236	-40° 25 34	-72° 07 01	Pot. Activo	Holoceno	Sin erupción reciente
Mencheca	Chile	1.840	-40° 32 02	-72° 02 17	Pot. Activo	Holoceno	Sin erupción reciente
Cerro Pantoja	Chile	2.112	-44° 46 12	-71° 57 00	Pot. Activo	Holoceno	Sin erupción reciente
Antillanca	Chile	1.990	-40° 46 16	-71° 09 11	Pot. Activo	Holoceno	Sin erupción reciente
Puntiagudo	Chile	2.493	-40° 57 36	-72° 15 36	Activo	-	1930
Asorno	Chile	2.652	-41° 06 00	-72° 29 24	Activo	-	1996
Calbuco	Chile	2.003	-41° 19 34	-72° 36 50	Activo	-	1995 - 1996

Elaboración basada en datos de diversas páginas web citadas en el trabajo.

Con respecto a la clasificación de volcán activo, potencialmente activo e inactivo, las acepciones no resultan taxativas. Por un lado, activo significa que, aun en ausencia de manifestaciones externas, el volcán mantiene el potencial de desarrollar alguna actividad eruptiva en un futuro indeterminado. Esta de-

finición resulta un tanto ambigua y requiere algo más de precisión. Una definición más precisa de volcán activo implica considerar si, en un volcán dado, el tiempo transcurrido desde el último evento eruptivo corresponde a un período de reposo, o bien si ese evento previo fue terminal para la vida del volcán. De

esta forma, se han asignado distintos tiempos característicos terminales: 1.000, 5.000 y 10.000 años. En todo caso, lo relevante es que cualquiera que sea el tiempo de reposo a considerar como terminal, éste es muy extenso comparado con la experiencia humana.

Los volcanes jóvenes pertenecientes a la época del Holoceno del período cuaternario, constituyen focos que todavía no se han manifestado y cuya erupción es previsible a futuro, o también puede tratarse de volcanes que se encuentran en un largo período de reposo que no resulta suficiente como para categorizarlos como inactivos. Es por esta razón que, en general, se los considera potencialmente activos.

Teniendo en cuenta las incertidumbres planteadas, resulta conveniente caracterizar a los volcanes de acuerdo a su actividad o potencialidad de riesgo de actividad, de acuerdo a estudios particulares y considerando sus manifestaciones históricas de manera orientadora. Como existen muy pocos estudios oficiales de base en el área de la cuenca, se considera de suma importancia el aporte de los expertos en volcanología de la zona y la información proveniente de fuentes indirectas.

En nuestro país, más precisamente en las provincias que involucra la región, como los volcanes no han sido considerados un factor de riesgo, su estudio no ha recibido el tratamiento adecuado. Esto se traduce en muy poca información y estudios asociados a cada uno de los volcanes de la cuenca. No sucede lo mismo con los volcanes de Chile, los cuales son objeto de constante estudio y monitoreo dado que representan un peligro mucho más importante.

De acuerdo con las características de los volcanes, resumidas en el Cuadro 2.1, el Copahue es el que demanda mayor atención, puesto que es el único que se encuentra en actividad. En consecuencia, necesariamente debe hacerse un estudio más detallado que identifique cada una de las zonas propensas a sufrir los impactos anteriormente planteados. En este sentido, en *Delpino et al. (1995)* se ha presentado el mapa de los peligros potenciales en el área de influencia del volcán Copahue correspondiente al sector argentino, que se incorpora al presente trabajo.

Este mapa es único en su tipo y nace con la finalidad de proveer la información básica necesaria para la planificación en la utilización del terreno y para ayudar a la prevención y el manejo de una eventual crisis volcánica, delimitando los sectores que deben ser prioritarios para la evacuación y evitados durante una erupción.

Para la zonificación de los peligros volcánicos en este área, se ha evaluado el comportamiento eruptivo del volcán a partir de los eventos históricos que han sido mejor documentados y de los datos obtenidos en estudios geológicos realizados sobre la actividad volcánica postglacial.

Se asume el criterio de que los eventos volcánicos que ocurrirán en el futuro serán de tipo, magnitud y frecuencia similares a los del pasado. Sin embargo, por tratarse de un fenómeno natural, no pue-

den descartarse eventos eruptivos mayores que los sucedidos hasta el presente.

Se considera apropiado dejar expresada la necesidad de elaborar mapas semejantes para aquellos volcanes de la cuenca que los expertos en la temática consideren más peligrosos. El Cuadro 2.1 puede ayudar a identificar los volcanes que, de acuerdo a su estado de actividad y peligrosidad potencial, necesitan de un análisis más detallado.

En lo que respecta a los volcanes externos a la cuenca, parece adecuado indicar las áreas afectadas por la distribución de fragmentos de tamaño lapilli, ceniza y polvo, y considerar que es poco probable que los peligros asociados a la actividad volcánica de influencia local impacten negativamente en la región. De esta forma, se incorpora el mapa de dispersión areal de piroclastos originados por la actividad holocena del frente volcánico activo, correspondiente al *Mapa de Suelos de la provincia del Neuquén (1998)*, donde se indica en escala regional y de manera relativa, las zonas con mayor posibilidad de impacto potencial. La información incorporada ha sido el resultado de la interpretación de los cateos realizados para la elaboración del mapa de suelos.

2.4. Mapa de peligrosidad volcánica

Los principales efectos relevantes en lo que respecta a la actividad volcánica se presentan en el Oeste de la cuenca. El principal signo externo de peligrosidad está dado por la distribución de fragmentos de tamaño lapilli, ceniza y polvo. No existe ninguna relación entre el estado de los volcanes y la zona de influencia de la distribución relativa.

Una de las pocas zonas en las cuales las erupciones pueden tener efectos directos sobre asentamientos humanos, es algunos sectores de la Cordillera neuquina, especialmente en la zona del cerro Copahue, en proximidades de donde se encuentra la localidad homónima y Caviahue. Asimismo, la zona del volcán Lanín, en las cercanías de San Martín de los Andes y Junín de los Andes, debe estudiarse con mayor detalle, a los efectos de establecer su grado de peligrosidad, ya que muestra evidencias de actividad y se localiza en estrecha relación tectónica con volcanes activos de Chile ubicados muy próximos, como por ejemplo el Villarrica y el Quetupillán.

Los principales peligros, desde el punto de vista volcanológico, se encuentran relacionados con aquellos sectores en los que predominan las erupciones de magmas ácidos, como el dominante en la Cordillera de los Andes, en la latitud de la cuenca. Por otro lado, el riesgo volcánico se ve incrementado por la presencia de poblaciones localizadas en las zonas aledañas a los volcanes, por la existencia de un relieve abrupto, con pendientes potencialmente inestables, y proximidad a cuerpos de agua, como así también por condiciones climáticas regionales húmedas y existencia de vientos dominantes desde el Oeste, que se vuelven efectivos a la hora de traer los productos de los volcanes de Chile.

3. Desertificación

3.1. Descripción general del fenómeno



El suelo se define agrónomicamente como el cuerpo natural no consolidado, ubicado en la parte externa de la corteza terrestre, formado por materiales orgánicos e inorgánicos, agua y aire. Es el sostén de las plantas a las que proporciona los nutrientes que necesitan.

El proceso de formación de los suelos es muy lento, por lo que, dependiendo del clima y la dureza de las rocas de origen, se requieren decenas y hasta miles de años para formar una capa de suelo de unos pocos centímetros de profundidad.

El suelo es la base de la vida sobre la tierra. Las plantas lo necesitan para vivir y los animales se alimentan de ellas. Pese a su importancia, el hombre a menudo lo utiliza en forma inadecuada, por lo que se degrada paulatinamente hasta llegar a su pérdida total.

Se define como desertificación al complejo proceso de degradación de las tierras de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, como resultado de diversos factores tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas. Si bien existen varias acepciones con respecto a la definición del fenómeno, la expuesta anteriormente está avalada por los participantes de la Cumbre de la Tierra de 1992 y es la adoptada en la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación.

La FAO resalta el vínculo entre desertificación y asentamientos humanos como un concepto generalizado, y define la desertificación como el conjunto de factores geológicos, climáticos, biológicos y humanos que provocan la degradación de la calidad física, química y biológica de los suelos de las zonas áridas y semiáridas, y ponen en peligro la biodiversidad y la supervivencia de las comunidades humanas.

Existen otras definiciones que consideran a la desertificación como el agravamiento o extensión de las condiciones características del desierto. Se trata de un proceso que acarrea una disminución de la productividad biológica y con ello una reducción de la biomasa vegetal, de la capacidad de las tierras para las actividades pecuarias, de la producción agrícola y una degradación de las condiciones de la vida para el ser humano.

Independientemente de una u otra definición, lo cierto es que la desertificación constituye la última etapa del proceso de degradación del suelo por reducción o destrucción del potencial biológico. Su definición lleva implícito el empobrecimiento de los ecosistemas, debido a la conjunción de factores naturales y/o antrópicos. Este proceso se inicia con la reducción de la productividad y termina con la pérdida total del suelo, transformándolo en un desierto de muy difícil reversibilidad.

Los desiertos son ecosistemas donde el ritmo de producción de vida es reducido, debido a limitaciones tales como temperaturas extremas, escasez de humedad o restricciones en la calidad de los suelos. En los desiertos, si bien no están vacíos porque poseen una gran diversidad biológica, los recursos disponibles para la vida humana son limitados.

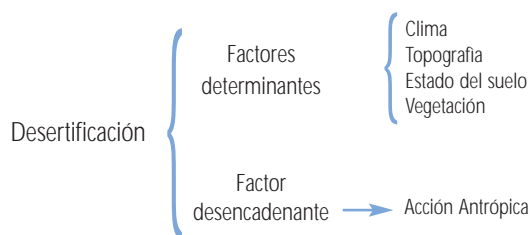
La desertificación, tal como ha sido definida, solamente puede ocurrir en tierras vulnerables a los procesos encargados de llevarla a cabo. La vulnerabilidad de un suelo depende del clima, del relieve, de su estado y de la vegetación natural.

La *Organización de los Estados Americanos* (1993) expone detalladamente la influencia de cada uno de los factores que definen la vulnerabilidad de una zona.

El clima interviene a través de agentes climáticos tales como la lluvia, la temperatura y el viento. Los patrones de tormenta que definen largos períodos de sequía, magnifican el proceso de desertificación. La temperatura establece las tasas de evaporación y transpiración en el ecosistema. De esta forma, comparando los datos de precipitación y evapotranspiración, se determina si existe excedente o déficit de agua. El viento aumenta la tasa de evaporación más que la de transpiración. Además, su fuerza puede erosionar, transportar, y depositar partículas de suelos tornando más intenso el proceso de desertificación. En áreas secas, donde el suelo está desprovisto de vegetación, el viento forma dunas -aunque éstas pueden existir en ambientes sin peligro de desertificación- cuyo movimiento hacia los bordes de los desiertos es un claro indicador del proceso en estudio.

La topografía constituye un factor agravante de la erosión hídrica, porque aumenta la velocidad y la cantidad de escorrentía superficial. Inclusive la cantidad de luz solar e intensidad eólica también se relaciona con la topografía. La transpiración es mayor si la ladera enfrenta al Sol durante un mayor período de tiempo, aumentando a medida que la pendiente se orienta perpendicular a los rayos solares. De la misma forma, la evaporación resulta menor en las zonas a sotavento. También se considera importante la relación entre la pendiente del terreno y la napa freática: cuando esta última se encuentra muy profunda, la flora no puede disponer del recurso y si se encuentra cerca de la superficie, el anegamiento y la deposición de sales puede matar la vegetación o retardar su crecimiento.

El estado inicial del suelo, dado por la textura, la estructura, la composición química y la riqueza biológica, es un factor preponderante en las zonas subhúmedas, donde los aspectos climáticos tienen menor influencia. Este factor desempeña un papel clave en lo que respecta a la vulnerabilidad a los procesos de desertificación causados por la actividad humana.



La textura de los suelos afecta las características relacionadas con la humedad y la fertilidad del suelo. Cuando los suelos arenosos son irrigados, requieren más agua que los suelos con texturas más finas. En estos casos, el exceso de agua puede producir la lixiviación de cualquier coloide o nutriente. Por el contrario, los suelos de textura más fina absorben una mayor cantidad de agua, lo que favorece la retención de humedad en los niveles profundos y altera el comportamiento de las raíces de las plantas.

En lo que concierne al estado de la vegetación natural, su estado es producto de la influencia que ejercen los factores climáticos, edafológicos y humanos. Los árboles, debido a su capacidad de enraizarse firmemente en la tierra, cumplen una función protectora clave contra la degradación de los suelos. Por esta razón, su ausencia constituye un grave problema, teniendo en cuenta que el ser humano es la causa de su desaparición.

De esta forma, todos los factores expuestos establecen la vulnerabilidad de los sistemas y las actividades humanas son la causa fundamental de la desertificación en una zona. Si bien estas causas son muy distintas según el país, la sociedad, el uso del territorio y las tecnologías empleadas, la variable antrópica es el agente gatillo o detonante.

La manera de utilizar los recursos, puede iniciar el proceso de desertificación. Ciertas prácticas de agricultura, el sobrepastoreo por crianza de animales o fauna silvestre, la tala indiscriminada y la utilización del fuego para la quema de pasturas, constituyen las causas más importantes del proceso.

Las prácticas agrícolas en tierras relativamente secas contribuyen al proceso de desertificación porque los suelos aumentan su grado de exposición ante los agentes eólicos y pluviales. Las partículas finas, que contienen el material orgánico esencial para las plantas, son acarreadas por el viento o lavadas, reduciendo gradualmente los nutrientes disponibles.

La agricultura con riego extensivo contribuye al proceso de desertificación cuando produce procesos alternos de anegamiento y salinización. El anegamiento reduce la aireación del suelo perjudicando la vida vegetal. Además, cuando el agua induce la acumulación de sales solubles, se inicia un proceso de salinización que condiciona el crecimiento vegetal.

El pastoreo ganadero excesivo, contribuye a la pérdida de la cobertura vegetal de los suelos. En algunos casos, estas prácticas promueven la invasión

de especies leñosas de plantas que los animales no comen y aumenta la biomasa con especies indeseables. La competencia por el agua disponible entre las plantas, combinado con una continua sobreutilización de las especies comestibles por parte del ganado, puede hacer que los campos se deterioren aún más en términos productivos.

La recolección o el corte indiscriminado de leña, constituye un factor importante en el proceso de desertificación. Esta variable es significativa en áreas cercanas a centros poblados o sectores rurales con problemas energéticos.

La construcción de infraestructura también elimina la cobertura vegetal, dejando los suelos sin protección y expuestos a erosión. Este tipo de actividades que modifican los patrones normales de drenaje pueden ser la causa de erosión en grandes extensiones de suelo. Cualquier alteración superficial puede iniciar un nuevo ciclo recurrente de erosión eólica y pluvial. De esta forma, cuando una sequía extraordinaria altera el ciclo agrícola y se presentan vientos o fuertes precipitaciones, o cuando la cobertura vegetal del terreno ha sido eliminada o perturbada por algún agente externo, las condiciones de vulnerabilidad pueden incrementarse.

La actividad ganadera tiene que adecuarse a los ciclos locales climáticos y bióticos. El pastoreo intenso en primavera, cuando el pasto es tierno y el terreno se encuentra relativamente húmedo, puede causar problemas de pisoteo y compactación del suelo, mientras que una presión excesiva de animales durante los períodos de sequía, puede desarraigar las plantas.

Las intervenciones masivas con maquinaria pesada, sobre todo si su funcionamiento es continuo y se produce en un lugar determinado, contribuye al proceso de desertificación. Esto encuentra su explicación en estudios recientes, donde se ha comprobado que la flora sufre de estrés, comprometiendo seriamente su desarrollo. Claros ejemplos de este tipo de intervenciones lo constituyen las áreas destinadas a la explotación hidrocarburífera y canteras para la extracción de minerales y de piedra.

3.2. El impacto de la desertificación

La desertificación se considera un proceso cíclico de realimentación reforzadora, es decir, una secuencia de sucesos a partir de los cuales una pequeña alteración del equilibrio natural es amplificada y da como resultado cambios negativos en la misma dirección, que aceleran el proceso de deterioro ambiental. Por tal motivo, es muy difícil distinguir entre las causas que producen la desertificación y sus principales efectos.

La desertificación genera una ruptura del frágil equilibrio de los procesos físicos, químicos y biológicos, desencadenando procesos autodestructivos en los que intervienen todos los elementos que antes favorecían los procesos vitales. De esta forma, la vulnerabilidad de los suelos a la erosión eólica e hí-

drica, la reducción del nivel de las capas freáticas, la menor regeneración natural de las plantas herbáceas y leñosas, junto con el empobrecimiento químico de los suelos, son las consecuencias inmediatas de la desertificación y al mismo tiempo, las causas del empeoramiento de este fenómeno.

Con la degradación de los suelos disminuye rápidamente la productividad agropecuaria y forestal. Los establecimientos agrícolas dejan de ser rentables y aumenta la pobreza entre la población rural de las zonas más secas. Consecuentemente, cada vez más personas abandonan sus campos y parten hacia las ciudades en busca de nuevas fuentes de ingresos.

Las alteraciones del suelo por procesos aerodinámicos e hidrodinámicos constituyen uno de los principales efectos de la desertificación: se pasa de una superficie donde la vegetación introduce una cierta rugosidad a un suelo desnudo.

Las escorrentías concentradas desencadenan destacados procesos en la morfogénesis de las zonas afectadas: el proceso de erosión fluvial lineal y laminar se combina con el de deposición.

El viento se lleva las delgadas capas superiores más ricas en humus y acumula arenas, reduciendo la fertilidad y alterando la calidad de los suelos. Además, el agente eólico puede erosionar linealmente en el sentido del viento dominante o producir deflaciones en amplias superficies. En los lugares donde se produce erosión eólica, también se produce acumulación.

Los vientos, además de llevarse la capa superficial más importante desde el punto de vista productivo, se vuelven abrasivos cuando cargan pequeñas partículas en suspensión. De esta forma se altera la vida útil de diversas estructuras o disminuye el lapso entre las tareas de mantenimiento, se reduce la visibilidad y aumenta la sedimentación en lugares indeseables. Las ráfagas de polvo también pueden empeorar los problemas de salud, produciendo infecciones, enfermedades respiratorias y alergias.

Cuando los suelos sueltos y secos permiten que el viento se recargue con partículas, además de producir impactos en la infraestructura y en la salud, se puede acelerar el patrón de cambio del proceso: se dañan las hojas de la flora, sus raíces pueden quedar peligrosamente expuestas o pueden quedar completamente tapadas.

La degradación de los suelos, relacionada con el proceso de desertificación, afecta el vigor y la capacidad reproductiva, comprometiendo seriamente la recuperación de la vegetación. La continua disminución de la oferta forrajera afecta directamente a la producción ganadera, disminuyendo el índice de procreación, aumentando la mortalidad y menguando la calidad del producto. Esto se traduce en baja rentabilidad y alta descapitalización, generando importantes problemas económicos en los campos.

En algunos casos, los impactos del avance de la desertificación se producen sobre personas ajenas



*Última etapa del proceso de desertificación: el desierto.
La fotografía fue obtenida del Programa Interactivo GEODE II*



*El flagelo de la desertificación en una de las zonas más impactadas de Centroamérica.
<http://www.worldrevolution.org/proyets.asp?category=desertification>*



*La imagen representa la forma en que la desertificación avanza encerrando a las comunidades.
<http://www.didyouknow.cd/deserts.htm>*



*El avance de la población sobre los bosques magnifica el proceso de desertización. La foto corresponde a Pakistán.
<http://www.fao.org/NEWS/FOTOFIL/Ph9719-e.htm>*

al área afectada. La paulatina disminución de la cobertura vegetal favorece el desarrollo de grandes velocidades en los escurrimientos superficiales. El tiempo de concentración de las cuencas disminuye



Precario asentamiento de Kenia bajo los efectos de la desertificación y la pobreza en el año 1999.
http://www.idrc.ca/reports/read_article_english.cfm?article_num=533



El pastoreo excesivo constituye una de las principales causas de la desertificación en los campos de Perú.
<http://www.fao.org/NEWS/FOTOFIL/ph9820-e.htm>

y se acrecienta la probabilidad de que se produzcan importantes inundaciones. Como la energía del proceso de erosión hidráulica es proporcional a la velocidad de los escurrimientos, se incrementan las cantidades de sedimentos que llegan a los ríos. Esto genera cambios en la turbidez de las aguas, que afecta a la flora y a la fauna acuática, produce cambios morfológicos en las cauces y aumenta la velocidad de colmatación de los embalses artificiales destinados al control de las inundaciones, a la generación de hidroelectricidad y al abastecimiento de agua.

Las consecuencias sociales de la desertificación depende de su magnitud, de las condiciones climáticas reinantes, del número de habitantes y situación económica de las comunidades y de su nivel de desarrollo.

Cuando la desertificación afecta a una comunidad pobre, la limitación en las posibilidades que brinda la naturaleza, traducida en una reducción de la producción y una creciente aleatoriedad en los resultados, hace que la comunidad adopte una actitud reactiva que, en la mayoría de los casos, contribuye a empeorar la situación. La primera reacción de una comunidad afectada es intensificar la explotación de los recursos. Esto alimenta al círculo del proceso de desertificación, hasta que la comunidad se desalienta y emigra por completo hacia otras regiones.

Se considera a la desertificación como un importante problema ambiental a escala mundial. Esto se explica por el vínculo que existe entre la degradación de tierras y la producción alimenticia. Cuando

se produce este flagelo, disminuye la producción de alimentos en extensas zonas, se incrementan los casos de desnutrición y, en última instancia, se producen hambrunas generalizadas.

La desertificación disminuye los niveles de productividad de los ecosistemas terrestres, como resultado de la sobreexplotación, utilización y/o gestión inadecuada de los recursos en ambientes fragilizados por situaciones ambientales particulares. Es el hombre quien activa el proceso de desertificación y es, a su vez, víctima de sus principales impactos.

3.3. Evaluación de la desertificación en la cuenca

El proceso de desertificación está presente en la región en grado avanzado. En 1983 H. E. Dregne, en su trabajo titulado *Desertification of Arid Lands*, ya había caracterizado a las provincias de Neuquén y Río Negro en los niveles de leve y moderado grado de desertificación. Si se considera que ya han pasado 20 años, que el proceso se acelera a sí mismo retroalimentándose y que no se ha atacado el problema con una concepción sistémica, existen evidencias más que suficientes para pensar que la situación general ha empeorado.

La Organización de los Estados Americanos (1993) propone una metodología para la evaluación de la desertificación que tiene en cuenta la vulnerabilidad del ecosistema: contempla variables como la pendiente, la topografía, el patrón de lluvias, la evapotranspiración y el tipo de suelo. De acuerdo con cómo se combinan estas variables, se obtienen zonas de distinto grado de desertificación, independientemente del grado de intervención antrópica.

Si bien la evaluación puede llegar a ser representativa de la realidad, se considera que no atiende a la principal causa del problema en la región: la incompatibilidad entre las actividades desarrolladas por el hombre y el medio donde las lleva a cabo. Es por esta razón que el presente trabajo privilegia la información desarrollada por los referentes en cada una de las áreas involucradas, efectúa una cuidadosa selección de los trabajos realizados y los incorpora en sus respectivas temáticas.

En relación con este tópico, ha trabajado una importante cantidad de especialistas. En particular, H.F. del Valle et al. (1998), ha evaluado, clasificado e interpretado las firmas espectrales basadas en indicadores biofísicos, con la finalidad de cartografiar los estados de desertificación en la Patagonia. Los datos fueron obtenidos de imágenes del NOAA/AVHRR LAC, de información existente y de recopilaciones de campo. Los productos finales son cartas espectrales de cada provincia patagónica con una resolución espacial de 1.000 x 1.000 metros.

De este complejo estudio desarrollado en toda la Patagonia, los resultados para las provincias de Neuquén y Río Negro son los utilizados en este trabajo. Es importante mencionar que esta forma de

evaluación de la desertificación es independiente de los factores causantes del problema. La metodología utilizada en este caso puede ser interpretada como una instantánea del momento. Las firmas espectra-

les son analizadas y corregidas para luego ser agrupadas en cinco estados de desertificación.

Cuadro 3.1 Categorías de estados de desertificación

Estado	Impacto	Daño	Extensión	Recuperación	
				Plazo	Costo
Leve	Leve	Leve	Local	Corto	Bajo
Medio	Apreciable	Notorio	Local y extensivo	Corto y mediano	Mediano
Medio a grave	Apreciable a muy severo	Muy notorio	Local y extensivo	Mediano y largo	Alto
Grave	Muy severo	Profundo	Local y extensivo	Largo y muy largo	Muy alto
Muy grave	Irreversible	Total	Local y extensivo	Incalculable	Incalculable

Tomado de H. F. del Valle et al. (1998)

El Cuadro 3.1 muestra las distintas categorías adoptadas. Las representaciones que se hacen en la cartografía, son combinaciones de diferentes grados de desertificación. Por ejemplo, un área representada como un estado moderado puede comprender sectores de terreno levemente y gravemente desertificados. Las orientaciones formuladas para determinar la clasificación cartográfica de cualquier área representada, son congruentes con los criterios de la FAO-UNEP del año 1984, con algunas modificaciones introducidas por los especialistas. El Cuadro 3.2 explica el tipo de resolución utilizada e indica los rangos de superficie afectados.

Los Cuadros 3.3 y 3.4 representan la matriz de indicadores biológicos y físicos de desertificación utilizada en el trabajo adaptado de la FAO-UNEP y de LUDEPA. Las clases indicadas en las columnas se basan en la evaluación de todos los indicadores estimados individualmente.

A partir de esta metodología se confecciona el mapa que muestra el problema de desertificación existente en la cuenca. Se trata de un mapa que refleja los distintos estados establecidos anteriormente. Por tratarse de un proceso dinámico, el estado de la situación puede verse modificado con el correr de los años.

3.4. Mapa de desertificación

De acuerdo con las conclusiones de *H. F. del Valle et al. (1998)*, las provincias de Río Negro y Neuquén han sufrido intensos procesos de degradación del suelo y de la vegetación. El descenso en las existencias ganaderas se explica por una disminución

Cuadro 3.2 Tipo de resolución utilizada para la representación cartográfica

Estado	Porcentaje de superficie
Leve	> 30 % de superficie en estado leve
	< 40 % de la superficie en estado moderado
	< 30 % de la superficie en estado grave y muy grave
Moderado	< 30 % de superficie en estado leve
	> 30 % de la superficie en estado moderado
	< 40 % de la superficie en estado grave y muy grave
Moderado a grave	< 30 % de superficie en estado leve
	> 40 % de la superficie en estado moderado y grave
	< 30 % de la superficie en estado muy grave
Grave	< 20 % de superficie en estado leve
	> 40 % de la superficie en estado grave y muy grave
	< 40 % de la superficie en estado muy grave
Muy grave	< 10 % de superficie en estado leve
	> 40 % de la superficie en estado grave y muy grave
	> 50 % de la superficie en estado muy grave

Tomado de H. F. del Valle et al. (1998)

Cuadro 3.3 Matriz de indicadores físicos y biológicos de desertificación relacionado con la degradación de la cobertura vegetal

Indicador	Leve	Moderada	Grave	Muy grave
Cobertura de plantas perennes (%)	> 50	20 – 50	5 – 20	< 5
Cobertura total de especies forrajeras (%)	> 30	10 – 30	5 – 10	< 5
Invasión de especies no deseables	Leve	Moderada	Grave	Muy grave
Ramoneo de arbustos	Leve	Moderada	Grave	Muy grave

Tomado de H. F. del Valle et al. (1998)

en la productividad total de la región, como consecuencia de los efectos del sobrepastoreo y de la extracción de leña.

Al vincular los diferentes estados de desertificación con sus causas, se evidencia una fragmentación de la continuidad de los paisajes. Este concepto puede ser aplicado a cualquier dominio dentro del cual la continuidad resulta importante para el funcionamiento de los ecosistemas. En un sentido más restringido, la fragmentación ocurre cuando

Cuadro 3.4 Matriz de indicadores físicos y biológicos de desertificación relacionado con la degradación del suelo

Indicador	Leve	Moderada	Grave	Muy grave
EROSION HIDRICA				
Estado superficial (% del área)	Gravas y piedras < 10	Piedras y bloques 10 - 25	Bloques y rocas 25 - 50	Bloques y rocas > 50
Tipo de erosión	Laminar y en cauces leve a moderada	Laminar y en cauces moderada a grave	Laminar grave en cauces y cárcavas	Laminar profunda en cauces y cárcavas
Subsuelo expuesto (% del área)	< 10	10 - 25	25 - 50	> 50
Cárcavas (% del total del área)	< 10	10 - 25	25 - 50	> 50
Espesor del suelo (m)	> 0.90	0.90 - 0.50	0.50 - 0.10	< 0.10
Pérdida de h del suelo que inhibe el desarrollo de las raíces (% del total del área)				
Caso 1: h original del suelo < 1 m	< 25	25 - 50	50 - 75	> 75
Caso 2: h original del suelo > 1 m	> 30	30 - 60	60 - 90	> 90
Productividad actual expresado en porcentaje de la productividad potencial	85 - 100	65 - 85	25 - 65	< 25
EROSION EOLICA				
Tipo de erosión	Acumulación y/o defla- ción leve a moderada	Acumulación y/o defla- ción moderada a grave	Acumulación y/o defla- ción grave	Acumulación y/o defla- ción muy grave
Área superficial cubierta por montículos y/o túmulos (% del área)	< 10	10 - 25	25 - 40	> 40
Área superficial cubierta por deflación (% del área)	< 10	10 - 25	25 - 40	> 40
Grava superficial expresado en porcentaje de superficie cubierta	< 10	10 - 30	30 - 50	> 50
Espesor de suelo (m)	> 0.90	0.90 - 0.50	0.50 - 0.10	< 0.10
Pérdida de humedad del suelo que inhibe el desarrollo de las raíces (% del total del área)				
Caso 1: h original del suelo < 1 m	< 25	25 - 50	50 - 75	> 75
Caso 2: h original del suelo > 1 m	> 30	30 - 60	60 - 90	> 90
Productividad actual expresada como porcentaje de la productividad potencial	85 - 100	65 - 85	25 - 65	< 25
ENCOSTRAMIENTO Y COMPACTACION DEL SUELO				
Acumulación y cementación calcárea (profundidad en m)	Acumulaciones pulverulentas generalizadas y/o nódulos (0.30 - 0.50)	Encostramientos (0.30 - 0.50) o acumulaciones pulverulentas y/o nódulos (< 0.30)	Costras compactadas (0.10 - 0.30) o (< 0.30)	Costras compactadas (< 0.10)
Acumulación y cementación yesosa (profundidad en m)	Acumulaciones detriticas (0.50 - 0.30)	Acumulaciones pulverulentas o tamaño arena (0.30 - 0.50)	Acumulaciones pulverulentas (< 0.30)	Costras (< 0.10)
SALINIZACION Y SODICACION				
Indicadores morfológicos	No sales	Manchas de sales	Manchas y micelios de sales	Eflorescencias cristalinas y costras salinas
Area superficial afectada adversamente por sales (% del área)	< 5	5 - 20	20 - 50	> 50
Incremento anual en conductividad eléctrica (dsm ⁻¹) en cualquier capa de 0.15 m dentro de los 0.75 m de h	4	4 - 8	8 - 16	> 15
Incremento anual en % de Na intercambiable del suelo en cualquier capa de 0.15 m dentro de los 0.75 m de h	5	5 - 50	20 - 45	> 45

Tomado de H. F. del Valle et al. (1998)

una gran extensión de hábitat se transforma en una serie de pequeños parches de menor tamaño areal, aislados uno del otro por una matriz de hábitats distinta a la del paisaje original. La fragmentación visualizada es el resultado de distintas actividades

antrópicas que conllevan a diferentes estados de desertificación. En la medida en que la fragmentación avanza conformando parches pequeños y ampliamente dispersos, el promedio del tamaño y el área total de los fragmentos decrece, mientras que

el grado de aislamiento se incrementa. De esta forma, se puede considerar que los estados definidos tienen dos componentes principales: la pérdida del hábitat y el aislamiento.

Al nivel de predio, la desertificación selectiva del pastoreo produce un modelo particular de paisaje, en el cual mosaicos ambientales intensamente pastoreados alternan con otros ligeramente pastoreados, dentro de una matriz donde predomina generalmente abundante suelo desnudo: los parches degradados tienden a aumentar dentro del área a causa de la selección continua a través del tiempo. La acción antrópica infiere un grado de inestabilidad al sistema que hace que los parches sobrepastoreados se incrementen en tamaño frente a las condiciones climáticas o naturales más adversas. El resultado de estos procesos de degradación es un paisaje con distintos grados de fragmentación y estados de desertificación.

Los porcentajes relativos a los distintos estados de desertificación y las superficies involucradas en cada caso se resumen en el Cuadro 3.5. El área correspondiente al partido de Patagones (sin datos), en Buenos Aires, la superficie ocupada por la zona boscosa y la parte ocupada por los grandes lagos de la cuenca, se especifican separadamente.


Cuadro 3.5 Porcentajes relativos de los estados de desertificación en la cuenca

Especificación	Superficie (km ²)	Porcentaje
Cuenca	140.177	-
Cuerpos de agua	2.804	2 %
Zona de bosques	7.009	5 %
Estado muy grave	8.411	6 %
Estado grave	29.437	21 %
Estado medio a grave	46.258	33 %
Estado medio	22.428	16 %
Estado leve	21.026	15 %
Sin datos	2.804	2 %

El uso de fotografías que representen el daño real es una técnica excelente para transmitir la percepción general de los efectos y de los peligros. Por tal motivo, es conveniente contemplar el mapa de desertificación junto con el Cuadro 3.6, para poder generar una mejor apreciación del fenómeno. Además, se agrega un pequeño resumen de los factores protagónicos más importantes consignados anteriormente en los Cuadros 3.3 y 3.4.

Las fotografías del Cuadro 3.6 responden a cada una de las clases indicadas en el Cuadro 3.2. El nivel de desertificación de moderado a grave corresponde a una subclasificación del trabajo original de la FAO-UNEP utilizada por los expertos para el estudio de la Patagonia.

Cuadro 3.6 Cuadro resumen de las categorías de desertificación

Estado Leve	Factores
	Más del 50% de cobertura con plantas perennes / Más del 30% de cobertura total de especies forrajeras / Erosión hídrica laminar y en cauce leve a moderada / Menos del 10% de subsuelo expuesto / Menos del 10% del área con cárcavas / Erosión eólica con acumulación y/o deflación leve a moderada / Menos del 10% del área cubierta con montículos y/o túmulos / Menos del 10% del área con deflación / Menos del 5% del área afectada adversamente con sales.
Estado Moderado	Factores
	De 20 a 50% de cobertura con plantas perennes / De 10 a 30% de cobertura total de especies forrajeras / Erosión hídrica laminar y en cauce moderada a grave / De 10 a 25% de subsuelo expuesto / De 10 a 25% del área con cárcavas / Erosión eólica con acumulación y/o deflación moderada a grave / De 10 a 25% del área cubierta con montículos y/o túmulos / De 10 a 25% del área con deflación / De 5 a 20% del área afectada adversamente con sales.
Estado Moderado a grave	Factores
	Menos del 30% de la superficie en estado leve / Más del 40% de la superficie en los estados medio y grave / Menos del 30% de la superficie en estado muy grave
Estado Moderado a grave	Factores
	De 5 a 20% de cobertura con plantas perennes / De 5 a 10% de cobertura total de especies forrajeras / Erosión hídrica laminar grave en cauces y cárcavas / De 25 a 50% de subsuelo expuesto / De 25 a 50% del área con cárcavas / Erosión eólica con acumulación y/o deflación grave / De 25 a 40% del área cubierta con montículos y/o túmulos / De 25 a 40% del área con deflación / De 20 a 50% del área afectada adversamente con sales
Estado Moderado a grave	Factores
	Menos del 5% de cobertura con plantas perennes / Menos del 5% de cobertura total de especies forrajeras / Erosión hídrica laminar profunda en cauces y cárcavas / Mas del 50% de subsuelo expuesto / Mas del 50% del área con cárcavas / Erosión eólica con acumulación y/o deflación muy grave / Más del 40% del área cubierta con montículos y/o túmulos / Más del 40% del área con deflación / Más del 50% del área afectada adversamente con sales

Fuente H. F. del Valle et al. (1998).

Las fotografías son gentileza de H. F. del Valle y Centro Regional Patagonia Norte. INTA – EEA Bariloche. Área de Investigación en Recursos Naturales. Laboratorio de Teledetección Aplicada y SIG.

4. Incendios

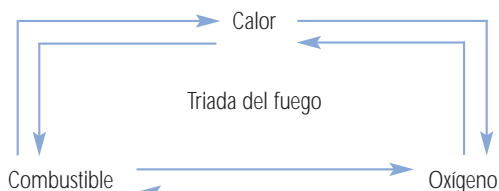
4.1. Descripción general del fenómeno



Un incendio forestal es la propagación libre y no programada del fuego en la vegetación de los bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas. Su ocurrencia obliga a adoptar medidas tendientes a producir su extinción lo más rápido posible.

Los incendios forestales se extienden sin control, afectando a la vegetación que no estaba destinada a arder. Las quemas controladas realizadas para preparar los terrenos con fines agrícolas, forestales o ganaderos, o para eliminar los desechos que se producen durante el desarrollo de estas actividades, no se consideran incendios forestales. Sin embargo, el mal manejo del fuego durante estas prácticas constituye una de sus principales causas.

El fuego se produce cuando se aplica calor a un cuerpo combustible en presencia de aire. Para que se inicie o se mantenga, es condición indispensable que concurren en el mismo sitio y al mismo tiempo, estos tres elementos básicos: calor, oxígeno y combustible. Si alguno de los tres componentes falta, entonces el fuego no se produce o cesa inmediatamente. Impedir que el triángulo esté completo es el principio básico de la prevención y del combate de incendios forestales.



Todo incendio forestal se inicia con un pequeño foco que luego se incrementa y se propaga. Durante su desarrollo intervienen el proceso de combustión y los mecanismos de propagación del calor, junto con los factores relativos al tipo de combustible, las condiciones de la atmósfera y la topografía del área donde se produce.

La combustión es una reacción química entre gases y vapores que se desprenden de un combustible, y el oxígeno. Es una oxidación rápida a partir de la cual se produce calor y luz. Un combustible es un elemento capaz de entrar en combustión.

En la combustión vegetal se distinguen las etapas de precalentamiento, ignición de gases y etapa de fase sólida. La primera se produce cuando la fuente de calor origina el incendio y se comienzan a calentar y descomponer los combustibles. El agua libre se transforma en vapor de agua y otros componentes se volatilizan. En la etapa siguiente de ig-

nición de gases, la temperatura asciende permitiendo que el calor llegue al interior del combustible. Los gases que se desprenden alcanzan su temperatura de inflamación, incrementando el desprendimiento calórico. En este momento, el incendio se independiza de la fuente de calor externa para sustentar la combustión y se desprenden gases provenientes de la descomposición de los combustibles vegetales. En la etapa sólida, el proceso de oxidación continúa en los combustibles finales. Si el proceso es completo, el producto es ceniza y si es incompleto por falta de oxígeno o calor, el residuo final es carbón.

Básicamente, existen tres tipos de incendios: superficiales, de copas y subterráneos.



Los superficiales o de suelos son los más comunes y constituyen el foco de la mayoría de los incendios. Permanecen al ras del suelo, quemando los combustibles ligeros como las especies herbáceas leñosas de poco porte, generando daños en la base de los troncos y en las raíces. Este tipo de incendio se puede transformar en incendios de copas o incendios subterráneos.

Los incendios de copas, como su nombre lo indica, constituyen aquellos que se propagan a través de las copas de los árboles afectando sus ramas y llegando incluso a destruirlos totalmente. Su origen puede ser un fuego superficial o la caída de un rayo sobre un árbol y por lo general, se desplazan a velocidades importantes.

Los incendios del tipo subterráneo o de subsuelo, se propagan bajo la superficie. Generalmente ocurren en lugares de mucha acumulación de materia orgánica seca y raíces. Se presentan en combinación con los incendios de tipo superficial, aunque su velocidad de avance es mucho menor.

Los factores más importantes que influyen en el comportamiento de un incendio son la topografía, el clima y el combustible. El estudio de la influencia de estos tres factores permite definir acertadamente la estrategia de combate más eficaz y segura.

La topografía, es decir, el conjunto de particularidades del terreno, afecta de manera significativa el comportamiento del fuego. Las más influyentes de esas particularidades son la pendiente y la orientación de las laderas.

El clima es uno de los factores más variables con influencia sobre el comportamiento de los incendios. Sus componentes principales son la temperatura ambiente, el viento, la humedad atmosférica y las precipitaciones.

El combustible forestal (cualquier material de origen vegetal que puede entrar en combustión al aplicarle calor) constituye el único factor sobre el cual se puede actuar para modificar el comportamiento de los incendios. Por tal motivo, es interesante conocer la cantidad de combustible vegetal, su tamaño, densidad, continuidad, ubicación y humedad.

Las causas de los incendios se agrupan en antrópicas, naturales o mixtas.



Las antrópicas, se subclasifican en intencionales, negligencias y accidentes. Las intencionales son provocadas de manera voluntaria por una persona incendiaria. La negligencia se origina cuando una persona es descuidada o no es precavida en la manipulación del fuego. Esta causa de incendio es muy común cuando se realizan quemas para la ampliación de las fronteras agrícolas; durante la quema de pastos para la regeneración de pastizales y eliminación de plagas; en quemas para la limpieza de futuros terrenos urbanos y en la quema de basura. La negligencia también se puede manifestar cuando un fumador arroja un fósforo o un cigarrillo encendido; cuando se realizan fogatas, durante las tareas de mantenimiento en las banquinas de las rutas; cuando los niños juegan con fuego y en la cacería de animales. Los acontecimientos accidentales son sucesos que se originan cuando se desprende la energía necesaria para producir la combustión sin que exista voluntad deliberada de encender fuego. La caída de líneas eléctricas, los incendios en estructuras próximas a los bosques y los incendios causados por la caída de algún avión, son las causas que los pueden originar.

Cuando los incendios son ocasionados por la naturaleza, sus orígenes pueden ser muy variados: la radiación solar intensa puede producir una combustión espontánea, mientras que la caída de rayos en zonas boscosas y los piroclastos arrojados durante las erupciones volcánicas, constituyen las principales causas naturales capaces de originar un incendio.

Se consideran causas mixtas cuando intervienen componentes de ambos factores (antrópicos y naturales). Se originan cuando los rayos solares se reflejan en vidrios y se concentran sobre el material, cuando los sismos producen la caída de las redes eléctricas sobre regiones boscosas o destruyen gasoductos capaces de originar focos ígneos aislados.

4.2. El impacto de los incendios

Los incendios forestales constituyen una de las principales causas de deterioro y pérdida de la flora y fauna, producen contaminación del aire y del agua, contribuyen a la destrucción de la capa de ozono,

degradan los suelos, aumentan la escorrentía y el potencial de erosión, incrementando las probabilidades de que se produzcan deslizamientos e inundaciones. Además de estos impactos locales, la emisión de gases afecta a la atmósfera y al clima global.

La pérdida de pasturas destinadas a la alimentación ganadera, constituye uno de los más importantes daños económicos asociados a la ocurrencia de incendios. Además, cuando se originan en sectores rurales, se producen pérdidas de ganado e impactos en la infraestructura agropecuaria, como, por ejemplo, daños en alambrados y demás instalaciones relacionadas.

Los daños producidos por los incendios en zonas rurales no sólo afectan a los productores agrícolas y ganaderos, sino también a los servicios y externalidades que derivan de los recursos naturales renovables, por la destrucción de la flora y la fauna y la degradación de los suelos. En suma, afectan la diversidad de valores económicos, sociales y ambientales que ellos sustentan.



El flagelo de los incendios en los tupidos bosques del Norte de California.
<http://www.streamreel.com/archives/inspire.htm>



La infraestructura de las comunidades puede verse comprometida por la ocurrencia de incendios.
<http://www.ci.austin.tx.us/disasterready/wildfire.htm>



Animales muertos como consecuencia de los incendios forestales.
<http://www.oni.edu.ar/olimpi2000/la-pampa/incendios-forestales/schedule.htm>



Cuando la combustión es incompleta, se producen densas columnas de humo que afectan a la calidad del aire.

<http://www.blueprintforsafety.org/homeowner/wildfire/wildfire.html>



Brigadistas en acción en un incendio forestal de los bosques de Estados Unidos.

http://www.hockinghills.com/parks/m_forest4.htm



Cuando los incendios se producen en los campos, la infraestructura agropecuaria puede resultar seriamente afectada.

<http://www.oni.edu.ar/olimpi2000/la-pampa/incendios-forestales/schedule.htm>

Si se combinan los factores topográficos y eólicos, maximizando las velocidades de propagación de los incendios, se pueden producir pérdidas humanas en los campos.

Cuando los incendios se originan en las zonas boscosas, las consecuencias se relacionan con pérdidas ambientales, paisajísticas y económicas. En estos casos, si bien los impactos directos se producen sobre el bosque nativo, se afecta de manera indirecta a la regulación que ejercen éstos sobre el ambiente, esto es, la protección de los suelos, la purificación del aire, la fijación del carbono y el cobijo de la fauna. Si los incendios se producen con cierta frecuencia, el deterioro del ecosistema puede ser de tal magnitud que las posibilidades de recuperación se tornen prácticamente nulas.

Las pérdidas forestales pueden resultar muy graves cuando los incendios alcanzan áreas ocupadas por especies vegetales de gran valor económico, ya

que se disminuye la diversidad vegetal al mínimo, se altera la tasa de crecimiento, se menoscaba la calidad de la madera y aumenta la probabilidad de que proliferen las plagas y enfermedades. Por estos motivos, los incendios forestales contribuyen en gran medida a incrementar los niveles de deforestación.

Los efectos del fuego sobre la fauna pueden ser directos, por mortalidad, e indirectos, debido a modificaciones en el hábitat faunístico. Los incendios forestales producen alteraciones en la población debido a la muerte de adultos reproductores, a la escasez de alimentos y a la destrucción de las zonas de anidación. Ocasiona disminución en la diversidad de especies, aumentando el número de individuos por especie y favoreciendo la ocurrencia de desequilibrios ambientales. Los animales que viven en un bosque logran una recuperación parcial en un período de 6 a 10 años y no pueden alcanzar nunca el estado inicial antes de la ocurrencia del incendio.

El tiempo de recuperación de un suelo afectado por la ocurrencia de incendios puede llevar desde 100 a 400 años, dependiendo de su naturaleza, de la frecuencia de los incendios y de la duración e intensidad del fuego. Cuando los suelos son arcillosos, se produce una disminución en la cantidad de materia orgánica y cambios estructurales que modifican las propiedades de porosidad, absorción e infiltración, magnificándose la escorrentía superficial y el potencial de erosión. Este efecto sobre el suelo es difícil de evaluar y es de gran incidencia en la productividad y conservación de los suelos.

La destrucción de la cobertura vegetal, que otorga textura a los suelos, incrementa la velocidad de los escurrimientos superficiales, disminuyendo el tiempo de concentración y acrecentando la probabilidad de que se produzcan inundaciones. De este modo, se magnifican los procesos erosivos que alteran la turbidez de las aguas y los procesos de sedimentación, afectando la flora y la fauna acuática. Asimismo, el aumento en el contenido de sedimentos en el recurso hídrico impacta sobre la vida útil de las obras hidráulicas.

El efecto de los incendios forestales sobre la calidad de las aguas es inmediato y visible. Las cenizas y carbones producto de la combustión afectan a los cursos y cuerpos de agua, que se tornan turbios y disminuyen considerablemente su calidad. Por lo general, pierden la aptitud para el consumo humano y animal. En forma indirecta, por pérdida de la vegetación, se altera el ciclo hidrobiológico y se presentan situaciones extremas de sequías, deslizamientos e inundaciones.

El humo y las partículas livianas que expulsan los incendios en el aire, no sólo producen contaminación, sino que afectan notoriamente la visibilidad y atentan contra el transporte terrestre y aéreo. Además, originan un calentamiento localizado del aire, que contribuye a la contaminación por aporte de dióxido de carbono y al aumento de la temperatura atmosférica global.

4.3 Evaluación de los incendios en la cuenca

La metodología adoptada para evaluar la amenaza de incendio en la cuenca es la propuesta por *Dawid Goodwins (1999)*, cuyo trabajo es una adaptación australiana del desarrollado inicialmente por United States National Park Service.

Para el análisis del peligro potencial de incendio, se considera que la amenaza depende de dos factores: de las condiciones que favorecen la ocurrencia de los incendios y de las probabilidades de que se origine un foco. La combinación de ambos provee una aproximación global de la peligrosidad de incendios.

La evaluación de las condiciones que permiten que se origine un incendio otorga un indicador de la severidad del incendio en un área dada. Su valor depende de las condiciones medioambientales, como la temperatura, la cantidad de material inflamable, el tipo de combustible, la humedad y el relieve. Cada variable es analizada y categorizada en niveles de intensidad potencial, de acuerdo a estándares prefijados, para luego ser representada en regiones individuales.

El riesgo potencial de ignición (probabilidad de que se produzca un foco) viene dado por todos los agentes capaces de originar el incendio. Como la metodología establece que los principales motivos tienen relación con el comportamiento humano, parece sumamente apropiado corroborar esta hipótesis por medio de los antecedentes de la región en estudio, con la finalidad de validar su aplicabilidad. Para tal fin, se han conseguido los datos más relevantes de diversas fuentes con respecto a los incendios históricos para las provincias de Neuquén y Río Negro y el partido de Patagones, en la provincia de Buenos Aires.

Cuadro 4.1 Cantidad de incendios ocurridos en la Provincia de Río Negro entre los años 1996 y 2002 clasificados por departamento

Departamento	Causas	
	Antrópica	Natural
Adolfo Alsina	1.097	231
Avellaneda	811	309
Bariloche	2.103	50
Conesa	616	80
El Cuy	5	3
General Roca	265	145
9 de Julio	-	3
Norquínco	1	-
Pichi Mahuida	267	25
Pilcaniyeu	-	2
San Antonio	198	22
Valcheta	19	4
25 de mayo	-	1
Parcial	5.382	875
Total	6.257	

Información proveniente de la Dirección General de Defensa Civil de Río Negro.

Cuadro 4.2 Cantidad de incendios ocurridos en la Provincia de Río Negro entre los años 1996 y 2002 clasificados por año

Año	Causas	
	Antrópica	Natural
1996	200	12
1997	382	17
1998	454	26
1999	701	157
2000	1.366	37
2001	1.025	335
2002	1.254	291
Parcial	5.382	875
Cantidad total	6.257	

Información proveniente de la Dirección General de Defensa Civil de Río Negro.

La mayor cantidad de incendios se han producido en los departamentos Bariloche (ubicado al Sudoeste de la cuenca) y Adolfo Alsina (en la desembocadura del río Negro). Si bien, en suma, los incendios antrópicos de ambos departamentos representan el 60% de los antrópicos totales de la provincia, seguramente sus orígenes responden a situaciones muy distintas.

Tal como se aprecia en el Cuadro 4.2, los incendios en Río Negro se han ido incrementando con el correr de los años. El aumento es más notable en lo que respecta a causas antrópicas.

Cuadro 4.3 Porcentaje de causas de incendios en la Provincia de Río Negro para los años 1999 y 2000

Causas	Años	
	1999	2000
Negligencia	57%	65%
Intencional	13%	13%
Natural	1%	2%
Desconocida	29%	20%

Datos obtenidos de Estadística de Incendios Forestales de los años 1999 y 2000.

De acuerdo a los Cuadros 4.1 y 4.2, las causas antrópicas representan el 86% del total de incendios ocurridos en la provincia de Río Negro desde 1996 a la fecha. Estos resultados son coincidentes con los porcentajes establecidos para 1999 y 2000 del Cuadro 4.3, si se considera que parte de los incendios por causa desconocida, poseen fuerte componente antrópico.

Cuadro 4.4 Cantidad de incendios ocurridos en la Provincia del Neuquén entre los años 1992 y 2002 clasificados por departamento

Departamento	Causas				
	Antrópicas				Natural
	Negligencia	Desconocida	Accidente	Intencional	
Chos Malal	3	1	-	-	-
Minas	31	15	1	2	3
Pehuenches	2	1	-	1	-
Norquín	13	3	1	5	20
Loncopué	25	3	2	8	15
Añelo	-	-	-	-	-
Picunches	28	-	-	1	7
Zapala	2	-	-	1	1
Confluencia	0	-	-	-	-
Aluminé	38	5	3	3	32
Picún Leufú	-	-	-	1	-
Catan Lil	12	1	-	1	16
Huiliches	222	1	3	7	37
Collón Curá	17	2	1	4	20
Lacar	245	5	2	56	26
Los Lagos	254	2	3	24	2
Parcial	892	39	16	114	179
Total	1.240				

Información proveniente del Servicio Provincial de Lucha contra Incendios Forestales.

Cuadro 4.5 Cantidad de incendios ocurridos en la Provincia del Neuquén entre los años 1992 y 2002 clasificados por año

Año	Causas	
	Antrópica	Natural
1992	7	1
1993	15	1
1993	23	-
1995	62	23
1996	49	15
1997	143	38
1998	204	21
1999	130	56
2000	169	10
2001	141	3
2002	118	11
Parcial	1.061	179
Total	1.240	

Información proveniente del Servicio Provincial de Lucha contra Incendios Forestales.

Para el caso de la provincia de Neuquén, si bien la cantidad de incendios es mucho menor (aun con mayor cantidad de registros históricos), las causas antrópicas representan el 86% del total. Este valor es el mismo que el calculado para la provincia de Río Negro.

El Cuadro 4.5 indica una tendencia histórica en aumento hasta 1998 en lo que respecta a incendios antrópicos. Entre 1998 y la actualidad, los valores han ido oscilando con una media aproximada de 140 incendios. El comportamiento de la serie de in-

cendios naturales no es tan clara como en el caso anterior.

De acuerdo con el Cuadro 4.4, los incendios originados por negligencia alcanzan el 84% de los incendios antrópicos y el 72% del total. Como los datos obtenidos correspondientes a la provincia del Neuquén permiten realizar un análisis con un mayor grado de detalle en comparación con la provincia de Río Negro, se ha confeccionado el Cuadro 4.6, donde se analizan las causas fundamentales de los incendios por negligencia.

Cuadro 4.6 Cantidad de incendios iniciados por negligencia para la Provincia del Neuquén entre los años 1992 y 2002 clasificados por departamento de acuerdo a los motivos principales

Dpto.	Vela	Causa no identificada	Máquina vial	Fogón	Quema pastura	Quema puesto	Quema de animal	Quema de basura	Juego de niños	Pirotecnia	Colilla	Caza furtiva
Chos Malal	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Minas	-	18	-	1	11	-	-	1	-	-	-	-
Pehuenches	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
Norquín	-	5	1	-	7	-	-	-	-	-	-	-
Loncopué	-	7	-	1	17	-	-	-	-	-	-	-
Añelo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Picunches	-	7	-	1	19	-	-	1	-	-	-	-
Zapala	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
Confluencia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aluminé	-	32	-	-	-	1	-	2	1	1	1	-
Picún Leufú	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Catan Lil	-	8	-	1	2	-	-	-	-	-	1	-

Cuadro 4.6 Cantidad de incendios iniciados por negligencia para la Provincia del Neuquén entre los años 1992 y 2002 clasificados por departamento de acuerdo a los motivos principales

Dpto.	Vela	Causa no identificada	Máquina vial	Fogón	Quema pastura	Quema puesto	Quema de animal	Quema de basura	Juego de niños	Pirotecnia	Colilla	Caza furtiva
Huiliches	-	131	2	60	5	-	-	9	9	1	3	2
Collón Curá	1	9	1	2	-	-	1	2	-	-	-	1
Lacar	-	209	2	10	2	-	1	17	-	-	4	-
Los Lagos	-	54	-	104	1	2	2	90	-	-	1	-
Parcial	2	481	6	180	69	3	4	122	10	2	10	3
Total						892						

Información proveniente del Servicio Provincial de Lucha contra Incendios Forestales.

De acuerdo al Cuadro 4.6, se puede concluir a priori que las causas no identificadas son mayoría, con el 54% del total por negligencia, seguido por los incendios originados por fogones mal apagados o abandonados. Las dudas con respecto al elevado porcentaje del primer caso sugirieron la elaboración

del Cuadro 4.7, donde se clasifican los motivos de acuerdo a su ocurrencia histórica. Tal como se aprecia, los verdaderos porcentajes estaban ocultos simplemente porque antes del año 1998 no se especificaba el motivo de los incendios.

Cuadro 4.6 Cantidad de incendios iniciados por negligencia para la Provincia del Neuquén entre los años 1992 y 2002 clasificados por año de acuerdo a los motivos principales

Dpto.	Vela	Causa no identificada	Máquina vial	Fogón	Quema pastura	Quema puesto	Quema de animal	Quema de basura	Juego de niños	Pirotecnia	Colilla	Caza furtiva
1992	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1993	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	-	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	-	124	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	-	160	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-
1999	-	88	-	8	2	-	3	2	-	1	-	1
2000	1	2	-	80	18	2	-	49	9	-	3	1
2001	1	-	3	50	34	1	-	34	1	1	3	1
2002	-	-	2	42	13	-	1	37	-	-	4	-
Parcial	2	481	6	180	69	3	4	122	10	2	10	3
Total						892						

Información proveniente del Servicio Provincial de Lucha contra Incendios Forestales.

Cuadro 4.8 Porcentaje de causas de incendios en el partido de Patagones para los años 1999 y 2000

Causas	Años	
	1999	2000
Negligencia	15	9
Intencional	10	-
Natural	1	3
Desconocidas	28	36
Parcial	54	48
Total	102	

Datos obtenidos de Estadística de Incendios Forestales de los años 1999 y 2000.

La información establecida en los cuadros anteriores es un resumen de algunos de los campos de la información analizada. Se dispone además de datos relativos a las superficies afectadas, tipo de vegetación, cantidad de bomberos que fueron necesarios para controlar el incendio y características de la propiedad. Estos datos fueron utilizados para la estimación de la amenaza.

Una de las principales características de todos los datos analizados, ha sido la diversidad de criterios en la información obtenida en las distintas provincias que componen la cuenca. Muchas veces las variables analizadas no son las mismos o no están claramente definidas. Tal es el caso de la categorización de incendios correspondiente a causas accidentales para la provincia del Neuquén y la provincia de Río Negro.

En lo que respecta a la precisión de la información, es necesario contar con datos puntuales de incendios históricos ocurridos, ya que el máximo nivel de precisión geográfico obtenido, viene dado a nivel de estancia o departamento provincial. Recientemente, en algunos lugares específicos, se están marcando los focos ígneos con posicionadores satelitales para mejorar la categorización actual.

Todos estos antecedentes respaldan lo establecido por la metodología adoptada: las principales causas de los incendios tienen relación con la actividad del hombre. Más aún, conociendo las causas por departamento y si se realiza una ponderación de acuerdo al área perteneciente a la cuenca, se puede afirmar que los incendios de origen antrópico superan el 85% del total. Este valor disminuye notablemente hacia el Suroeste de la región.

Siguiendo los lineamientos de la metodología, es apropiado contemplar los datos históricos de los incendios en los departamentos o estancias de la cuenca. Para tal fin, se analiza (en relación con los lugares acerca de los cuales existen datos) la información correspondiente a los motivos de los incendios en forma de quema de pastizales y residuos, colillas de cigarrillos, maquinaria vial, tormentas eléctricas, fogones mal apagados o abandonados y pirotecnia, entre otros.

Seguidamente, observando el mapa de vegetación de la cuenca, se realiza una categorización teniendo en cuenta el tipo de combustible. Se estudia cada una de las unidades vegetales establecidas por *Movía et al. (1982)* y *Bran et al. (trabajo inédito)*, tratando de identificar las zonas donde es imposible que se produzca un incendio por ausencia de combustible y donde existe cierta posibilidad de que se produzca. En este último caso, teniendo en cuenta las características de las especies que intervienen, las alturas medias de cada uno de los estratos y las coberturas tentativas, se consideran cuatro grados de peligrosidad.

Es importante tener en claro que, si bien las especies de cada una de las unidades vegetales analizadas no han sufrido demasiadas modificaciones desde que se ha realizado el relevamiento, la cobertura se modifica en espacio, estación y año de estudio. Por tal motivo, aunque en los documentos consultados se establece un rango de cobertura vegetal para cada unidad, se consideran de manera orientativa. Además, como el análisis se realiza por unidades geográficas, se tiene siempre presente la asociación entre las actividades que se desarrollan y el tipo de vegetación. Por ejemplo, si prevalece el incendio por quema de pastizales, se establecen claramente aquellas zonas que poseen valor forrajero. El resultado parcial es un mapa de peligrosidad de incendios de acuerdo con el tipo de combustibles representado por los niveles muy alto, alto, medio, bajo y nulo.

Cuadro 4.9 Peligrosidad de incendios de acuerdo al tipo de combustible

Nivel de peligrosidad	Valor asociado
Nulo	1
Bajo	2
Medio	3
Alto	5
Muy alto	7

Tal como ha sido representado en el Cuadro 4.9, a cada nivel de peligrosidad se le asocia un número primo que, teniendo en cuenta la propiedad de que el producto de dos números primos distintos da como resultado un número diferente al producto de cualquier otro par de ellos, permite facilitar las consultas en el sistema de información geográfico utilizado.

Seguidamente, se categoriza la peligrosidad de acuerdo a la topografía de la cuenca. Simplemente, se distinguen las pendientes a escala regional y se identifican los taludes orientados hacia el Norte y Sur. Los primeros, que reciben luz solar durante el día, poseen menor humedad y por lo general cuentan con una mayor diversidad y densidad de especies vegetales. Por esta razón, la metodología considera que son zonas más propensas a la ocurrencia de incendios que las segundas, las cuales prácticamente no cuentan con la influencia de la luz solar. Además, si el terreno posee cierta pendiente -si bien la capa neta de suelo es menor- la configuración de las especies magnifica el nivel de peligrosidad, al encontrarse más próximas, y se facilita la propagación del fuego. El resultado de este análisis del terreno se resume en los Cuadros 4.10 y 4.11, que se muestran a continuación.

Cuadro 4.10
Peligrosidad de incendios de acuerdo a la orientación de las laderas

Orientación	Nivel de peligrosidad	Valor asociado
Sur	Bajo	11
Norte	Alto	13

Cuadro 4.11
Peligrosidad de incendios de acuerdo a la pendiente del terreno

Pendiente	Nivel de peligrosidad	Valor asociado
0 - 15	Bajo	17
15 - 30	Medio	19
> 30	Alto	23

Es importante mencionar que, para el análisis de la variable topográfica recientemente expuesta, se ha utilizado un modelo digital del terreno con un píxel de 1.000 x 1.000 metros, cuyo tamaño es aceptable para la escala regional del estudio.

Del mismo modo que la orientación de las laderas y la pendiente del terreno, la altura juega un factor importante. A medida que aumenta la altura hacia el Oeste de la cuenca, las temperaturas extremadamente bajas y la falta de oxígeno hacen que las condiciones medioambientales disminuyan la probabilidad de que se produzcan incendios. En este sentido, la interpretación de imágenes satelitales durante la temporada de incendios permite identificar las altas cumbres con cobertura de nieve permanente con grado de peligrosidad nulo.

Los factores climáticos como la temperatura, la humedad, la lluvia y los vientos tienen fundamental importancia en lo que respecta a la detección en tiempo real del riesgo de que se produzca un incendio. Por ejemplo, si la temperatura es elevada y hace tiempo que no llueve, seguramente existe una mayor posibilidad de que cualquier foco origine un incendio de gran magnitud. Además, estos factores climáticos, junto con la dirección e intensidad del viento, son relevantes en lo que respecta a la velocidad de propagación del incendio y a las tareas de control asociadas.

En este caso, el enfoque de este estudio se orienta a aquellos factores que tienen una mayor estabilidad temporal, y trata de establecer un mapa que refleje la peligrosidad relativa para toda la temporada de incendios, la cual se extiende del 1 de noviembre al 30 de abril aproximadamente, independientemente de que los factores climáticos modifiquen de manera sustancial las probabilidades reales para un tiempo determinado.

Tal como lo establecen los antecedentes, el factor antrópico juega un papel fundamental en la ocurrencia de incendios. Por tal motivo, de acuerdo a los lineamientos de la metodología adoptada, se identifican los distintos lugares donde el hombre interacciona con el medio y se les asigna un grado de peligrosidad.

En primer lugar, se categorizan los caminos de acuerdo con el tránsito que circula por ellos y el estado de los mismos. Por lo general, las vías no pavimentadas poseen una menor circulación que aquellas que sí lo están. El tránsito se puede relacionar con la cantidad de incendios producidos por colillas de cigarrillos encendidos y por fragmentos de vidrio de envases arrojados por automovilistas. Además, las tareas de mantenimiento en banquetas de caminos pavimentados, constituyen otro motivo de incendio que se debe tener presente. El resultado son cuatro niveles de peligrosidad, con franjas de influencia de distinto ancho en función del grado de intervención del hombre. Seguidamente, se identifican los puestos, parajes y zonas de acampe a los que el hombre tiene acceso. En este caso, el área de influencia se establece en función de las características de cada zona en particular y de los motivos prevaletentes de los incendios históricos. Por último, se identifican los posibles focos por motivos especiales, como, por ejemplo, la caída accidental de las líneas de transmisión de electricidad y las zonas de explotación hidrocarburífera.

El análisis de todas estas variables antrópicas se resumen en el Cuadro 4.12 que se muestra a continuación.

Cuadro 4.12 Riesgo de ignición de acuerdo al tipo y grado de intervención del hombre

Características del lugar de intervención antrópica	Influencia	Nivel de peligrosidad	Valor asociado
Regiones no frecuentadas por el hombre Región ocupada por una localidad	Polígono irregular Círculo de tamaño variable en función de la cantidad de habitantes	Nulo	29
Huellas rurales sin relevar Huellas rurales relevadas Aeródromos rurales Puestos de gendarmería Líneas de alta tensión	Franja de 500 m Franja de 500 m Círculo de $r = 1.000$ m Círculo de $r = 500$ m Franja variable en función de la tensión de la línea de transmisión	Bajo	31
Caminos de tierra o naturales en buen estado Caminos consolidados Caminos en construcción Agrupaciones indígenas Taperas Zonas de explotación hidrocarburífera	Franja de 750 m Franja de 750 m Franja de 750 m Círculo de $r = 2.500$ m Círculo de $r = 500$ m Polígono irregular	Medio	37
Caminos asfaltados Caseríos rurales Escuelas rurales Alrededores rurales de una localidad	Franja de 1000 m Círculo de $r = 1.000$ m Círculo de $r = 1.000$ m Círculo de tamaño variable en función de la cantidad de habitantes	Alto	41
Puestos de estancias Camping o zonas de acampe	Círculo de $r = 2.000$ m Círculo de $r = 4.000$ m	Muy Alto	43

En el Cuadro 4.13 se resume el resultado final, que consiste en categorizar globalmente las regiones de acuerdo a su peligrosidad relativa, en función de la ubicación de los actores que establecen las condiciones para que un incendio se origine y de las posibles zonas con riesgo potencial de ignición. Para tal fin, se utilizan matrices en cuyas filas se

colocan siempre los resultados de relacionar los factores que favorecen la ocurrencia de los incendios con cada uno de los posibles motivos de ignición. En estas matrices, solamente se incorporan los valores asociados a la multiplicación de los valores asociados para facilitar la identificación de la relación resultante final.

Cuadro 4.13 Matriz de relación entre las condiciones que favorecen la ocurrencia de los incendios y las causas antrópicas asociadas

Niveles de peligrosidad de acuerdo con los factores que determinan la posibilidad de que se origine un incendio							Riesgo de ignición de acuerdo al tipo y grado de intervención del hombre					
	Factores						Nulo 29	Bajo 31	Medio 37	Alto 41	Muy Alto 43	
	Vegetación		Ladera		Pendiente							Valor asociado a los factores
Nulo	Nulo	1	Sur	11	0 - 15	17	187	5423	5797	6919	7667	8041
					15 - 30	19	209	6061	6479	7733	8569	8987
					> 30	23	253	7337	7843	9361	10373	10879
		Norte	13	0 - 15	17	221	6409	6851	8177	9061	9503	
				15 - 30	19	247	7163	7657	9139	10127	10621	
				> 30	23	299	8671	9269	11063	12259	12857	
	Bajo	2	Sur	11	0 - 15	17	374	10846	11594	13838	15334	16082
					15 - 30	19	418	12122	12958	15466	17138	17974
					> 30	23	506	14674	15686	18722	20746	21758
		Norte	13	0 - 15	17	442	12818	13702	16354	18122	19006	
				15 - 30	19	494	14326	15314	18278	20254	21242	
				> 30	23	598	17342	18538	22126	24518	25714	
Medio	Medio	3	Sur	11	0 - 15	17	561	16269	17391	20757	23001	24123
					15 - 30	19	627	18183	19437	23199	25707	26961
					> 30	23	759	22011	23529	28083	31119	32637
		Norte	13	0 - 15	17	663	19227	20553	24531	27183	28509	
				15 - 30	19	741	21489	22971	27417	30381	31863	
				> 30	23	897	26013	27807	33189	36777	38571	
	Alto	5	Sur	11	0 - 15	17	935	27115	28985	34595	38335	40205
					15 - 30	19	1045	30305	32395	38665	42845	44935
					> 30	23	1265	36685	39215	46805	51865	54395
		Norte	13	0 - 15	17	1105	32045	34255	40885	45305	47515	
				15 - 30	19	1235	35815	38285	45695	50635	53105	
				> 30	23	1495	43355	46345	55315	61295	64285	
Muy alto	7	Sur	11	0 - 15	17	1309	37961	40579	48433	53669	56287	
				15 - 30	19	1463	42427	45353	54131	59983	62909	
				> 30	23	1771	51359	54901	65527	72611	76153	
	Norte	13	0 - 15	17	1547	44863	47957	57239	63427	66521		
			15 - 30	19	1729	50141	53599	63973	70889	74347		
			> 30	23	2093	60697	64883	77441	85813	89999		

De acuerdo a lo observado en el Cuadro 4.13, existe una marcada ponderación entre los factores que determinan la posibilidad de que se origine un incendio: prevalece el tipo de combustible, la orientación de las laderas y por ultimo las pendientes.

Los valores numéricos sirven para identificar claramente las diversas combinaciones posibles y para facilitar las consultas en el SIG utilizado. Cada una de estas combinaciones entre los factores que determinan la posibilidad de que se origine un incendio

y las posibles causas de ignición, es cuidadosamente ordenada y categorizada por el sistema de información geográfico. Este programa permite multiplicar píxeles de distintos atributos o valor primo asociado, obteniendo mapas en formato raster con atributos equivalentes a los valores indicados en la matriz del Cuadro 4.13. Luego, este mapa resultante se reclasifica de acuerdo con cinco rangos de peligrosidad global, los cuales se encuentran representados por las zonas escalonas indicadas en el cuadro anterior: nulo, bajo, medio, alto y muy alto.

4.4. Mapa de incendios

La selección de la metodología, ha sido función de la información que existe de la zona. Si bien la misma no tiene asociada recurrencias relacionadas con la amenaza, los distintos niveles de peligrosidad final indica las regiones tentativas con más probabilidad de que se produzcan incendios relacionados con la actividad antrópica.

Existen causas especiales que el mapa no refleja adecuadamente. Por tal motivo es importante establecer los alcances de la metodología, indicando que las incendios intencionales y los incendios provocados por la caza furtiva, difícilmente sean bien representados. Esto se debe a que los agentes que originan los incendios, como no desean ser descubiertos, se van a apartar de los lugares de acceso frecuente.

La exactitud del mapa crece a medida que la acción antrópica participa más del riesgo de ignición de los incendios. De esta forma, la lectura del mapa debe complementarse con los antecedentes de las causas de los incendios en la cuenca, tratando de identificar aquellas zonas donde prevalezcan las causas naturales. En estas regiones, la verosimilitud del mapa elaborado es relativamente menor.

En el mapa se incluyen cada uno de los mapas temáticos que utiliza la metodología para evaluar la peligrosidad de incendios: el mapa de combustibles de la cuenca, el mapa de orientación de laderas, el mapa de pendientes medias y el mapa de acción antrópica o de riesgo de ignición.

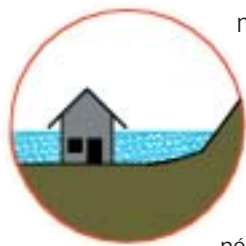
Los porcentajes relativos a los distintos niveles de peligrosidad de incendios y las superficies involucradas en cada caso se resumen en el Cuadro 4.14. El área correspondiente al partido de Patagones (sin datos), en Buenos Aires y la parte ocupada por los grandes lagos de la cuenca, se especifican separadamente.

Cuadro 4.14 Porcentajes relativos de los niveles de peligrosidad de incendios en la cuenca

Especificación	Superficie (km ²)	Porcentaje
Cuenca	140.177	-
Cuerpos de agua	2.804	2
Muy alto	4.205	3
Alto	22.428	16
Medio	32.241	23
Bajo	47.660	34
Nulo	28.035	20
Sin datos	2.804	2

5. Inundación

5.1. Descripción general del fenómeno



La inundación es uno de los fenómenos naturales que más ha afectado al hombre desde sus orígenes. Muchas comunidades ribereñas han podido desarrollarse gracias al dominio y control de las inundaciones. Este tipo de fenómenos ha provocado, y provoca en la actualidad, efectos funestos debido a la carencia de previsión y a un mal manejo de los recursos hídricos.

La inundación constituye el fenómeno por el cual una parte de la superficie terrestre queda cubierta temporalmente por agua. Es el efecto generado por el flujo de una corriente de agua, que no puede ser controlado. El agua en exceso puede ocasionar daños en zonas urbanas y en tierras productivas y problemas ambientales de importancia.

Los organismos mundiales relacionados con la problemática han categorizado las inundaciones a escala global según tres tipos: repentinas, lentas y de ciudad.

Las inundaciones repentinas son las que se producen en cuencas hidrográficas de alta pendiente, por la presencia de grandes cantidades de agua en muy corto tiempo. Son frecuentes en ríos de zonas montañosas con bastante pendiente. Generalmente, se originan cuando se producen fuertes lluvias sobre los terrenos con escasa vegetación, que aceleran el proceso de erosión y la formación de deslizamientos. Las rocas, la vegetación y demás materiales que han caído sobre el río pueden formar un represamiento natural de las aguas. El agua ejerce gran fuerza sobre el represamiento hasta que lo rompe arrastrándolo consigo. La gran cantidad de agua y los materiales sólidos que arrastra poseen un fuerte poder destructivo. Las lluvias intensas pueden originar inundaciones repentinas, cuando el suelo agota su capacidad de infiltración y aumenta la escorrentía superficial. De esta forma, los ríos pueden elevar peligrosamente su nivel.

Las inundaciones lentas constituyen el segundo tipo de inundación. Se producen en los ríos de llanura cuando desbordan lentamente a ambos lados de sus márgenes. Las inundaciones de este tipo pueden ser producto del comportamiento normal de los ríos, es decir, puede ser habitual que en la época de lluvias aumente la cantidad de agua, inundando los terrenos planos cercanos. La ocurrencia de este tipo de inundaciones puede depender de la cantidad de sólidos que transporte el río: en la zona de bajas velocidades, se produce la deposición de los materiales del lecho erosionados aguas arriba, que disminuyen la sección útil del cauce y elevan los niveles del agua.

En las ciudades, las inundaciones se producen por efecto directo de las precipitaciones, cuando la población no cuenta con sistemas de alcantarillado o canales de desagües efectivos. Es importante tener

en cuenta que no es suficiente contar con sistemas de alcantarillado eficientes para que no se produzcan las inundaciones. Es fundamental proporcionarles un adecuado mantenimiento, evitando los taponamientos y el deterioro por el paso de los años.

Existen otros enfoques que tienen en cuenta el origen de las inundaciones, clasificándolas en pluviales, fluviales, lacustres y costeras. Las primeras son aquellas que se deben a la ocurrencia de precipitaciones intensas en terrenos de topografía plana o en zonas urbanas con insuficiencia o carencia de drenajes. Las segundas se originan cuando los escurrimientos superficiales son mayores que la capacidad de conducción de los cauces. Las terceras se originan en los lagos y lagunas, por el incremento de sus niveles, y son peligrosos por el riesgo que representan para los asentamientos humanos cercanos a los cuerpos de agua. Finalmente, las cuartas se producen por el ascenso del nivel del mar, causado por fenómenos meteorológicos como temporales, tormentas, marejadas o tsunamis.

De acuerdo con esta clasificación, por lo general las inundaciones fluviales son las que provocan las mayores consecuencias. Igualmente, cuando se producen lluvias intensas en zonas urbanizadas y el agua precipitada no es rápidamente alejada por un sistema de alcantarillado eficiente, los problemas asociados con los de origen pluvial son frecuentes. Este tipo de fenómeno se traduce en problemas aluvionales en los que el factor topográfico, la existencia o no de cobertura vegetal y el porcentaje de superficie ocupada por infraestructura (pavimento, veredas y techos de las viviendas) juegan un papel sumamente importante.

Cuando el suelo no es relativamente impermeable por el avance de la urbanización, las lluvias intensas saturan rápidamente los suelos, que, al colmar su capacidad de infiltración, provocan un exceso de escurrimiento superficial. Nuevamente, si la precipitación efectiva cruza un sector vulnerable a los anegamientos, se producen inundaciones.

Clasificación de las inundaciones

- Repentinas
- Lentas
- En ciudades
- Pluviales
- Fluviales
- Lacustres
- Costeras

Las precipitaciones pueden durar varios días. Bajo estos patrones de lluvia, *Monsalve Sáez (2000)* indica que la duración de la precipitación es directamente proporcional a la escorrentía superficial: para lluvias de intensidad constante, existe mayor oportunidad de escorrentía superficial cuanto mayor haya sido su duración.

La memoria del suelo con respecto a los eventos meteorológicos también ejerce su influencia. Una precipitación que ocurre cuando el suelo está húmedo porque recientemente ha llovido presenta mayor facilidad de convertirse en escorrentía superficial.

La extensión del área de captación se relaciona directamente con la mayor o menor cantidad de escorrentía superficial que una cuenca pueda generar. La pendiente media del área donde se produce la precipitación también juega un papel importante en la determinación de la precipitación directa, puesto que a medida que la pendiente aumenta, la infiltración disminuye.

Las actividades humanas pueden interferir en el proceso, agravando la situación. La tala de bosques, la quema indiscriminada y la carencia de cubierta vegetal, cuya principal función ante esta problemática es la de absorber y retener el agua durante las lluvias intensas, hace que escurra más agua superficial en menos tiempo, incrementando la posibilidad de anegamiento en los lugares más bajos. Generalizando, se puede decir que todas las intervenciones humanas que generen o incrementen los procesos de erosión, aumentan la posibilidad de inundaciones de origen pluvial.

Una vez que el agua se encuentra encauzada en los ríos, la situación con respecto a la problemática de inundaciones tiene características particulares, propias del recurso hídrico. Los ríos poseen épocas naturales de crecidas y estiajes que, en caso de tratarse de situaciones extremas, traen aparejados inconvenientes asociados con el exceso y la carencia de agua.

La incorporación de presas de embalse permite moderar los efectos de las fluctuaciones naturales de los caudales, pero no elimina la posibilidad de que ocurran emergencias hídricas por inundaciones: éstas presentarán diferentes características y frecuencias de ocurrencia respecto de las que se generaban con anterioridad. De esta forma, se reduce la probabilidad de ocurrencia de una inundación, pero se introduce una nueva amenaza asociada con el peligro potencial de que se produzca el colapso de alguna de ellas.

5.2. El impacto de las inundaciones

La suma de los perjuicios causados en un período determinado convierten a las inundaciones en una de las amenazas que producen más pérdidas y deterioro social.

Una inundación es perjudicial cuando afecta de manera directa a las comunidades. Cuando es de gran alcance, puede causar muchas muertes y desolación a sus pobladores.

Las crecidas de gran magnitud dan lugar a inundaciones de áreas rurales y urbanas ribereñas por desborde de los cauces. Se producen daños a la propiedad, y puede ser necesario evacuar a los pobladores asentados en las zonas más bajas.

Cuando las inundaciones se producen en zonas densamente pobladas carentes de un sistema cloa-

cal eficiente, se alteran las condiciones de salubridad de la fuente de agua natural de la comunidad.

Cada año el impacto de las inundaciones a escala global se acrecienta. Esto se explica por el deterioro progresivo de las cuencas y cauces de los ríos en los que se deposita basura, se taponan los drenajes naturales, se estimula la erosión física mediante la tala indiscriminada o se realizan prácticas de quemado y se habita u ocupa lugares propensos a inundaciones.

Las inundaciones no solamente ocasionan daños sobre las propiedades y la infraestructura o ponen en peligro vidas. También impactan sobre el sistema natural, erosionando el suelo o produciendo la deposición de sedimentos. Estas modificaciones del sistema provocan alteraciones en el rendimiento de los sectores dedicados a la producción agrícola.

La circulación de importantes caudales en zonas destinadas a la producción satura los suelos aledaños o no permite el aprovechamiento de las zonas adyacentes a los ríos, de ubicación y fertilidad privilegiadas. En ambos casos, el potencial productivo se ve disminuido.

Cuando se construyen presas para el control de las inundaciones, aguas abajo de las mismas existe un riego hídrico latente de inundación, por la existencia de diferentes factores, como la ocupación sin planificación de las planicies de inundación; los cambios morfológicos en los ríos, producto de la regulación de caudales; la tropificación de los cauces y la posibilidad de colapso de la estructura de cierre.

El proceso de ocupación de las planicies de inundación se produce por la modificación de la magnitud y de la frecuencia de las crecidas debido a la regulación aportada por los embalses. Esto genera una falsa creencia de que no se van a producir más inundaciones, que se manifiesta en el uso indiscriminado de las tierras potencialmente inundables, con el consiguiente riesgo para la vida y los bienes de las personas allí emplazadas.

La construcción de las obras de regulación origina un conjunto de situaciones que altera el funcionamiento natural de los ríos. Estos cambios se producen como resultado de la modificación del hidrograma anual del río y de la alteración del estado de equilibrio dinámico de los cauces. Si bien se trata de medidas imprescindibles para el desarrollo de una región que sufre de constantes inundaciones, trae aparejados algunos efectos negativos que a veces magnifican la amenaza. Los grandes embalses artificiales, favorecen la deposición de los materiales en suspensión que trae el río, modificando notoriamente la turbiedad del agua. Este fenómeno, además de producir cambios en la morfología del río, permite que la luz solar ilumine zonas de mayor profundidad. Esto se traduce en un aumento en la cantidad de flora acuática que paulatinamente se va acumulando en todo el cauce. Este factor, además de reducir la sección útil necesaria para transportar el agua, modifica la rugosidad del río, lo que afecta directamente a la capacidad de conducción. La consecuen-



Pobladores de Brasil bajo el agua por la inundación ocurrida en 1991.
<http://newweb.www.paho.org/Images/PED/Brazilb1.html>



Ultima fase del colapso de la presa Teton, en junio de 1976. Murieron 11 personas y los costos económicos fueron de 11 millones de dólares.
<http://www.pn.usbr.gov/dams/Teton.shtml>



En los países de Centroamérica las inundaciones son producto de la ocurrencia de otras amenazas. Este es el caso de Haití tras el paso del huracán Lili.
<http://www.oreworld.org/flood/flood.htm>

cia de este proceso es un aumento progresivo del área inundable para un mismo caudal.

Cuando se construyen presas para el control de las inundaciones, se pueden producir anomalías durante la vida útil de las obras. El mal funcionamiento de una presa puede requerir maniobras extraordinarias de desembalse rápido por cuestiones de seguridad o para poder realizar trabajos de reparación. Cuando esto sucede, la razón de cambio y los volúmenes de erogación superan los umbrales normales, originando inundaciones en las zonas cercanas al río regulado y modificando la morfología de los cauces.

Desafortunadamente, la posibilidad de que una presa falle constituye una realidad. Cada vez que se ha producido una catástrofe de este tipo, los resultados se traducen en importantes daños a extensas regiones e innumerables pérdidas humanas. La falla de una presa puede originar una onda de crecida, de un

orden de magnitud varias veces mayor que cualquier crecida histórica y, en general, mayor que la crecida máxima probable. El impacto de este tipo de eventos depende de varios factores. Los más influyentes son el tipo de presa, el volumen del embalse, la existencia de planes de emergencias hídricas que evalúen correctamente el fenómeno, la difusión de los planes y la posibilidad de alertar aguas abajo de la presa.

Cuando un río se encuentra confinado entre bordos perimetrales y circula con un nivel alto, una ruptura de las obras de protección, provoca una rápida inundación lateral de la planicie, ocasionando daños extensos en los bienes y provocando bajas humanas en función de las condiciones locales, el momento del acontecimiento y la oportunidad de dar algún tipo de alerta.

5.3. Evaluación de las inundaciones en la cuenca

Con el multipropósito de lograr la atenuación de las crecidas, proporcionar riego y generar energía hidroeléctrica, se pone en marcha en la década del '60 la construcción de las grandes obras de aprovechamiento hidroenergético sobre los ríos más importantes de la cuenca: el Limay y el Neuquén.

La incorporación de presas de embalse ha permitido moderar los efectos de las crecidas, pero de modo alguno se ha podido eliminar radicalmente la posibilidad de que ocurran emergencias hídricas. Estas presentan diferentes características y frecuencias de ocurrencia respecto de las que generaba la cuenca en su estado natural. Con anterioridad a la construcción de las presas, existía un riesgo natural proveniente de las crecidas propias de los ríos. Con la construcción de las presas, se redujeron las probabilidades de ocurrencia pero se introdujo una nueva amenaza: el peligro potencial de que se produzca el colapso de alguna de ellas.

Como parte del Sistema de Emergencias Hídricas, definido como la organización destinada a afrontar una emergencia de carácter hídrico, se han considerado distintos escenarios que representan los eventos peligrosos asociados con el recurso, capaces de afectar a la población: crecidas de magnitud en los ríos no regulados, desembalses controlados de grandes caudales desde las presas de regulación y desembalse súbito por rotura de presa.

El objetivo primordial de este sistema es salvaguardar vidas y bienes de la población potencialmente afectada. Para tal fin, se han realizado estudios para conocer los eventos o fenómenos que pueden presentarse y que tienen la capacidad de impactar; conocer cuándo y con qué frecuencia puede ocurrir cada uno de ellos; saber cuáles son los estados límite o de rotura de aquellas obras que se encuentran en la cuenca y que, por su magnitud (en el hipotético caso de que se produzca un colapso), pueden provocar efectos perjudiciales para la población o el medio ambiente; y, finalmente, conocer los impactos que provocan los diferentes eventos.

Con respecto a la línea de ribera, en *Drasckler y Fouga (1996)* se adopta como definición que la misma debe surgir del nivel que alcanzarían las aguas para un caudal que corresponda al promedio de las crecidas anuales medias. Para tal fin, se cuenta como dato de entrada caudales de la serie histórica, cuyo récord es de aproximadamente noventa años, y la condición de operatividad permitida de los embalses en el cumplimiento de las Normas de Manejo de Aguas, establecidas contractualmente. Los caudales correspondientes a esos promedios son para el río Neuquén de 540 m³/seg, y para el río Limay de 1.290 m³/seg. Sin embargo, en el primer caso el caudal resulta inferior al caudal máximo de operación normal establecido aguas abajo de El Chañar para la mayor parte del año, excepto en el período enero-abril, en que rigen restricciones a la operación normal para facilitar el drenaje. Por este motivo, para establecer la línea de ribera en el río Neuquén, se considera un caudal de 600 m³/seg, dado que el mismo puede darse aleatoriamente en cualquier momento del año, como producto de la operación normal de la central de Planicie Banderita, aunque corresponde a un período de retorno del orden de los 3 años. Para el río Negro, el análisis es similar. En este caso, la consideración de la serie histórica de los caudales que corresponden al promedio de los máximos caudales anuales, resulta de 1.900 m³/seg.

El Cuadro 5.1 resume los valores del análisis realizado aguas abajo de los compensadores. Además, se incluyen los caudales correspondientes a las recurrencias de 10 y 100 años que demarcan la zona de evacuación de crecidas y de riesgo de inundación.

Con los caudales indicados en el Cuadro 5.1, se efectuó una modelación matemática y con la información de los niveles de agua obtenidos, se trazaron sobre un plano las líneas de inundación. Si bien esto es de importancia primordial en lo que respecta a la planificación territorial y a la definición de los usos de la tierra, la representación geográfica de esta información escapa de la escala del presente estudio.

En el río Neuquén, durante la última etapa de construcción de las obras de derivación de Portezuelo Grande, se detectó que aún estaba faltando



Sobrevivientes de una inundación en Honduras producto de las intensas lluvias ocurridas en 1998.
<http://www.jmarcano.com/varios/desastre/huracan3.html>



Restos de viviendas luego del impacto de la inundación en un río torrencial en Estados Unidos.
<http://www.sdc.cr.usgs.gov/projects/1972flood/photos.html>

capacidad de control ante la llegada de importantes volúmenes de agua. Si se tiene presente que del caudal de 14.520 m³/seg correspondiente a la crecida máxima probable, solamente puede ser derivado de manera instantánea un flujo de 11.500 m³/seg, la amenaza es genuina. Si bien la crecida máxima probable es de muy escasa probabilidad de ocurrencia, no es imposible que suceda si las condiciones meteorológicas se combinan de la manera más desfavorable. De esta forma, existe un riesgo latente para las comunidades ubicadas aguas abajo de Portezuelo Grande que debe ser mitigado, independientemente de las obras complementarias que haya que realizar.

Sobre el río Limay, la primera obra en construirse y constituirse en el principal atenuador de crecidas fue El Chocón. Posteriormente, se construyó la presa

Cuadro 5.1 Caudales seleccionados para la conformación de mapas de inundación

Rio	Tramo	Recurrencia (años)	Caudal (m ³ /seg)	Observación
Limay	Arroyito - Confluencia	-	1.290	Línea de ribera
Limay	Arroyito - Confluencia	10	1.900	Línea de evacuación de crecidas
Limay	Arroyito - Confluencia	100	2.300	Línea de riesgo de inundación
Neuquén	El Chañar - Confluencia	-	600	Línea de ribera
Neuquén	El Chañar - Confluencia	10	900	Línea de evacuación de crecidas
Neuquén	El Chañar - Dique Ing. Ballester	100	1.300	Línea de riesgo de inundación
Neuquén	Dique Ing. Ballester - Confluencia	100	1.100	Derivación al lago Pellegrini

Adaptado de Drasckler y Fouga (1996).

Alicurá y Piedra del Águila, diseñada para soportar la crecida máxima probable. La última gran obra hidroeléctrica de la cuenca ha sido ejecutada sobre este río en 1997, con el nombre de Pichi Picún Leufú.

Sobre este recurso, la capacidad de regulación es superior a la del río Neuquén. Posiblemente, en el caso de que el fenómeno extraordinario se produzca, exista una incompatibilidad entre el manejo de los caudales (con la finalidad de garantizar la seguridad global del sistema) y las normas actuales establecidas para el manejo de las aguas.

Los niveles de agua del río Negro en su tramo final desde la localidad de San Javier, se encuentran influidos por el régimen de mareas del océano Atlántico, el

cual condiciona el vertido de las aguas. Su influencia produce variaciones en los niveles, que aumentan proporcionalmente con la marea y que se magnifican en presencia de viento proveniente del mar. La combinación de estas variables origina las denominadas sudestadas, que elevan los niveles de agua y afectan todo el tramo (en especial, a las localidades de Viedma y Carmen de Patagones).

Una de las más importantes características que distinguen a la cuenca es la gran cantidad de obras hidráulicas emplazadas sobre sus ríos. Los Cuadros 5.2 y 5.3, que se muestran a continuación, describen las características más sobresalientes de cada uno de los aprovechamientos hidráulicos.

Cuadro 5.2 Obras hidráulicas pertenecientes a la cuenca sobre el río Neuquén

	<p>Complejo Cerros Colorados - Portezuelo Grande (1973) Se encuentra a 60 km al Noroeste de la Ciudad de Neuquén. Es una presa de materiales sueltos homogénea de 15 metros de altura y 3.200 metros de longitud. No embalsa agua, se trata de una obra de desvío. No genera energía hidroeléctrica.</p>
	<p>Complejo Cerros Colorados - Loma de la Lata (1977) Se encuentra en las serranías que separan las cuencas Los Barriales y Mari Menuco. Es una presa de materiales sueltos zonificada de altura variable entre 4 y 13 metros y 3.800 metros de longitud. El volumen total del embalse es de 3.215 hm³. No genera energía hidroeléctrica.</p>
	<p>Complejo Cerros Colorados - Central Planicie Banderita (1978) Se encuentra a 60 km al Noroeste de la Ciudad de Neuquén. Posee una presa de materiales sueltos zonificada de 35 metros de altura y 300 metros de longitud. El volumen del embalse es de 346 hm³. Su potencia instalada es de 450 MW. Produce una energía media anual teórica de 1.512 Gwh.</p>
	<p>Complejo Cerros Colorados - El Chañar (1980) Se encuentra inmediatamente aguas abajo de la restitución de Planicie Banderita. Es una presa de materiales sueltos con una parte homogénea y otra zonificada de 15 metros de altura y 6.300 metros de longitud. El volumen total del embalse es de 34 hm³. No está equipada para producir energía hidroeléctrica.</p>

*Adaptado de Ortega y Blasco (1998) y folletos informativos de cada una de las obras.
 Las fotografías son gentileza del ORSEP Regional Comahue.*

**Alicurá (1983)**

Se encuentra sobre el río Limay, a 100 km de su nacimiento.
Es una presa de materiales sueltos zonificada con núcleo impermeable vertical de 30 metros de altura máxima y 880 metros de longitud.
El volumen total del embalse es de 3.215 hm³.
Su potencia instalada es de 1.000 MW.
Produce una energía media anual teórica de 2.360 Gwh.

**Piedra del Aguila (1992)**

Se encuentra a 25 km aguas abajo de la localidad de Piedra del Aguila.
Es una presa de gravedad realizada con hormigón de 170 metros de altura y 820 metros de longitud.
El volumen total del embalse es de 11.300 hm³.
Su potencia instalada es de 1.400 MW.
Produce una energía media anual teórica de 5.500 Gwh.

**Pichi Picún Leufú (1997)**

Se encuentra a 75 km aguas abajo de la confluencia de los ríos Collón Curá y Limay.
Es una presa de grava compactada con pantalla de hormigón aguas arriba de 45 metros de altura y 1.045 metros de longitud.
El volumen total del embalse es de 197 hm³.
Su potencia instalada es de 261 MW.
Produce una energía media anual teórica de 1.080 Gwh.

**El Chocón (1973)**

Se encuentra a 20 km de la Ruta Nacional N° 237.
Es una presa de materiales sueltos zonificada con núcleo impermeable inclinado de 86 metros de altura y 2.270 metros de longitud.
El volumen total del embalse es de 20.200 hm³.
Su potencia instalada es de 1.200 MW.
Produce una energía media anual teórica de 3.350 Gwh.

**Arroyito (1983)**

Se encuentra próximo a la rotonda de encuentro de las rutas Nacionales N° 22 y N° 237.
Es una presa de materiales sueltos homogénea de 26 metros de altura y 3.500 metros de longitud.
El volumen total del embalse es de 296 hm³.
Su potencia instalada es de 120 MW.
Produce una energía media anual teórica de 720 Gwh.

El Sistema de Emergencias Hídricas comprende una serie de componentes de características definidas. Es menester hacer mención al Plan de Acción durante Emergencias, ya que le compete la confección de mapas de inundaciones para distintas hipótesis de roturas de las presas, proporcionando para cada una de ellas los niveles máximos que alcanzaría el agua por la onda de crecida y su tiempo de arribo a cada localidad.

En correspondencia con los cuatro niveles de alerta delineados en el Plan de Emergencias y Mitigación del Riesgo, dentro del Sistema de Emergencia Hídricas, se han diseñado cuatro niveles de preparación y respuesta. Para el nivel de respuesta IV, que responde a una situación de alerta roja, cuando la falla de una presa es inminente o ha ocurrido, se han seleccionado, del conjunto estudiado, distintas situaciones de colapso que se resumen en el Cuadro 5.4 que se ilustra a continuación.

Cuadro 5.4 Situaciones de diseño para el nivel de respuesta IV

Rio	Situación	
Limay	A	Rotura de Alicurá con buen tiempo y efecto dominó Rotura de Piedra del Águila con buen tiempo y efecto dominó
	B	Rotura de El Chocón
	C	Rotura de Arroyito con buen tiempo
Neuquén	D	Rotura de El Chañar con buen tiempo en el Limay
	E	Rotura de Portezuelo Grande y efecto dominó con buen tiempo en el Limay Rotura de Portezuelo Grande y efecto dominó durante la crecida máxima probable
Negro	A	Rotura de Alicurá con buen tiempo y efecto dominó Rotura de Piedra del Águila con buen tiempo y efecto dominó
	B	Rotura de El Chocón con buen tiempo y efecto dominó
	C	Rotura de Arroyito con buen tiempo
	D	Rotura de El Chañar con buen tiempo en el Limay
	E	Rotura de Portezuelo Grande y efecto dominó con buen tiempo en el Limay Rotura de Portezuelo Grande y efecto dominó durante la crecida máxima probable

Adaptado de *El Control de las Crecidas* (2001).

Los estudios de inundaciones por rotura de presas fueron realizados por los concesionarios de las obras como parte de los trabajos obligatorios de los contratos de concesión. Se utilizó un modelo matemático Dam Break Flood Forecasting Model del National Weather Service, que permite simular el hidrograma de rotura por sobrepaso o sifonaje y la propagación del mismo a lo largo del valle, aguas abajo. El modelo permite analizar distintas geometrías y tiempos de formación de la brecha y tiene capacidad para simular un sistema de presas.

Los mapas de inundación resultantes de las hipótesis de rotura de las obras que representan un riesgo para las comunidades ubicadas agua abajo, como así también para las demás obras, han sido realizados en la Autoridad Interjurisdiccional de Cuenecas para el diseño de los planes locales para emergencias.

5.4. Mapa de inundación por rotura de presas

Los mapas fueron elaborados para inundaciones producidas por el eventual colapso de alguna de las presas construidas en la cuenca. Los mismos forman parte del diseño de los Planes de Acción Durante Emergencias, como parte de los trabajos obligatorios de los contratos de concesión de las obras hidroeléctricas. Para su determinación se estudió un conjunto de situaciones, seleccionándose para su representación y adopción para el diseño del Sistema de Emergencias Hídricas y planes locales, aquellas hipótesis capaces de producir la situación más desfavorable a lo largo de los valles.

Estos mapas se han distribuido en las localidades aguas abajo de las presas en una escala más apropiada, para que los responsables de la protección pública, desarrollen los planes locales para emer-

gencia. Por cuestiones de volumen, en este trabajo no se ha incluido toda la información original de los mapas. Solamente se ha incorporado la información relativa a la magnitud del impacto potencial, de aplicabilidad en la planificación del uso del territorio de nuevos proyectos de inversión e intervenciones en los existentes.

En el tramo final del río Negro, sólo se han representado las inundaciones de mayor impacto correspondientes a las hipótesis A y B. La representación de las restantes, no resulta adecuada para la escala del trabajo.

Se destaca que la onda de crecida provocada por la rotura de la presa Pichi Picún Leufú, es detenida por el embalse de la presa El Chocón.

6. Deslizamientos

6.1. Descripción general del fenómeno



Los deslizamientos son fenómenos peligrosos que forman parte de la dinámica natural terrestre y que representan la forma de erosión que involucra a la gravedad como agente causante. Se pueden presentar por la existencia de suelos o rocas blandas a lo largo de superficies planas o circulares del terreno, como deslizamiento traslacional o bajo una amplia variedad de formas.

Dado que la fuerza de gravedad actúa permanentemente sobre la materia, los deslizamientos solamente ocurren cuando la componente en la dirección de la pendiente excede la resistencia del material.

Los factores involucrados que influyen en las características de los deslizamientos tienen relación con la clase de roca o suelo, la orientación de las fracturas o grietas, la cantidad de lluvia en el área, la influencia de la actividad sísmica, el factor antrópico y el grado de erosión de la zona.

Los deslizamientos incluyen un amplio espectro de sucesos capaces de adoptar diversas formas. Pueden durar unos pocos segundos, minutos o incluso días, cuando los movimientos son graduales y lentos. Debido a esta diversidad de formas, para poder evaluar el impacto potencial de la amenaza, resulta importante describir cada tipo de deslizamiento.

Un desprendimiento es una forma simple de deslizamiento en la que el material se desprende de un talud empinado o de un acantilado, descendiendo en caída libre, mediante saltos o rodando a gran velocidad. Estos deslizamientos se producen de una manera muy rápida.

El volcamiento se produce por el giro o rotación hacia adelante de una o varias rocas gracias al efecto de la fuerza gravitatoria. Su velocidad de descenso es un poco inferior a la del caso anterior.

Los flujos de tierra son masas de suelo blando con alto contenido de humedad que se mueven arrastrando la delgada capa superficial del terreno. Generalmente, se forman cuando el suelo y la vegetación pierden resistencia al corte por el accionar del agua, y pueden alcanzar gran fuerza cuando la intensidad y la duración de las lluvias es importante.

La reptación es la deformación que sufre una masa de suelo o roca como consecuencia de movimientos muy lentos, bajo el accionar de la gravedad. Se suele manifestar por la inclinación de los árboles y postes, el tensionado de las raíces de los árboles, el corrimiento de las vías de comunicación y la aparición de grietas superficiales.

Los factores que tienen implicancia en la ocurrencia de deslizamientos se pueden dividir en permanentes y variables.

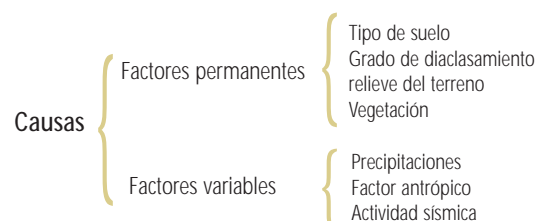
Los factores permanentes tienen relación con las características del terreno que permanecen invariables o que varían muy poco a escala humana. La clase de roca y suelo, la existencia de fracturas o grietas, el relieve y el tipo de vegetación, representan los factores de carácter permanente.

El tipo de suelo establece los parámetros inherentes al material que determinan su resistencia: ángulo de fricción interna y cohesión, entre otros. A modo de ejemplo, algunos suelos arcillosos expansivos, tienen la propiedad de que, al humedecerse con agua, aumentan de volumen. Si existe este tipo de suelo en los lugares donde se produce la alteración de humedad ambiente, se originan deformaciones y presiones sobre taludes y rocas, estimulando la ocurrencia de deslizamientos y desprendimientos. Los suelos que contienen piedra caliza, bajo ciertas condiciones particulares de humedad, pueden colapsar y originar deslizamientos.

Las fallas y fracturas constituyen zonas de debilidad donde se producen desprendimientos con mucha facilidad, puesto que favorecen la distribución del agua y concentran tensiones. Cuantas más discontinuidades existan, mayor es la inestabilidad de la masa de suelo y mayor es la probabilidad de que se originen deslizamientos.

El relieve es un factor sumamente importante que interviene a través de la pendiente y la orientación de los taludes. La pendiente determina la magnitud de la componente de la gravedad en el sentido del movimiento, determinando las zonas propensas a la ocurrencia de deslizamientos. Este factor condiciona el tipo de material acumulable, estableciendo de antemano los tipos de deslizamientos que se pueden llegar a producir. La orientación del terreno es una medida indirecta de la influencia climática sobre el paisaje. Existen deslizamientos asociados con la recarga de la napa freática por influencia de los vientos sobre las tormentas o por la nieve acumulada. De acuerdo con la orientación, las faldas montañosas experimentan un mayor número de ciclos hielo/deshielo o húmedo/seco, reduciendo la resistencia y tornando al suelo más susceptible a la ocurrencia de deslizamientos.

El tipo y densidad de vegetación refleja las variaciones de humedad de un área determinada. De acuerdo a la especie, manifiestan la presencia de agua freática cerca de la superficie y colaboran con la fijación de los taludes cuando sus raíces tienen un desarrollo importante.



Los factores variables son el resultado de la modificación rápida de las condiciones locales. La humedad, las actividades humanas y los movimientos telúricos son los factores más influyentes dentro de esta categoría.

El agua constituye uno de los factores variables más importantes en lo que respecta a deslizamientos. En las regiones lluviosas, es común encontrar grandes espesores de suelo que, debido a la meteorización física y química sufrida, son muy susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos. Si el nivel freático alcanza los estratos débiles del suelo, la resistencia disminuye y aumenta la probabilidad de que se originen deslizamientos. Los ríos, el mar, los embalses y los lagos erosionan la base de las laderas y provocan gran cantidad de deslizamientos. En particular, en los embalses de la presas, el mecanismo de rotura perimetral o de borde se produce por el movimiento en masa debido al accionar constante de las olas y niveles de operación del embalse, o por procesos de erosión localizados. En estos casos, la falla se inicia por las modificaciones en las condiciones piezométricas dentro del material rocoso, como resultado del estado del embalse, por el grado de saturación del receptáculo o por la existencia de roca debilitada. Las condiciones más desfavorables en lo que respecta a la estabilidad de los taludes perimetrales se produce cuando, ante la detección de anomalías en la presa, es necesario desembalsar importantes volúmenes de agua en muy poco tiempo. Bajo este escenario, la condición de flujo paralelo al talud disminuye el coeficiente de estabilidad global de las márgenes.

Las acciones antrópicas manifestadas a través de los movimientos de suelos y excavaciones, con la fi-

nalidad de construir carreteras, ferrocarriles, edificaciones y otras infraestructuras, alteran los taludes naturales, facilitando la ocurrencia de desprendimientos y deslizamientos. Por ejemplo, cuando se construyen vías de comunicación en zonas de alta montaña, los taludes abruptos se transforman en sitios propensos a la ocurrencia de este tipo de fenómenos. Si el material de emplazamiento se conforma por rocas de buena calidad, las voladuras necesarias realizadas con la finalidad de implantar la obra producen la fractura de la roca circundante. Como los taludes permanecen prácticamente estables con cortes verticales, dependiendo del grado de diaclasamiento y de las condiciones externas reinantes, se originan desprendimientos localizados. Si los suelos de fundación son de baja resistencia y se producen copiosas precipitaciones capaces de saturar la zona cercana al paquete estructural de la obra, se pueden originar deslizamientos circulares. Asimismo, la actividad antrópica implica modificaciones en las condiciones hidráulicas de los suelos por alteración de la cobertura vegetal: al modificar los usos de un bosque, aumentan las condiciones necesarias para que se produzcan los deslizamientos.

Otro factor variable de importancia son las vibraciones sísmicas en zonas naturalmente propensas a la ocurrencia del fenómeno. Este agente ha sido la causa de los deslizamientos históricos más importantes.

La interacción de todos estos factores determina las zonas potencialmente peligrosas. Los permanentes establecen las condiciones para que el deslizamiento se pueda originar y los variables los que establecen el momento de su ocurrencia.

6.2. El impacto de los deslizamientos

Los accidentes y las pérdidas económicas debido a la ocurrencia de deslizamientos se han incrementado por el aumento de la presión poblacional en áreas propensas a la ocurrencia de este tipo de fenómenos.

Cuando se producen asentamientos en sitios inadecuados (valles pluviales y zonas con pendientes abruptas) y el factor detonante se exhibe en forma de lluvia intensa, movimiento telúrico o actividades antropogénicas, el suelo pierde su condición de estabilidad arrastrando todo lo que se encuentra en la superficie y acumulándolo pendiente abajo. Bajo este escenario, las pérdidas humanas suelen ser innumerables.

En muchos países, los deslizamientos son la causa de los principales impactos socioeconómicos que azotan a las comunidades. Las pérdidas debido al fallamiento de los taludes son importantes y, aparentemente, se incrementan en la misma medida que las construcciones en áreas inestables por la presión de la expansión poblacional. Las actividades humanas alteran grandes volúmenes de suelo durante la construcción de viviendas, rutas de transporte, presas, canales y sistemas de comunicaciones. Estos factores, que incrementan la vulnerabilidad de los ecosistemas, son los que luego terminan recibiendo los impactos negativos que traen aparejados los deslizamientos.



El impacto de los deslizamientos en la ciudad de Caraballeda (Venezuela), en diciembre de 1999.
<http://pubs.usgs.gov/of/2001/ofr-01-0276>



Los desprendimientos activados por movimientos sísmicos fueron un problema para las vías de comunicación en California, en 1986.
<http://bearcat.ubly.k12.mi.us/earthpics.html>

El impacto de estos eventos depende de la naturaleza específica del deslizamiento. Los desprendimientos de rocas son peligros evidentes para la vida y la propiedad y constituyen una amenaza de limitada área de influencia. Por el contrario, otros tipos de deslizamientos como los grandes flujos de tierra, provocan la pérdida masiva de vidas y propiedades.

Las avalanchas de roca, la caída de rocas, los flujos de tierra y la licuefacción son responsables de más del 90% de las muertes causadas por deslizamientos inducidos por sismos. Las primeras, si bien no son muy comunes, pueden ser catastróficas cuando se manifiestan. Con respecto a la segunda, si bien la caída individual de rocas produce daños limitados, cuando caen en forma colectiva se encuentran entre los peligros más importantes inducidos por sismos.

Los efectos de los deslizamientos sobre las geomorfologías son un factor de importancia en la degradación de la superficie terrestre. La topografía y la morfología superficial, tanto continental como marina, han sido continuamente modificadas por movimientos gravitacionales en masa. Estos impactos resultan difíciles de cuantificar porque son procesos que se producen de manera irregular y discontinua en espacio y tiempo.

Los movimientos de tierra asociados a terremotos o erupciones volcánicas pueden alterar extensas áreas, modificando las características de las laderas naturales y de las cuencas de drenaje. Muchas veces, los pequeños deslizamientos asociados con las intensas tormentas, producen un impacto similar, aunque generalmente no son tenidos tan en cuenta como en el primer caso.

Los deslizamientos submarinos constituyen un proceso natural por el cual se trasladan grandes cantidades de sedimentos desde las plataformas continentales a las profundidades oceánicas, produciendo cambios en la topografía y la morfología marina. Los mecanismos que gobiernan este tipo de deslizamiento presentan similitudes y diferencias con los continentales. Si bien las diferencias tienen que ver con los volúmenes en movimiento y el tipo de material involucrado, este tipo de deslizamiento forma parte de un proceso natural que no produce efectos negativos claros.

Los deslizamientos que más afectan a los cursos de agua son los lahares (asociados con la actividad volcánica), puesto que tienen la capacidad de fluir importantes distancias por el cauce de los ríos, afectando todo lo que encuentran a su paso. Este tipo de deslizamientos arrastra grandes cantidades de sedimentos, dependiendo de las características del suelo por el que pase antes de llegar al cauce.

Cuando los deslizamientos alcanzan los cursos de agua, se producen cambios en las características y cantidades de los sedimentos transportados, variaciones en los caudales por la obstrucción parcial o total, alteraciones en su configuración y cambios morfológicos en el cauce.



Importantes volúmenes de tierra impactan sobre una parte de La Conchita, una pequeña comunidad en el Norte de Santa Bárbara (California) en la primavera de 1995.

http://landslides.usgs.gov/html_files/landslides/slides.htm



El antiguo embalse de la presa Vaiont, en Francia. En 1963, un deslizamiento de tierra provocó el sobrepaso de la presa. Se trata de una de las peores catástrofes hídricas del mundo.

<http://www.ticino.com/usr/granada/osoppo.html>



Un deslizamiento cerca de Colorado, en 1994. Cuando el detonante de estos deslizamientos es el factor climático, las malas condiciones de visibilidad aumentan las probabilidades de que se produzcan víctimas fatales.

http://landslides.usgs.gov/html_files/landslides/slides.htm



Volcamiento de tierra en movimiento durante la construcción de una cañería.

<http://www.sheehanpipeline.com/pic3.html>



Tareas de dragado en el Canal de Panamá luego de que una serie de deslizamientos transversales alteraran la navegación, en 1986.
<http://pubs.usgs.gov/of/2001/ofr-01-0276/images.html>

Los deslizamientos de laderas producidos en los embalses artificiales incorporan grandes masas de material al reservorio. Si los niveles del embalse son elevados, las olas resultantes pueden sobrepasar la presa, comprometiendo la seguridad de las obras o produciendo su colapso. Si las olas no son de importancia o los deslizamientos discurren lentamente, es posible que la capacidad del embalse y la vida útil de la obra se vea seriamente comprometida.

En áreas tropicales, la cobertura de los bosques y junglas puede moverse lentamente (repta) bajo la acción de la gravedad, o rápidamente, por la activación de algún agente detonador que inicie el proceso. Este tipo de fenómenos inclina los árboles hasta derrumbarlos o deja peligrosamente expuestas sus raíces.

Los efectos sobre la flora y fauna son casi siempre negativos y, en algunos casos, desastrosos. Si bien la mayoría de la fauna involucrada alcanza a retirarse o sobrevive al impacto, el hábitat natural de las especies se somete a daño y destrucción. Los peces constituyen una de las especies más afectadas, ya que su vida depende de la calidad del agua. Generalmente, los impactos sobre la fauna son más fáciles de recuperar que los anteriores.

Con respecto a la peligrosidad y a la magnitud del impacto asociado, se debe tener en cuenta que los deslizamientos tienen un fuerte poder destructivo que deriva del gran volumen de material movilizado, de la extensa superficie que cubren sus depósitos, de la velocidad del movimiento, de la frecuencia y de la capacidad para transportar materiales a importantes distancias.

6.3. Evaluación de los deslizamientos en la cuenca

Para evaluar el peligro de deslizamientos, es necesario identificar las áreas que podrían ser afectadas y calcular las probabilidades de ocurrencia en un determinado período de tiempo. La información nace de la combinación de los factores estáticos que determinan las zonas propensas y de los factores variables que establecen la probabilidad de que se desencadene la amenaza.

Las zonas quedan representadas por grados de peligro relativo, puesto que se refiere a la posibilidad de ocurrencia de deslizamientos, en base a las condiciones locales de cada zona en particular. Cuando se producen discrepancias en la combinación de las causas, se definen otras zonas con otro grado de peligro relativo. De esta forma, la susceptibilidad depende de las condiciones de cada zona específica en función de las condiciones prevalentes.

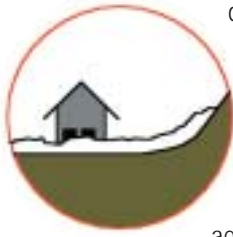
La mayoría de las metodologías para estimar la amenaza de deslizamiento emplean unos pocos factores físicos importantes o significativos. En el caso de la metodología propuesta por la *Organización de los Estados Americanos (1993)*, las condiciones y procesos que controlan la ocurrencia de deslizamientos tienen relación con el tipo de suelo, la pendiente, la cobertura vegetal, la hidrología, la actividad sísmica y las actividades humanas. Todos estos factores, agrupados en estáticos y variables, son graficados y combinados con los registros de los deslizamientos históricos, comprendiendo la física del proceso y categorizando las causas en función de su protagonismo. Seguidamente, de acuerdo con los factores que permiten explicar la ocurrencia del evento, se extrapola al resto de la región bajo estudio, con la finalidad de poder identificar las zonas donde, bajo ciertas condiciones similares a las corroboradas, se puede llegar a producir un deslizamiento.

La información acerca de la cuenca, en lo que hace a registros de deslizamientos, es más bien escasa o nula. Prácticamente, no hay registros de los deslizamientos ocurridos con una adecuada caracterización, que permita comprender sus causas principales. Por tal motivo, no ha sido posible realizar una evaluación del fenómeno a nivel regional.

Existen trabajos puntuales en lo que respecta a deslizamientos a escala local, realizados por expertos en la temática. Entre los mismos, se destaca el estudio de los deslizamientos registrados en la laguna Varvarco e informes del estado de los perilagos de los embalses en las grandes obras hidroeléctricas de la cuenca.

7. Nieve

7.1. Generalidades del fenómeno



El concepto central de la hidrología es el ciclo hidrológico, entendiendo por tal la circulación del agua desde los océanos a la atmósfera y de ésta a los continentes, para volver nuevamente a los océanos en forma de agua superficial o subterránea.

El agua en forma de vapor se mueve sobre el mar y los continentes, formando parte de las vastas masas de aire que se desplazan alrededor de la Tierra, se condensan en las nubes y precipitan en forma de lluvia, nieve o granizo.

La nieve es el resultado del fenómeno atmosférico que consiste en la precipitación de agua helada en forma de cristales agrupados que provienen de la congelación del vapor de agua atmosférico. La precipitación en este estado se produce cuando la temperatura se encuentra por debajo de los 0° C y su acumulación depende principalmente de la temperatura en la superficie.

Las barreras orográficas inducen el ascenso del aire, provocando la precipitación en forma de nieve. Este fenómeno depende fundamentalmente de las grandes perturbaciones ciclónicas. En estos casos, la precipitación aumenta a barlovento y disminuye rápidamente a sotavento. En las cadenas montañosas, el máximo de precipitación se produce antes de la divisoria de agua. A veces, con menores altitudes, el máximo se produce pasada la divisoria de agua debido a que el aire continúa ascendiendo.

En los lugares donde la temperatura lo permite, se acumulan grandes cantidades de nieve. Dependiendo de condiciones sumamente complejas, se producen avalanchas que potencian la peligrosidad del fenómeno. Cuando la nieve cae y se acumula sobre un terreno inclinado, las condiciones que gobiernan la ocurrencia de una avalancha son similares a aquellas que concurren en el caso de los deslizamientos de tierra superficiales. De esta forma, la nieve permanece estática si la resistencia al corte es mayor que la tensión de corte solicitante y se mueve cuando la resistencia es superada. En este caso, la condición estructural y de interrelación entre las partículas de hielo que constituye una masa de nieve, es muchísimo más dinámica y compleja que en el caso de los deslizamientos de tierra: la presión, la temperatura, el viento, la edad y el vapor de agua modifican constantemente las propiedades del material en toda la profundidad de la cubierta de nieve.

7.2. El impacto de la nieve

Los temporales de nieve de magnitud importante representan una amenaza. Si bien el impacto de este fenómeno es relativamente reducido en comparación

con otros tipos de amenazas, su ocurrencia trae aparejados problemas de comunicación y aislamiento.

Las poblaciones rurales dispersas quedan aisladas cuando las precipitaciones nivales dificultan la visibilidad o interrumpen las vías terrestres de comunicación. Cuando esto sucede, los impactos se traducen en desabastecimiento de alimentos, medicamentos o combustible en las ciudades más alejadas.

Los temporales de nieve afectan las redes viales, al erosionar los terraplenes, las banquetas y los taludes, y produce daños en la calzada enripiada, embanca o rompe las alcantarillas y deteriora todo tipo de infraestructura que no ha tenido en cuenta esta variable.

En lo que respecta a la infraestructura de riego y saneamiento, puede producirse la destrucción de defensas aluvionales, acueductos, defensas de márgenes y deterioros en la red de distribución de agua potable.

Los sectores más vulnerables de las ciudades, como los barrios pobres, quedan totalmente expuestos a este fenómeno: las precarias viviendas se derrumban o se producen graves deterioros. Inclusive, los sectores más pobres no son los únicos perjudicados: si la cantidad de nieve acumulada en los techos de las viviendas excede la hipótesis adoptada por los constructores locales, se produce el colapso de las estructuras, elevando el número de víctimas fatales.

Según la topografía del lugar, la ocurrencia de avalanchas de nieve puede someter a todo un asentamiento ubicado al pie de una montaña.

Muchas veces, las actividades ganaderas se ven seriamente comprometidas cuando la nieve acumulada oculta los pastos destinados a la alimentación del ganado. Inclusive, cuando se tiene en cuenta el fenómeno y se guarda alimento en galpones para el invierno, la falta de espacio físico para albergar a los animales (cuando la nieve acumulada alcanza niveles importantes) puede producir la mortandad de hacienda y/o la pérdida de preñez.

Los temporales de nieve pueden afectar el sistema eléctrico al destruir las líneas de transmisión, los transformadores de potencia y el alumbrado público.

Cuando el evento nival es extremo y la vulnerabilidad de las poblaciones rurales es alta, se han registrado muertes por congelamiento. Otro efecto importante de la nieve en la población es el daño ocular irreparable que se origina cuando la luz solar se refleja en la nieve.

El intenso frío, asociado con la acumulación de nieve, puede producir víctimas fatales producto de enfermedades tales como la neumonía o gripe. Si bien la gripe puede ser soportada relativamente bien por una persona adulta, en los recién nacidos se agudiza, provoca convulsiones y, posteriormente, la muerte.



Imagen de una nevada importante en Nueva Zelanda. Los cortes de ruta generan trastornos en el sistema de abastecimiento de alimentos en las comunidades flageladas por el fenómeno.
<http://www.rambocam.com/portersnow.html>



Las tareas de mantenimiento en las vías de comunicación terrestres son prácticamente constantes en invierno. Sin maquinaria pesada es prácticamente imposible contar con caminos transitables cuando las nevadas son importantes.
<http://news.bbc.co.uk/1/hi/uk/1154017.stm>



Algunas comunidades rurales aisladas deben planificar todo el verano la llegada del invierno para poder sobrevivir.
<http://www.joltersdorf.com/page4-landscapes.htm>

Cuando la cantidad de nieve acumulada no es lo suficientemente importante como para provocar el corte de rutas, la compactación constante que producen las ruedas de los vehículos, asociada con la acción de las bajas temperaturas, conforma una capa de hielo que atenta contra el dominio de los automotores. Esta situación es la causa de numerosos accidentes de tránsito, principalmente protagonizados por personas inexpertas o que desconocen los caminos de la región afectada.

La formación de hielo, asociada a la acumulación de nieve, puede construir embalses naturales que desborden los ríos e inunden los terrenos ribereños. Esto provoca la evacuación de personas aguas arriba del embalse, debido a la inundación generada, y aguas abajo, debido al peligro asociado con una rotura súbita del embalse.

7.3 Evaluación de la acumulación nival en la cuenca

Para evaluar la amenaza de nieve, se recopilaban datos nivométricos de distintas estaciones según fuentes indirectas. En cada caso, se consideraron los niveles máximos diarios acumulados, según el tipo de precipitación registrada y las temperaturas máxima y mínima diaria.

Si la muestra de altura de nieve máxima diaria acumulada en cada una de las estaciones es de tamaño aceptable y no presenta demasiadas discontinuidades, se la considera representativa de la población en estudio. Seguidamente, se la somete a un análisis detallado con el objeto de corregir eventuales errores y paliar discontinuidades provocadas por falta de información. Se seleccionaron 30 estaciones de un total de 80 analizadas, a las que, una vez cargadas en la base de datos, se les asignaron las coordenadas geográficas correspondientes, la cota con respecto al nivel del mar y un código de registro que sirve para identificar la estación en el mapa general.

El Cuadro 7.1 resume las características de las estaciones seleccionadas para la evaluación de la amenaza nival en la cuenca.

Cuadro 7.1 Características de las estaciones de nieve

Estación	Nombre	Altura	Latitud	Longitud
E3	Estancia la Aida	730	-39° 50 00	-70° 52 00
E4	Estancia Alicurá	615	-40° 25 00	-70° 44 00
E7	Estancia Chacayal	740	-40° 02 00	-70° 50 00
E8	Chochoy Mallín	1.250	-37° 22 00	-70° 46 00
E11	Campamento Lago Espejo	770	-40° 39 00	-71° 45 00
E12	Filo Hua - Hum (PN)	900	-40° 29 00	-71° 22 00
E14	Hua - Hum (GN)	640	-40° 07 00	-71° 39 00
E20	Estancia Casa de Lata	780	-39° 50 48	-71° 10 40
E22	Campana Mahuida (Estación Agrozotécnica)	970	-38° 10 00	-70° 36 00

Estación	Nombre	Altura	Latitud	Longitud
E ₂₃	Hotel Tronador (Mascardi)	842	-41° 16 00	-71° 34 14
E ₂₆	Las Ovejas	1.500	-37° 00 00	-70° 45 00
E ₃₁	El Rincón (GN)	850	-40° 43 30	-71° 48 13
E ₃₅	Villa la Angostura (Segurel)	800	-40° 28 12	-71° 23 24
E ₃₆	Lago Lolog (Hostería)	875	-40° 04 00	-71° 19 00
E ₃₇	Los Carrizos	1.500	-37° 07 20	-70° 45 04
E ₃₉	Cerro Chapelco (Confitería)	1.250	-41° 13 00	-71° 21 00
E ₄₁	Manzano Amargo	1.200	-36° 41 00	-70° 47 00
E ₄₂	Hostería Santa María	775	-40° 56 00	-71° 25 00
E ₄₃	Espinazo del Zorro	1.200	-39° 16 00	-70° 35 00
E ₄₄	Lago Huechulafquen (PN)	1.040	-39° 44 54	-71° 28 35
E ₄₆	Andacollo (Policía)	1.125	-37° 11 04	-70° 40 44
E ₄₇	El Cholar	1.450	-37° 26 00	-70° 37 00
E ₄₈	Estancia Llamuco	1.200	-38° 48 00	-70° 25 00
E ₅₁	Hostería Lago Hermoso	1.050	-40° 21 00	-71° 28 00
E ₅₃	Laguna Choroi	930	-39° 13 00	-71° 03 00
E ₆₀	Comallo Abajo	785	-40° 59 00	-70° 15 00
E ₆₁	Cuyín Manzano	800	-40° 46 00	-71° 11 00
E ₆₂	Estancia la Angostura (Mencué)	1.150	-40° 22 00	-69° 32 00
E ₆₅	Estancia Sañicó	975	-40° 09 00	-70° 25 00
E ₇₀	Aeropuerto de Neuquén	271	-38° 57 00	-68° 08 00

Como, en promedio, los registros de las 30 estaciones no superan los 15 años, se realizó un análisis de regresión y correlación con la finalidad de estimar el nivel de nieve máximo acumulado que se puede alcanzar o superar en un período de 20 años. El criterio de selección de un tiempo de recurrencia de solamente 20 años se basa en el reconocimiento de las limitaciones que un análisis de regresión y correlación puede tener cuando la muestra no es muy grande. En estos casos, como la recta de ajuste pasa por el punto cuyas coordenadas son el promedio de los valores de X e Y, no es recomendable que el valor que se desea estimar diste mucho de este punto. Es por esta razón que se supone adecuado extrapo-

lar a 20 años, teniendo en cuenta que esta recurrencia es útil para los fines del trabajo y congruente con las limitaciones del método de estimación.

El Cuadro 7.2 muestra las alturas de nieve estimadas para cada una de las estaciones según distintas recurrencias. Si bien para el análisis solamente se considera el valor correspondiente a 20 años, en particular el de 50 años sirve para verificar la estimación basándose en el estudio realizado por *Bertalot (1995)* para la actualización del Reglamento CIRSOC 104. Los valores encontrados fueron prácticamente los mismos.

Cuadro 7.2 Altura de nieve acumulada en centímetros para cada una de las estaciones

Estación	Nombre	Récord de años	H _{max} (cm)	H ₁₀ (cm)	H ₂₀ (cm)	H ₅₀ (cm)
E ₃	Estancia la Aida	17	14	13	16	21
E ₄	Estancia Alicurá	12	40	31	40	52
E ₇	Estancia Chacayal	12	35	32	40	50
E ₈	Chacay Mallin	11	70	67	84	105
E ₁₁	Campamento Lago Espejo	15	31	31	40	52
E ₁₂	Filo Hua – Hum (PN)	12	65	48	63	82
E ₁₄	Hua - Hum (GN)	14	45	48	60	76
E ₃₆	Lago Lolog (Hostería)	10	60	57	73	95
E ₂₀	Estancia Casa de Lata	12	33	32	40	51
E ₂₂	Campana Mahuida (Estación Agrozo técnica)	14	25	25	32	41
E ₂₃	Hotel Tronador (Mascardi)	17	34	38	46	57
E ₂₆	Las Ovejas	10	81	65	84	108
E ₃₁	El Rincón (GN)	13	60	62	75	93
E ₃₅	Villa la Angostura (Segurel)	11	38	39	49	61
E ₃₇	Los Carrizos	12	75	63	83	109
E ₃₉	Cerro Chapelco (Confitería)	15	130	116	144	182

Estación	Nombre	Récord de años	H _{max} (cm)	H ₁₀ (cm)	H ₂₀ (cm)	H ₅₀ (cm)
E ₄₁	Manzano Amargo	14	85	82	104	133
E ₄₂	Hostería Santa María	19	33	29	35	44
E ₄₃	Espinazo del Zorro	11	45	33	43	57
E ₄₄	Lago Huechulafquen (PN)	12	59	56	71	92
E ₄₆	Andacollo (Policía)	10	43	44	56	73
E ₄₇	El Cholar	13	52	53	65	82
E ₄₈	Estancia Yamuco	15	30	31	37	46
E ₅₁	Hostería Lago Hermoso	14	98	74	93	118
E ₅₃	Laguna Choroi	13	28	28	32	38
E ₆₀	Comallo Abajo	9	15	15	18	23
E ₆₁	Cuyín Manzano	10	43	39	51	67
E ₆₂	Estancia la Angostura (Mencue)	10	54	47	62	81
E ₆₅	Estancia Sañico	13	43	35	44	56
E ₇₀	Aeropuerto de Neuquén	13	31	31	40	52

Elaboración en base a datos obtenidos de Bertalot (1995).

Una vez obtenidos los valores máximos de nieve acumulados para un tiempo de recurrencia de 20 años en cada una de las estaciones, se desea extrapolar el fenómeno en toda la cuenca. Para tal fin, se considera la confección de un mapa de curvas que unan puntos de igual acumulación nival (isoquintas) producto de la interpolación.

Existe una importante variedad de métodos de interpolación capaces de interpretar la información de una serie de puntos en un plano. Cada uno de ellos otorgan diferentes interpretaciones de la serie de datos, puesto que cada método utiliza algoritmos matemáticos diferentes. Algunos métodos son más representativos que otros en el estudio de un fenómeno determinado. Para evaluar el más apto, es necesario conocer el fenómeno y realizar una serie de pruebas con los datos disponibles.

Para la evaluación del fenómeno de acumulación de nieve máxima para un tiempo de recurrencia de 20 años, se dispone de alturas nivales en 30 puntos de la cuenca, cuya distribución es sumamente irregular. Teniendo en cuenta estas características, se plantea la dificultad de elección de un determinado tipo de interpolación. El programa Surfer para Windows Versión 6.02 permite realizar interpolaciones en forma automática, ofreciendo una amplia gama de posibilidades: inversa de la distancia, función básica radial, kriging, método de shepard, mínimo de curvatura, triangulación y regresión polinomial entre otras.

Luego de realizar una serie de experimentos con las distintas interpolaciones, se verificó que el método de kriging y la función básica radial contienen las expresiones matemáticas que mejor representan el fenómeno en estudio con los datos ingresados. Al buscar información acerca de estos métodos, se revela que el método kriging es uno de los métodos más flexibles y más utilizados en diversos campos. Este algoritmo utiliza un diagrama de variación que resulta sumamente efectivo cuando los datos se distribuyen de manera irregular. Por lo general, es

utilizado por defecto porque genera la mejor interpretación global de los datos. Por otro lado, las funciones básicas radiales constituyen un grupo diverso de métodos de interpolación de datos, cuyas expresiones son análogas al variograma de kriging.

Una vez adoptado el método para la representación del fenómeno, se fueron modificando otras variables en juego como, por ejemplo, el tipo de variograma, la anisotropía, el efecto nugget, el tipo de dirección y la forma de búsqueda de puntos. Se realizaron sucesivas aproximaciones, hasta encontrar el gráfico más representativo.

Efectuado el análisis, se recurrió a la experiencia de los profesionales del Centro de Pronóstico de la AIC, quienes, luego de comparar el mapa con la forma de acumulación nival histórica, haciendo uso de imágenes satelitales, recomendaron que se incorporen los registros correspondientes a las estaciones de alta montaña, con la finalidad de corregir errores hacia el Oeste de la cuenca.

La información nivométrica de las estaciones de alta montaña se captan a través de estaciones tipo Snow Pillow, que miden el peso de la nieve que se acumula sobre una balanza mecánica. La medida de la presión hidrostática por medio de la fluctuación del nivel líquido o limnógrafo, provee un método continuo de medición equivalente en agua de la capa de nieve. Los resultados de las mediciones se almacenan en limnógrafos Stevens de cinta perforada y en el logger de la estación remota. Se mantienen registros del equivalente en agua de nieve, datos de temperatura, humedad relativa, radiación, velocidad y dirección del viento, presión atmosférica y precipitación acumulada. Toda esta información es enviada a la sede de la AIC vía satélite cada seis horas. El Cuadro 7.3 resume las características de las nuevas estaciones, consideradas para mejorar la caracterización del fenómeno en la cuenca.

Cuadro 7.3 Características de las estaciones de alta montaña

Estación	Nombre	Altura	Latitud	Longitud
EAM ₇₁	Buta Mallin	1900	-37° 13 20	-71° 06 28
EAM ₇₂	Pampa de Chacayco	2620	-36° 28 56	-70° 36 10
EAM ₇₃	Chapelco	1842	-40° 15 52	-71° 21 15
EAM ₇₄	El Mocho	1600	-40° 19 58	-71° 31 04
EAM ₇₅	Batea Mahuida	1400	-38° 49 52	-71° 12 14
EAM ₇₆	Casa Quila 1600	1570	-38° 57 56	-71° 24 20
EAM ₇₇	Casa Quila 1800	1716	-38° 57 46	-71° 24 43
EAM ₇₈	Catan Lil	2148	-39° 02 06	-70° 43 34
EAM ₇₉	Nevado	1900	-40° 58 15	-71° 42 46
EAM ₈₀	Mirador	1290	-40° 43 08	-71° 56 06

Elaboración en base a datos obtenidos de la Secretaría Operativa y de Fiscalización de la AIC.

El equivalente en agua de nieve es la altura de agua que se puede obtener de la fusión de la nieve. A los fines hidrológicos, este valor es de suma importancia, porque permite predecir los futuros volúmenes de agua de los ríos de régimen nival. En este caso, se desea estimar la altura de nieve a partir del equivalente en agua diario de las estaciones de alta montaña.

Para determinar la profundidad de nieve del equivalente en agua, se necesita conocer la densidad de la nieve en el momento de la estimación. La densidad relativa de la nieve es extremadamente variable, dependiendo de la temperatura, el viento, el tiempo de acumulación, la profundidad del manto nival y el tipo de cristal, entre muchos otros factores. Por tal motivo, se adopta como hipótesis una densidad variable de acuerdo al momento de producida la precipitación.

El Cuadro 7.4 muestra los valores de densidad relativa adoptados en cada mes del año. Los mismos fueron recomendados por expertos en la temática y profesionales de la AIC responsables de los cateos y de la calibración de las estaciones de alta montaña.

Dado que la correlación entre la altura de nieve y el contenido de agua para fechas específicas es una aproximación poco confiable, las estimaciones fueron corroboradas por un análisis de cobertura areal mediante imágenes satelitales.

La nieve depositada en superficie sufre procesos de compactación, evaporación, fusión y recristalización. En general, la acumulación nival se alcanza rápidamente al comienzo y permanece relativamente constante, debido a que el accionar de los mencionados procesos es compensado por nuevas nevadas.

De acuerdo a *Linsley (1977)*, las profundidades máximas sobre la tierra, generalmente, son menores de 0.50 veces la cantidad de nieve caída en las regiones altas y aun mucho menos en elevaciones menores, donde se produce una fusión intermitente.

Cuadro 7.4 Densidades adoptadas

Mes	Densidad
Enero	0.35
Febrero	0.25
Marzo	0.20
Abril	0.20
Mayo	0.20
Junio	0.25
Julio	0.30
Agosto	0.50
Septiembre	0.50
Octubre	0.60
Noviembre	0.55
Diciembre	0.45

El contenido de agua equivalente máximo alcanza el 10% de la nieve caída en las regiones altas y es mucho menor en las elevaciones menores.

Para determinar la profundidad de la nieve acumulada utilizando los datos del equivalente en agua, se considera la siguiente expresión.

$$\frac{H_2O \text{ (mm)}}{\rho \text{ (\%)}} = h_n \text{ (mm)}$$

H_2O es el agua equivalente medido.

ρ es la densidad de la nieve

h_n es la altura de la nieve resultante

Para cada una de las diez estaciones de alta montaña consideradas, se estiman las alturas de nieve diarias, variando la densidad según el mes de estimación. El Cuadro 7.5 muestra los valores máximos calculados y los correspondientes al tiempo de recurrencia de 20 años, seleccionado para la conformación de los mapas.

Una vez evaluadas las alturas obtenidas, se vuelven a realizar las interpolaciones con el Surfer para Windows, obteniéndose una familia de isoquionas. El mapa resultante se ajusta teniendo en cuenta la influencia de ciertos factores condicionantes, como la altitud, el relieve, los frentes de viento, las temperaturas medias anuales y la ubicación geográfica. Para tal fin, se recurrió nuevamente a la experiencia de los profesionales del Centro de Pronóstico de la AIC.

7.4. Mapa de acumulación de nival

El mapa regional presentado es el resultado de un cuidadoso análisis de datos puntuales. Como la información asociada a su conformación es sumamente escasa en relación con el tamaño de la región y su distribución de datos de entrada es suma-

Cuadro 7.5 Altura de nieve acumulada en centímetros para las estaciones de alta montaña

Estación	Nombre	Récord de años	H _{max} (cm)	H ₁₀ (cm)	H ₂₀ (cm)	H ₅₀ (cm)
EAM ₇₁	Buta Mallin	19	432	-	460	-
EAM ₇₂	Pampa de Chacayco	19	485	-	544	-
EAM ₇₃	Chapelco	6	240	-	356	-
EAM ₇₄	El Mocho	20	390	-	454	-
EAM ₇₅	Batea Mahuیدا	5	251	-	393	-
EAM ₇₆	Casa Quila 1600	20	610	-	629	-
EAM ₇₇	Casa Quila 1800	19	828	-	823	-
EAM ₇₈	Catan Lil	6	428	-	694	-
EAM ₇₉	Nevado	17	695	-	698	-
EAM ₈₀	Mirador	8	394	-	540	-

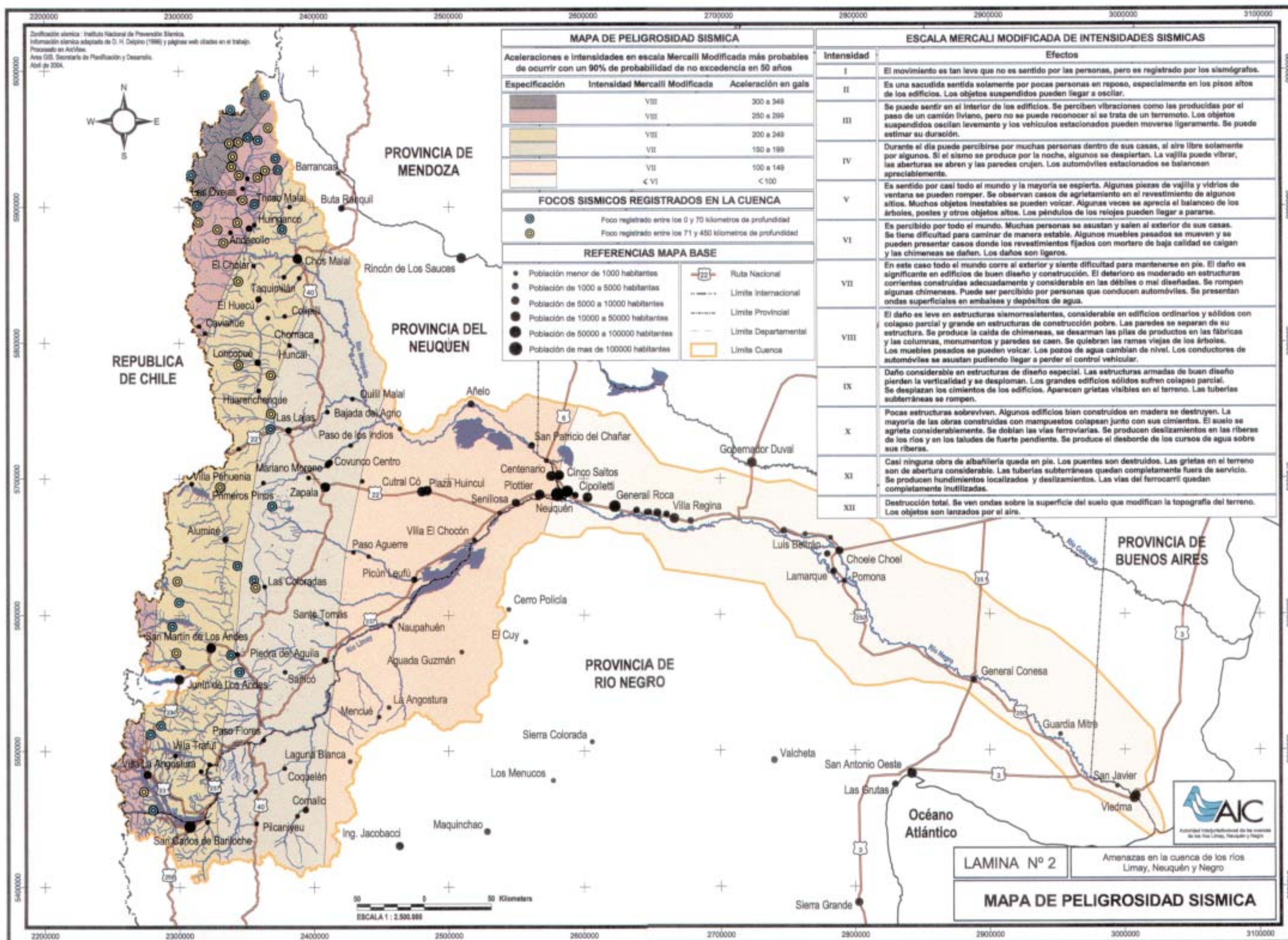
Elaboración en base a datos brindados por la Secretaría Operativa y de Fiscalización de la AIC.

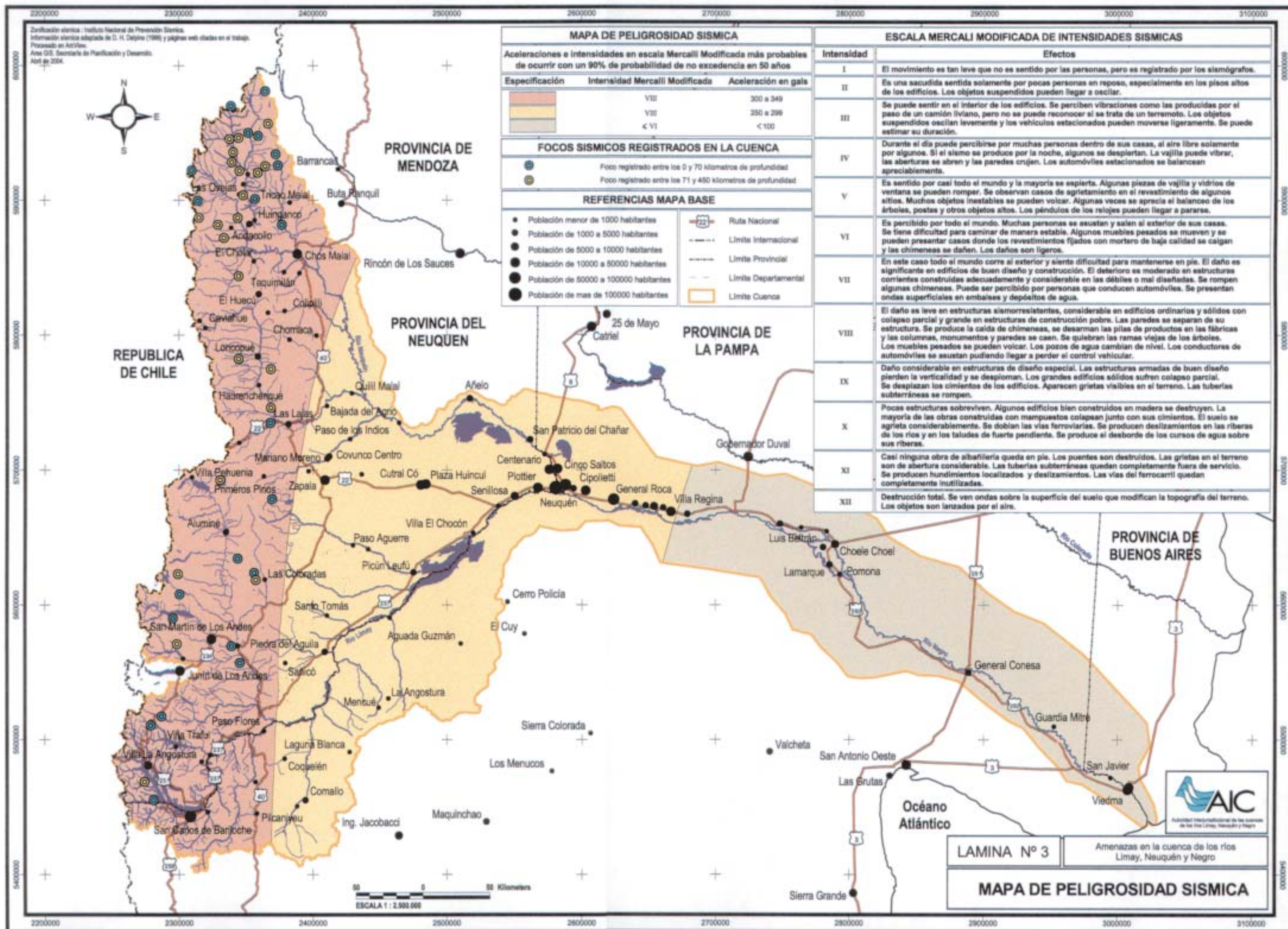
mente irregular, se considera intuitivo de la problemática bajo estudio. Además, el grado de certeza de la información brindada se debe considerar como inversamente proporcional a la aglomeración de estaciones. Estas últimas son representadas con puntos de color rojo y sus características principales, como así también sus datos asociados, se pueden leer en el cuadro superior del mapa.

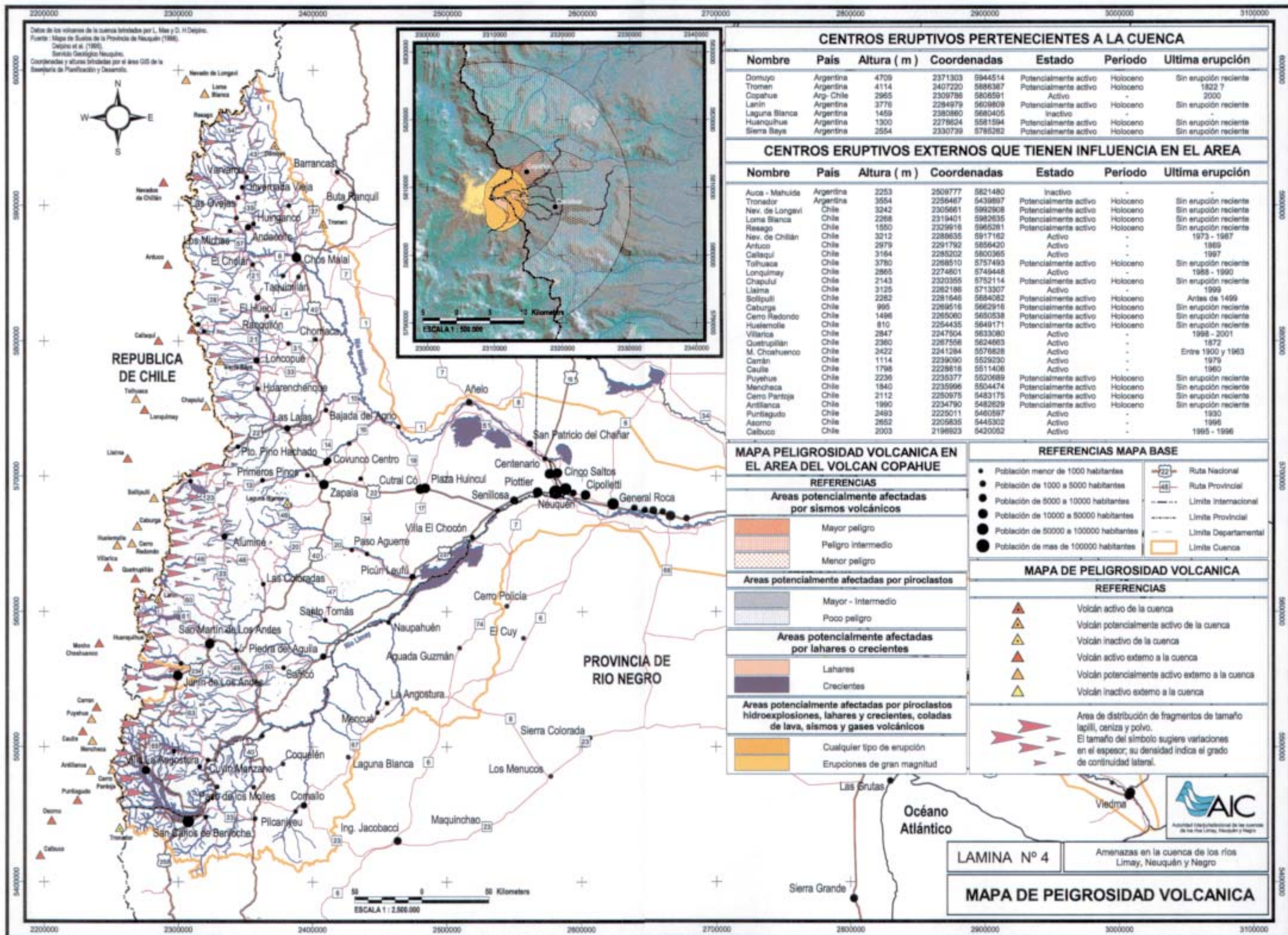
Las isoquionas poseen un rango de valores que van desde los 600 cm de acumulación (en correspondencia con las zonas de alta montaña de la cuenca) hasta un valor menor a los 50 cm en el valle inferior del río Negro. El incremento en la acumulación de nieve es de Este a Oeste, con distorsiones locales que se corresponden con las bajas temperaturas asociadas a la topografía y la ocurrencia estocástica de frentes fríos del Sureste, que provocan nevadas en el centro de la cuenca.

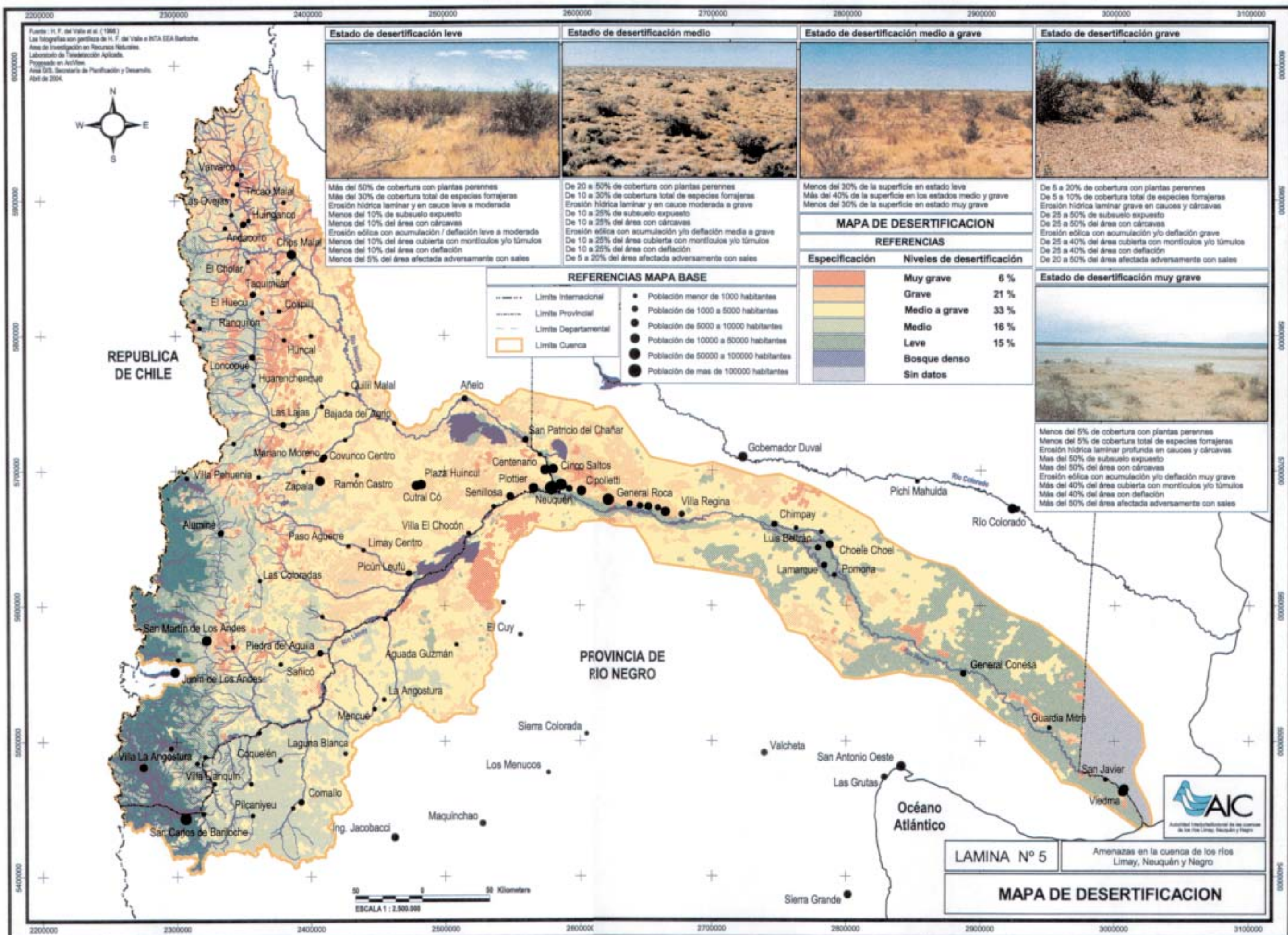
La distancia relativa entre las curvas que unen los puntos de igual acumulación es de 50 cm. Cada una de ellas se encuentra acotada con la finalidad de facilitar la lectura del mapa. Además, se han establecido zonas de nieve cuya oscuridad relativa está asociada con una mayor acumulación de nieve.

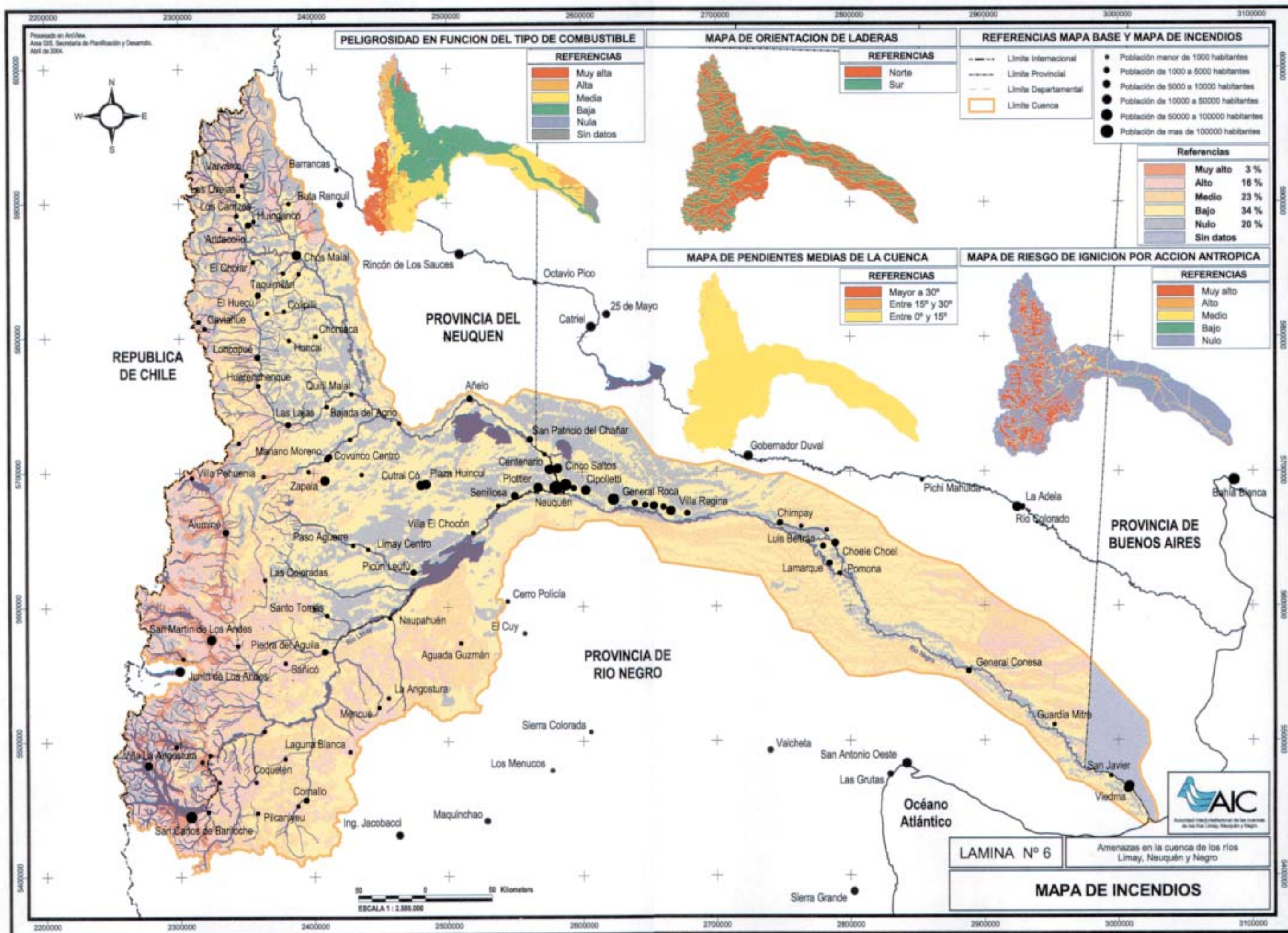
Se destaca la importancia de contar con un amplio registro de información en puntos característicos, con la finalidad de mejorar la representación del fenómeno en trabajos posteriores.

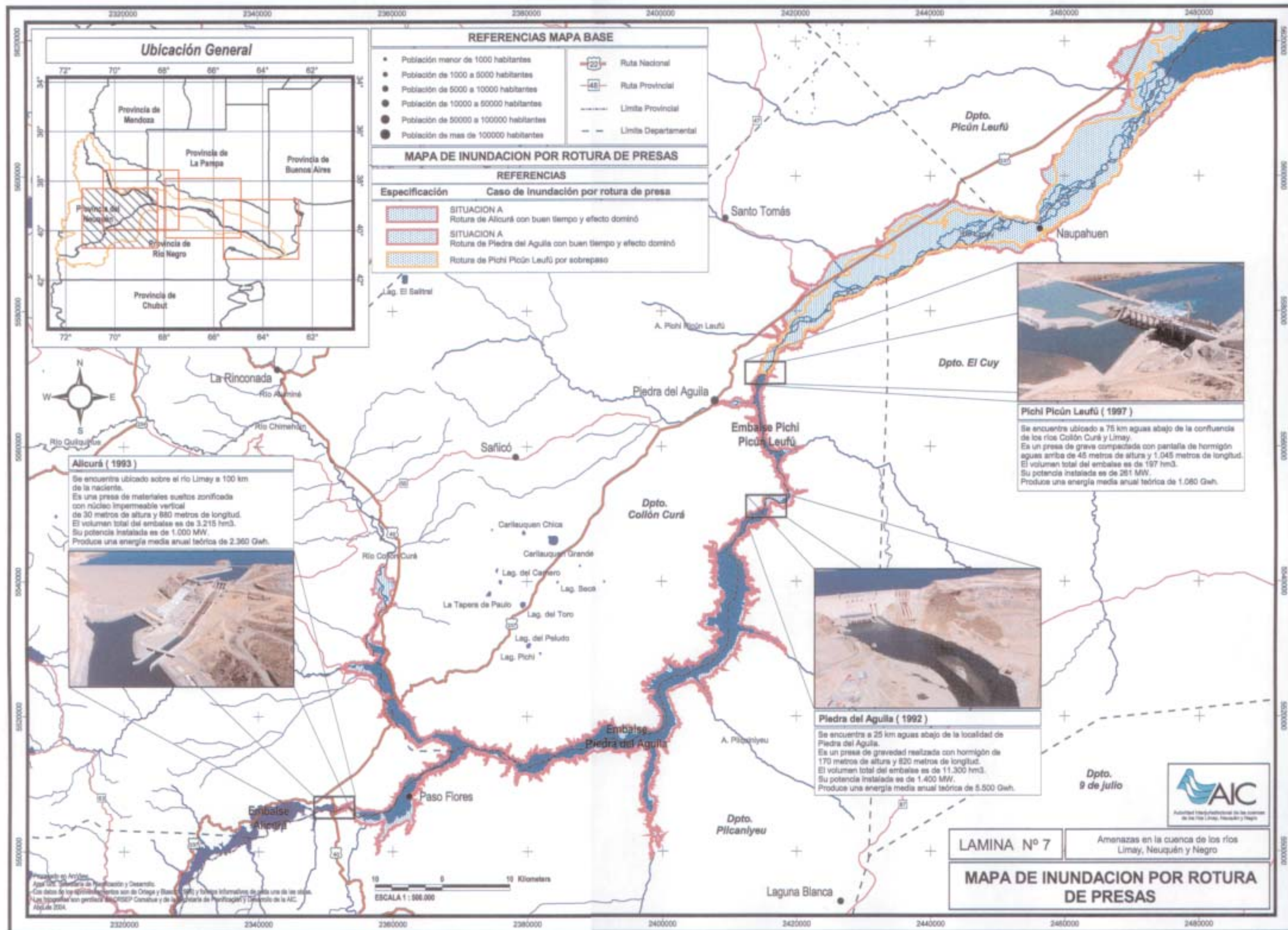


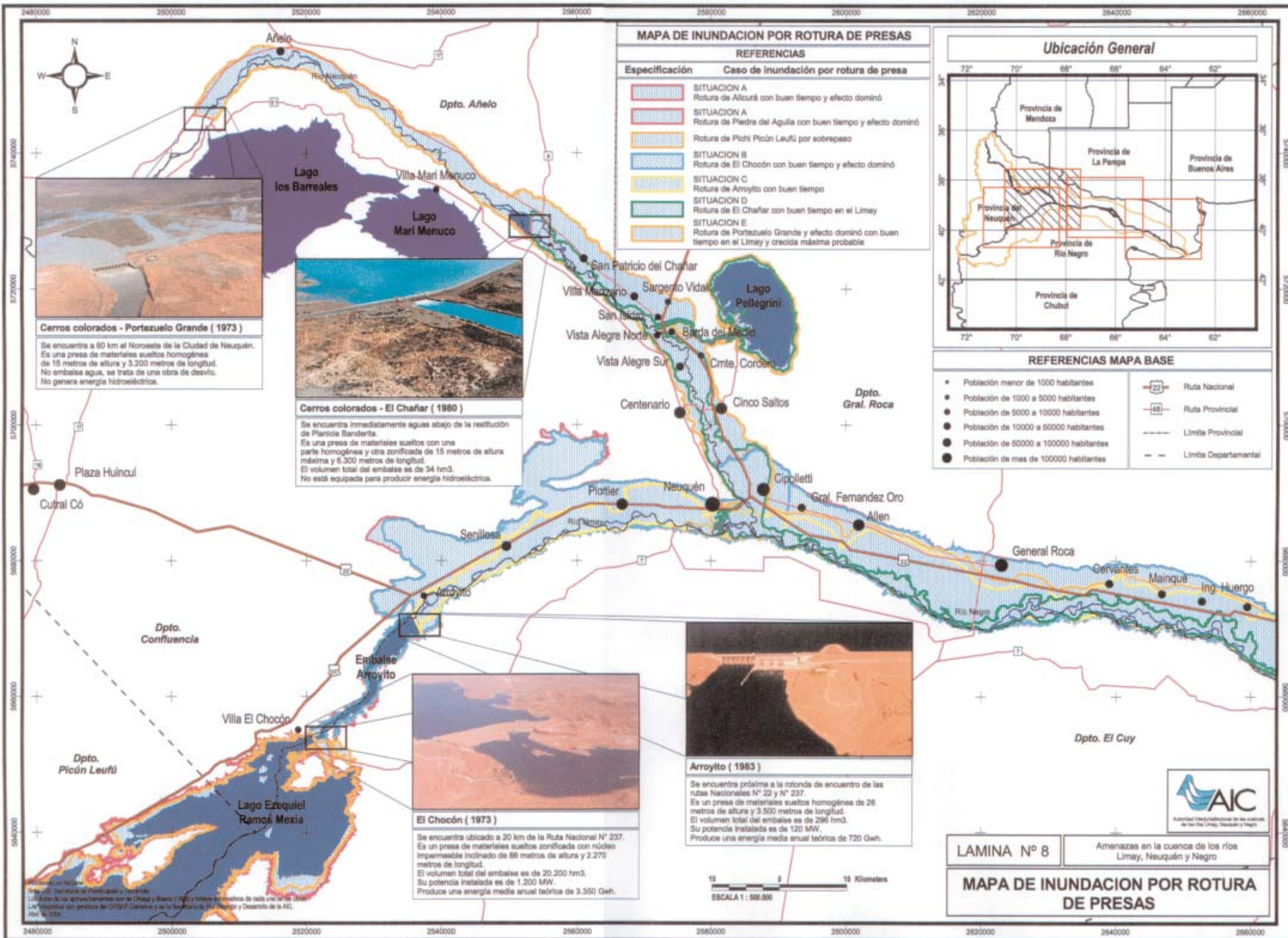


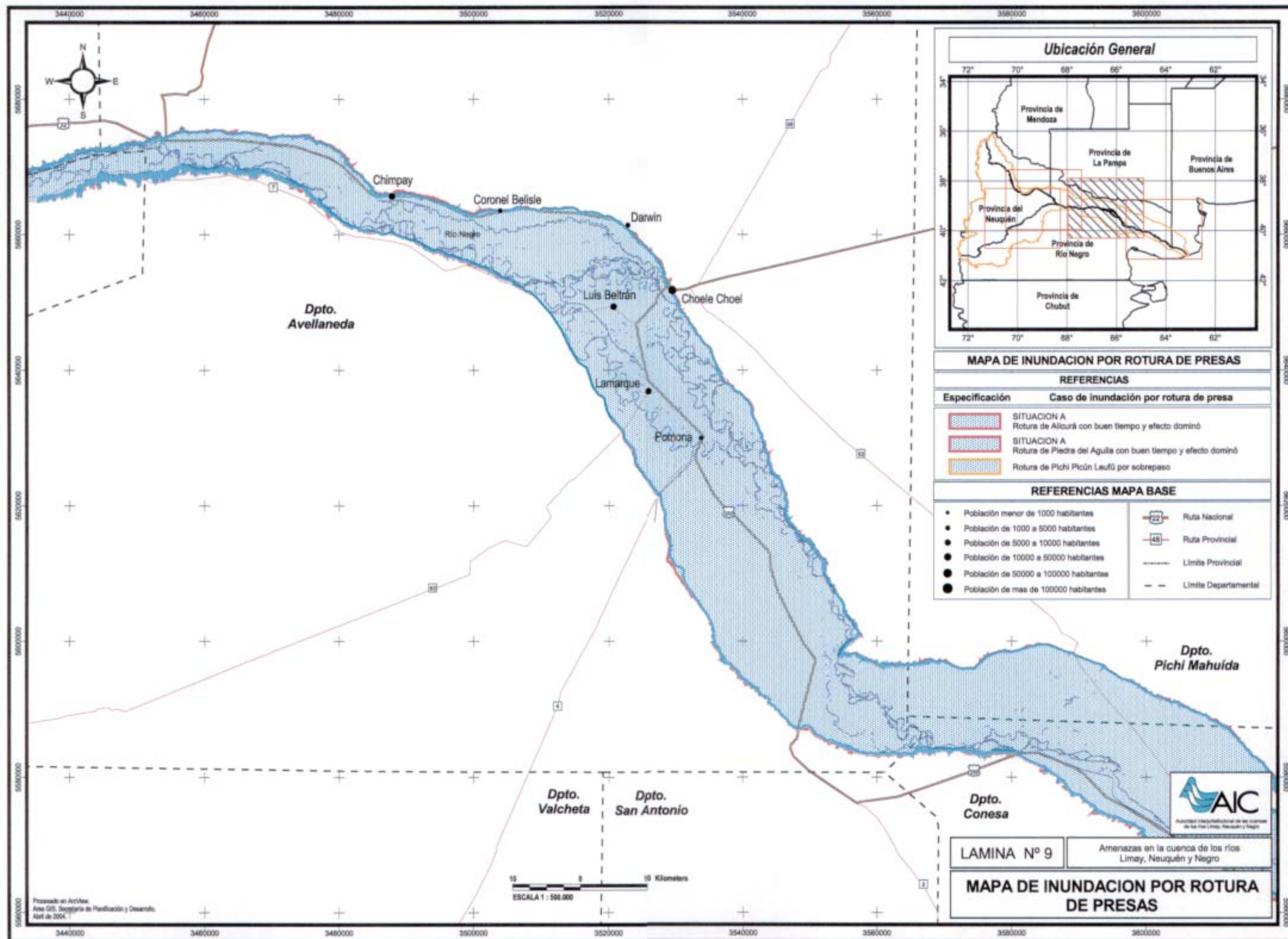


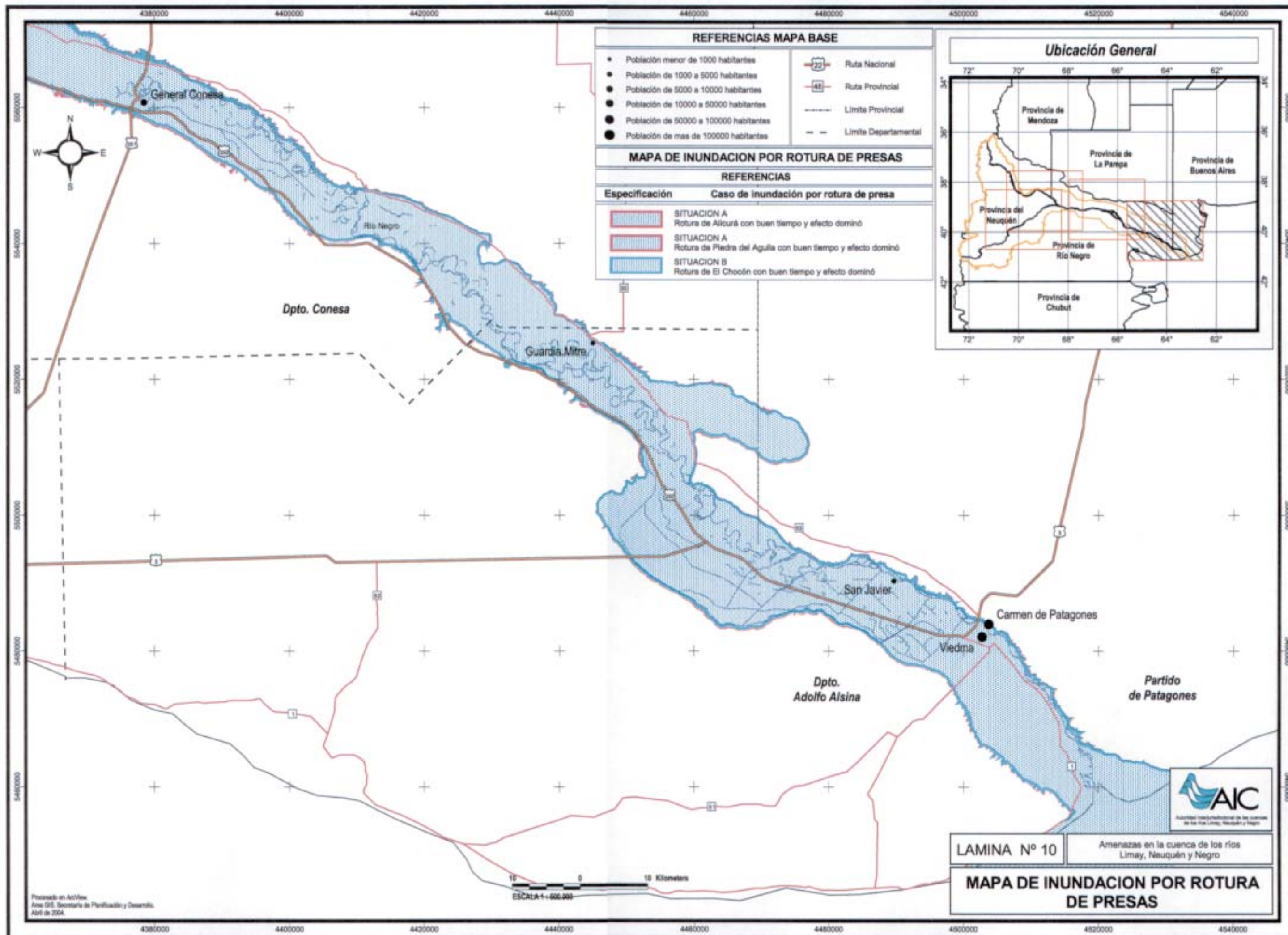














Capítulo cuatro

Consideraciones finales

1. Mapa de peligros múltiples

Cuando un área está expuesta a más de un peligro, el mapa de peligros múltiples facilita el análisis global de la situación, por lo que adquiere gran valor durante la planificación de nuevos proyectos y en el estudio de estrategias para la reducción de la vulnerabilidad en los desarrollos existentes. A través de su análisis, es posible generar un enfoque más concreto de los efectos e impactos de los fenómenos peligrosos sobre un área particular.

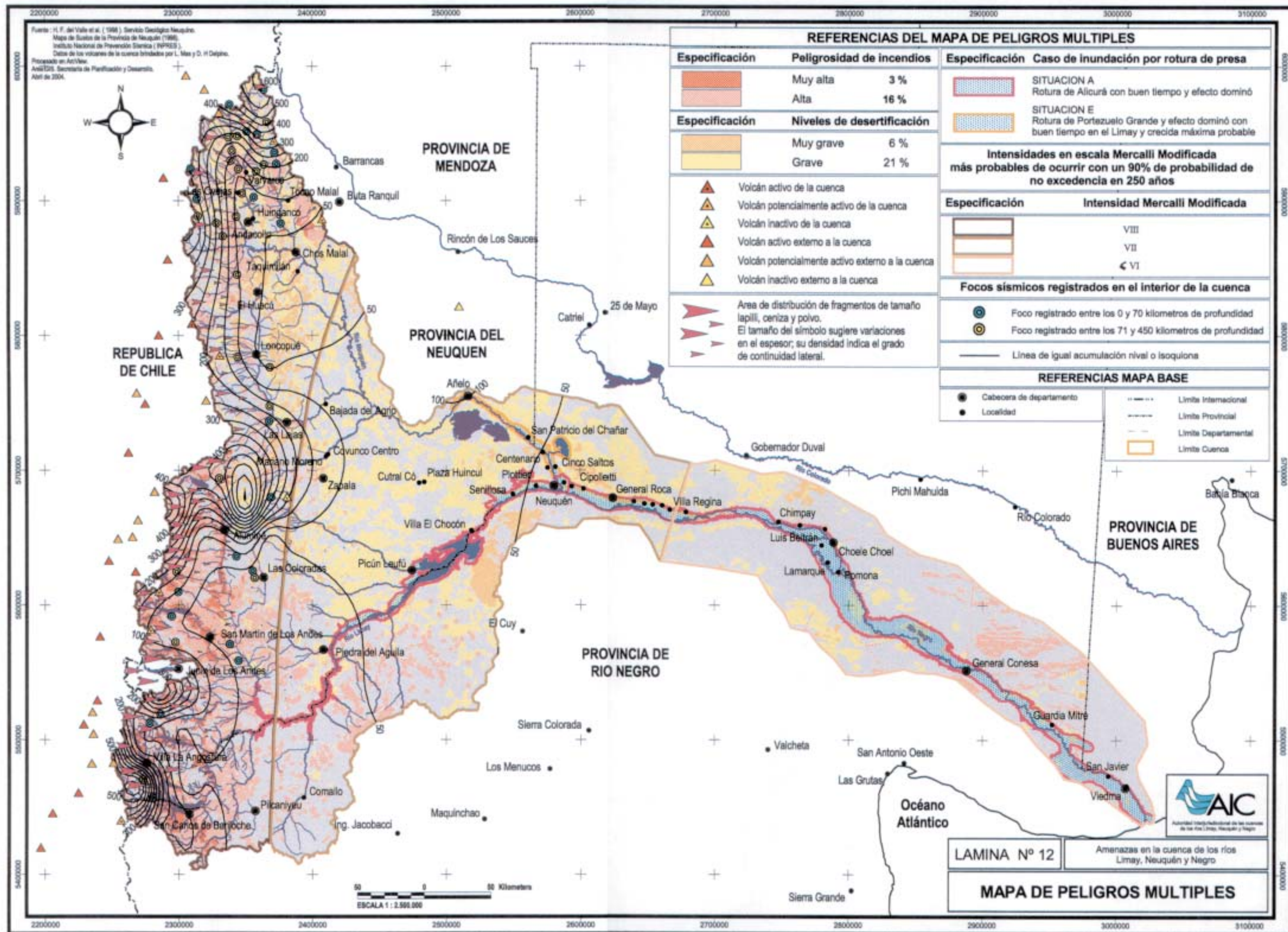
El principal propósito de la confección de mapas de peligros múltiples, es presentar la información relacionada con los diferentes peligros en un solo documento, teniendo en cuenta la frecuencia y el área de impacto. La información necesaria para su confección, surge del análisis individual de cada uno de los peligros existentes.

La información relativa al área en estudio recopilada o elaborada, requirió de una transformación en un formato integrado, homogéneo y comprensible. El Cuadro 1.1, es el resumen de estos aspectos para cada una de las amenazas estudiadas.

En la elaboración del mapa de peligros múltiples, los datos incorporados han sido simplificados. Solamente se indican las zonas de mayor peligrosidad de cada amenaza.

Cuadro 1.1 Información correspondiente a cada uno de los peligros involucrados

Amenaza	Area de influencia	Frecuencia	Valoración del impacto
Sismo	Toda la cuenca	Un 90% de probabilidad de no excedencia en 50 y 250 años	Mediante las intensidades establecidas en la Escala Mercalli Modificada
Volcanismo	La parte Oeste de la cuenca y las zonas volcánicas de la cuenca	En función de la actividad volcánica	Alcance de los distintos peligros asociados a la actividad volcánica
Desertificación	Toda la cuenca	Estado de desertificación actual de la cuenca	Mediante cinco niveles cualitativos de desertificación
Incendio	Toda la cuenca	Zonificación de las regiones más susceptibles de incendiarse	Mediante cinco niveles cualitativos de zonas mas proclives a incendiarse
Inundación	Los principales ríos de la cuenca	Hipótesis de rotura de las principales obras hidroeléctricas	Establecimiento de las áreas potencialmente inundables
Deslizamientos	Sin datos al respecto	Sin datos al respecto	Sin datos al respecto
Nieve	Toda la cuenca	Para un tiempo de recurrencia de 20 años	Mediante líneas de igual acumulación nival



2. Comentarios finales

Conocer qué tipo de amenazas pueden presentarse en la cuenca es de fundamental importancia para orientar el desarrollo de la región. Su conocimiento permite considerarlos en todas las etapas de un proyecto, evitando que signifiquen un trastorno para el desarrollo social y económico.

El mapa de peligros múltiples muestra que el Oeste de la cuenca es la zona más impactada en lo que respecta a amenazas del tipo natural: se espera el impacto de sismos de mayor intensidad, es una zona de potencial impacto de los volcanes de Chile, cuenta con algunos volcanes internos en actividad o potencial actividad y la nieve acumulable condicionada por el factor orográfico es importante.

Existen relaciones importantes entre las amenazas naturales. Como los sismos pueden originar avalanchas de nieve, las zonas donde concurren regiones de mayor intensidad sísmica con las de mayor acumulación nival, pueden ser sitios preferenciales para la ocurrencia de este fenómeno. También, como la ocurrencia de lahares tiene íntima relación con la acumulación de nieve, los centros efusivos de la cuenca de gran altura, donde la acumulación de nieve es prácticamente permanente, pueden indicar zonas de mayor probabilidad de ocurrencia de este tipo de eventos.

Es muy probable que los deslizamientos, también se concentren hacia el Oeste de la cuenca, ya que los factores desencadenantes que determinan su ocurrencia (los sismos y las precipitaciones) suceden con mayor magnitud y frecuencia que en el resto de la cuenca.

La desertificación imperante en la cuenca contribuye a la generación de una mayor escorrentía superficial que magnifica la ocurrencia de inundaciones. La existencia de obras de control de inundaciones en los ríos más importantes de la cuenca, atenúa los impactos asociados a este tipo de fenómenos.

En lo que respecta a desertificación e incendios, la existencia de un alto grado en cualquiera de estas dos amenazas, se relaciona de manera inversa con el grado de la restante. Esto es equivalente a decir que donde existe un alto grado de desertificación es menos probable que se originen incendios y viceversa.

Seguramente será de interés una investigación más a fondo de estas interrelaciones que permitan cuantificar el riesgo asociado de las amenazas interrelacionadas. Aunque esto no es objeto del presente trabajo, se considera importante iniciar en el futuro una investigación en este sentido.

3. Glosario de términos específicos

El impacto de las amenazas en las actividades humanas ha sido un tema tratado en los últimos años en un amplio número de publicaciones desarrolladas por diversas disciplinas, que han conceptualizado sus componentes de formas diferentes.

La importancia de la terminología en este tipo de estudios ha sido reconocida por las instituciones que trabajan en este campo. Su importancia radica en la necesidad de comunicar, rápida e inequívocamente, la información disponible a las personas, los equipos y las instituciones que tienen competencia en la temática bajo estudio.

De esta forma, se incorpora aquí un espacio destinado a la definición de cada una de las palabras imprescindibles para la comprensión del presente trabajo.

Amenaza o peligro: Es todo evento, sea natural o antrópico, que se manifiesta en un sitio específico y durante un período de tiempo determinado, capaz de afectar de manera adversa a las personas, a los bienes, a la infraestructura y/o al medio ambiente. Matemáticamente, se expresa como la probabilidad que tiene un evento de exceder un nivel de ocurrencia en un sitio específico durante un determinado lapso de tiempo.

Análisis de vulnerabilidad: Es el proceso mediante el cual se determina el nivel de exposición y la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante una amenaza específica.

Área de impacto: Es la zona propensa a sufrir los efectos de una determinada amenaza. Existen amenazas, como por ejemplo los terremotos, que impactan sobre todos los componentes de un sistema. Por otro lado, las inundaciones, por ejemplo, solamente ejercen su capacidad destructora en áreas colindantes a los cursos de agua.

Desastre: Es un impacto de magnitud inaceptable. Cuando ocurre, se producen serios trastornos en el normal funcionamiento de una sociedad, debido a que provoca un importante número de víctimas humanas y pérdidas materiales o ambientales, que sobrepasan la capacidad de la sociedad afectada para responder utilizando sus propios recursos.

Elementos bajo riesgo: Es todo aquello que tiene posibilidad de sufrir el impacto de una amenaza determinada.

Estimación: Estudio de una amenaza real o potencial, realizado con la finalidad de valorar los daños esperados y hacer recomendaciones para prevenir, preparar y responder ante su manifestación.

Evaluación de la amenaza: Es el proceso mediante el cual se determina la probabilidad de ocurrencia y la severidad de un evento en un lapso específico y en un

área determinada. Representa la ocurrencia estimada y la ubicación geográfica de los eventos probables.

Evaluación del riesgo: Es el resultado de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos, a fin de determinar las posibles consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o a varios eventos.

Impacto: Constituye la totalidad de los efectos negativos que se producen sobre los receptores vulnerables cuando ocurre una determinada amenaza.

Medidas estructurales: Las medidas estructurales son las medidas físicas o normas tendientes a aumentar la resistencia contra los efectos adversos de una amenaza: dispositivos de protección especiales, códigos de construcción, especificaciones de materiales, patrones de comportamiento para edificios nuevos y reforzamiento de estructuras existentes, entre otros.

Medidas no estructurales: Las medidas no estructurales tienen relación con la identificación de las áreas de impacto de las amenazas y la limitación o modificación de su uso. Los ejemplos más comunes son la zonificación, selección de lugares para la construcción de edificios, incentivos tributarios, programas de seguros, reubicación de residentes y establecimiento de sistemas de pronóstico y alerta.

Mitigación: Es el conjunto de medidas adoptadas para minimizar o eliminar el impacto de las amenazas mediante la reducción de la vulnerabilidad de los elementos bajo riesgo.

Respuesta: Suma de acciones y decisiones tomadas durante y después del impacto de una amenaza, orientadas al socorro, rehabilitación y reconstrucción inmediata.

Riesgo: Es la probabilidad de que a una comunidad o sistema vulnerable le ocurra algo nocivo o dañino. Se obtiene de relacionar la amenaza o probabilidad de ocurrencia de un evento de cierta intensidad, con la vulnerabilidad o potencialidad que tienen los elementos expuestos a ser afectados.

Riesgo aceptable: Es un valor de probabilidad de consecuencias sociales, económicas o ambientales que, a juicio de la autoridad que regula este tipo de decisiones, es considerado suficientemente bajo como para permitir su uso en la planificación, la formulación de requerimientos de calidad de los elementos expuestos o para fijar políticas sociales, económicas y ambientales afines.

Vulnerabilidad: Es el conjunto de características que poseen las personas, comunidades o sistemas, que define su capacidad para anticipar, enfrentar, resistir y recuperarse del impacto de un peligro. Constituye una medida del nivel de exposición y predisposición de un elemento o conjunto de elementos a sufrir consecuencias negativas, como resultado de la ocurrencia de una amenaza de una magnitud dada.

3.1. Glosario de términos relativos a sismos

Aceleración: Variación de la velocidad en función del tiempo. Se utiliza en la ingeniería sísmica para definir el movimiento vibratorio del suelo o de las estructuras. Generalmente, se expresa como un porcentaje de la aceleración de la gravedad o en Gals.

Terremoto de proyecto: Parámetros de un terremoto seleccionado para el diseño de estructuras sismo-resistentes según la reglamentación vigente.

Astenósfera: Es la capa del manto superior que se sitúa inmediatamente bajo la litosfera, con un espesor que puede variar entre 200 y 300 km. Está constituida por material rocoso fundido capaz de moverse lentamente.

Corteza: Es la delgada capa superior de la Tierra, apoyada sobre el manto, constituida por rocas frías y rígidas, cuyo espesor aproximado varía entre 5 y 10 km bajo los océanos, hasta 10 a 70 km bajo los continentes.

Epicentro: Es el punto de la superficie de la Tierra que está directamente sobre el hipocentro de un terremoto.

Estación sismológica: Recinto especialmente diseñado para albergar al sismógrafo.

Hipocentro: Es el punto del interior de la tierra donde comienza la fracturación que da origen al sismo, y del cual proviene la primera onda sísmica que se registra.

Intensidad: La intensidad es una medida de los efectos producidos por un terremoto. La escala tiene carácter subjetivo y varía de acuerdo con la severidad de las sacudidas producidas en un lugar determinado. Tiene en cuenta los daños causados en las edificaciones, los efectos en el terreno, en los objetos y en las personas. Si bien existen diferentes escalas de intensidad, la más utilizada en el Hemisferio Occidental es la de Mercalli Modificada, que es cerrada y está organizada en doce grados.

Litosfera: Es la capa formada por la corteza y la parte superior del manto, que es la porción más rígida de éste. Su espesor varía entre 80 y 150 km.

Magnitud: La magnitud es un valor instrumental relacionado con la energía elástica liberada durante un terremoto y propagada como ondas sísmicas en el interior y en la superficie de la tierra. Es independiente de la distancia entre el hipocentro y la estación sismológica y se obtiene del análisis de los sismogramas. Existen diferentes escalas para medir la magnitud, aunque la más difundida es la de Richter, que constituye una escala abierta.

Manto: Se ubica inmediatamente debajo de la corteza y se extiende hasta los 2.900 km de profundidad. Tiene el mayor volumen de todas las capas que componen la tierra. Se caracteriza por una gran homogeneidad en los materiales que lo forman, fundamentalmente silicio y magnesio. Tiene las propiedades de un sólido, salvo en la parte superior, donde

presenta cierta plasticidad por encontrarse en fusión parcial.

Núcleo: Se localiza debajo del manto, desde los 2.900 km hasta el centro del planeta, a 6.371 km de profundidad y se divide en núcleo externo y núcleo interno. Está compuesto de un material formado por la aleación de hierro metálico y, en menor proporción, níquel y silicio. El núcleo interno tiene las características de un sólido, mientras que el núcleo externo presenta las propiedades de un fluido.

Ondas sísmicas: Son ondas elásticas, comúnmente llamadas vibraciones, que se originan en la fuente que produjo el sismo. Viajan por el interior y la superficie de la tierra y, según el tamaño del sismo y la distancia desde el epicentro, pueden ser percibidas por las personas.

Profundidad: Es la distancia vertical entre el hipocentro y el epicentro.

Réplicas: Son movimientos que ocurren después de un terremoto, generados por un reajuste de los esfuerzos actuantes en todo el volumen de roca que rodea la fractura y que dio lugar al terremoto. Si bien son menos violentas que el terremoto principal, pueden ocasionar derrumbes en construcciones dañadas o debilitadas por el terremoto principal.

Sismicidad: Expresa el nivel de ocurrencia de sismos en el espacio y en el tiempo, para una región determinada.

Sismo o terremoto: Representa el proceso físico de liberación súbita de energía de deformación acumulada en las rocas del interior de la tierra, que se manifiesta por desplazamientos de bloques anteriormente fracturados. Una parte importante de la energía liberada en este proceso se propaga en forma de ondas sísmicas, las cuales son percibidas en la superficie de la tierra como una vibración. Es común utilizar el término temblor para calificar los sismos de regular intensidad que no causan grandes daños y la palabra terremoto para los sismos de gran intensidad. Sin embargo, el término terremoto puede ser empleado para calificar cualquier sismo, ya que significa movimiento de tierra.

Sismógrafo: Conjunto de elementos cuya interacción permite registrar o grabar, en forma continua, las vibraciones del suelo, en un lugar determinado.

Sismología: Es la rama de la Geofísica que estudia los sismos y fenómenos conexos. Además, investiga la estructura interna de la Tierra, mediante el análisis de la propagación de las ondas sísmicas por el interior y la superficie de la misma.

3.2. Glosario de términos relativos a volcanes

Ácido sulfúrico: Es un ácido dibásico fuerte, oleoso, corrosivo, pesado e incoloro en estado puro. Constituye un agente oxidante y deshidratante muy potente.

Cámara magmática: Es el recinto localizado a gran profundidad de donde procede el magma que forma la lava en la superficie.

Caldera: Gran depresión volcánica, más o menos circular. La mayor parte de las calderas volcánicas se producen por el colapso del techo de la cámara magmática, debido a la eliminación del magma por erupciones voluminosas o movimientos subterráneos. Algunas pueden producirse por la desaparición explosiva de la parte superior del volcán.

Ceniza: Material de grano fino y forma irregular producido por una erupción piroclástica. Una partícula de ceniza tiene por definición un diámetro inferior a 2 milímetros.

Clasto: Fragmento de roca que ha sido transportado, por procesos volcánicos o sedimentarios.

Chimenea: Constituye el canal o conducto naciente en la cámara magmática por donde asciende la lava.

Cono volcánico: Elevación de forma cónica formada por la acumulación de fragmentos piroclásticos que caen al suelo.

Cráter: Conforman la zona por donde los materiales son arrojados al exterior durante la erupción.

Eyectar: Acción de arrojar materiales, tales como cristales y fragmentos de roca, desde un cráter hacia sus alrededores.

Erupción: Emisión de materiales volcánicos sobre la superficie, tanto desde la abertura central como desde una fisura o grupo de ellas.

Erupción freática: Erupción volcánica o explosión de vapor, barro u otro material incandescente. Esta forma de erupción se produce por el calentamiento y consiguiente expansión del agua contenida en el suelo circundante a una fuente de calor.

Lahar: Mezcla de fragmentos volcánicos y agua que se origina en el volcán y fluye a lo largo de cañadas, quebradas y valles.

Lava: Término genérico utilizado para identificar a la roca fundida que circula sobre la superficie.

Flujo piroclástico: Masa de material piroclástico caliente y seco con gases que se mueven rápidamente, bajo la acción de la gravedad, por la superficie del terreno.

Magma: Roca fundida en el interior de la corteza. Las rocas ígneas se derivan del magma a través de la solidificación y los procesos asociados o mediante la erupción del magma sobre la superficie.

Piroclástico: Relacionado con el material rocoso, roto y fragmentado formado durante una explosión volcánica o una expulsión aérea desde un orificio volcánico.

3.3. Glosario de términos relativos a desertificación

Zona árida: Área en que los recursos hídricos e hidrológicos son insuficientes para balancear la cantidad de agua que se pierde por evaporación.

Deforestación: Limpieza o destrucción de un área previamente forestada.

Desierto: Región con poca o ninguna vegetación, por deficiente precipitación o aridez edáfica.

Evapotranspiración: Es el agua perdida por la evaporación de la humedad del suelo, cuerpos de agua y la transpiración de las plantas.

Indicador de desertificación: Es un fenómeno físico, un organismo, una comunidad biótica, un criterio social, o una combinación de éstos, generalmente asociado con una o más condiciones, que demuestran el inicio del proceso de desertificación.

Pavimento del desierto: En áreas de desierto, una capa de piedras pequeñas o grava que cubre la superficie del suelo y permanece después de que la erosión eólica ha retirado el material más fino.

Presión de la población: Es la densidad de población humana, silvestre y ganadera, relacionadas con las diversas capacidades de sostenimiento de un ecosistema.

Sequía: Un período de sequedad que está por debajo de lo normal para una área específica.

Suelos alcalinos: Son suelos con pocas sales libres pero con suficiente sodio o potasio para ser dañinos a la mayoría de las plantas.

Textura del suelo: Es la proporción relativa de distintos tamaños de partículas minerales en el suelo.

Zona árida: Área que tiene una baja relación de precipitación a evapotranspiración.

3.4. Glosario de términos relativos a incendios

Combustibles: Todas aquellas sustancias existentes en el terreno que tienen la capacidad de arder.

Estrato: La capa de vegetación viva comprendida entre ciertos límites. En este caso, el término se refiere a estratos herbáceos, arbustivos y arbóreos.

Fuego de copas: Fuego que avanza por las copas de los árboles.

Fuego de superficie: El que se extiende quemando el tapiz herbáceo y el matorral.

Fuego de subsuelo: El que se propaga bajo la superficie.

Incendio: Fuego grande que quema combustibles que no estaban destinados a arder.

Velocidad de propagación: La velocidad con que se extiende un incendio.

3.5. Glosario de términos relativos a inundaciones

Crecida anual: Caudal máximo en un año.

Crecida de proyecto: Hidrograma de crecida o descarga máxima adoptados para el diseño de una estructura hidráulica o control de ríos.

Llanura de inundación: Como categoría topográfica es muy plana y se encuentra al lado un río. Geomorfológicamente, es una forma de terreno compuesta de material depositado no consolidado, derivado de sedimentos transportados por el río. Hidrológicamente, se define como la parte del terreno sujeta a inundaciones periódicas. Una combinación de estas características la define como una franja de tierra relativamente plana, junto a un río, que sufre el desborde de las aguas durante las crecidas.

Línea de ribera: Línea definible en el terreno por la cota de nivel a que llegan las aguas durante las crecidas máximas anuales medias. Se ha aplicado este concepto considerando la presencia de las obras y los contratos de concesión, representándose en planos la línea definida por la curva de nivel a que llega el agua, para los caudales seleccionados a tal fin. A los fines legales, la curva delimita la zona pública de la privada.

Vía de evacuación de crecidas: Son aquellas partes del cauce y de las planicies de inundación, donde pueden escurrir crecidas que tengan una recurrencia pronosticable sin un incremento significativo de la altura de inundación. El bloqueo de los caudales con estructuras y otros desarrollos en la vía de evacuación de crecidas, puede incrementar substancialmente la altura de una inundación aumentando los daños. Los usos dentro de la vía de evacuación de crecidas están limitados a la agricultura, recreación y otros usos de espacios abiertos.

Zona de riesgo de inundación: Está conformada por aquellas partes de la planicie de inundación, fuera del área de evacuación de crecidas, sujeta a riesgo de inundación. Se establece para que pueda ser ocupada por el agua durante las inundaciones importantes. Su definición se efectúa en función de un análisis técnico-económico y de las características del río. Las estructuras y los desarrollos permitidos dentro de la franja de inundación, deben preverse con apropiadas medidas de protección para reducir su vulnerabilidad a los daños por inundaciones. Los desarrollos deben estar restringidos por reglamentaciones que protejan los valores culturales de las planicies de inundación.

3.6. Glosario de términos relativos a deslizamientos

Deslizamiento: Masa de tierra o roca en movimiento bajo la acción gravitatoria.

Desprendimiento: Es una forma simple de deslizamiento en la que el material se desprende de un talud empinado o de un acantilado en caída libre.

Flujos de tierra: Es una masa de suelo blando con alto contenido de humedad que se mueve arrastrando la delgada capa superficial del terreno. Producen serios impactos en todas las estructuras implantadas en superficie.

Reptación: La reptación es la deformación que sufre una masa de suelo o roca como consecuencia de movimientos graduales extremadamente lentos.

Volcamiento: El volcamiento se produce por el giro o rotación hacia adelante de una o varias rocas gracias al efecto de la fuerza gravitatoria, a lo largo del terreno.

3.7. Glosario de términos relativos a nieve

Acumulación: Cantidad de nieve, o cualquier otra forma de agua en estado sólido, que se va acumulando en superficie hasta formar una capa.

Alud: Masa de nieve y hielo que cae súbitamente por la ladera de una montaña, y que a menudo arrastra tierra, rocas y escombros de todo tipo.

Capa de nieve: Nieve acumulada en el terreno.

Copos de nieve: Aglomeración de cristales de nieve.

Cubierta de nieve: Relación entre el área cubierta por nieve y el área total de una cuenca.

Densidad de la nieve: Masa de nieve por unidad de volumen. La masa es el contenido de agua en estado líquido, mientras que el volumen se refiere al estado sólido de la masa de nieve incluyendo los espacios con aire.

Equivalente en agua de la capa de nieve: Altura de agua que se obtendría de la fusión de una capa de nieve.

Equivalente en agua de la nieve: Cantidad de agua que se obtendría de la fusión completa de una muestra de nieve.

Espesor del manto de nieve: Distancia vertical entre la superficie de una capa de nieve y el suelo, suponiendo que la nieve está uniformemente extendida sobre el terreno que cubre.

Isonival o isoquiona: Línea de igual profundidad de nieve.

Nieve: Precipitación en forma de cristales de hielo de variadas estructuras.

Nivómetro: Aparato meteorológico diseñado para medir la cantidad de nieve caída.

Poste medidor de nieve: Poste graduado fijo, utilizado para facilitar la medición de la altura de la nieve.

Ruta nivométrica: Línea trazada y marcada permanentemente, a lo largo de la cual se toman muestras de nieve o se mide la altura de la misma.

4. Citas del trabajo

4.1. Bibliografía y recursos electrónicos correspondientes al primer capítulo

Andrade, María Isabel **Planificación y gestión integral de los recursos hídricos. Caracterización del riesgo hídrico.** Documento de trabajo. Universidad Nacional de La Plata, 2000.

Blaikie, Cannon, Davis y Wisner **Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres.** LA RED, 1er ed., julio de 1996.

Cardona, O. D. **Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el ordenamiento y la planificación del desarrollo.** Oficina para la Prevención y Atención de Desastres. Bogotá (Colombia), 1992.

Cardona, O. D. **Gestión ambiental y prevención de desastres: dos temas asociados.** La RED. Tercer Mundo Editores, 1993.

Centro de coordinación para la prevención de los desastres naturales en América Central. **Plan Regional de reducción de desastres.** Propuesta borrador del plan básico. Octubre de 1999.

Centro de Manejo de Desastres de Wisconsin. **Programa de entrenamiento para el manejo de desastres del PNDU/UNDRO Visión general sobre el manejo de desastres.** 2da ed., 1992.

Declaración de Cartagena Conferencia interamericana sobre reducción de los desastres naturales. Colombia, marzo de 1994.

Dussán, Jimena Bonilla **Desastres naturales e instituciones microfinancieras: guía para prevenir y aminorar el impacto.** Centro Acción Microempresarial, julio de 2002.

Escalante Gafau, Jorge **Planeamiento para atender situaciones de emergencia en sistemas de agua potable y alcantarillado.** Organización Panamericana de la Salud. Lima, 1992.

Fouga, Jorge A. P. **Mitigación del riesgo y estrategias de prevención para emergencias hídricas. Trabajo final de especialista para la Especialización en prevención, planificación y manejo integrado de áreas propensas a desastres.** Julio de 2000.

Fouga, Jorge A. P. **Desarrollo sustentable y gestión del riesgo. Planificación integrada al desarrollo.** Documento de trabajo. Julio de 2000.

Gray de Cerdán, Nelly Amalia **Evaluación y reducción de la vulnerabilidad: un enfoque indispensable para la gestión territorial.** Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Centro de Estrategias Territoriales para el MERCOSUR (CETEM). Departamento de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional de Cuyo, 1997.

Llavel, Alan **Degradación ambiental, riego y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación.** Ciudades en riesgo. La RED-USAID, Perú, 1996.

Llavel, Alan **Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición.** Documento de trabajo, 2001.

Lavel, Alan y Franco, Eduardo **Estado, sociedad y gestión de los desastres en América Latina: en busca del paradigma perdido.** LA RED, Perú, 1996.

Lavel, Alan **Viviendo en riesgo.** Comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina. LA RED, Perú, 1996.

Malm García, Loretta **Enfermería en desastres. Planificación, evaluación e intervención.** Editorial Harla, México, octubre de 1989.

Miño, Hilda María **La vulnerabilidad y el desarrollo económico.** Programa Nacional de Competitividad, Nicaragua, noviembre de 1998.

Moscardini, Oscar **La gestión del riesgo en el nivel local. Documento de trabajo.** Dirección General de Emergencias Sociales y Defensa Civil de la Ciudad de Buenos Aires, 2000.

Organización de los Estados Americanos **Desastres, planificación y desarrollo: manejo de amenazas naturales para reducir los daños.** Washington D.C., 1991.

Organización de Estados Americanos **Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo integrado.** Washington D.C., 1993.

Organización Panamericana de la Salud **Planificación para atender situaciones de emergencia en sistemas de agua potable y alcantarillado.** Cuaderno técnico No 37, Washington D.C., 1993.

Organización Panamericana de la Salud **Mitigación de desastres en las instalaciones de la salud. Aspectos generales. Volumen 1.** Washington D.C., 1998.

Organización Panamericana de la Salud **Desastres y sus efectos. Manual sobre preparación de los servicios de agua potable y alcantarillado para afrontar las situaciones de emergencia.** 1ª parte. Julio de 1990.

Organización Panamericana de la salud **Mitigación. Guías para la mitigación de riesgos naturales en las instalaciones de la salud de los países de América Latina.** 525 Twenty-third Street, N. W. Washington, D.C. 20037. Estados Unidos de América, 1991.

Revista Stop disasters Ciudades más seguras... antes de un desastre. 1996.

Rozé, Jorge Próspero **Crisis, vulnerabilidad y desastres.** La globalización en regiones periféricas de América Latina. Documento de trabajo. Instituto de Investigaciones Sociales InCiso/Ambiente y Sociedad, cátedra de Sociología Urbana, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional del Nordeste, Chaco, 2001.

Seaman, John **Epidemiología de desastres naturales.** Ed. Harla, México, junio de 1989.

Secretaría de la Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres **Repaso de las tendencias en la reducción de los desastres en las Américas,** Costa Rica, diciembre de 2001.

Senge, Peter **La quinta disciplina.** Ed. Granica, 1er ed. en español, Barcelona (España), 1993.

Velásquez, Andrés y Rosales, Cristina **Escudriñando en los desastres en todas las escalas.** Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. LA RED, 1999.

Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. [En línea] < <http://www.cne.go.cr/modulos/ciclo.htm> > [Consulta del 30 de mayo de 2002]

Ministerio del Interior de Bogotá, Colombia. Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres [En línea] < <http://www.dgp.gov.co/home.html> > [Consulta del 11 de junio de 2002]

Para la aplicación de la Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres (EIRD). Equipo de Tareas Interinstitucionales sobre Reducción de Desastres. [En línea] < <http://www.eird.org/esp/marco/body.htm> > [Consulta del 20 de julio de 2002]

United Nations. Departamento de Asuntos Humanitarios. [En línea] < <http://www.unisdr.org/unisdr/glossaire.htm> > [Consulta del 20 de julio de 2002]

Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres (EIRD). Comisión sobre Desarrollo Sostenible. Los desastres naturales y el desarrollo sostenible: considerando los vínculos entre el desarrollo, el medio ambiente y los desastres naturales. [En línea] < <http://www.eird.org/esp/variados/desastres%20naturales%20el%20desarrollo%20sostenible.doc> > [Consulta del 2 de octubre de 2002]

Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres (EIRD). Repaso de las Tendencias en la Reducción de los Desastres en las Américas. [En línea] < <http://www.eird.org/esp/variados/Tendencias%20Desastres%20en%20las%20Am%20E9ricas.doc> > [Consulta del 2 de octubre de 2002]

4.2. Bibliografía y recursos electrónicos correspondientes al segundo capítulo

Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro **La cuenca del río Negro.** Noviembre de 1997.

Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro **El control de las crecidas. Sistema de emergencias hídricas y mitigación del riesgo.** 2ª ed., agosto de 2001.

Organización de Estados Americanos Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo integrado. Washington D.C., 1993.

Consejo de Planificación y Acción para el Desarrollo Información periódica, fotografías y otros testimonios sobre los daños causados por los factores climáticos en la provincia del Neuquén hasta la fecha. Neuquén, julio de 1984.

Consejo de Planificación y Acción para el Desarrollo Evaluación de los daños ocasionados por los temporales durante los meses de junio y julio de 1984. Neuquén, julio de 1984.

Instituto de Investigaciones Antisísmicas Ing. Aldo Bruschi Riesgo sísmico en la cuenca del Río Limay. Desarrollo de la actividad sísmica. Vol. I. San Juan, julio de 1981.

Club Andino de Bariloche. Ríos de la Patagonia Andina. [En línea] < <http://www.clubandino.com.ar/Espanol/Kayak/RiosDeLaZona/RioLimay.htm> > [Consulta del 30 de enero de 2003]

Las 500 fotos de Sant Adria. Fotos del riu besòs. Contaminació. [En línea] < <http://www.el-portal.net/las500fotos/riu.htm> > [Consulta del 30 de enero de 2003]

Edición en Internet de diario El Día. [En línea] < <http://www.eldia.com.ar/> > [Consultas varias desde agosto del 2002 a enero de 2003]

Edición en Internet de diario la Nación. [En línea] < <http://www.lanacion.com.ar/> > [Consultas varias desde agosto del 2002 a enero de 2003]

Edición en Internet de diario Clarín. [En línea] < http://www.clarin.com/diario/hoy/index_diario.html/ > [Consultas varias desde agosto del 2002 a enero de 2003]

Edición en Internet de diario Río Negro. [En línea] < <http://www.rionegro.com.ar/> > [Consultas varias desde agosto del 2002 a enero de 2003]

Edición en Internet de diario la Mañana del Sur. [En línea] < <http://www.lmsur.com.ar/> > [Consultas varias desde agosto del 2002 a enero de 2003]

4.3. Bibliografía y recursos electrónicos correspondientes al tercer capítulo

Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro Plan para emergencias hídricas. Actualización septiembre de 2001.

Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro El control de las crecidas. Sistema de emergencias hídricas y mitigación del riesgo. 2ª ed., agosto de 2001.

Autoridad Interjurisdiccional de las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro e Himeco S.R.L. Informe nivológico 1982-1993. Análisis, evaluación y resumen estadístico, abril de 1994.

Autoridad Interjurisdiccional de las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro Río Neuquén. Tramo Portezuelo Grande – El Chañar. Análisis de vulnerabilidad. Agosto de 2002.

Ayesa, López, Bran, Umaña y Lagorio Cartografía biofísica de la Patagonia Norte. Laboratorio de Teledetección (SIG). Estación experimental agropecuaria Bariloche, San Carlos de Bariloche, 2002.

Bertalot, M. F. Estudio básico para la actualización del Reglamento CIRSOC 104. Acción de la Nieve y Hielo sobre las Construcciones en la Provincia del Neuquén, 1995.

Bonvissuto, G., González Carteau, A. y Busso, C. A. Guía de condición para los campos con jarilla y zampa. INTA Bariloche, Patagonia Norte, 2001.

Bonvissuto, G. L. y Sombo, R. C. Guía de condición para los campos naturales de precordillera, sierras y mesetas de la Patagonia. INTA, Centro Regional Patagonia Norte, 1998.

Bran, Cecchi y Ayeza Dominio Fisonómico Florístico para Río Negro. Instituto nacional de Tecnología Agropecuaria. INTA. GTZ. Año 1997.

Bran y Cecchi Carta de Vegetación de la Provincia de Río Negro. Escala 1: 500000. Trabajo inédito. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. INTA. Provincia de Río Negro. Año 1985.

Bran, Ayesa, López y Barrios Evaluación de áreas afectadas por incendios de campos en el verano 2000/01 en el Noroeste Rionegrino. Centro Regional Patagonia Norte. INTA – EEA Bariloche. Área de Investigación en Recursos Naturales. Laboratorio de Teledetección Aplicada y GIS. Agosto de 2001.

Bran, Ayesa, López y Sbriller Evaluación del área afectada por el incendio de enero de 1996 en el Cerro Catedral. Centro Regional Patagonia Norte. INTA – EEA Bariloche. Área de Investigación en Recursos Naturales. Laboratorio de Teledetección Aplicada y GIS. Junio de 1996.

Bran, Ayesa, López, Cecchi, Barrios y Umaña Evaluación y monitoreo de áreas afectadas por grandes incendios en el NE de la Provincia de Río Negro por medio de imágenes SAC-C y Landsat-TM. Centro Regional Patagonia Norte. INTA – EEA Bariloche. Área de Investigación en Recursos Naturales. Laboratorio de Teledetección Aplicada y GIS. Año 2003.

Centro Regional Patagonia Norte Cartografía biofísica de la Patagonia. Estación Experimental Agropecuaria Bariloche, Laboratorio de Teledetección, INTA, 2002.

CIRSOC Reglamento 104 Acción de la Nieve y del Hielo sobre las Construcciones. Editado por INTI, septiembre de 1997.

Consejo de Planificación y Acción para el Desarrollo Información periódica, fotografías y otros testimonios sobre los daños causados por los factores climáticos en la provincia del Neuquén hasta la fecha, provincia del Neuquén, julio de 1984.

Consejo de Planificación y Acción para el Desarrollo Evaluación de los daños ocasionados por los temporales durante los meses de junio y julio de 1984, provincia del Neuquén, julio de 1984.

Correa, M. N. Flora Patagónica. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, tomo VIII, Buenos Aires, 1998.

Delpino, H. D. y Bermúdez, A. M. Apuntes de riesgo volcánico. Dirección General de Ciencia y Tecnología, agosto de 1998.

Delpino, H. D. y Bermúdez, A. M. Conformación de la Junta Provincial de defensa Civil. Dirección General de Ciencia y Tecnología, Neuquén, agosto de 1998.

Del valle, H. F., Elissalde, N. O., Gagliardini, D. A. y Milovich, J. Distribución y Cartografía de la Desertificación en la Región de Patagonia. Revista RIA 28 (1), INTA, 1996.

Del Valle, H. F., Elissalde, N. O., Gagliardini, D. A. y Milovich, J. Status of desertification in the Patagonian Region: Assesment and Mapping from Satellite Imagery, 1997.

Departamento de Geología de la Universidad de California History and character of volcanic domes.

Departamento Provincial de Aguas. Gerencia de Recursos Hídricos. Departamento de Hidrometeorología Valle Inferior del río Negro – Red de Alerta de Sudestadas, provincia de Río Negro, abril 1999.

Facultad de Economía de la Universidad Nacional del Comahue Guía de estudio de la materia Probabilidad y Estadística, 1996.

Fainberg, A. Aspectos de la Gestión Ambiental en un medio altamente antropizado. El caso del Alto Valle del río Negro y Valle Inferior de los ríos Limay y Neuquén. Centro Experimental de la Vivienda y el Equipamiento Urbano. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue.

Fainberg, A. El espacio periurbano y el caso de un modelo metrópoli en formación. Centro Experimental de la Vivienda y el Equipamiento Urbano. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Comahue.

FAO Métodos de lucha contra los incendios forestales, Roma, 1953.

Fauque, I. Evidencias de peligrosidad geológica en el valle del río Mendoza aguas abajo de Uspallata. Trabajo presentado en el Congreso Argentino de Presas y Aprovechamientos Hidroeléctricos, San Juan, junio de 2002.

Fouga, Jorge A. P. **Estudio de rotura de presas**. Primer seminario sobre técnicas de seguridad de presas, Neuquén, mayo de 1996.

Fouga, Jorge A. P. **Línea de ribera**. Autoridad Interjurisdiccional de las Cuenclas de los ríos Limay, Neuquén y Negro, abril de 1995.

Horne, F. **Modelo matemático de fusión de nieve para la cordillera neuquina**. Facultad de Ciencias Agrarias, área de Hidráulica e Hidrología Agrícola, 1999.

INPRES – CIRSOC **Reglamento 103. Normas Argentinas para Construcciones Sismorresistentes**. Editado por INTI, noviembre de 1983.

Instituto de Prevención Sísmica y Ministerio de educación de la provincia de San Juan **Prevención sísmica**. Manual de adiestramiento para docentes del nivel primario, junio de 1998.

International Association of Volcanology **Catalogue of the active volcanoes of the world including solfatar fields**.

Josch, I. F. **Apuntes de la Materia Hidráulica Fluvial de las carreras Ingeniería Civil e Ingeniería Hidráulica**, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata, 1999.

Juárez Badillo y Rico Rodríguez **Mecánica de suelos**. Teoría y aplicaciones de la mecánica de suelos, Tomo II, Editorial Limusa, México, 1998.

Linsley, Kohler y Paulus **Hidrología para Ingenieros**, 2ª ed. Editorial McGraw Hill, Colombia, 1977.

Maza Alvarez, J. A. y García Flores, M. **Estabilización y rectificación de ríos**. Capítulo 14 del Manual de ingeniería en ríos, Instituto de Ingeniería UNAM, 1996.

Maza Alvarez y Franco, V. **Obras de protección para control de inundaciones**. Capítulo 15 del Manual de ingeniería en ríos, Instituto de Ingeniería UNAM, 1996.

Mensing, H. G. **Procesos geomorfológicos en la Patagonia como indicadores de la desertificación**. Guía de campo, PRODESAR, Bariloche, 1996.

Micheli, E. **Apuntes de la cátedra de Matemática y Estadística**. Maestría en Economía y Política Energética y Ambiental, curso 2002.

Módulo de teledetección y GIS del INTA Bariloche **Desertificación en la línea Sur**. Provincia de Río Negro – Argentina, mayo de 1997.

Movía, Ower y Pérez **Estudio de vegetación natural**. Capítulos 1, 2 y 3. Provincia del Neuquén. Ministerio de Economía y Hacienda, Subsecretaría de Recursos Naturales, 1982.

Organización de Estados Americanos **Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo integrado**. Washington D.C., 1993.

Organización Panamericana de la Salud **Mitigación de desastres en las instalaciones de la salud**. Aspectos generales, Volumen 1, Washington D.C., 1998.

Organización Panamericana de la Salud **Desastres y sus efectos**. Manual sobre preparación de los servicios de agua potable y alcantarillado para afrontar las situaciones de emergencia, primera parte, julio de 1990.

ORSEP Comahue **Sistemas de presas del Comahue**. Folleto explicativo.

Ortega, E y Blasco, E. **Aprendiendo a convivir con las presas**. ORSEP Comahue, 2ª ed., marzo de 1998.

Proyecto de cooperación técnica entre la República Argentina y la República Federal de Alemania **Lucha contra la desertificación en la Patagonia a través de un Sistema de Monitoreo Ecológico**. Evaluación del estado actual de la desertificación en áreas representativas de la Patagonia. Informe final de la Fase I. 1995.

Seaman, John **Epidemiología de desastres naturales**. Editorial Harla. México. Junio de 1989.

Sifreddi, G. L. y Becker, G. F. **Guía de recomendación de carga animal para las pampas de coirón blanco**. Pastoreo de veranadas de noviembre hasta abril. INTA Bariloche. Patagonia Norte.

Strabler **Geología física**. Editorial Omega. Barcelona. España. 1992.

UNDRP **Prevención y mitigación de desastres**. Aspectos vulcanológicos.

Universidad nacional del Comahue. Facultad de Ciencias Agrarias. Departamento de Ecología. Escuela Superior de Biología. Facultad de Humanidades. Departamento de Geografía. Escuela de Graduados **Seminario: Metodología regional del proceso de desertificación**. 24 de octubre al 4 de noviembre de 1984.

Vapñarsky y Pantelides **La formación de un área metropolitana en al Patagonia**. CEUR. Buenos Aires. 1987.

Ven Te Chow **Handbook of Applied Hydrology**. Editorial Mc Graw Hill. Estados Unidos de América. 1964.

Red de Información en suelos y lucha contra la desertificación. RISDE. [En línea] < <http://www.semarnap.gob.mx/ssrn/risde/index.html> > [Consulta del 8 de mayo de 2002]

Los volcanes. [En línea] <<http://www.terra.es/personal/agmh25/volcanes/home.htm>> [Consulta el 14 de mayo de 2002]

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de la República Argentina. INTA. [En línea] < <http://www.inta.gov.ar> > [Consulta del 2 de junio de 2002]

Servicio Vasco de Meteorología. SVM. [En línea] < <http://vppx134.vp.e-hu.es/met/html/diccio/nieve.htm> > [Consulta del 13 de junio de 2002]

Diario El día. Edición Internet. El temporal de nieve jaquea a la Patagonia. [En línea] < <http://200.26.107.200/ediciones/20010724/laciudad14.asp> > [Consulta del 29 de junio de 2002]

Diario El día. Edición Internet. Miles de turistas varados por nevadas. [En línea] < <http://200.26.107.200/ediciones/20020528/laciudad16.asp> > [Consulta del 29 de junio de 2002]

Jornada. Una gran pérdida de ovejas provocó el temporal de nieve. [En línea] < <http://www.ncodiario.com/DIARIOS/12%20marzo%202001/hoja%20numero%2008%20fax.htm> > [Consulta del 29 de junio de 2002]

Jornada. Temporal: Chubut fue declarada en emergencia meteorológica. [En línea] <http://www.diariojornada.com.ar/diario/noticias/2001_07_20_02_45_31.htm > [Consulta del 29 de junio de 2002]

Los Andes online. Turistas aislados y camiones varados por el temporal de nieve. [En línea] < http://www.losandes.com.ar/2001/0720/sociedad/nota34071_1.htm > [Consulta del 29 de junio de 2002]

Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de geofísica. Servicio sísmológico. [En línea] < <http://ssn.dgf.uchile.cl/shtmenu.html> > [Consulta del 4 de agosto de 2002]

Instituto Nacional de Prevención Sísmica. INPRES. [En línea] < <http://www.inpres.gov.ar> > [Consulta del 4 de agosto de 2002]

Terremotos o sismos. [En línea] < <http://www.terra.es/personal/agmh25/volcanes/sismo.htm> > [Consulta del 4 de agosto de 2002]

Secrets of survival. How to survive devastating earthquakes. Cliff Montgomery. [En línea] < http://www.secretsofsurvival.com/survival/earthquake_survival.html > [Consulta del 4 de agosto de 2002]

Incendios forestales. Escuela Normal Superior J. A. Roca. Santa Rosa. La Pampa. [En línea] < <http://www.oni.escuelas.edu.ar/olimpi2000/la-pampa/incendios-forestales/schedule.htm> > [Consulta del 17 de agosto de 2002]

Teledetección e Incendios. Conceptos. [En línea] < <http://www.fuego.org.ar/conceptos/teledeteccion.htm> > [Consulta del 17 de agosto de 2002]

La Noticia del día. Los incendios forestales. [En línea] < <http://www.md-paquiario.com.ar/revista/noticia01-jul00.htm> > [Consulta del 17 de agosto de 2002]

Cruz roja peruana. El frío azota el sur del país. [En línea] < http://www.cruzroja.org.pe/act_not_ayudafriosur.htm > [Consulta del 23 de agosto de 2002]

Diario la Mañana del Sur. El invierno ya comenzó con intensa nevada cordillerana. [En línea] < <http://www.lmsur.com.ar/02-06-21/contratapa.htm> > [Consulta del 23 de agosto de 2002]

Página 12. Historias de héroes entre la nieve. [En línea] < <http://www.pagina12.com.ar/2001/01-07/01-07-21/pag15.htm> > [Consulta del 23 de agosto de 2002]

- Diario El día. Edición Internet. Más de 3.000 varados en el Patagonia. [En línea] < <http://200.26.107.200/ediciones/20010725/elpais17.asp> > [Consulta del 23 de agosto de 2002]
- Anche la polizia stradale impegnata nei soccorsi alle popolazioni terremotate del molise. [En línea] < http://www.asaps.it/notizie/terrem_molise.html > [Consulta del 8 de septiembre de 2002]
- Organización Panamericana de la Salud. Desastres y asistencia humanitaria. Terremotos-México. Galería de fotos. [En línea] < <http://newweb.www.paho.org/spanish/ped/Mexico.htm> > [Consulta del 8 de septiembre de 2002]
- Massive earthquake in Gujarat, India on Friday Jan.26.2001. [En línea] < <http://gujaratearthquake.homestead.com/> > [Consulta del 8 de septiembre de 2002]
- Bhachau Mandvivaro vaas. Bhavin Gada/Amit Gada. [En línea] < <http://www.vagad.com/calamity/pict011.html/> > [Consulta del 8 de septiembre de 2002]
- FEMA. U.S. Department of Homeland Security. Earthquakes photos. [En línea] < http://www.fema.gov/kids/p_eq.htm/ > [Consulta del 8 de septiembre de 2002]
- Programa de las Naciones Unidas para el medio Ambiente. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. [En línea] < <http://www.rolac.unep.mx/deslac/esp/#consecuencias> > [Consulta del 8 de septiembre de 2002]
- Eco – Argentina. Desertificación en la Patagonia. Enzo L. Scilinguo. [En línea] < <http://www.geocities.com/eco-argentina/desertific.htm> > [Consulta del 8 de septiembre de 2002]
- XII Biental de la Real Sociedad Española de Historia Natural Indicadores y consecuencias de los proceso de desertificación. F. López Bermúdez. [En línea] < http://www.ucm.es/info/rsehn/biental/12/b12_mes.htm#mesas2 > [Consulta del 8 de septiembre de 2002]
- Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable. Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación. [En línea] < http://www.medioambiente.gov.ar/areas/programas/pan/documento_base/cap04_06.htm > [Consulta del 8 de septiembre de 2002]
- Publicaciones On-Line. La desertificación. [En línea] < <http://www.fundasur.org.ar/ladesertificacion.htm> > [Consulta del 8 de septiembre de 2002]
- USDA. Natural Resources Conservation Services. Oregon & Washington Snow Surveys. What is Snow Water Equivalent. [En línea] < <http://www.w.nrcs.usda.gov/snow/snowsveys/intro/swe.html> > [Consulta del 12 de septiembre de 2002]
- Publicación oficial del grupo Proyecto de Investigación Villa Rica – Internet. [En línea] < <http://www.povi.org/index.htm> > [Consulta del 14 de septiembre de 2002]
- BD Volcanes. ILE – Listado nacional de Focos Activos. [En línea] < <http://mundo21.tripod.com/6erupch0.html> > [Consulta del 14 de septiembre de 2002]
- Volcano live. Volcano news, information and travel. [En línea] < <http://www.volcanolive.com/contents.html> > [Consulta del 14 de septiembre de 2002]
- Grupo del Banco Mundial. [En línea] < <http://wbln0018.worldbank.org/external/lac/794cade44b08525687800657ef1?OpenDocument> > [Consulta del 18 de septiembre de 2002]
- Libro electrónico. Ciencias de la Tierra y del medio ambiente. Movimientos de tierras y aludes. [En línea] < <http://www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/08RiesgN/140MovTierr.htm> > [Consulta del 18 de septiembre de 2002]
- Libro electrónico. Ciencias de la Tierra y del medio ambiente. Causas de las inundaciones. [En línea] < <http://www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/Inund.htm#Causas de las inundaciones> > [Consulta del 18 de septiembre de 2002]
- Afghan Info Center. The latest Earthquake in Nahrin, Afghanistan, More than 1000 people feared dead. [En línea] < <http://www.afghan-info.com/Earthquake/afghanquake.htm> > [Consulta del 19 de septiembre de 2002]
- Earthquake images. Kobe on fire [En línea] < http://www.scarborough.k12.me.us/wis/teachers/dtewhey/nature/earthquake_images.htm > [Consulta del 19 de septiembre de 2002]
- USGS. Mount Pinatubo, Philippines - Miscellaneous Images. [En línea] < <http://volcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/Philippines/Pinatubo/images.html> > [Consulta del 19 de septiembre de 2002]
- Universidad de Colima. Observatorio Vulcanológico. Detección de lahares. [En línea] < http://www.uco.mx/volcan/flujoos_lodo_lahares.html > [Consulta del 19 de septiembre de 2002]
- Organización Panamericana de la Salud. Erupciones volcánicas en Ecuador 3 - 4 de noviembre de 2002. Galería de fotografías. [En línea] < <http://www.paho.org/Spanish/PED/ecu-volcano02.htm> > [Consulta del 19 de septiembre de 2002]
- Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres. Acerca de los fenómenos naturales. Deslizamientos. [En línea] < http://www.dgpad.gov.co/acerca/fen_desliza.htm > [Consulta del 22 de septiembre de 2002]
- Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres. Acerca de los fenómenos naturales. Inundaciones. [En línea] < http://www.dgpad.gov.co/acerca/fen_inunda.htm > [Consulta del 22 de septiembre de 2002]
- Defensa Civil de Ecuador. [En línea] < <http://www.defensacivil.gov.ec/i-nundaciones.htm> > [Consulta del 22 de septiembre de 2002]
- Protección Civil Anzoátegui. Inundaciones. [En línea] < <http://dc-anzoategui.org/WEB11.HTML> > [Consulta del 22 de septiembre de 2002]
- Terra Noticias. [En línea] < <http://www.terra.com.mx/noticias/articulo/046949/> > [Consulta del 22 de septiembre de 2002]
- UITA. Secretaría Regional Latinoamericana. Montevideo. Uruguay. [En línea] < <http://www.rel-uita.org/agricultura/las%20inundaciones.htm> > [Consulta del 22 de septiembre de 2002]
- Volcanoes. [En línea] < <http://www.dur.ac.uk/m.j.rogers/Subduction.html> > [Consulta del 10 de octubre de 2002]
- Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. Volcán El Reventador. [En línea] < <http://www.igepn.edu.ec/vulcanologia/reventador/fotografias/fotografias.htm> > [Consulta del 10 de octubre de 2002]
- Volcán Villa Rica. Flujos piroclásticos: origen y evolución. [En línea] < <http://www.povi.org/ignimbri.htm> > [Consulta del 10 de octubre de 2002]
- Volcán Villa Rica. Naturaleza de los lahares. [En línea] < <http://www.povi.org/lahar.htm> > [Consulta del 10 de octubre de 2002]
- Desarrollo sostenible de tierras áridas y lucha contra la desertificación. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Posición de la FAO. [En línea] < <http://www.fao.org/docrep/V0265S/V0265S00.htm> > [Consulta del 8 de noviembre de 2002]
- Universidad de Colima. Observatorio vulcanológico. Volcán de Colima. Album fotográfico. [En línea] < <http://www.uco.mx/volcan/photoalbum.html> > [Consulta del 16 de octubre de 2002]
- Universidad de Colima. Observatorio vulcanológico. Detección de lahares. [En línea] < http://www.uco.mx/volcan/flujoos_lodo_lahares.html > [Consulta del 16 de octubre de 2002]
- Lessons from the 1990-95 eruption of Unzen volcano. Yasuo Miyabuchi. [En línea] < <http://ymiyabuchi.hp.infoseek.co.jp/unzen/unzen-e.htm> > [Consulta del 16 de octubre de 2002]
- Organización Panamericana de la Salud. Erupciones volcánicas en Ecuador 3 - 4 de noviembre de 2002. [En línea] < <http://www.paho.org/spanish/ped/ecu-volcano02.htm> > [Consulta del 16 de octubre de 2002]
- Organisation for the rehabilitation of the environment. Hurricane Lili almost drowns Camp – Perrin. [En línea] < <http://www.oreworld.org/flood/flood.htm> > [Consulta del 16 de octubre de 2002]
- Organización Panamericana de la Salud. Volcanes – Costa Rica. Galería de fotos. [En línea] < <http://newweb.www.paho.org/spanish/ped/costarica.htm> > [Consulta del 16 de octubre de 2002]
- Organización Panamericana de la Salud. Terremotos - México. Galería de fotos. [En línea] < <http://newweb.www.paho.org/spanish/ped/Mexico.htm> > [Consulta del 16 de Octubre de 2002]
- Fatti e segni del tempo: OGGI. Terremoti. [En línea] < http://www.iacaas-sisi.org/i_tempi.htm > [Consulta del 16 de Octubre de 2002]

US Global Change Research Program. US National Assessment of the Potential Consequences of Climate Variability and Change Educational Resources Regional Paper: US-Affiliated Islands of the Pacific and Caribbean. [En línea] < [http://www.usgcrp.gov/usgcrp/nacc/islands-edu-4.htm#Environmental and Societal Impacts](http://www.usgcrp.gov/usgcrp/nacc/islands-edu-4.htm#Environmental%20and%20Societal%20Impacts) > [Consulta del 17 de Octubre de 2002]

USGS. Socioeconomic and environmental impacts of landslides in the western hemisphere. Robert L. Schuster and Lynn M. Highland. [En línea] < <http://geology.cr.usgs.gov/pub/open-file-reports/ofr-01-0276/> > [Consulta del 20 de Octubre de 2002]

Landslides. Impacts of Hydroelectric Developments. [En línea] < <http://www.worldbank.org/html/fpd/em/hydro/land.stm> > [Consulta del 20 de Octubre de 2002]

Natural hazards and disasters. Landslides in Barbados. Nicholas De Graff. University of California at Santa Cruz. [En línea] < http://sis.uwimona.edu.jm/uds/Land_Barbados.html > [Consulta del 20 de Octubre de 2002]

BBC Mundo Com. Hasta 7000 muertos en India por terremoto. [En línea] < <http://www.bbc.co.uk/spanish/news/news010126india.shtml> > [Consulta del 28 de Octubre de 2002]

Comunidad de la Cuenca del Nahuel Huapi. Patagonia, Argentina. Fotografías de incendios forestales. Alejandro Yanniello y Tonchek Arko. [En línea] < <http://www.bariloche.com.ar/cuenca/intfase.htm> > [Consulta del 28 de Octubre de 2002]

Asociación Civil Alihuen. Incendios rurales en la Provincia de La Pampa. Galería de fotos. [En línea] < <http://www.alihuen.org.ar/informacion/cambios-climaticos.htm> > [Consulta del 28 de Octubre de 2002]

City of Kobe. Earthquake pictures taken from the Home Page of Kobe, Japan. [En línea] < <http://bondo.wsc.mass.edu/norris/classroom/56malc/science/quakes/kobe/kobe.htm> > [Consulta del 28 de Octubre de 2002]

Earthquakes. Here are some pictures of earthquakes. [En línea] < <http://bearcat.ubly.k12.mi.us/~bklee/earthpics.html> > [Consulta del 28 de Octubre de 2002]

Bhachau Mandvivaro vaas. Bhavin Gada y Amit Gada. [En línea] < <http://www.vagad.com/calamity/pict011.html> > [Consulta del 28 de Octubre de 2002]

Afghan Info Center. Afghan Earthquake. The Latest Pictures From The Earthquake Sites. Faiz Abad, Badakhshan. [En línea] < <http://www.afghan-info.com/Earthquake/afghanquake.htm> > [Consulta del 28 de Octubre de 2002]

Forces of nature. Earthquakes Images. Deborah Tewhey. [En línea] < http://www.scarborough.k12.me.us/wis/dtewhey/webquest/nature/earthquake_images.htm > [Consulta del 28 de Octubre de 2002]

USGS. Mount Pinatubo, Philippines - Miscellaneous Images. Lyn Topinka. [En línea] < <http://vulcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/Philippines/Pinatubo/images.html> > [Consulta del 28 de Octubre de 2002]

Paricutin, Mexico. Photograph by K. Segerstrom, U.S. Geological Survey. [En línea] < http://volcano.und.nodak.edu/vwdocs/volc_images/img_paricutin.html > [Consulta del 28 de Octubre de 2002]

USGS. Mount St. Helens: A General Slide Set. Lyn Topinka. [En línea] < http://vulcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/MSH/SlideSet/ljt_slideset.html > [Consulta del 28 de Octubre de 2002]

The world revolution. Topic guide Desertification. [En línea] < <http://www.worldrevolution.org/projects/webguide/topicguide.asp?category=desertification> > [Consulta del 1 de Noviembre de 2002]

Did you know? More than 70% of earth's dryland is affected by desertification. [En línea] < <http://www.didyouknow.cd/deserts.htm> > [Consulta del 28 de Diciembre de 2002]

Paradise Valley Police Dept. Wildfire information. [En línea] < http://www.ci.paradise-valley.az.us/police/wildfire_info.html > [Consulta del 28 de Diciembre de 2002]

Hocking Hills. Region of Ohio. Wildfire Suppression. [En línea] < http://www.hockinghills.com/parks/m_forest4.htm > [Consulta del 28 de Diciembre de 2002]

Ecoscape Environmental Design. Wildfire mitigation. [En línea] < <http://www.ecosapedesign.com/site/10-Services.html> > [Consulta del 28 de Diciembre de 2002]

City of Austin. Wildfire. [En línea] < <http://www.ci.austin.tx.us/disasterready/wildfire.htm> > [Consulta del 3 de Enero de 2003]

Desertification African water and land policy coordination to be enhanced. [En línea] < http://www.afrol.com/Categories/Environment/env-041_water_coop.htm > [Consulta del 3 de Enero de 2003]

Reports. Science from the developing world. Combatting Desertification in Kenya. Mike Crawley. [En línea] < http://www.idrc.ca/reports/read_article_english.cfm?article_num=533 > [Consulta del 3 de Enero de 2003]

International Atomic Energy Agency. Worldatom: frontpages news. Focus of desertification. [En línea] < <http://www.iaea.or.at/worldatom/Press/News/desertification.shtml> > [Consulta del 3 de Enero de 2003]

UNEP. Natural resources. Desertification, Drought and Drylands. [En línea] < http://www.estec.esa.nl/mercure/unesp/nat_res2.htm > [Consulta del 3 de Enero de 2003]

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization. International Hydrological Programme. [En línea] < http://www.unesco.org/water/ihp/ihp_six.shtml > [Consulta del 3 de Enero de 2003]

Rainforest Slideshow! [En línea] < http://www.ran.org/kids_action/slideshow/34.html > [Consulta del 20 de Febrero de 2003]

Index of /Imgs/Jpg/MSH/SlideSet. [En línea] < <http://vulcan.wr.usgs.gov/Imgs/Jpg/MSH/SlideSet/> > [Consulta del 20 de febrero de 2003]

Food and Agriculture Organizations of the United Nations. Photofile. Michael Griffin. [En línea] < <http://www.fao.org/NEWS/FOTOFIL/ph9819-e.htm> > [Consulta del 20 de Febrero de 2003]

Food and Agriculture Organizations of the United Nations. Photofile. A. Odoul. [En línea] < <http://www.fao.org/NEWS/FOTOFIL/ph9820-e.htm> > [Consulta del 20 de Febrero de 2003]

Marblewood Village Resort. Photo gallery. Grand-daddy Snow-storm at Marble!! [En línea] < <http://www.marblemountain.com/photogallery-20000120-Majorsnowstorm.htm> > [Consulta del 20 de Febrero de 2003]

American Underground Construction Association. Featured project. Whittier Access Project. William Sound. [En línea] < <http://www.auca.org/month/> > [Consulta del 27 de Febrero de 2003]

Jim Oltersdorf Photographer. Sample... Landscapes... images. [En línea] < <http://www.joltersdorf.com/page4-landscapes.htm> > [Consulta del 27 de Febrero de 2003]

Geoff Mackley's video/still photo library. [En línea] < <http://www.rambo-cam.com/stock.html> > [Consulta del 27 de Febrero de 2003]

BBC News online. Two die in blizzards. [En línea] < <http://news.bbc.co.uk/1/hi/uk/1154017.stm> > [Consulta del 27 de Febrero de 2003]

Pictures of the great snowstorm of '00 in Raleigh NC. Frank Filz. [En línea] < <http://www.mindspring.com/~ffilz/snow.html> > [Consulta del 27 de Febrero de 2003]

Educación ambiental. Temas diversos. Desastres naturales. Los huracanes. Efectos asociados con el huracán. José E. Marcano. [En línea] < <http://www.jmarcano.com/varios/desastre/huracan3.html> > [Consulta del 2 de Marzo de 2003]

River recovery. Why decommission a dam? BC Ministry of Environment. [En línea] < <http://www.recovery.bcit.ca/dmantle.html> > [Consulta del 2 de Marzo de 2003]

Henry Samueli. School of Engineering of applied Sciences. [En línea] < <http://www.seas.ucla.edu/hseas/indexq.htm> > [Consulta del 2 de Marzo de 2003]

University of Cambridge. Departament of Engineering. Geotechnical and Environmental Research Group. [En línea] < http://www.civ.eng.cam.ac.uk/geotech_new/ > [Consulta del 2 de Marzo de 2003]

The liquefaction web site. Richard S. Olsen. [En línea] < <http://www.liquefaction.com/eq99/eq99/taiwan99/99Sept29-fieldlog.htm> > [Consulta del 2 de Marzo de 2003]

Educación ambiental. Los incendios forestales: si a la vida, no a los incendios forestales. [En línea] < <http://www.cvc.gov.co/frames/texto/edu-caamb/incendio.htm> > [Consulta del 13 de Marzo de 2003]

Sistema de información para la gestión del riesgos y atención de emergencias de Bogotá D. C. Incendios forestales. Panorama general de riesgo. Carlos Edgar Torres Becerra. [En línea] < <http://www.sire.gov.co/Incendio/panorama.htm> > [Consulta del 13 de Marzo de 2003]

Sistema de información para la gestión del riesgos y atención de emergencias de Bogotá D. C. Análisis de riesgos. Incendios forestales. Amenaza, vulnerabilidad y riesgo. Carlos Edgar Torres Becerra. [En línea] < <http://www.sire.gov.co/Incendio/amenaza.htm> > [Consulta del 13 de Marzo de 2003]

Corpochivor. Corporación autónoma regional de Chivor. Efectos sobre Los recursos naturales. Quemaduras o incendios. María del Carmen Hernández y Ariel de Jesús Martínez. [En línea] < <http://www.corpochivor.gov.co/cosmos/0100eslrn.htm> > [Consulta del 13 de Marzo de 2003]

Sheehan pipe line construction company. R. David Sheehan, Jr. [En línea] < <http://www.sheehanpipeline.com/pic3.html> > [Consulta del 13 de Marzo de 2003]

Ministerio de desarrollo social. Dirección de conservación del suelo y lucha contra la desertificación. Secretaría de ambiente y desarrollo sustentable. Respuestas a preguntas frecuentes ... Que es la desertificación. [En línea] < <http://www.medioambiente.gov.ar/faq/desertificacion/default.htm> > [Consulta del 20 de Marzo de 2003]

SINAPROC. Deslizamientos o derrumbes. El peligro de las tumbas prematuras. [En línea] < <http://www.c-com.net.pa/~snpc/deslizamientos.htm> > [Consulta del 20 de Marzo de 2003]

ABER. Institute of Geography and Earth Science. Mass Movement: Causes and Consequences. [En línea] < <http://www.aber.ac.uk/iges/cti-g/hazards-2000/massmovement/index.html> > [Consulta del 20 de Marzo de 2003]

USGS. Science for a changing world. Landslide Images. [En línea] < http://landslides.usgs.gov/html_files/landslides/slides/landslideimages.htm > [Consulta del 20 de Marzo de 2003]

Structural Engineering. Water Resources Engineering. Dams. [En línea] < http://www.eng.ucalgary.ca/CSCS-Students/structural_dams_masonry.htm > [Consulta del 20 de Marzo de 2003]

SEMARNAT. Incendios forestales. Generalidades. [En línea] < <http://www.semarnat.gob.mx/incendios/nueva/generalidades.shtml> > [Consulta del 30 de Marzo de 2003]

Acadia National Park. Management Documents. Environmental assessment upgrade wastewater treatment system at seawall campground. [En línea] < <http://www.nps.gov/acad/swleach.htm> > [Consulta del 30 de Marzo de 2003]

Geographic Analysis and Research Unit. Department for Transport, Urban Planning and The Arts. Information and Data Analysis Branch Planning SA. Wildfire Threat Analysis in the GIS Environment. [En línea] < http://www.planning.gov.au/spatial_info_services/documents/Fact_sheets/Wildfire/Wfta.html > [Consulta del 30 de Marzo de 2003]

ABAG. The Association of Bay Area Governments. Dam Failure Inundation Hazard. [En línea] < <http://www.abag.ca.gov/bayarea/eqmaps/dam-failure/damfail.html> > [Consulta del 30 de Marzo de 2003]

Geological Survey of Canada. Terrain Sciences Division. Geomorphic Effects and Impacts from July 1996 severe flooding in the Saguenay area. [En línea] < http://sts.gsc.nrcan.gc.ca/tsd_dcp/index_saguenay1996_e.asp > [Consulta del 30 de Marzo de 2003]

Madryn.Com Internet. Las Fotos del desastre. El Día Después que las aguas atacaran a Madryn por la retaguardia ... Abril 1998. [En línea] < <http://www.madryn.com/desastre/> > [Consulta 2 de Abril de 2003]

U.S Department of the Interior. Bureau of Reclamation. The failure of the Teton Dam. [En línea] < <http://www.pn.usbr.gov/dams/Teton.shtml> > [Consulta 2 de Abril de 2003]

Meteorología. Universidad de Panamá. Ing. Gerardo Leis. [En línea] < <http://geopan.tripod.com.mx/meteorologia/index.html> > [Consulta 2 de Abril de 2003]

Weatherwise. The magazine about the weather. Snow Rain Equivalents. Answer of the question how much rain equals one inch of snow? [En línea] < <http://www.weatherwise.org/qr/qry.snowrainequiv.html> > [Consulta 2 de Abril de 2003]

SIISE. Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador. Acerca del Mapa de amenazas naturales. [En línea] < <http://www.siise.gov.ec/fichas/siis35d1.htm> > [Consulta 2 de Abril de 2003]

SINAPROC. Sistema Nacional de Protección Civil de Panamá. Departamento de Informática. [En línea] < <http://www.sinaproc.com/> > [Consulta 2 de Abril de 2003]

ISDR. International Strategy for Disaster Reduction. [En línea] < <http://www.unisdr.org/unisdr/> > [Consulta 2 de Abril de 2003]

Sinopsis. Geografía. El Fenómeno de El Niño riesgos naturales y prevención. Nicole Bernex. [En línea] < <http://www.pucp.edu.pe/~sinopsis/sinopsis32/articulos/geografia.html> > [Consulta 2 de Abril de 2003]

National Geographic Society. National Geographic.com. Maps and Geography. [En línea] < <http://www.nationalgeographic.com/resources/ngo-maps/> > [Consulta 10 de Abril de 2003]

The united states agency for international development. USAID. [En línea] < <http://www.usaid.gov/> > [Consulta 10 de Abril de 2003]

Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Geofísica. Servicio sismológico. [En línea] < <http://ssn.dgf.uchile.cl/> > [Consulta 10 de Abril de 2003]

The electronic volcano. [En línea] < <http://www.dartmouth.edu/~volcano/index.html> > [Consulta 10 de Abril de 2003]

Natural hazard mitigation group of the university of Geneva. Section of Geosciences and Environment. [En línea] < <http://www.unige.ch/hazards/hotlist.html> > [Consulta 10 de Abril de 2003]

CEPREDENAC. Centro de coordinación para la prevención de desastres naturales en América central. [En línea] < <http://www.cepredenac.org/> > [Consulta 10 de Abril de 2003]

Terremotos y otros desastres naturales. Volcanes de Chile. Sus erupciones. [En línea] < <http://www.angelfire.com/nt/volcanesdeChile/> > [Consulta 10 de Abril de 2003]

Gobierno de Chile. Oficina Nacional de Emergencia. Ofician del Interior. [En línea] < <http://www.onemi.cl/pageview.php?file=riesgos/riesgos.htm> > [Consulta 18 de Abril de 2003]

4.4. Bibliografía y recursos electrónicos correspondientes al cuarto capítulo

Autoridad Interjurisdiccional de las Cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro El control de las crecidas. Sistema de emergencias hídricas y mitigación del riesgo, 2ª ed., agosto de 2001.

Cardona, O. D. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el ordenamiento y la planificación del desarrollo. Oficina para la prevención y atención de desastres, Bogotá (Colombia), 1992.

Instituto de Prevención Sísmica y Ministerio de educación de la provincia de San Juan Prevención sísmica. Manual de adiestramiento para docentes del nivel primario, junio de 1998.

Organización de Estados Americanos Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Integrado. Washington D.C., 1993.

Strabler Geología física, editorial Omega, Barcelona, 1992.

United Nations. Departamento de Asuntos Humanitarios. [En línea] < <http://www.unisdr.org/unisdr/glossaire.htm> > [Consulta del 10 de mayo de 2002]

Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de geofísica. Servicio sismológico. [En línea] < <http://ssn.dgf.u-chile.cl/shtmenu.html> > [Consulta del 15 de mayo de 2002]

Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de geofísica. Servicio sismológico. [En línea] < <http://ssn.dgf.u-chile.cl/shtmenu.html> > [Consulta del 15 de mayo de 2002]

Sistema de Información para la Gestión de Riesgos y Atención de Emergencias de Bogotá D.C. [En línea] < <http://www.sire.gov.co/lnundacion/amenaza.htm> > [Consulta del 20 de septiembre de 2002]

Ministerio de desarrollo social. Secretaria de ambiente y desarrollo sustentable. Sistema de información ambiental nacional. Geoinformación. Información ambiental geográfica. [En línea] < <http://www.medioambiente.gov.ar/geoinformacion/default.htm> > [Consulta del 20 de septiembre de 2002]

NSIDC. The National Snow and Ice Data Center. [En línea] < <http://nsidc.org/> > [Consulta del 27 de septiembre de 2002]

Glosario de términos relacionados con el hielo y la nieve. [En línea] < <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/glossary/glu/IN-ES-GL.HTM> > [Consulta del 23 de octubre de 2002]

Educación ambiental. Glosario meteorológico. José E. Marcano. [En línea] < http://www.jmarcano.com/glosario/glo_meteo.html > [Consulta del 23 de octubre de 2002]

Glosario de términos medioambientales. [En línea] < <http://www.medioambiente.gov.ar/sian/sestero/glosario.htm> > [Consulta del 23 de octubre de 2002]

Glosario hidrológico internacional. [En línea] < <http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/glossary/glu/indexes.htm> > [Consulta del 23 de octubre de 2002]

Naciones unidas. Departamento de asuntos humanitarios. Glosario multilingüe de términos convenidos internacionalmente relativos a la gestión de desastres. [En línea] < <http://www.unisdr.org/unisdr/glossaire.htm> > [Consulta del 23 de octubre de 2002]

USGS. Science for a changing world. Volcano and Hydrologic Hazards. Features and Terminology. [En línea] < <http://vulcan.wr.usgs.gov/Glossary/framework.html> > [Consulta del 2 de enero de 2003]