

**Cambio Climático del Ecosistema
Semiárido Transicional en Chile
(IV Región de Coquimbo),
mediante Análisis de Tendencia de Caudales
Naturales**

José Enrique Novoa Jerez

Tesis de Doctorado en Geografía

Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Filosofía y Letras, 2006

Director de Tesis Dr Raúl Mikkan

Co-Director de Tesis Dr. Víctor G. Quintanilla

Edición digital
Programa de Geografía Física Aplicada
Universidad de La Serena
La Serena
CHILE
2008

RESUMEN

La presente investigación se inscribe en el análisis de la problemática asociada al cambio climático global, aplicado a uno de los problemas más relevantes del ecosistema semiárido chileno, cual es la determinación de las tendencias de los caudales reales con que se contará para la planificación del desarrollo rural y urbano futuro.

A partir de una visualización de terreno y con el apoyo de estadísticas oficiales de caudales, registradas entre los años 1950 y 1990, se determinan las siguientes tendencias de los caudales naturales por regresión lineal: medios anuales, medios mensuales, máximos medios mensuales, mínimos medios mensuales y, medios para los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Para cada uno de los cuales se estima su tendencia positiva, negativa o en equilibrio y, los residuos en metros cúbicos por segundo entre los parámetros al comienzo de la data (1950) y al final de ella (1990).

Tales variables tendenciales se representan en forma cartográfica y gráficamente, mediante el apoyo de Sistemas de Información Geográfica.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de La Serena por darme la oportunidad de participar de un Programa de Doctorado en mis líneas de investigación y a la Universidad Nacional de Cuyo que me aceptó en este desafío.

A los académicos del Instituto de Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de Cuyo, Dr Ricardo **Capitanelli** quien creyó que esta línea de análisis podría abrir un nuevo marco de desarrollo para las investigaciones en los ecosistemas áridos de Sudamérica, quien con su vasta experiencia orientó inicialmente los esfuerzos. Al Dr Raúl **Mikkan** que continuó con esta iniciativa y aportó importantes reflexiones para su consecución y, a la Dra Ana **Alvarez** que desde la dirección de la Secretaría Postgrado de la Facultad de Filosofía y Letras, me motivó comprensiblemente a seguir y finalizar esta iniciativa. Al Dr Víctor **Quintanilla** del Departamento de Ingeniería Geográfica de la Universidad de Santiago, quien entregó un constante aliciente para alcanzar los objetivos.

Además, se desea dejar expreso agradecimiento a quienes han colaborado en el desarrollo de la presente investigación, entre los cuales destacan los miembros del Programa de Geografía Física Aplicada del Área de Ciencias Geográficas de la Universidad de La Serena por su constante esfuerzo y dedicación (David **López**, Marcela **Robles**, José Manuel **Viada**, Rubén **Castillo** y José **Debonis**).

También a académicos de diversas instituciones que han aportado desinteresadamente con su experiencia de terreno en el área de estudio como es la Dra Alejandra **Duk-Rodkin** (División de Ciencias de la Tierra, Servicio Geológico de Canadá, Calgary, Canadá) con quien se realizó terrenos de reconocimiento y fotointerpretación en el área de estudio (1995) para establecer la potencialidad de análisis multitemporal de fenómenos de remoción en masa como indicadores de cambio climático y facilitó una estadía en Calgary para analizar las posibles metodologías a utilizar en 1996 (durante la estadía en Canadá la Dra Duk amablemente gestionó entrevistas con diversos especialistas de las universidades de Calgary, Edmonton y Lethbridge).

Al Dr Norbert **Kalthoff** (Instituto de Meteorología y Clima, Forschungszentrum, Karlsruhe, Alemania) apoyó las interpretaciones de cambio climático desde una perspectiva meteorológica con énfasis en la dinámica atmosférica regional para la que se realizaron varias experiencias de lanzamiento de globos sonda en el área de estudio (1999-2001) y gestionó una estadía en Karlsruhe (2001) para analizar criterios metodológicos que facilitaron la discusión con investigadores de las universidades de Karlsruhe, Freiburg y Estrasburgo en Francia que

permitieron orientar gran parte de las reflexiones y cuestionamientos metodológicos.

Al Dr Bernard **Pouyeaud** (Director de la Unidad GREAT ICE del IRD con sede en Montpellier, Francia) que coordina la mayor parte de las investigaciones referidas a glaciología realizadas por investigadores franco-suizos en el mundo, incluidas las que se están desarrollando en Sudamérica, con quien se sostuvo una serie de reuniones en Montpellier (el año 2005), a partir de las cuales se dio sustento lógico a las hipótesis de interpretación de cambio climático que se han alcanzado en esta investigación.

Así como a una serie de investigadores con los cuales se establecieron lazos académicos que aportaron con sus experiencias, estudios y publicaciones a sustentar las interpretaciones del marco teórico, entre los cuales merecen una mención destacada (en forma meramente alfabética) los doctores Hafzullah **Aksoy** (Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Técnica de Estambul, Estambul, Turquía), Robert C. **Balling** (Departamento de Geografía, Universidad del Estado de Arizona, Tempe, Arizona, Estados Unidos), Lars **Barring** (Centro para las Ciencias de la Geobiosfera, Departamento de Geografía Física y Análisis de Ecosistemas, Universidad de Lund, Lund, Suecia), Roger G. **Barry** (Director del Centro de Información Mundial en Glaciología, Universidad de Colorado, Boulder, Estados Unidos), Gilbert W. **Bassett** (Profesor y Director del Departamento de Finanzas, Universidad de Illinois, Chicago, Estados Unidos), Martin **Beniston** (Director Unidad de Geografía, Departamento de Geociencias, Universidad de Fribourg, Suiza), Gordon B. **Bonan** (Centro Nacional para la Investigación Atmosférica -NCAR-, Boulder, Estados Unidos), Andrew **Bootsma** (Agronomy and Agricultural Food Canada, Eastern Cereal and Oilseed Research Center, Ottawa, Canadá), Adri **Buishand** (Real Instituto Meteorológico de Holanda, De Bilt, Holanda), Donald H. **Burn** (Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Waterloo, Waterloo, Canadá), Timothy R. **Carter** (Programa de Investigación para el Cambio Global, Instituto del Medio Ambiente -SYKE-, Helsinki, Finlandia), Stanley A. **Changnon** (Investigaciones Hídricas del Estado de Illinois, Champaign, Illinois, Estados Unidos), John H. **Galbraith** (Departamento de Economía, Universidad McGill, Montreal, Quebec, Canadá), José María **García-Ruiz** (Instituto Pirenaico de Ecología, Zaragoza, España), Konstantine P. **Georgakakos** (Centro de Investigaciones Hidrológicas, San Diego, California, Estados Unidos), A. **Henderson-Sellers** (Directora del Programa de Investigación del Clima Mundial -WCRP/ICSU-, Escuela Ciencias de la Tierra, Universidad MacQuarie, Australia), Mike **Hulme** (Unidad de Investigación Climática Tyndall, Universidad de East Anglia, Norwich, Gran Bretaña), William W. **Kellogg** (Investigador Asociado, Sección de Investigación en Cambio Climático, Centro Nacional de Investigación Atmosférica -NCAR-, Boulder, Estados Unidos), Randal **Koster** (NASA, Goddard Space Flight Center, Oficina de Modelación Global y Asimilación, Greenbelt, Maryland, Estados Unidos), Hugo **Loaiciga** (Departamento de Geografía, Universidad de California, Santa Bárbara, Estados Unidos), Claude **Lorius** (CNRS, Laboratorio de Glaciología y Geofísica Ambiental, St Martin Dheres, Francia), Thomas F. **Malone** (Universidad Estatal de North Carolina, Departamento de Ciencias Marinas, Terrestres y Atmosféricas, Raleigh, Estados Unidos), Istvan **Matyasovszky** (Universidad Lorand Eotvos, Departamento de Meteorología, Budapest, Hungría), Gordon A. **McBean** (Profesor del Departamento de Geografía y Ciencia Política y, Director del Instituto para la Reducción de Catástrofes, Universidad de Western Ontario, London, Canadá), Gregory J. **McCabe** (Servicio Geológico, Centro Federal de Denver, Colorado, Estados Unidos), Linda O. **Mearns** (Sección de Sistemas Climáticos Interdisciplinarios, Centro Nacional de Investigación Atmosférica, Boulder, Colorado, Estados Unidos), Marc J **Metzger** (Departamento de Ciencias Botánicas, Universidad de Wageningen, Holanda), James R. **Miller** (Departamento de Meteorología y Oceanografía Física, Cook College, Universidad Rutgers, New Brunswick, New Jersey, Estados Unidos), **John F.B. Mitchell** (Oficina Meteorológica, Bracknell, Gran Bretaña), Linda L. **Nash** (Universidad de Washington, Departamento Historia, Seattle, Estados Unidos), Malcolm **Newson** (Departamento de Geografía, Universidad de Newcastle upon Tyne, Newcastle-upon-Tyne, Gran Bretaña), José Luis **Peña** Monné (Área de Geografía Física, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, España), Allen **Perry** (Departamento de Geografía,

Universidad y College de Wales, Swansea, Gran Bretaña), D. L. **Phillips** (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, Corvallis, Oregon, Estados Unidos), A. Barrie **Pittock** (Científico Honorario del CSIRO, Australia y, actualmente miembro de la Oficina Australiana para el Efecto Invernadero), Norman J. **Rosenberg** (Laboratorio Nacional del Pacífico Noroeste Battelle's –PNNL–, Instituto de Investigación Conjunta para el Cambio Global -JGCRI–, Universidad de Maryland, Maryland, Estados Unidos), M.D.A. **Rounsevell** (Universidad Católica de Lovaina, Departamento de Geografía, Director del Laboratorio de SIG y Cambio Ambiental, Lovaina, Bélgica), Stephen H. **Schneider** (Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de Stanford, Estados Unidos), William James **Shuttleworth** (Departamento de Hidrología y Recursos Hídricos, Universidad de Arizona, Tucson, Estados Unidos), H.G. **Stefan** (Laboratorio de Hidráulica Saint Anthony Falls, Departamento de Ingeniería Civil y Minera, Universidad de Minnesota, Minneapolis, Minnesota, Estados Unidos), Eugene Z. **Stakhiv** (Director de la División de Estudios Especiales, Política y Planificación, Instituto para los Recursos Hídricos y USACE, Estados Unidos), D.S.G. **Thomas** (Escuela de Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Oxford, Oxford, Gran Bretaña), Wayne M. **Wendland** (Centro de Investigación Hidrológica de Illinois, Champaign, Estados Unidos), Robert **Wilby** (Unidad de Cambio Climático, Agencia Ambiental, Nottingham, Gran Bretaña), David M. **Wolock** (Servicio Geológico, Sacramento, California, Estados Unidos), Ming-Ko **Woo** (Departamento de Geografía, Universidad McMaster, Hamilton, Ontario, Canadá) y M. **Yoshino** (Instituto de Geociencias, Universidad de Tsukuba, Tsukuba, Japón).

Finalmente, se desea dejar expreso agradecimiento a la **Dirección General de Aguas Región de Coquimbo** que, a través de su Director Regional, el Ingeniero Carlos **Galleguillos**, facilitó el acceso a los datos básicos de caudales utilizados en esta investigación, sin los cuales habría sido prácticamente imposible alcanzar los resultados logrados.

INDICE

Resumen

Agradecimientos

1. Introducción	1
1.1. Marco Teórico	1
1.2. Área de Estudio y Planteamiento del Problema	14
1.3. Hipótesis de Trabajo	15
1.4. Objetivos	15
1.5. Metodología, Materiales y Técnicas	17
2. Análisis de Tendencia Mensual y Anual de Caudales Naturales por Subcuencas	25
2.1. Cuenca del río Elqui	25
2.2. Cuenca del río Limarí	28
2.3. Cuenca del río Choapa	41
3. Análisis de Tendencia de Caudales por Sistemas Naturales	42
3.1. Cuenca del río Elqui	42
3.2. Cuenca del río Limarí	43
3.3. Cuenca del río Choapa	50
3.4. Cuenca Superior Regional	53
3.5. Cuenca Media Regional	55
3.6. Cuenca Baja Regional	56
3.7. IV Región de Coquimbo	57
4. Interpretación de Resultados	65
4.1. Proyecciones del Uso Antrópico de los Recursos Hídricos	65
4.2. Cambio Climático y Recursos Hídricos	66
4.3. Tendencias y Repercusiones Morfodinámicas	73
4.4. Impacto Potencial del Cambio Climático	75
5. Conclusiones y Recomendaciones	79
Bibliografía	81
Anexo	119

1. INTRODUCCION

1.1. Marco Teórico

El marco teórico ha sido organizado de manera tal que, una vez abordados los fundamentos conceptuales de la problemática asociada al cambio climático global, se caracterizan los procedimientos metodológicos de modelación y análisis estadístico utilizado por estudios desarrollados en otras latitudes. Para, posteriormente, analizar los enfoques que se le ha dado en los ecosistemas áridos y semiáridos planetarios con la utilización técnica de sensores remotos y sistemas de información geográfica, las aproximaciones al problema existentes en Chile y, finalmente, ejemplificar aplicaciones en el campo de los recursos hídricos, la planificación, el desarrollo agrícola y los impactos económicos del potencial cambio climático.

La **conceptualización** utilizada por múltiples estudios referidos al cambio climático global, inicialmente fue recopilada y analizada por Woodwell et al. (1983) al investigar los problemas derivados de la deforestación sobre el contenido de dióxido de carbono atmosférico, antecedente conceptual usado por Houghton et al. (1987) para caracterizar el ciclo del carbono entre los ecosistemas terrestres y la atmósfera que se asocian a cambios en el uso del suelo e iniciar la determinación (Hansen y Lebedeff 1987) de las tendencias de cambio climático global a partir de la medición de la temperatura del aire superficial. De esta forma, Houghton y Woodwell (1989) mencionan que el proceso de calentamiento global asociado a la acumulación de gases con la capacidad de retener calor, fue predicho por el sueco Svante Arrhenius en 1896 y por el estadounidense Thomas C. Chamberlin a comienzos del presente siglo. Su investigación sistemática comenzó en 1958, año a partir del cual Charles D. Keeling suministra un registro continuo del nivel de dióxido de carbono en varias estaciones de medición (como corresponde a la emplazada en la hawaiana Mauna Loa).

Tales experiencias (Houghton y Woodwell 1989) permiten confirmar el impacto que ha provocado la intervención del ser humano sobre la atmósfera mediante la incorporación de dióxido de carbono y metano, determinándose alteraciones en el clima actual, antecedentes con los cuales se han realizado algunos pronósticos referidos a potenciales cambios posicionales de las zonas climáticas, al derretimiento de glaciares y al ascenso del nivel de base marino. De esta forma, se señala que "Existe un hecho reconocido: los gases capaces de aprisionar calor han venido acumulándose en la atmósfera. Así, en ésta, y desde mediados del siglo XIX, la cantidad de dióxido de carbono ha aumentado en un 25 por ciento. Incremento que es fruto de la actividad humana, en particular la combustión de carbón y petróleo; ésa y la destrucción de los bosques han arrojado a la atmósfera cantidades de dióxido de carbono mayores que las liberadas por difusión en los océanos o por fotosíntesis en tierra..." (Houghton y Woodwell 1989). Características que pueden apreciarse en la **Tabla 1**.

Tales antecedentes son utilizados por Houghton (1991) en la Segunda Conferencia sobre Clima Mundial, al referirse al aporte de la investigación científica frente a las situaciones derivadas del cambio climático y orienta sus conclusiones hacia las estrategias académicas y políticas para enfrentar la problemática. En ese momento, aparecen las contribuciones de Malone (1991) y Kellogg (1991). Este último, recoge los argumentos planteados por Houghton y, como investigador retirado del Centro Nacional de Investigación Atmosférica de Estados Unidos, reafirma tales conclusiones en un artículo que titula "Response to Skeptics of Global Warming" (Respuesta a los Escépticos del Calentamiento Global), para terminar de convencer a los científicos que aún encontraban apresuradas las conclusiones y recomendaciones alcanzadas por la mayor parte de la comunidad científica mundial.

Desde el punto de vista de la dinámica de los recursos hídricos, el investigador de la Universidad

de Tsukuba (Japón) Isamu Kayane (1992), en su calidad de miembro del Grupo de Estudio sobre Respuestas Hidrológicas Regionales al Cambio Climático y al Calentamiento Global de la Unión Geográfica Internacional, realiza una recopilación de los antecedentes existentes a la fecha. Entre sus planteamientos, destaca el desconocimiento que existe de una serie de mecanismos del ciclo hidrológico como parte del sistema planetario, fundamentalmente asociados a la falta de información meteorológica que provoca vacíos de antecedentes para fines de interpretación real. Además, destaca el que todo cambio climático tendrá que repercutir en los procesos hidrológicos globales. Sin embargo, señala que tales interacciones de cambio (clima-hidrología) no son necesariamente lineales e incluso se presentan "intrincadas" relaciones. Frente a lo cual, expresa la necesidad de validar los modelos tradicionalmente utilizados en hidrología con información específica, extraída a escalas regionales y locales, cuya interpretación sería el único mecanismo para dilucidar estos mecanismos espacio-temporales.

Tabla 1. Flujos Anuales de Carbono (millones de toneladas)	
(Houghton y Woodwell 1989)	
Procesos de Incorporación de Carbono	
* Deforestación	2.000
* Combustibles Fósiles	5.000
* Respiración de las Plantas	50.000
* Respiración del Suelo	50.000
* Difusión Físico-Química Oceánica	100.000
Total Incorporado	(+) 207.000
Procesos de Absorción de Carbono	
* Fotosíntesis de las Plantas	100.000
* Difusión Físico-Química Oceánica	104.000
Total Absorbido	(-) 204.000
INCREMENTO ANUAL	(+) 3.000

Como se ha podido apreciar en los planteamientos anteriores, el interés por la problemática posee una larga data en el mundo científico internacional. Las repercusiones que se le han atribuido, ha obligado la interacción de numerosos especialistas, tanto de los ámbitos netamente relacionados con la Geografía Física, así como ingenieros, planificadores, economistas y políticos. Tal realidad ha generado una suerte de confusión conceptual que Barring (1993) intenta dilucidar, a objeto de alcanzar una interpretación y comprensión que sea homogénea para todas las partes involucradas en la discusión. Por ejemplo, señala las dificultades de interpretación que se le ha otorgado a conceptos como "cambio climático", "variación climática" y "fluctuación climática". Situación que ya había sido señalada por Kates et al (1985), en el texto introductorio de una publicación relacionada con el Programa Mundial de Impacto Climático. De forma tal que un "cambio" involucra una sustitución permanente de una condición natural dada, mientras que una "variación" es parcialmente sinónimo de cambio en la medida que tal sustitución es temporal o de naturaleza menos drástica y, finalmente, "fluctuación" corresponde a un movimiento más o menos constante entre dos o más estados diferentes (Barring 1993).

Al considerar las estructuras conceptuales planteadas por otros autores, se desprenden situaciones que tienden a dificultar, más que a facilitar, la comprensión de los fenómenos. Así, se tienen los planteamientos de Mitchell et al (1966:29) que sustenta sus planteamientos en una distinción basada en la relación escala-tiempo de un "cambio climático" cuando se denotan inconstancias de una duración superior a los 10 años, mientras que toda inconstancia de menor tiempo la atribuye a una "variabilidad muy rápida como para ser considerada como cambio climático", mientras que una relación de escala-tiempo absoluto sólo la introduce para distinguir entre "variación climática" y "fluctuación climática" para analizar la "variabilidad climática". Goossens y Berger (1987) le han incorporado algunos cambios a las definiciones planteadas

anteriormente, al reemplazar los términos "ritmo" y "periodicidad" por los de "periódico/no periódico" y "vacilaciones-oscilaciones", con lo que se tiende a complicar aún más la conceptualización. Incluso, estos autores han sugerido que el término "variabilidad climática" debería ser formalmente incluido en la terminología, refiriéndolo a la definición sustentada por Hare (1983 y 1985).

Actualmente la discusión continúa y todavía no se logra un adecuado consenso en la búsqueda de una conceptualización que junto con recoger los planteamientos científicos, sea de reconocimiento por parte de los organismos de planificación internacional y de la población en general (Dessai et al., 2004; Sarewitz, 2004; Pielke, 2005).

A este marco de carácter conceptual se le han asociado **diversas posibilidades de análisis**, desarrolladas a partir de tres planteamientos iniciales de estudio: el análisis de las discontinuidades, el análisis de las fluctuaciones (oscilaciones o variaciones) y el análisis de las tendencias, para todos los cuales se requiere de una extensa información temporal, como ya han demostrado Jones y Kelly (1988) al analizar las causas de las variaciones interanuales de las temperaturas globales y, posteriormente, al confirmar tales requerimientos metodológicos (Jones 1990, Yan et al 2002, Jones y Moberg 2003, Krepper et al 2003, Jones y Lister 2004).

Tales requerimientos de información temporal son aceptados como básicos para efectuar cualquier análisis del cambio climático global por parte de la comunidad científica internacional, tal y como queda expresado en la comunicación presentada por Dooge (1991) ante la Segunda Conferencia Mundial sobre Clima realizada por la Organización Meteorológica Mundial en 1991, al señalar los resultados alcanzados por el Programa de Estudios sobre Impacto Climático Mundial (WCIP) para las investigaciones financiadas en la década de 1980 a 1990 y ratificado en 1998 (Dooge et al 1998). Tales planteamientos metodológicos han sido la base para el desarrollo de las investigaciones sobre cambio climático efectuadas en la década de 1990. De esta forma, el investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Hidrológicas de Canadá Geoff Kite (1993a), confirma tales apreciaciones ante el Noveno Simposium sobre Investigaciones en las Cuencas del Hemisferio Norte (realizado en Canadá en agosto de 1992), al exponer los criterios de análisis hidrometeorológico mediante el uso de series de tiempo para evidenciar el cambio climático en base a temperaturas, precipitaciones y escurrimientos, relacionados con cambios de nivel lacustre en África y América del Norte, así como para el desarrollo de modelos de cambio climático aplicado (Kite 1998, Kite 2001, Arnell 2003, Kim et al 2005, Krysanova et al 2005).

Por otra parte, en el estudio del cambio climático global han sido utilizados diversos **procedimientos de modelación**. De esta forma, los trabajos desarrollados por la Escuela de Ciencias de la Tierra de la Universidad MacQuarie en Australia (Henderson-Sellers 1990a, Henderson-Sellers 1990b, Henderson-Sellers y McGuffie 1999, McGuffie 1999, McGuffie y Henderson-Sellers 2001, Henderson-Sellers et al 2003), han dado un marco de referencia que ha permitido una serie de incursiones asociadas a la modelación del cambio climático en diversas partes del mundo para estudios que abarcan escalas continentales, al recoger los resultados alcanzados por el CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) en su programa de levantamiento de los recursos naturales de Australia, antecedentes a partir de los cuales Ann Henderson-Sellers y su equipo de trabajo han desarrollado aplicaciones y modelos de diverso tipo para el análisis de los recursos y, posteriormente, su interrelación con las problemáticas actuales de investigación científica, como es el caso del cambio climático global.

En tal contexto, los modelos iniciales han incorporado parámetros de correlación climática con las características de los recursos pedológicos y vegetacionales (Henderson-Sellers 1990a) y, posteriormente con los recursos hídricos, para alcanzar finalmente modelaciones integradas (Henderson-Sellers 1990b) del comportamiento de los recursos en relación con las dinámicas de cambio climático. Tales modelaciones han utilizado sensores remotos satelitales y

aerofotográficos, mediante el denominado "GARP" o Programa de Investigación Atmosférico Global y el modelo "BATS" o Esquema de Transferencia Biosfera/Atmósfera, apoyados en un gran número de experiencias y aportes conceptuales, entre los cuales destaca por su consistencia y continuidad el aporte realizado por el Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) dependiente del National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) de los Estados Unidos (Manabe 1969, Holloway y Manabe 1971, Holloway et al 1973, Wetherald y Manabe 1975, Manabe et al 1975, Bryan et al 1975, Manabe y Wetherald 1980, Bryan et al 1982, Manabe 1983, Wetherald y Manabe 1986, Manabe y Wetherald 1987, Stouffer et al 1989, Wetherald y Manabe 1990, Manabe y Broccoli 1990, Manabe y Stouffer 1993, Delworth y Manabe 1993, Stouffer et al 1994, Manabe et al 1994, Manabe y Stouffer 1996, Manabe 1997, Knutson et al 1997, Manabe y Stouffer 2000, Hall y Manabe 2000, Manabe et al 2001, Manabe et al 2004a, Manabe et al 2004b, Tsushima et al 2005).

En este aspecto, han sido destacables los aportes del Dr. Jagadish Shukla (Director del Programa sobre Dinámica Climática de la Universidad George Mason y presidente del Instituto sobre el Ambiente Global y Sociedad), con una trayectoria que le ha permitido recibir la medalla 2005 Carl-Gustaf Rossby de la Sociedad Meteorológica de Estados Unidos (Shukla y Mintz 1982, Fennessy y Shukla 2000, Shukla et al 2000, Straus y Shukla 2000, Blackmon et al 2001, Kang et al 2002, Straus y Shukla 2002, Kirtman y Shukla 2002, Straus et al 2003, Huang et al 2004, Huang y Shukla 2005, Wang et al 2005). Así como los aportes de Ann Henderson-Sellers, elegida desde enero del 2006 como directora del Programa de Investigación del Clima Mundial (WCRP-ICSU), con cerca de 500 publicaciones catalogadas bajo el sistema ISI y 14 libros (Henderson-Sellers y Wilson 1983, Wilson y Henderson-Sellers 1985, Dickinson et al 1986, Thomas y Henderson-Sellers 1987, Wilson et al 1987, Pitman et al 1990, Henderson-Sellers et al 1995, McGuffie et al 1995, Zhang et al 1996a, Zhang et al 1996b, McGuffie et al 1998, Zhang et al 1998, McGuffie et al 1999, McGuffie y Henderson-Sellers 2001, Zhang et al 2001a, Zhang et al 2001b, Henderson-Sellers et al 2002, Henderson-Sellers et al 2003, Irannejad et al 2003, Ren et al 2004).

También, los aportes de Barrie Hunt de la Unidad de Investigación Atmosférica del CSIRO en Australia (Hunt 1985, Davies y Hunt 1994, Gordon y Hunt 1994, Hunt y Davies 1997, Hunt 1998a, Hunt 1998b, Hunt 2001, Hunt y Elliott 2003, Hunt y Elliott 2004, Hunt 2004). De Gerald Meehl de la División de Clima y Dinámica Global del Centro Nacional de Estados Unidos para la Investigación Atmosférica en Boulder (Meehl y Washington 1988, Meehl y Arblaster 1998, Meehl et al 1998, Meehl et al 2000a, Meehl et al 2000b, Meehl et al 2000c, Washington et al 2000, Meehl y Arblaster 2001, Meehl et al 2001, Liu et al 2002, Meehl y Arblaster 2002a, Meehl y Arblaster 2002b, Meehl y Arblaster 2003, Meehl et al 2003a, Meehl et al 2003b, Dai et al 2004, Hu et al 2004, Meehl et al 2004a, Meehl et al 2004b, Meehl y Tebaldi 2004, Dai et al 2005, Hu y Meehl 2005, Meehl et al 2005a, Meehl et al 2005b). Así como los planteamientos modelación integrada de Roni Avissar, Director del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de Duke (Avissar y Verstraete 1990, Avissar 1995, Field y Avissar 1998, Pielke et al 1998, Liu y Avissar 1999, Weaver et al 2002, Avissar y Werth 2005, Hasler et al 2005, Werth y Avissar 2005).

En este mismo aspecto, cómo dejar de mencionar los importantes aportes realizados por Linda Mearns, investigadora del Centro Nacional de Investigación Atmosférica de los Estados Unidos (NCAR) y Directora del Instituto para el Estudio de la Sociedad y el Medio Ambiente (ISSE) ubicado en Boulder, Colorado (Mearns et al 1984, Mearns et al 1990, Mearns 1992, Mearns et al 1996, Mearns et al 1997, Mearns 2000, Schneider et al 2000, Giorgi et al 2001, Giorgi y Mearns 2002, Giorgi y Mearns 2003, Leung et al 2003, Mearns et al 2003).

De singular importancia son los aportes del profesor John Mitchell del Centro Hadley para la Predicción e Investigación del Clima dependiente de la Oficina Meteorológica ubicada en Bracknell

(Mitchell y Zeng 1991, Mitchell y Zeng 1991b, Mitchell et al 1999, Senior y Mitchell 2000, Hewitt et al 2001, Mitchell 2004) en la simulación del clima y del cambio climático, al encontrar junto al incremento de la concentración del CO₂ atmosférico una evolución temporal del calentamiento global para una escala de resolución entre los 250 y 800 kilómetros, modelo que permitiría alcanzar escalas de mayor resolución en la medida que se cuente con datos meteorológicos válidos, situación bastante compleja por la falta de estaciones de medición y la calidad de los datos existentes, los cuales presentan parámetros y tiempos de duración diferentes que impiden desarrollar modelaciones coherentes y homogéneas con información levantada a escalas locales. El aporte conceptual de estos autores se basa en modelos que relacionan las condiciones de la temperatura atmosférica con superficies oceánicas y terrestres, mediante la incorporación de cambios y, por ende, de retroalimentaciones positivas o negativas en la ecuación de balance de energía, antecedentes a los que posteriormente se les asocia los análisis de contenido de vapor de agua atmosférico elaborados en el marco del efecto invernadero (Schlesinger y Mitchell 1987, Cess et al 1989, Mitchell et al 1989, Stouffer et al 1989, Arnell et al 2002, Tett et al 2002, Johns et al 2003, Stouffer 2004, Sun y Cess 2004, Cess 2005), a partir de los cuales se plantea un incremento de la temperatura cercano a 1,7 grados Celsius. Tales resultados fueron relacionados con los modelos tradicionalmente utilizados, tales como los elaborados por el Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR) de Estados Unidos, por el también estadounidense Instituto Goddard de Estudios Espaciales que involucra grillas con una resolución de 8x10 grados de latitud y longitud (GISS) y por el de la Oficina Meteorológica de Gran Bretaña que utiliza una resolución de 5x7,5 y de 2,5x3,75 grados de latitud y longitud (UKLO y UKHI, respectivamente), encontrándose un grado de correlación bastante adecuado. A pesar de todos estos esfuerzos, sólo es posible validar los resultados para una escala de carácter regional que involucra niveles de resolución que fluctúan entre los 400 y 2000 kilómetros (Mitchell y Zeng 1991a, Mitchell y Zeng 1991b, Mitchell 2004). Esfuerzos recientes han permitido alcanzar mejores resoluciones cuando se cuenta con redes de información meteorológica adecuadamente distribuidas, mediante la utilización de modelos integrados (Novoa et al 2000, Kalthoff et al 2002, Moura y Hastenrath 2004, Chaves et al 2005a, Chaves et al 2005b, Fiebig-Wittmaack 2005, Jin et al 2005, Palmer et al 2005).

Coincidentemente con lo mencionado en el párrafo anterior, Pittock y Salinger (1991) llegan a conclusiones similares en su intento por aplicar estos modelos al Hemisferio Sur, intento metodológico al que se le agregan algunos problemas teóricos que aún no han sido completamente resueltos, asociados con la dinámica de la Oscilación del Sur y con el fenómeno de El Niño (Andreoli y Kayano 2005, Munnich y Neelin 2005, Zelle et al 2005) y sus potenciales efectos sobre las costas sudamericanas (Caviedes 1975, Pittock 1980, Garreaud y Rutilant 1996, Jaksic 1998, Clarke y Ahmed 1999, Kane 1999, Holmgren et al 2001, Jaksic 2001, Carr et al 2002, Ortlieb 2002, Pizarro et al 2002, Shi et al 2002, Marengo et al 2003, Montecinos y Aceituno 2003, Halpin et al 2004, Pizarro y Montecinos 2004, Rutilant et al 2004, Montecinos y Pizarro 2005). Problemática que incluso ha llevado a la generación de centros de investigación especializados para comprender la dinámica de este fenómeno a escalas regionales y locales (Novoa et al 2003).

Representante de la escuela soviética, Kondrat'ev (Kondrat'ev 1992, Kondrat'ev 1994, Kondrat'ev y Fedchenko 2005, Kondrat'ev y Matveev 2005) realiza una excelente síntesis del estado del conocimiento sobre los cambios globales del clima, centrándose en el estudio del balance de la radiación terrestre y sus interrelaciones climáticas para el siglo XX, mediante la utilización de criterios netamente estadísticos en el análisis de tendencias, antecedentes a partir de los cuales se concentra en la interpretación de algunos elementos específicos (por ejemplo, la composición de gases de la atmósfera y los flujos de radiación) para analizar los modelos de circulación general de la atmósfera, el efecto invernadero y la identificación de factores estratosféricos determinantes de estos cambios. De esta forma, en su análisis utiliza una serie de modelos, como el modelo tridimensional de circulación general de la atmósfera que relaciona las características de

la estratopausa con las condiciones superficiales del planeta, desarrollado originalmente en el laboratorio Lawrence Livermore de la Universidad de California (Mintz y Schlesinger 1976), al considerar las interacciones entre los patrones de circulación, las transferencias de radiación y el ozono fotoquímico, para lo cual se incluyen variables relacionadas con la velocidad horizontal de las masas de aire, la temperatura y la presión atmosférica (a nivel de las interacciones de circulación), además de permitir el pronóstico de variables como la humedad atmosférica, temperatura superficial, reservas de humedad del suelo, masas de nieve y el contenido total de ozono, de todo lo cual resultan especialmente significativos los resultados alcanzados para el diagnóstico de variables como la nubosidad y el albedo superficial, al establecer las relaciones existentes entre la reserva de humedad del suelo y la vegetación, variables con las cuales es posible analizar las interrelaciones de los parámetros biogeofísicos.

Para el análisis de los modelos atmosféricos de circulación general, Kondrat'ev (1992) se apoya en los planteamientos de Joseph y Burtsztyrn (1976) sobre el cálculo de los flujos de radiación totales, los que permiten su complementación con el modelo de Traugott (1977) para el estudio del enfriamiento de la atmósfera causada por la radiación de onda larga y los análisis de Callis (1978), Fels (1978) y de Fels y Schwarzkopf (1978). Frente a tales aproximaciones y modelos, siempre se mantienen las dudas en cuanto a la veracidad de los resultados y, no deja de ser preocupante que ellos estén siendo utilizados como pronósticos reales para abordar las problemáticas asociadas al cambio climático a nivel aplicado para las acciones antrópicas (Sundararaman 1978), en el análisis de modelos mono y bidimensionales de la atmósfera, e incluso para los modelos tridimensionales (Coakley 1978, Schoeberl y Strobel 1978).

Avances más recientes y efectivos en este tipo de modelaciones atmosféricas (Aldrian et al 2005, Arpe et al 2005, Brasseur y Roeckner 2005, Cash et al 2005, Gruzdev y Brasseur 2005, Keenlyside et al 2005, Kloster et al 2005, Lorenz y Jacob 2005, Luo et al 2005, Paeth et al 2005, Rosatti et al 2005, Stenzel y von Storch 2005, Winguth et al 2005) se han logrado a partir de los planteamientos iniciales del profesor emérito del Instituto Max Planck y ganador del premio Nobel de Química en 1995, Paul Crutzen (Ramanathan et al 2001, Steil et al 2003, von Kuhlmann et al 2003, Crutzen 2004). Criterios que están siendo utilizados en las modelaciones que se están realizando en el Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas con sede en La Serena (Novoa et al 2003) con el apoyo del Instituto de Meteorología y Clima de Karlsruhe (Novoa et al 2000b, Novoa et al 2001a, Kalthoff et al 2002, Fiebig-Wittmaack 2005).

En un intento de aplicación del análisis asociado al cambio climático, Kite (1993b) elabora un modelo hidrológico en el que utiliza como criterio inicial, en contrapartida a lo planteado por la mayoría de los modelos hidrológicos desarrollados en este marco de análisis, la variación de las características de las cuencas hidrográficas, tanto en su estructura como en su comportamiento interno, producto de una alteración en los patrones de distribución y eficiencia de la evapotranspiración de la cobertura vegetal existente en ellas. Este modelo hidrológico se sustenta en planteamientos previos (Idso y Brazel 1984, Gifford 1988, Falkenmark 1989, Moss y Lins 1989, Allen 1990, Lettenmaier y Gan 1990, Ozenda y Borel 1990, Troendle 1991, Tsuang y Dracup 1991) para el análisis de cuencas hidrográficas, al considerar los cambios potenciales en el uso de suelo efectivo y su cobertura vegetal. Los resultados alcanzados fueron calibrados mediante una aplicación en las Montañas Rocallosas de la Columbia Británica, a partir de lo cual, los cambios de uso del suelo asociados a un escenario de duplicación del dióxido de carbono fueron estimados mediante el modelo (denominado "SLURP_GRU") con apoyo de información entregada por el satélite LANDSAT. Los resultados de esta reciente aproximación a la problemática, muestran que los extremos diarios de crecida no aumentarían, mientras se estaría proyectando un incremento de la frecuencia de grandes crecidas. Asimismo, los resultados alcanzados demostraron que los modelos tradicionales de cambio climático tienden a exagerar la disminución de las acumulaciones nivales en las cuencas. Sin embargo, estos resultados son considerados por el autor como insuficientes para validarlos, ya que se requeriría de otros

estudios equivalentes para otras partes del mundo, aún cuando el método parece haber brindado resultados que supera otros modelos similares.

Dadas las deficiencias de representatividad y confiabilidad que se derivan de la modelación de fenómenos asociados al cambio climático global, la comunidad científica comienza a considerar aspectos puntuales del problema. Entre estas acciones de investigación se encuentra el aporte de Matyasovszky et al (1993), al analizar las variabilidades espacio-temporales de la precipitación diaria en relación con los cambios climáticos para el área Este del estado de Nebraska en Estados Unidos, área que corresponde climáticamente a un ambiente semiárido continental, utilizando como criterio inicial (Bardossy y Plate 1992, Bardossy y Muster 1992, Bogardi et al 1992, Matyasovszky et al 1992) la comparación entre el escenario actual y un cambio climático asociado a una duplicación del dióxido de carbono. Los resultados alcanzados para esta región permiten proyectar un incremento en la variabilidad espacial de sus precipitaciones y una tendencia hacia condiciones climáticamente más húmedas con un régimen de precipitaciones más variable que el actual. Recientemente, estos mecanismos de modelación han evolucionado hacia planteamientos que aprovechan el avance de la computación para lograr aproximaciones más cercanas a la realidad mediante sistemas jerárquicos, integración de información originada a pequeña escala hacia escalas mayores y modelos fuzzy, entre muchos otros (Matyasovszky y Bogardi 1996a, Matyasovszky y Bogardi 1996b, Mearns et al 1999, Matyasovszky 2001, Matyasovszky 2003, Bardossy et al 2005). El principal problema que actualmente enfrenta este tipo de investigaciones radica en la heterogeneidad y validez de la información de sitio utilizada y condiciones de borde para modelos tridimensionales atmosféricos que requieren de procesamientos extremadamente largos, incluso para su procesamiento en computadores especialmente diseñados a este efecto.

Aunque la evolución es rápida, una síntesis del denominado "estado del arte" en modelación de cambio climático es aportado en 1994 por David Kemp (**Tabla 2**), para lo cual se debe tener en consideración que todos ellos aún se encuentran vigentes y en fases de desarrollo de optimización permanente (por ejemplo: Nieto et al 2004, Schweckendiek y Willebrand 2005, Zeng et al 2006, Zhou, 2006).

Entre algunas experiencias de simulación recientes se encuentran los continuos aportes de Koster y Suárez (1992, 1994, 1995, 1996, 1999, 2001, 2003 y 2004), para modelar la transferencia superficial vegetación-atmósfera sobre los efectos potenciales del cambio climático en el ciclo hidrológico, a objeto de cambiar las características de los modelos de superficie hacia uno que permitiese la modelación de la circulación climática general. Este modelo le otorga relevancia al control ejercido por la vegetación sobre los balances de energía superficial, mediante lo cual es posible discriminar una gran variedad de situaciones de stress ambientales asociados a la evapotranspiración, además de las capacidades de intercepción y acumulación de recursos hídricos para las plantas, permitiendo identificar el control de la evaporación superficial influenciado por la atmósfera y, finalmente, entregar variaciones de información para cortos períodos de tiempo. Aspectos que originalmente deficitarios en las interpretaciones alcanzadas por el resto de los modelos de cambio climático. Paralelamente, al considerar la perspectiva del Programa de Investigación Mundial sobre Clima -WCRP- (cuyos objetivos principales radican en la determinación de la predictibilidad a largo plazo del clima y en la influencia de las actividades antrópicas sobre el mismo), Gordon McBean (McBean 1994, McBean 2002, McBean y Henstra 2003, McBean 2004) realizan las respectivas aplicaciones a escalas nacionales y locales para Canadá y otras regiones del planeta (Gates 1992, Palmer 1993, Lorius y Oeschger 1994, Manabe et al 1994, Moore y Braswell 1994, Shuttleworth 1994, Famiglietti et al 1995, Schimel et al 1996, Manabe 1997, Schimel et al 1997a, Schimel et al 1997b, Lorius 2000, Manabe y Stouffer 2000, Oeschger 2000, Lorius 2001, Manabe et al 2001, Vukicevic et al 2001, Lorius 2003, Palmer 2001, Raisanen y Palmer 2001, Schimel et al 2001, Barkmeijer et al 2003, Buizza et al 2003, Gates 2004, Manabe et al 2004a, Manabe et al 2004b, Braswell et al 2005, Palmer et al 2005a, Palmer et al 2005b, Weisheimer y Palmer 2005). Resultados que han sido incorporados en el Panel

Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). Después de quince años de investigación internacional coordinada, las interrogantes aún no pueden ser superadas y los esfuerzos de modelación continúan.

Tabla 2. Modelos de Análisis para Cambio Climático Global (Kemp 1994)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
I Promedio de nubosidad fija, sin aporte de calor oceánico:				
GFDL	R15	9	No incluido	Fijas
II Nubosidad variable, sin aporte de calor oceánico:				
OSU	4x5	2	No incluido	Condensación o H.R. % Fijas
MRI	4x5	5	No incluido	Condensación o H.R. % Fijas
NCAR	R15	9	No incluido	Condensación o H.R. % Fijas
GFDL	R15	9	No incluido	Condensación o H.R. % Fijas
III Nubosidad variable, con aporte de calor oceánico:				
AUS	R21	4	Incluido	Condensación o H.R. % Fijas
GISS	8x10	7	Incluido	Condensación o H.R. % Fijas
GFDL	R15	9	Incluido	Condensación o H.R. % Fijas
MGO	T21	9	Incluido	Condensación o H.R. % Fijas
UKMO	5x7,5	11	Incluido	Condensación o H.R. % Fijas
UKMO	5x7,5	11	Incluido	Vapor Agua en Nubes Variables
IV Alta resolución (globales, a nivel del mar y con ciclo estacional de insolación):				
CCC	T32	10	Incluido	Condensación-H.R. % Variables
GFDL	R30	9	Temp. Superficiales	Condensación o H.R. % Fijas
UKMO	2,5x3,75	11	Incluido	Vapor de Agua en las Nubes Fijas
V Modelos globales de interrelación océano-atmósfera:				
GFDL	R15	9 (12*)		Ajuste por Convección
NCAR	R15	9 (4*)		Fijas
MPI	T21	19 (11*)		Vapor de Agua en las Nubes
UHH	T21	19 (9*)		Vapor de Agua en las Nubes

Donde: 1 = Modelo/Fuente, 2 = Resolución (definida por grados de latitud y longitud que utiliza la grilla de puntos del modelo, o a partir de las frecuencias de ondas cuando son modelos de resolución espectral que utilizan sensores remotos), 3 = Capas verticales consideradas, 4 = Transporte de calor desde el océano, 5 = Propiedades de la nubosidad, GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, Estados Unidos), OSU (Oregon State University, Estados Unidos), MRI (Meteorological Research Institute, Japón), NCAR (National Center for Atmospheric Research, Estados Unidos), AUS (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia), GISS (Goddard Institute of Space Sciences, Estados Unidos), MGO (Main Geophysical Observatory, Rusia), UKMO (Meteorological Office, Gran Bretaña), CCC (Canadian Climate Centre), MPI (Max Planck Institut für Meteorologie, Alemania), UHH (Meteorological Institute, Universität of Hamburg, Alemania), (n*) Capas de profundidad en el océano.

Asimismo, destacan los esfuerzos de Wilby (Wilby et al 1994) en la modelación de los impactos esperables por el cambio climático. Para lo cual, desarrolla un modelo de integración entre condiciones sinópticas e hidrológicas que aplica a las Islas Británicas mediante el uso de probabilidades estadísticas. En el análisis y diseño de las series de tiempo, tanto para los patrones de circulación como para las precipitaciones, utiliza las representaciones tipo Markov de matrices de transición entre tipos de tiempo, con 20 años de información. La resultante asociada a la precipitación es utilizada en un modelo de cuenca semidistribuida a partir del cual se simulaban flujos diarios de escurrimiento, basándose en las experiencias previas de Penman (1949), Gleick (1987), Pitman et al (1990), Prentice y Fung (1990), Slingo (1990), Hay et al (1991) y, Rind et al (1992). Tales experiencias (Wilby et al 1994, Wilby y Wigley 2000, Hay et al 2002, Wilby et al 2003, Diaz-Nieto y Wilby 2005, Wedgbrow et al 2005, Wilby 2005) alcanzaron resultados válidos para el área de estudio, relacionados con estados de tiempo diarios, precipitación y régimen de escurrimientos, permitiendo transpolar los resultados de un modelo de circulación general para predicciones de cambio climático diseñado a macro escala, hacia la determinación y proyección de las características hidrológicas a escala de una cuenca específica

de modelación. Sin embargo, sus resultados son considerados de carácter experimental, mientras no se aplique en otras áreas de estudio y se incorporen variables consideradas fundamentales para los fines previstos como son las características de temperatura, humedad, nubosidad, vientos y evaporación potencial entre otras.

Desde el punto de vista de las aplicaciones que han utilizado **análisis estadístico**, las experiencias referidas al estudio del cambio climático se han basado en registros espacialmente bien distribuidos y con una base de información que supera los 30 años (Bae y Georgakakos 1994, Barry 1992, Bassett 1992, Bootsma 1994, Burn 1994, Carson 1991, Coughlan y Nyenzi 1991, Galbraith y Green 1992, Vargas et al 1995, Minetti 1998, Bograd et al 2002, Brunetti et al 2002, Burn y Elnur 2002, Cunderlik y Burn 2002, Katz et al 2002, Morin et al 2002, Vargas et al 2002, Wang y Swail 2002, Georgakakos 2003, Lenten y Moosa 2003, Burn et al 2004, Chang et al 2004, Carpenter y Georgakakos 2004, Cunderlik y Burn 2004, Georgakakos et al 2004, Smith et al 2004, Araghinejad y Burn 2005, Chang 2005, Coulibaly y Burn 2005, y Dhorde 2005, Georgakakos et al 2005, Jeong et al 2005, Palecki et al 2005) y, en el aprovechamiento de los sensores remotos cuyo nivel de análisis y resolución temporal alcanza escalas planetarias o regionales y recientemente locales, debiéndose esperar el avance de estas tecnologías en el tiempo para una real aplicabilidad con fines climáticos a escalas utilizables con fines prácticos (Carson 1991, Grassl 1991, Organización Meteorológica Mundial 1982, Stendel et al 2000, Hegerl y Wallace 2002, Lindzen y Giannitsis 2002, Cao et al 2003, Horrocks et al 2003, Vinnikov y Grody 2003, Cao et al 2004, Chen et al 2004, Grody et al 2004, Piao et al 2004, Vicente-Serrano et al 2004, Zwiers y von Storch 2004, Cao et al 2005, Casadio et al 2005, de Beurs y Henebry 2005, Fu y Johanson 2005, Herrmann et al 2005, Immerzeel et al 2005, Ji y Peters 2005, Khandekar et al 2005, Kirk-Davidoff et al 2005, Olsson et al 2005, Xiao y Moody 2005, Hunt y Miyake 2006). En tal sentido, las experiencias han comprobado la necesidad de utilizar registros de larga duración, que superen los treinta años de información a objeto de contar con la validez climática y, de esta forma, las tendencias calculadas posean confiabilidad.

Asimismo, Coughlan y Nyenzi (1991) destacan estos requerimientos mínimos de información a objeto de determinar tendencias y variabilidades climáticas, para lo cual realizan una crítica a las posibilidades reales de efectuar análisis globales a partir de escalas locales, debido a la deficiente distribución y tiempo de funcionamiento de las estaciones meteorológicas, comprometiendo negativamente el desarrollo de modelaciones que desde su inicio contienen problemas de interpretación. Esta situación obliga a buscar fuentes indirectas de información, tales como los registros paleoclimáticos (Atkinson et al 1987, Huntley y Prentice 1988, Winograd et al 1988, Briffa 2000, Huang et al 2000, Jones et al 2001, Brauning y Mantwill 2002, Briffa y Matthews 2002, Cook et al 2002, Esper et al 2002a, Esper et al 2002b, Abbott et al 2003, Cook et al 2003, Davi et al 2003, Grosjean et al 2003, Jones y Widmann 2003, Linderholm et al 2003, Mann y Jones 2003, Soon y Baliunas 2003, Wilson y Luckman 2003, Huang 2004, Martinelli 2004, Naurzbaev et al 2004, Singer et al 2004, Watson y Luckman 2004, Brea et al 2005, Douglass et al 2005, Frank y Esper 2005, Harris y Chapman 2005, Linderholm y Chen 2005, Salzer y Kipfmüller 2005) o bien, la utilización de datos a partir de sensores remotos que permitan llenar los vacíos de información existente a nivel planetario por carencia de estaciones meteorológicas (Spencer y Christie 1990, Hijmans et al 2005, Mehta et al 2005, Weber 2006).

Tales interpretaciones, son ratificadas al realizar una revisión de los estudios de climatología de montaña y sus potenciales cambios climáticos futuros (Novoa y Robles 1999, Pepin y Losleben 2002, Beniston 2003, Fagre et al 2003, Harris et al 2003, Beniston 2005, Pepin y Seidel 2005), situación de singular importancia en el marco del presente estudio, dado que el análisis de la dinámica de los caudales naturales radica en el comportamiento hidro-meteorológico de las cuencas superiores e intermedias. Sin embargo, se destaca el limitado conocimiento de las características climáticas de estas regiones debido a la falta de observaciones y a la insuficiente atención teórica que se le ha prestado, con evidentes vacíos de conocimiento relacionados con las

precipitaciones orográficas (Sarker 1966, Rhea 1978, Smith 1979, Barry 1990, Barry 1992, Colle 2004, Kansakar et al 2004, Wetzler et al 2004, Henne et al 2005, Smith et al 2005), los eventos extremos (Starkel 1972, Barry 1990, Oki et al 1991, Slaymaker 1990, Shroder y Bishop 1998, Slaymaker 1999, Barry 2003, Dairaku et al 2004, Starkel 2004), los mecanismos de transporte y depositación de contaminantes (Fernández et al 2002, Villa et al 2003, Davidson et al 2004, Grimalt et al 2004, Borghini et al 2005, Daly y Wania 2005) y, los efectos de la cobertura vegetal sobre la evapotranspiración y escorrentía (Gleick 1989, Arroyo et al 1999, Braud et al 1999, Braud et al 2001, Baron et al 2002, Gleick 2003, Harden y Scruggs 2003, Cain y Gleick 2005, Yang et al 2005).

En relación con la longitud de los registros meteorológicos aplicables al análisis de cambio climático, se encuentran los planteamientos del Profesor de la Universidad de Illinois, Gilbert W. Bassett (Bassett 1992, Bassett 1994, Bassett et al 1997, Bassett y Hurley 1998, Bassett et al 2002), para confirmar la necesidad de contar con una base de información que supere los treinta años al estudiar las temperaturas superficiales globales (Hansen y Lebedeff 1987, Jones y Mann 2002, Mann y Jones 2003, Keller 2004, Zorita et al 2005, Stendel et al 2006) mediante análisis de probabilidades estadísticas bajo los criterios de series de tiempo (Smith et al 2003, García-Barrón y Pita 2004, Miksovsky y Raidl 2005), arrojando resultados claros de incremento al utilizar criterios de tendencia o de autocorrelación. Resultado que, para los canadienses John W. Galbraith y Christopher Green (1992) de la McGill University (Quebec), no parece tan nítido al aplicar significancias estadísticas en análisis de tendencia a series de temperaturas globales, concluyéndose que la evidencia estadística permite rechazar la hipótesis de una tendencia estocástica, a la vez que es posible encontrar una tendencia al incremento al abordar el análisis mediante modelos lineales determinísticos (Pesavento 2004).

Entre las experiencias referidas a los **ecosistemas áridos y semiáridos** planetarios y regionales, se encuentran los aportes de Robert Balling (Balling 1988, Balling 1989, Balling 1991, Balling et al 1998, Drezner y Balling 2002) sobre el impacto de la desertificación en el calentamiento climático regional y global a partir del incremento tendencial de las temperaturas planetarias, considerando la reducción de los patrones de cobertura vegetal, de la humedad superficial del suelo y de la evapotranspiración local (Balling 1988, Balling 1989, Bryant et al 1990, Schlesinger et al 1990, Schlesinger et al 1996, Nicholson et al 1998, Squeo et al 1998, Reynolds et al 2000, Novoa 2001, Novoa et al 2001b, Okin et al 2001, Hillel y Rosenzweig 2002, Huenneke et al 2002, Li et al 2002, Myhre y Myhre 2003, Asner et al 2004), variables que al estar interrelacionadas, se traducen en una disminución de la energía radiante utilizada por los procesos de evapotranspiración, incremento de las temperaturas superficiales diarias y elevación de las temperaturas atmosféricas superficiales, todo lo cual introduce alteraciones en los flujos de energía (Balling 1988, Balling 1989, Bryant et al 1990, Novak 1990, Novoa et al 2000b, Novoa et al 2001a, Novoa et al 2001b, Oyama y Nobre 2004).

Las relaciones del cambio climático con las sociedades humanas se han traducido en cambios de abundancia y disponibilidad de alimentos (Calvino et al 2003, Glantz y Cullen 2003, Cantelaube et al 2004, Hansen e Indeje 2004, Haile 2005, Patt et al 2005, Porter y Semenov 2005), de recursos hídricos (Xu y Singh 2004, Maruyama et al 2005, Wurbs et al 2005, Xu et al 2005) y de abastecimiento energético (Harrison et al 2003, Harrison y Wallace 2005, Pryor et al 2005), con repercusiones sobre la calidad de los ambientes y ecosistemas terrestres (Lovett et al 2005).

En otra perspectiva, se han explorado las relaciones lógicas existentes entre desertificación y cambio climático, planteándose interrogantes sobre la posibilidad que el cambio climático provoque desertificación y/o que esta desertificación sea provocada por el cambio climático, concluyéndose que estas relaciones poseen un carácter interdependiente, de manera tal que los posibles impactos antrópicos que se traducen en un incremento de las condiciones de desertificación, se verían incrementados por el cambio local de las temperaturas asociables al

cambio climático global, señalándose como menos probable una incidencia significativa de los promedios globales de temperatura sobre la extensión de la degradación de las tierras áridas (Hulme y Kelly 1993, Hulme 2000, Hulme 2001, Hulme et al 2001, Dai et al 2004, Adger et al 2005, Dessai et al 2005), incógnita que ha justificado mayores investigaciones para comprender los actuales sistemas naturales y, a partir de tales experiencias, realizar los intentos de proyección futura referidos a los mecanismos de operación de los diversos procesos, sus controles, fuerzas y variabilidades (por ejemplo: Adger et al 2005a, Adger et al 2005b, Grothmann y Patt 2005, Herrmann y Hutchinson 2005, Thomas et al 2005, Thomas y Leason 2005, Thomas y Twyman 2005)

Entre las recopilaciones más completas que enfrentan las problemáticas ambientales globales vinculadas a la desertificación, se encuentra la obra de David Kemp (1994), quien otorga un capítulo completo al análisis de la desertificación en función de la sequía y sus repercusiones en la alimentación, todo ello en el marco de una aproximación climatológica del medioambiente global. Entre los antecedentes recopilados por este autor, destaca la connotación que le otorga a la presente área de estudio (semiárido transicional de Chile), al calificarla en un esquema cartográfico mundial como un "área sujeta a riesgo de desertificación" (Kemp, 1994:43). Sin embargo, esta situación se aprecia en contraposición a sus propios esquemas (Kemp, 1994:158) que muestran una tendencia al incremento de la humedad durante los meses estivales y a la sequedad para los meses invernales en esta misma región de Chile, en el marco de una duplicación del dióxido de carbono atmosférico.

El estudio de los espacios áridos y semiáridos, inicialmente se vio apoyado en métodos y técnicas estadísticas, para luego pasar a utilizar tecnologías relacionadas con el uso de sensores remotos, los que en algunos casos se han visto complementados con sistemas de información geográfica a objeto de generar bases de información con potenciales aplicaciones futuras a sus procesos de planificación y desarrollo.

Hartmut Grassl (Grassl 1991) realiza una recopilación de estudios en los que se aborda el análisis del ciclo del agua y de los balances de energía mediante sensores remotos en el marco del cambio climático global (Staelin et al 1976, Chang y Wilheit 1979, Smith y Zhou 1982, Prabhakara et al 1985, Saunders 1985, Barkstrom y ERBE 1986, Ramanathan et al 1989, Schlüssel 1989, Schlüssel y Emery 1990), concluyendo que la utilización de sensores remotos satelitales ya ha comenzado a entregar las primeras informaciones de carácter planetario para el estudio y comprensión de los componentes del ciclo del agua, lo que redundará en favorecer los procesos de validación de diversos modelos, perspectiva analítica que ha continuado hasta la actualidad (Kondratyev et al 1998, Pozdnyakov et al 2002, Pozdnyakov et al 2005a, Pozdnyakov et al 2005b). Sin embargo, la corta data temporal de información satelital, aún ha impedido su aplicación en marcos de análisis climáticos que requieren de registros superiores a los 30 años, por ahora manteniéndose en marcos especulativos sus aplicabilidades en los estudios de variabilidad y tendencia global, característica intrínseca a los sensores satelitales que obliga a combinarlos con información local.

Complementando tales apreciaciones, surgen las posibilidades que entrega la combinación del uso de técnicas de teledetección con los **sistemas de información geográfica** en el análisis del cambio climático global. En este marco de acción, se han reconocido las posibilidades de manejo de grandes volúmenes de información mediante estas técnicas computacionales, complemento indispensable para una utilización eficaz y eficiente de los sensores remotos satelitales, al permitir la conjugación de estas bases de datos planetarios para su análisis a escalas globales, zonales, regionales y locales (Abdallah et al 2005, Hijmans et al 2005, Sener et al 2005, Shi et al 2005, Volcani et al 2005, Wang et al 2005).

En el caso de **Chile y del área de estudio**, a la fecha no existen estudios de tendencias de

parámetros de circulación atmosférica asociables a los cambios planetarios, ya que sólo se encuentran en desarrollo investigaciones que buscan caracterizar y comprender las dinámicas atmosféricas regionales (Novoa et al 1995, Novoa et al 1996, Novoa et al 2000a, Novoa et al 2000b, Novoa et al 2001a, Novoa et al 2003, Novoa et al 2005), realidad que se puede asimilar para el caso de las tendencias de caudales. En contraposición a lo que ha ocurrido en Argentina (Minetti et al 2003), para el sistema semiárido transicional de este país, las conclusiones a las que se ha llegado concuerdan con una tendencia a la aridización del ecosistema al considerar los montos de precipitación anual, los cuales muestran una disminución de un 30% en el presente siglo (Gwynne y Meneses 1994, Minetti 1998). Sin embargo, los resultados alcanzados por Novoa et al. (1995) y Novoa et al. (1996), muestran una discordancia con tales antecedentes, al encontrarse una tendencia al aumento de los caudales naturales aportados por la subcuenca de los ríos La Laguna y Claro (cuenca superior del río Elqui en el ecosistema semiárido de la IV Región de Coquimbo), al igual que los expresados en términos de interpretación morfodinámica para todo el ecosistema semiárido transicional de Chile (Novoa et al., 2000b).

Las **aplicaciones** de este tipo de análisis ya han sido abordadas en diversas regiones del planeta (Dooge 1991) en el marco de una recopilación de programas que están estudiando los impactos climáticos mundiales. Son destacables los problemas y progresos alcanzados por las investigaciones sobre el cambio climático asociado a la reducción de la vulnerabilidad de los sistemas alimenticios al clima, la anticipación de los impactos provocados o inducidos por el ser humano sobre los cambios climáticos, la identificación de los sectores sensibles a la actividad humana y los mecanismos de estimulación y coordinación de estudios sobre impacto climático entre una serie de organizaciones internacionales que han quedado registrados en más 120 reportes de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) desde la década de 1970 a la fecha (http://www.wmo.ch/web/wcrp/wcrp_series_reports.htm), los esfuerzos desarrollados por las Naciones Unidas a través de su Programa para el Medio Ambiente (UNEP) y por numerosos investigadores (Wallen 1984, Kates et al 1985, Bolin et al 1986, Riebsame 1988a, Riebsame 1988b, Riebsame 1991, Wallen 1992, Riebsame et al 1994, Bolin 1995, Bolin 1998, Kates 2000, Bolin 2002, Kates y Wilbanks 2003, Kinzig et al 2003, Kates et al 2005). A partir de estas experiencias, la comunidad científica internacional se ha abocado a resolver los problemas de las interacciones entre los denominados “gases invernadero” y el cambio climático, el desarrollo de metodologías de evaluación del impacto climático, acciones de coordinación entre los diversos estudios sobre impacto climático y, al monitoreo del cambio e impactos climáticos.

Entre las experiencias aplicadas a escalas regionales para el análisis de tendencias de variabilidad climática con información que permite realizar interpretaciones con validez climática por la extensión temporal de los datos, se encuentran las referidas a las capacidades de retención hídrica de los suelos (Bae y Georgakakos 1994, Morin et al 2002, Georgakakos 2003, Smith et al 2004, Carpenter TM y KP Georgakakos 2004, Georgakakos et al 2004, Georgakakos et al 2005, Jeong et al 2005) sustentadas en una modelación conceptual de interacción entre precipitaciones y escorrentía (Sorooshian y Gupta 1983, Seibert 1999, Ozelkan y Duckstein 2001, Abebe y Price 2003, Sardinias y Pedreira 2003, Wagener et al 2003, Anctil et al 2004, Georgakakos et al 2004, Jain y Srinivasulu 2004, Paik et al 2005).

De acuerdo a similares principios, también ha habido análisis de tendencias con aplicaciones agroclimáticas (Bootsma 1994, Kadioglu y Saylan 2001, Moonen et al 2002, Menzel et al 2003, Raddatz y Cummine 2003, Bootsma et al 2005a, Bootsma et al 2005b, Jones et al 2005, Motha y Baier 2005, Shen et al 2005) e hidrológicas (Changnon 1983, Gleick 1986, Gleick 1989, Bengtsson e Iritz 1990, Lettenmaier y Gan 1990, Cole et al 1991, Lins et al 1991, McBean 1991, Nash y Gleick 1991, Newson y Lewin 1991, Sircoulon 1991, Changmin y Guobin 1992, Jones 1992, Kung 1992, Miller y Russell 1992, Mori 1992, Woo 1992, Frederick 1993, Mearns 1993, Smith 1993, Stefan y Sinokrot 1993, Burn 1994, Rowntree y Lean 1994, Gan 1998, Kite 2001, Shabalova et al 2003, Burn et al 2004, Christensen et al 2004, Fu et al 2004, Kahya y Kalayci

2004, Li et al 2004, Singh y Bengtsson 2004, Coulibaly y Burn 2005, Cunderlik y Simonovic 2005, He y Zhang 2005, Ziegler et al 2005), que han usado coeficientes de correlación lineal simple con validez para interpretaciones a escalas locales, suelen presentarse problemas de heterogeneidad espacial y temporal de la información utilizada, situación que ha impedido establecer correlaciones estadísticamente válidas con dinámicas de cambio climático global (Hirsch et al 1982, Rowntree y Lean 1994, Esterby 1996, Burn y Elnur 2002, Cunderlik y Burn 2002, Yue et al 2002, Georgakakos 2003, Yue et al 2003, Cunderlik y Burn 2004, Yue y Wang 2004, Araghinejad y Burn 2005).

Al considerar los resultados planteados por los autores referenciados en el párrafo anterior y de acuerdo con los objetivos de la presente investigación, en relación con el análisis de los **recursos hídricos** es posible destacar el que se hayan encontrado tendencias de cambio climático en el análisis de los caudales históricos en diversas partes del planeta, los cuales varían de una región a otra e incluso dentro de regiones que fueron consideradas inicialmente como homogéneas, lo que impide alcanzar conclusiones globales y, por tanto, requiriéndose modelar escenarios hipotéticos a diferentes escalas espaciales de resolución, único marco que permitiría alcanzar conclusiones de relevancia aplicada, así como la realización de mayores investigaciones para validar los modelos existentes, como ya concluyeran Boer et al en 1992, tanto en su comportamiento medio anual como en la ocurrencia de eventos extremos, debido a la falta de representatividad real de los resultados alcanzados por los modelos de circulación global (Katz et al 2002, Adger et al 2005b), los cuales deberían mejorar sus niveles de resolución horizontal y vertical si es que se desea alcanzar resultados que puedan ser utilizados con fines aplicados a escala local.

Paralelamente, se han efectuado una serie de aplicaciones asociadas a la planificación y análisis del desarrollo agrícola. El desconocimiento de las interrelaciones entre el cambio climático global y las actividades agrícolas generó inicialmente en la comunidad científica la inquietud por buscar respuestas a escalas regionales y locales para la seguridad de los recursos alimenticios (Izrael 1991, Parry y Jiachen 1991, Sinha 1991, Swaminathan 1991, Yoshino 1991), en términos de conocer, comprender y evaluar los impactos sobre la productividad primaria en diferentes regiones del mundo y bajo variados sistemas de explotación y manejo, sobre las relaciones entre el suelo y los nutrientes, las condiciones hidrológicas que afectan la disponibilidad de agua para el regadío, las plagas y enfermedades asociadas a la microbiología de los suelos y sus vectores de propagación o, respecto de las condiciones de pérdida de suelos por erosión y dinámicas de salinización, haciéndose hincapié en la necesidad de llevar estos análisis a escalas locales para lograr una adecuada aplicabilidad (Rosenberg 1992, Rounsevell y Jones 1993, Phillips et al 1993, Rounsevell y Brignall 1994, Bootsma 1994, Rowntree y Lean 1994). Los resultados de este esfuerzo han permitido reconocer y realizar acciones concretas en diversas regiones del planeta, donde la experiencia de los Estados Unidos pareciera ser la más importante después de 15 años de investigación continuada ya que le ha permitido contar con un completo análisis integrado para enfrentar el problema como base para su desarrollo futuro (Edmonds y Rosenberg 2005, Izaurralde et al 2005, Smith et al 2005, Thomson et al 2005a, Thomson et al 2005b, Thomson et al 2005c, Thomson et al 2005d), así como en el caso europeo (Ewert et al 2005, Holman et al 2005a, Holman et al 2005b, Rounsevell et al 2005) y canadiense (Bootsma et al 2005a, Bootsma et al 2005b), ejemplo valorado en otros países y regiones que ya han comenzado a realizar similares análisis (Alkolibi 2002, Novoa et al 2003, Assad et al 2004).

Por otra parte, existe una serie de investigaciones que han buscado aplicaciones relacionadas con los **impactos económicos** atribuibles al cambio climático global sobre los asentamientos humanos, la población y la economía mundial, estableciendo una serie de lineamientos de acción en el marco del IPCC o Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (Hashimoto y Nishioka 1991, Jodha y Maunder 1991, Norse 1991) que orientan los criterios asociables al concepto de desarrollo sustentable ante la mayor presión existente sobre los recursos naturales (Kates 2001, Kates et al 2001, Jager 2003, Kates y Parris 2003, Kates y Wilbanks 2003, Parris y Kates 2003,

Kates et al 2005, Schellnhuber et al 2005), e incipientemente los impactos económicos, los costos y las oportunidades asociables al calentamiento planetario con aplicaciones a escalas regionales, requiriéndose una mayor seguridad en las proyecciones de estos impactos para ser completamente asumidos por las entidades de planificación a escalas locales (Perry 1992, Bowes y Crosson 1993, Bowes y Sedjo 1993, Drosdowsky y Maunder 1993, Novoa 1998, Jodha 2000, Minetti et al 2003, Turner et al 2003, Kaivo-oja et al 2004, Scott et al 2004, Furuya y Koyama 2005, Held et al 2005, Metzger 2005, O'Riordan 2005, Perry et al 2005, Walls et al 2005).

Por lo planteado, la presente investigación se enmarca en un estudio inédito para Chile, cuyos resultados permitirían proyectar acciones de planificación del uso de los recursos hídricos. A la vez que, aportar antecedentes de carácter científico para la comprensión de la dinámica del cambio climático global a escala local en ecosistemas transicionales semiáridos, resultados de singular importancia nacional e internacional para la comprensión de las dinámicas atmosféricas de estos ecosistemas.

1.2. Área de Estudio y Planteamiento del Problema

Como se desprende del marco teórico previo, la problemática en análisis ha sido abordada a escala global o macroregional por numerosos centros de investigación a nivel mundial (Estados Unidos y Europa principalmente), a objeto de determinar las repercusiones del cambio climático global sobre una serie de parámetros naturales, entre los cuales se encuentra la disponibilidad de recursos hídricos para el futuro. Sin embargo, a escala de análisis local, aún no existen estudios concretos de carácter regular, ya que sólo se han estado elaborando modelos teóricos de comportamiento general del sistema, o bien han abordado subcuencas muy específicas. Circunstancia que involucra resultados altamente discutibles o, al menos, que requieren de una comprobación para el ecosistema semiárido transicional chileno. Ello considerando que los modelos globales se han sustentado metodológicamente en antecedentes aportados por satélites (con registros poco confiables por su escala de resolución espacial y temporal, menores a los 30 años mínimos exigidos para cualquier análisis climático).

En regiones con escasas estaciones meteorológicas, para el análisis de unidades territoriales mayores, los enfoques actualmente en uso se relacionan con la aplicación de sensores remotos de carácter meteorológico (satélites), a partir de los cuales se estiman los índices que no han sido posibles de obtener mediante estaciones de terreno (estaciones meteorológicas), solucionándose un problema de cantidad y calidad de los registros a ser incorporados en los modelos de interpretación de cambio climático. El problema que posee este enfoque metodológico radica en el tiempo de registro con que se cuenta a partir del momento en que se obtiene información satelital específica, tiempo que en el mejor de los casos no supera los 15 años, período insuficiente para determinar cambios de carácter climático, análisis para el cual se recomienda considerar al menos 30 años de información.

En regiones donde las estaciones meteorológicas presentan una distribución adecuada y un período de tiempo suficiente para realizar una caracterización confiable del componente climático, normalmente, se utilizan estos registros por las escalas de resolución (resoluciones satelitales que involucren superficies inferiores a los 15 km² sólo han sido incorporados al mercado en los últimos 10 años) y tiempo de registro (en Europa y EE.UU. llegan a superar fácilmente los 50 años), bajo condiciones de calidad y cantidad suficientes.

Esta situación ha obligado a los investigadores a realizar un esfuerzo por validar los modelos de interpretación en aplicaciones donde no se cuenta con suficiente información válida (por ejemplo, en regiones de África, Asia y Sudamérica), destacando los trabajos desarrollados por franceses y norteamericanos a objeto de calibrar las resoluciones espectrales entregadas por los satélites. O

bien, las investigaciones han debido recurrir a métodos indirectos de modelación, tales como el análisis del cambio del nivel del mar, tendencia de las precipitaciones y de las temperaturas, análisis de índices de cobertura vegetal o dendrocronológicos, entre otros. En tal sentido, el aporte lógico y metodológico de la presente propuesta permitiría incorporar al debate internacional un nuevo elemento de discriminación indirecta, cual es la tendencia de los caudales, asumiéndose que éstos representan una resultante lógica de la dinámica del ciclo hidrológico.

Por lo expuesto, se ha considerado el abordar la problemática desde el punto de vista de la interpretación de las tendencias de los caudales naturales arrojados por las subcuencas del ecosistema semiárido transicional de Chile, ubicado en la IV Región de Coquimbo, aproximadamente entre los 29 y 32 grados de Latitud Sur (**Figura 1**).

1.3. Hipótesis de Trabajo

Por lo expuesto, la hipótesis de trabajo debería traducirse en una validación o rechazo a escala local de los resultados alcanzados por los modelos de circulación atmosférica global, que indican una tendencia hacia la aridización del ecosistema semiárido nacional en términos del recurso hídrico potencial. Es decir, el análisis de tendencia de los caudales debería mostrar una disminución progresiva a la luz de los resultados alcanzados por los modelos de circulación atmosférica global del planeta.

Los resultados permitirían diseñar bajo bases sólidamente estructuradas en marcos conceptuales científicos, el manejo futuro de los recursos hídricos del ecosistema semiárido de la IV Región de Coquimbo y, con ello, sustentar acciones de manejo racional y apropiado de los caudales, tanto para fines agropecuarios como urbanos e industriales.

A partir de lo cual, se alcanza la siguiente hipótesis de trabajo: **dado que los estudios realizados sobre cambio climático en el ecosistema semiárido regional han mostrado una tendencia hacia condiciones de aridización asociadas a una disminución de las precipitaciones, los caudales naturales evacuados por las subcuencas y cuencas del ecosistema deberían mostrar una tendencia a su paulatina disminución y, con ello, una pérdida potencial del recurso hídrico para fines de utilización antrópica.**

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

El objetivo general de la presente investigación, es interpretar las tendencias de cambio climático del ecosistema semiárido transicional de la IV Región de Coquimbo, mediante la determinación y análisis de las características tendenciales de los caudales naturales aportados por el sistema hídrico, utilizándose para ello las técnicas de regresión lineal de tipo gráfico-estadístico en GRAPHER, aplicado a una data de caudales naturales específica por subcuencas.

Teóricamente, se fundamenta en los resultados alcanzados por diversas investigaciones de carácter global que indican una tendencia hacia una mayor aridización del ecosistema semiárido chileno, bajo parámetros globales de circulación atmosférica. A partir de lo cual se debería desprender una repercusión en el potencial económico del sistema, al traducirse en una tendencia a la disminución del recurso hídrico, parámetro específico que, a la fecha, no ha sido validado con antecedentes a escala local. Dado que la validación de los modelos de circulación atmosférica requerirían de una importante magnitud de datos (temperatura, humedad relativa, evapotranspiración potencial y real y, precipitaciones) distribuidos en el ecosistema semiárido de

la IV Región de Coquimbo (antecedentes que no existen en cantidad ni calidad suficientes), las características climáticas del sistema podrían analizarse mediante un componente que resume la dinámica del ciclo hidrológico, cual es la presencia de caudales naturales específicos reales, para los cuales si existe una importante magnitud de datos (40 años de registro).

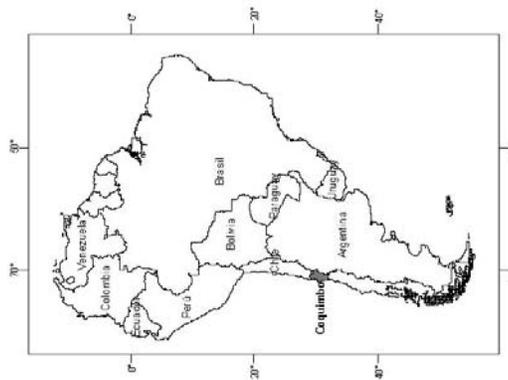
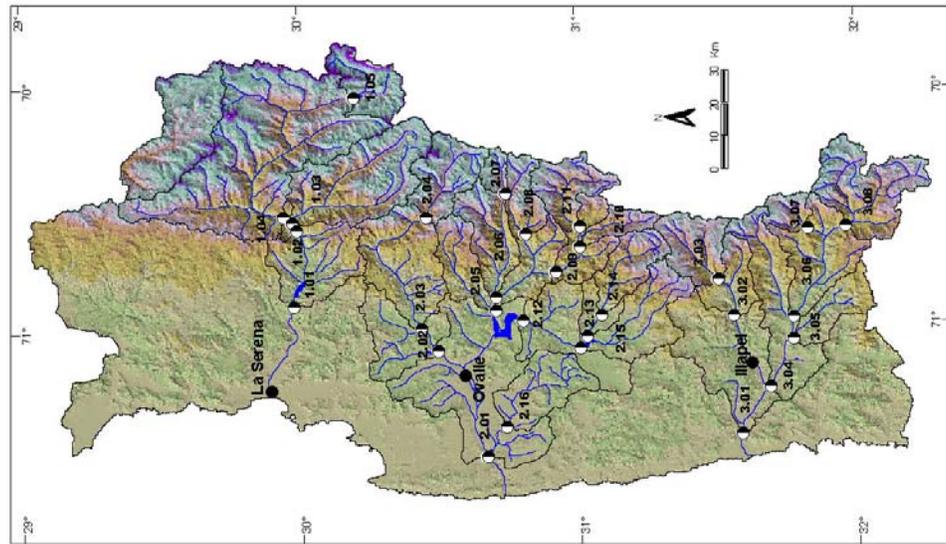
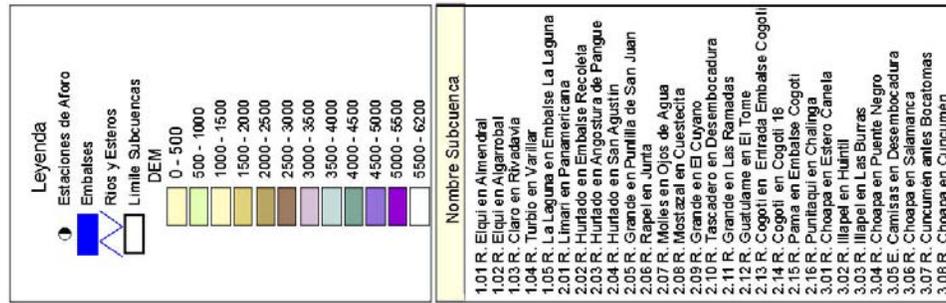


Figura 1.
Plano de Ubicacion del Area de Estudio

1.4.2. Objetivos Específicos

1.4.2.1. Caracterizar gráficamente el régimen de escurrimiento de las cuencas y subcuencas del ecosistema semiárido de la IV Región de Coquimbo, de acuerdo con la dinámica del aporte de caudales.

1.4.2.2. Diseñar y ordenar una base de datos de caudales, conforme a los requerimientos de su análisis tendencial con criterios climáticos, mediante la utilización del paquete estadístico computacional GRAPHER.

1.4.2.3. Determinar gráficamente la tendencia de los caudales medios anuales de las cuencas y subcuencas del ecosistema semiárido de la IV Región de Coquimbo, mediante un análisis computacional gráfico estadístico de regresión lineal en GRAPHER.

1.4.2.4. Determinar gráficamente la tendencia de los caudales medios de enero a diciembre de las cuencas y subcuencas del ecosistema semiárido de la IV Región de Coquimbo, mediante un análisis computacional gráfico estadístico de regresión lineal en GRAPHER.

1.4.2.5. Determinar estadísticamente los caudales medios mensuales, máximos medios mensuales y mínimos medios mensuales de las cuencas y subcuencas del ecosistema semiárido de la IV Región de Coquimbo, mediante un análisis computacional gráfico estadístico en GRAPHER.

1.4.2.6. Representar cartográficamente la tendencia de los caudales medios anuales y los caudales medios de enero a diciembre de las cuencas y subcuencas del ecosistema semiárido de la IV Región de Coquimbo, mediante la elaboración de una base de datos computacionales en SIG (Sistemas de Información Geográfica).

1.4.2.7. Representar cartográficamente los caudales medios mensuales, máximos medios mensuales y mínimos medios mensuales de las cuencas y subcuencas del ecosistema semiárido de la IV Región de Coquimbo, mediante la elaboración de una base de datos computacionales en SIG (Sistemas de Información Geográfica).

1.4.2.8. Interpretar los resultados obtenidos por cuencas (Elqui, Limarí y Choapa) y ambientes principales (cuenca alta, cuenca media y cuenca baja) del ecosistema transicional semiárido de la IV Región de Coquimbo.

1.5. Metodología, Materiales y Técnicas

1.5.1. Metodología

El área de estudio comprende el ecosistema semiárido transicional de la IV Región de Coquimbo, a través del estudio de sus tres cuencas principales: Elqui, Limarí y Choapa (en distribución general norte-sur). Para cada una de las cuales se han determinado los puntos de interés en las estaciones de aforo con registros suficientes para análisis climático. Ello comprende un total de 29 subcuencas a analizar, 5 de las cuales pertenecen a la cuenca del río Elqui, 16 al Limarí y 8 subcuencas a la cuenca del río Choapa.

En general, el método a utilizar consiste en el desarrollo de cuatro etapas: una primera de reconocimiento y recopilación de información, seguida del correspondiente análisis estadístico de la data reunida, a continuación se procede a representar cartográficamente los resultados alcanzados, para finalizar con la interpretación de los mismos.

La primera fase, consiste en la recopilación de los antecedentes estadísticos de caudales naturales, su ordenamiento, tabulación y conformación de las bases de datos que permiten cargar la base de información estadística en GRAPHER (sistema de análisis estadístico-computacional de amplia difusión y utilización en ciencias biológicas y geológicas, sobre todo en Estados Unidos, especialmente diseñado para definición de tendencias). Cabe señalar que los caudales registrados por las estaciones de aforo, no necesariamente corresponden a caudales naturales, ya que los caudales registrados pueden verse afectados por características específicas de uso del recurso hídrico. Por ello, es que a nivel hidrológico se procede a extraer de los datos originales los caudales "naturales", mediante métodos específicamente desarrollados para tal finalidad y que son aportados (ya procesados) por la Dirección General de Aguas de Chile.

Al respecto, el método utilizado por la D.G.A. (Dirección General de Aguas, "Análisis Estadístico de Caudales en los Ríos de Chile", volumen II, 1991), señala que las estadísticas fluviométricas originales se sometieron a una revisión preliminar, en conjunto con la información pluviométrica y fluviométrica, con el fin de analizar la calidad de la información y establecer la estadística inicialmente considerada de cada estación, tras descartar algunos valores poco confiables. De esta forma, la estadística inicialmente considerada, se generó a partir de la información fluviométrica original, teniendo en cuenta condiciones de estadística mensual completa e incompleta, aplicándose procedimientos estandarizados de relleno, extensión y corrección de series.

Así, en el caso de las estadísticas pluviométricas, se consideró una condición de homogeneidad mediante una verificación a través del "Método de las Curvas Dobles Acumuladas" para el cálculo del patrón de precipitaciones. Las estadísticas fluviométricas fueron sometidas a una determinación de su bondad, patrón de escurrimiento o estadística base, lo que permitió ampliar estadísticas cortas por medio de correlación. Para ello, se procedió a la determinación de la Estadística Base (EB), establecimiento de una correlación entre caudales anuales de la estadística que debe calcularse (EC) y la base (EB), correlación entre los períodos pluvial y deshielo y, en forma análoga, se efectuaron correlaciones de caudales mensuales. Procedimiento a partir del cual fueron emitidos los registros de caudales naturales ya validados.

Paralelamente, en esta primera fase se procede al reconocimiento en terreno de las diferentes áreas de estudio, con lo que se establecen las características específicas de ubicación, localización (mediante el apoyo de GPS) y estado de mantención de las estaciones de aforo. Así como la realización de un reconocimiento visual de las características morfodinámicas de las cuencas aportantes (apoyado con fotointerpretación preliminar general) a partir de lo cual se obtiene un registro fotográfico, que permite su posterior utilización en publicaciones y presentación de resultados a congresos y, se obtienen criterios de orden morfodinámico por comparación entre la situación al momento de haberse tomado las fotografías aéreas y las condiciones actuales (se buscan rastros de activaciones de procesos superficiales asociables a dinámicas de aridización y/o de aumento de la humedad imperante como es la activación de antiguos conos de deyección estabilizados o fenómenos periglaciares de solifluxión).

Una vez que se cuenta con esta visualización del área de estudio y de los datos estadísticos, en la segunda fase se procede al correspondiente análisis estadístico de la data reunida. Para ello, se toman las bases de datos previamente cargadas y comienza el trabajo individual para cada subcuenca en estudio, mediante el desarrollo de graficación computacional de las respectivas regresiones lineales de carácter mensual y anual. A partir de estas graficaciones se extraen los residuales de cada regresión, representados por la diferencia de montos de caudales en m^3/sg entre el inicio y el final de la curva de regresión, permitiendo una primera caracterización mensual y anual en términos de tendencia positiva y/o negativa de la serie.

La tercera fase corresponde a la representación de los resultados alcanzados en forma cartográfica. Para ello se procede a la realización de las bases de datos computacional en SIG, a

objeto de contar con cartas temáticas de tendencia mensual y anual para cada subcuenca y subsistema de análisis (cuenca y subsistemas de cuencas alta, media y baja). El procedimiento consiste en la digitalización (1/250.000) de los perímetros georeferenciados de las subcuencas, cuencas y área de estudio en general. Paralelamente se conforman las bases de datos para cada subcuenca y se digitalizan los sistemas de drenaje principales y localización de las estaciones de aforo. Luego, se conforman los archivos toponómicos como puntos de referencia y ubicación (nombre de localidades, embalses, ríos). De esta fase se desprende la cartografía temática a ser interpretada, a partir de representaciones agrupadas en rangos homogéneos de resultado para el sistema y cada unidad de análisis.

Para finalizar con la interpretación de los resultados en la cuarta fase, mediante un análisis integrado de las repercusiones en términos de las potencialidades de uso antrópico del recurso hídrico y sus posibles relaciones con las dinámicas climática, hidrológica y morfodinámica.

Por tanto, es posible establecer un procedimiento lógico de carácter metodológico referencial. Procedimiento que comienza con la recopilación de antecedentes (series estadísticas y terreno de reconocimiento), ordenación de la data, proceso de generalización inductiva (determinación de tendencias estadísticas y representación gráfica y cartográfica), para alcanzar, finalmente, un modelo de explicación e interpretación de las tendencias de los caudales del ecosistema semiárido transicional de la IV Región de Coquimbo.

1.5.2. Materiales

Para el desarrollo del estudio han sido utilizados una serie de materiales de carácter cartográfico y fotográfico que permitieron cubrir por completo el área analizada. Entre los primeros se encuentra la cartografía oficial editada por el Instituto Geográfico Militar de Chile, a escalas generales (1/500.000 y 1/250.000) y detalladas (1/50.000). Entre las segundas, el uso de fotografías aéreas de diferentes años, levantadas originalmente por el Instituto Geográfico Militar de Chile y por el Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aérea de Chile.

La cartografía regular oficial a escala 1/500.000 consistió en una serie de 4 cartas (Copiapó, Nevado Ojos del Salado, La Serena y San Felipe). A escala 1/250.000 fueron consultadas 6 cartas (Vallenar, El Tránsito, La Serena, Illapel, Quillota y Portillo). Mientras a escala 1/50.000 fueron utilizadas un total de 79 cartas (Carrizalillo, Incahuasi, Estación Chañar, Quebrada El Tabaco, Sierra de Tatul o del Medio, Río Chollay, Cajón del Encierro, Cruz Grande, El Tofo, Tres Cruces, Junta de Chingoles, Matancilla, Río Tres Quebradas, Los Hornos, La Higuera, Almirante Latorre, Totorá, Cordillera de La Punilla, Los Cuartitos, Paso del Sancarrón, Coquimbo, La Serena, Marquesa, Rivadavia, Guanta, Baños del Toro, Paso Vacas Heladas, Guanaquero, Andacollo, Cerro Tololo, Vicuña, Pisco Elqui, Embalse La Laguna, Paso Aguas Negras, Puerto Aldea, Tongoy, Embalse Recoleta, Pichasca, Hurtado, Sierra Cochiguas, Río La Gloria, Salala, San Julián, Ovalle, Monte Patria, Central Los Molles, Cordillera de Doña Rosa, Peña Blanca, Punitaqui, Mantos de Punitaqui, Guatulame, El Maqui, Paso de Los Azules, Mantos de Hornillo, San Pedro de Quiles, Combarbalá, Cogotí, Las Ramadas, Carrizal, Puerto Oscuro, Canela Baja, El Espino, Valle Hermoso, Paso Río Negro, Huentelauquén, Mincha, Illapel, Arboleda Grande, Cerro Gavino, Los Vilos, Cavilolén, Caimanes, Salamanca, Cuncumén, Río del Totoral, Pichidanguí-Quilimarí, Tilama, Petorca, Tranquila y, Río Leiva), listado ordenado de norte a sur.

Las fotografías aéreas consultadas fueron escogidas en función de las actividades de terreno, identificando los vuelos y números de foto que permitían apoyar interpretaciones comparativas multitemporales, de manera tal que una vez realizado el terreno preliminar de reconocimiento (enero y febrero de 1996) para toda el área de estudio e identificados los sectores que presentaban características geomorfológicas de interés, fueron adquiridas las imágenes que permitían la comparación de procesos en media y alta montaña. Para ello, se contó con fotos de

los vuelos HYCON (1955-1956) a escala 1/70.000, SAF CH-60 (1978-1979) a escala 1/60.000, SAF CH-30 (1987-1988) a escala 1/30.000 y, FONDEF (1992-1994) a escala 1/20.000. Cuando no existía una cobertura multitemporal completa (con todos los vuelos referenciados) del área de estudio, se procedió a comparar las imágenes de 1955 y 1978 (que cubren toda el área) con la visualización efectuada en terreno durante los meses de enero y febrero de 1997, 1998, 1999 y 2000. En este proceso del estudio, fueron consultadas y analizadas un total de 786 fotografías aéreas, la mayor parte de las cuales fueron adquiridas y otras facilitadas por instituciones públicas (Servicio Nacional de Geología y Minería, Ejército de Chile, municipalidades) y privadas (compañías mineras).

En el desarrollo de la investigación, también fueron utilizados materiales relacionados con actividades de terreno y de gabinete. En el primer caso, los elementos característicos de este tipo de acciones (tales como cámaras fotográficas, huincha, clinómetro, brújula, GPS, martillo geológico) y, entre los del segundo tipo, se encuentran instrumentos de fotointerpretación (estereoscopio de espejos y de bolsillo) y de computación (hardware y software específicos).

1.5.3. Técnicas

Las técnicas utilizadas pueden ser clasificadas en función de las actividades de gabinete y de terreno. De esta forma, las técnicas de gabinete se relacionan con acciones de análisis estadístico-computacional, cartográficas y de fotointerpretación; mientras que entre las técnicas de terreno, se encuentran las relacionadas con el posicionamiento y reconocimiento de sitios en terreno orientados hacia la descripción e interpretación geomorfológica de montaña y periglacial.

La **primera técnica de gabinete** utilizada fue de carácter estadístico-computacional, empleada al estandarizar la data estadística de caudales conforme a los criterios aceptados oficialmente en Chile por el Ministerio de Obras Públicas, a través de su Dirección General de Aguas y del Departamento de Hidrología en informe inédito y sin año de edición ("Análisis Estadístico de Caudales en los ríos de Chile", Volumen II para la regiones II, III y IV). Antecedente bibliográfico en el que se apoya la descripción técnica que se expone a continuación.

Este informe fue elaborado a objeto de analizar las estadísticas de caudales medios mensuales de las estaciones fluviométricas controladas por la Dirección General de Aguas. Para lo cual, cada serie fue estudiada para rellenar los datos faltantes, extender la serie a un período común de 40 años (1950-1990), corregir datos erróneos y comprobar su homogeneidad y consistencia, que permitiesen conformar series hidrológicas confiables y comparables en el tiempo, utilizándose los datos de caudales medios mensuales, las estadísticas pluviométricas y las bitácoras de funcionamiento de las estaciones.

El método usado por este informe involucró un análisis preliminar de las series, a partir de lo cual fueron descartados algunos valores poco confiables, teniendo en cuenta la estadística mensual completa (se aceptaron los valores de los caudales medios mensuales con información completa en el mes).

Para la estadística mensual incompleta, se rechazaron los valores de los caudales medios mensuales con información de sólo 1 a 10 días en el mes. Para los meses estadísticamente incompletos con información que superara los 10 días, se analizó en conjunto con la estadística de precipitaciones totales diarias de una o más estaciones pluviométricas asociadas a la estación fluviométrica por estar en la misma cuenca. Las estadísticas fluviométricas originales se sometieron a una revisión preliminar en conjunto con la información fluviométrica de estaciones cercanas y de régimen hidrológico similar para generar la estadística depurada de cada estación. El método usado para el descarte de caudales medios mensuales de los meses incompletos, consiste en cuantificar la bondad del promedio, utilizando los caudales diarios de las estaciones

fluviométricas cercanas, para lo cual se busca el mes correspondiente en una estación cercana (el que debe estar completo o a lo más faltarle un día), se extraen del mes de la estación cercana los días que le faltan a la estación en análisis y se calcula el promedio. Este promedio se compara con el promedio mensual completo. Se fijó como criterio el aceptar como máximo un 10% de discrepancia en esta comparación. Criterio que considera para el período de estiaje un caudal relativamente homogéneo, por lo que constituye un mejor criterio de descarte que el usar, por ejemplo, como índice el número de días con información de caudal.

En relación con el relleno, la extensión y corrección de las series, la información estadística fluviométrica inicial permitió establecer la o las estadísticas que fueron consideradas como patrón en la correspondiente unidad hidrográfica, luego se procedió a la corrección, relleno y/o extensión de la series que lo requirieron, verificándose la homogeneidad y consistencia de cada serie fluviométrica. Para ello se procedió de acuerdo a las normas provisionales para la verificación, corrección y ampliación de estadísticas, entregadas por la Dirección General de Aguas: en los casos de las estaciones afectadas por obras de regulación de aguas arriba y en los cuales se contaba con la información de ellas, se analizó la estadística medida y se generó la respectiva estadística desregulada, estableciéndose el criterio adoptado para restablecer el régimen sin regulación, indicándose detalladamente la aplicación realizada.

En relación con las estadísticas pluviométricas, éstas deben haber sido recogidas en una región o zona que tengan un régimen pluviométrico semejante y generado por los mismos fenómenos climatológicos. Las estadísticas deben representar la condición de homogeneidad, es decir entre las precipitaciones de dos lugares debe existir una relación lineal del tipo $P_1 = a * P_2$. Se debe verificar que esta relación se cumpla durante todo el periodo de observación y para todas las estaciones pluviométricas, para lo cual debe utilizarse el "Método de las Curvas Doble Acumuladas", debiéndose calcular el correspondiente Patrón de Precipitaciones. La corrección de las estadísticas se efectúa a partir del coeficiente de corrección "B", cuyo valor corresponde a la relación de las tangentes, como se aprecia a continuación: $B = \text{tg} (d1) / \text{tg} (d2)$ (donde $\text{tg} (d1)$ es la pendiente del período válido de la curva doble acumulada y $\text{tg} (d2)$ es la pendiente del período que debe corregirse en la curva doble acumulada).

Para verificar, corregir y ampliar las estadísticas fluviométricas, se operó de la siguiente forma:

Para la determinación de la bondad de las estadísticas, patrón de escorrentía o estadística base, se recopilaron las estadísticas de las estaciones fluviométricas, de una cuenca o región, que tengan un registro más largo. Se analizó la bondad de las estadísticas fluviométricas largas con el fin de obtener una estadística "Patrón de Escorrentía" (PE) o una que pueda utilizarse como "Estadística Base" (EB). Para ello, se utilizó el "Método de la Curvas Doble Acumuladas", comparando cada estadística con el "Patrón de Precipitaciones" de la cuenca, lo que permite determinar las estadísticas mejor observadas, por no presentar quiebres significativos. Con los mejores resultados se calculó un "Patrón de Escorrentía" o se eligió una de las estadísticas como "Estadística Base". O bien, mediante la comparación de las estadísticas entre sí para determinar las que no presentan quiebres o que éstos no sean significativos. Con el caso anterior, se eligieron las mejores para formar un "Patrón de Escorrentía" (PE) o una de ellas como "Estadística Base" (EB). Una vez determinado el Patrón de Escorrentía o la Estadística Base, se procedió a verificar la bondad de las estadísticas cortas, comparándolas con el PE o la EB, mediante el "Método de la Curvas Doble Acumuladas", analizándose aquel periodo que presentara diferente tendencia que el último período observado.

Para la ampliación de las estadísticas cortas, con menos años de los requeridos, debieron ampliarse a un periodo común, que correspondió a 40 años (periodo del patrón de escorrentía o de estadística base). En general se prefirió utilizar una Estadística Base para la ampliación de las estadísticas, utilizándose como periodo común para correlacionarlas, el mejor observado,

evitándose así las altas dispersiones al realizar las correlaciones. En este caso, las estadísticas fluviométricas correlacionadas deben controlar cuencas con áreas análogas cuya relación de superficies sea máximo de 1:4, tener regímenes pluviométricos similares, poseer estaciones de control fluviométrico que controlan cuencas vecinas o cercanas de una distinta cuenca hidrográfica. Para la ampliación de las estadísticas se tuvo en cuenta que es más seguro el valor del caudal medio anual ampliado, el cual no puede modificarse, en lugar de los otros que debieron ajustarse al valor anual.

La metodología utilizada comenzó con la determinación de la Estadística Base (EB), el establecimiento de una correlación entre caudales anuales de la estadística que debe calcularse (EC) y la base (EB), mediante:

$$Q_a (EC) = f \{ Q_a (EB) \}.$$

La correlación entre los períodos pluvial y deshielo como:

$$Q (Ab - Se) (EC) = f \{ Q (Ab - Se) (EB) \} \text{ y,}$$

$$Q (Oc - Ma) (EC) = f \{ Q (Oc - Ma) (EB) \} \text{ siendo,}$$

$$Q (Ab - Se) = Q (Ab) + Q (May) + Q (Jun) + Q (Jul) + Q (Ag) + Q (Se) \text{ y,}$$

$$Q (Oc - Ma) = Q (Oc) + Q (Nov) + Q (Dic) + Q (Ene) + Q (Feb) + Q (Ma).$$

Debiéndose cumplir que:

$$Q (Ab - Se) + Q (Oc - Ma) = 12 * Q_a.$$

En general se obtiene que:

$$Q (Ab - Se) + Q (Oc - Ma) = 12 * Q_a + Dif.$$

Si las correlaciones y las estadísticas son de buena calidad, el término Dif debe ser pequeño. Para eliminarlo se proratea entre los valores del primer término, obteniéndose que:

$$Q_c (Ab - Se) + Q_c (Oc - Ma) = 12 * Q_a.$$

(donde el subíndice c indica que son valores corregidos).

En forma análoga se efectuaron correlaciones de caudales mensuales, o sea:

$$Q (Ab) (Ec) = Q (Ab) (EB) \text{ y,}$$

$$Q (Ma) (EC) = Q (Ma) (EB).$$

Como en el caso anterior tendremos que:

$$Q (Ab) + Q (May) + Q (Jun) + Q (Jul) + Q (Ag) + Q (Se) = Q_c (Ab - Se) + dQ \text{ y, } Q (Oc) + Q (Nov) + Q (Dic) + Q (Ene) + Q (Fe) + Q (Ma) = Q_c (Oc - Ma) + dQ.$$

El valor dQ se proratea entre los distintos meses, de tal forma que se obtenga que:

$$Q_c (Ab) + Q_c (May) + Q_c (Jun) + Q_c (Ag) + Q_c (Se) = Q_c (Ab - Se) \text{ y, } Q_c (Oc) + Q_c (Nov) + Q_c (Dic) + Q_c (Ene) + Q_c (Fe) + Q_c (Ma) = Q_c (Oc - Ma).$$

Los valores de dQ no deberían ser muy grandes si las estadísticas, a calcular y de base para todos los casos, son lineales, debiendo pasar la recta de regresión por el origen, por ser homogéneos los regímenes hídricos. En último caso, el factor constante de la regresión debe ser muy pequeño respecto a los caudales observados en la estación fluviométrica y en la estación base o Patrón de escorrentía. Los coeficientes de regresión deben variar paulatinamente de mes a mes, así como la constante de la relación, si la hubiera. En el caso que la recta de regresión no pase por o cerca del origen, se analizó que la razón puede ser debido a extracciones o aportes antes de la estación fluviométrica en estudio.

De manera tal que con estos procedimientos estadísticamente validados, se aseguró el relleno de los datos faltantes, se extendió las series a un período común de 40 años, se corrigieron datos erróneos y, se comprobó su homogeneidad y consistencia, para su posterior utilización en el

presente estudio.

La **segunda técnica de gabinete**, consistió en la determinación de las tendencias de los caudales medios mensuales para cada serie estadística recopilada por cada una de las estaciones fluviométricas utilizadas. Para ello, se procedió a estructurar una base de datos de acuerdo al formato requerido por el software GRAPHER (paquete estadístico de origen estadounidense especialmente diseñado para análisis de curvas) y se utilizaron sus propios sistemas o subrutinas internas para establecer las diversas curvas de regresión para cada serie de caudales y puntos de aforo (5 estaciones en la cuenca del río Elqui, 16 en la cuenca del río Limarí y 8 para la cuenca del río Choapa). En la actualidad este análisis ya puede ser realizado con otros paquetes computacionales de mayor difusión generalizada y fácil adquisición (por ejemplo el propio Excel de Windows).

Una vez estructurada la data y determinadas las curvas de regresión lineal, se procedió a su graficación y análisis tendencial en función de la pendiente de las curvas, contemplando la diferencia de caudales naturales que presentaba la curva de regresión en su inicio (1950) y en su término (1990). Con ello, se estructuró una primera base de resultados que expresó su tendencia general (anual) en términos positivos, estables o negativos. Procedimiento que, posteriormente, fue ejecutado para la información de carácter mensual, alcanzándose similares resultados por mes.

La **tercera técnica de gabinete**, se centró en el análisis espacial de la información procesada y posteriormente interpretada estadísticamente. Para ello, se realizó una cartografía digital del área de estudio y las respectivas áreas de influencia o subcuencas que presentaban las estaciones fluviométricas analizadas, estructurándose una cartografía temática computarizada para cada unidad seleccionada del ecosistema (cuencas y unidades espaciales de interés) que permitió representar las tendencias de caudales generales y mensuales para cada cuenca principal (cuencas de los ríos Elqui, Limarí y Choapa), para cada subsistema (cuencas superiores, medias y bajas regionales) y, sintéticamente para el ecosistema semiárido transicional de Chile, representado políticamente como la Cuarta Región de Coquimbo.

La **quinta técnica de gabinete**, se refirió al análisis cartográfico. Esta técnica se realizó a objeto de definir a escalas regionales (1/500.000 y 1/250.000) las áreas de influencia de las subcuencas en estudio, delimitándose los deslindes por la divisoria de aguas de cada una de ellas y su posterior digitalización y, a escalas locales (1/50.000) para definir las actividades del terreno preliminar, mediante la identificación de los puntos de interés hidrológico (estaciones fluviométricas) y el plan de terreno (trayectorias de desplazamiento lógicas a utilizar) para efectuar el recorrido completo del sistema de redes viales, caminos y senderos existentes en el área de estudio.

La **sexta técnica de gabinete**, consistió en los procesos de fotointerpretación general del área de estudio. Para ello, se analizaron las fotografías aéreas a escala 1/70.000 de toda la región que se encontraban cercanas a las diversas rutas potenciales de reconocimiento, realizándose una fotointerpretación preliminar con apoyo de las cartas topográficas a escala 1/50.000 para definir *a priori* posibles puntos de interés geomorfológico que pudiesen mostrar indicios de cambio climático en sus procesos morfodinámicos, concentrándose la búsqueda en las secciones cordilleranas y precordilleranas regionales de la Cordillera de Los Andes, relacionados con procesos agradacionales de laderas en ambientes glaciales y periglaciales. Esta actividad permitió definir los requerimientos de otras fotografías aéreas para realizar el análisis multitemporal comparativo en gabinete y, posteriormente, en terreno. Resultado de lo cual, se definió una serie de puntos y sectores de interés geomorfológico que quedaron localizados en las cartas que serían llevadas a terreno para su interpretación.

Las **técnicas de campo** utilizadas, se relacionaron con las actividades asociadas al terreno preliminar de reconocimiento, el que consistió en recorrer todos los sistemas viales existentes para identificar los que realmente estaban transitables para un vehículo con tracción a las 4 ruedas y los permisos requeridos para usar caminos privados (por ejemplo, fundos, estancias y propiedades mineras). Así, como la identificación de cada una de las estaciones fluviométricas que se analizaron en el estudio. De esta actividad se desprendió un total aproximado de 6.800 kilómetros a recorrer en el posterior terreno de detalle y una caracterización del tipo, estado de conservación y ubicación de cada estación de aforo. Y, se relacionó con las actividades realizadas en la etapa del terreno detallado para la validación de los resultados preliminares. Una vez conocidas las tendencias de los caudales naturales para cada unidad de análisis y, por ende, las tendencias de cambio climático a escalas locales, se intentó comprobar los resultados mediante la utilización combinada de técnicas de interpretación cartográfica, fotointerpretación y de análisis geomorfológico visual de laderas en ambientes glaciares y periglaciares.

El procedimiento consistió en un recorrido pormenorizado de puntos de interés geomorfológico. Al llegar a cada uno de estos lugares, se le localizó en forma georreferenciada, con apoyo de un GPS portátil GARMIN II, en la base cartográfica oficial 1/50.000 del Instituto Geográfico Militar de Chile. Una vez identificado el sitio en la carta topográfica, se realizó una fotointerpretación multitemporal con un estereoscopio de espejos de terreno, considerando las diferentes líneas de vuelo y años respectivos en forma comparada, comenzando por la imagen más antigua (1955-1956) con la más reciente. Encontrado algún indicador morfodinámico de cambio, se procedió a comparar la fotografía más antigua con la inmediatamente siguiente más reciente (por ejemplo la foto de 1955 con la 1978 y, luego con la de 1987 y, por último con la de 1992), a objeto de buscar un patrón de velocidad de cambio en la morfodinámica y, finalmente con una acuciosa interpretación en terreno, apoyada por instrumental *ad hoc* para efectuar las mediciones del caso.

La interpretación geomorfológica en terreno requirió de técnicas específicas de análisis en función del tipo de desplazamiento o cambio encontrado y visualizado. Se hizo énfasis en cambios morfodinámicos asociados procesos de solifluxión, activación de taludes y conos de deyección, conforme a principios teóricos ampliamente conocidos (Carson y Kirkby 1972, Price 1972, Clark 1988, DeWolf 1988, Lautridou 1988, Lewkowicz 1988, Thorn 1988, Pissart 1990, Lautridou y Francou 1992, Novoa et al 1998, Novoa y Robles 1999, Novoa et al 2000a, Lorente et al 2002, Matsuoka y Humlum 2003) y el uso de criterios técnicos tradicionales (King 1971, Statham 1977, Lounsbury y Aldrich 1979, Anderson y Burt 1981, Goudie 1981, Lewin 1981, Dackombe y Gardiner 1983, Kirkby y Morgan 1984, Novoa et al 1987, Novoa et al 1999, Aksoy y Kavvas 2005, Bullard 2005, Evans 2005, Hardy 2005, Hock 2005).

2. ANÁLISIS DE TENDENCIA MENSUAL Y ANUAL DE CAUDALES NATURALES POR SUBCUENCAS

El presente capítulo aborda una descripción de los resultados alcanzados por las tendencias de los caudales naturales que registra cada una de las subcuencas consideradas en el estudio, en el marco de una caracterización de los caudales medios mensuales y medios anuales para el periodo 1950 a 1990. Para lo cual se contemplan, de norte a sur, 5 subcuencas para la cuenca del río Elqui, 16 para el caso del río Limarí y 8 subcuencas para el Choapa, configurando un total de 29 subcuencas que cubren toda el área aforada del ecosistema semiárido transicional de Chile.

2.1. Cuenca del río Elqui

La cuenca del río Elqui permite su caracterización a través de las estaciones de aforo denominadas como Río Elqui en Almendral, Río Elqui en Algarrobal, Río Claro en Rivadavia, Río Turbio en Varillar y Río La Laguna en salida Embalse La Laguna.

2.1.1. Río Elqui en Almendral

Es la estación que cubre una mayor superficie de la cuenca de Elqui (se encuentra en la sección inferior del río Elqui), se ubica a unos 40 kms al oriente de la ciudad de La Serena y de la desembocadura del río Elqui en la bahía de Coquimbo ($29^{\circ}59'S-70^{\circ}54'W$ y 395 msnm). Posee registros que pueden ser considerados verdaderamente continuos desde 1946 en adelante. Se le instaló un limnógrafo en 1967 y fue revestida en 1977. Fluviométricamente, tiene algunos inconvenientes para la representación de caudales de estiaje debido al ancho de su sección que permite la acumulación de clastos y bloques que distorsionan el flujo, así como para la definición de los caudales extraordinarios que han sobrepasado su sección de medición.

Los caudales medios y máximos medios mensuales permiten caracterizarla con un régimen estival a invernal (**Gráfico 1**) que presenta un incremento de los caudales hacia los meses estivales, alcanzando un máximo medio en el mes de noviembre, mientras los caudales permanecen relativamente estables durante el resto del año, permitiendo un régimen invernal para los caudales mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 3**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una homogeneidad al incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de los meses estivales de noviembre ($13,5 \text{ m}^3/\text{sg}$), diciembre ($23 \text{ m}^3/\text{sg}$) y enero ($17 \text{ m}^3/\text{sg}$). Mientras el comportamiento tendencial anual, también positivo, alcanza a $9,1 \text{ m}^3/\text{sg}$.

2.1.2. Río Elqui en Algarrobal

Esta estación se encuentra en la sección media del río Elqui, a unos 4 kms aguas abajo de la confluencia de los ríos Turbio y Claro, hito orográfico que da nacimiento del río Elqui ($29^{\circ}58'S-70^{\circ}35'W$ y 760 msnm). Posee registros completos desde 1948, sólo en 1978 se efectuó un revestimiento de su sección. Antes de esta mejora la sección de registro era bastante inestable. Fluviométricamente, tiene algunos inconvenientes para la representación de caudales extraordinarios que han sobrepasado la sección de medición (por ejemplo en las crecidas de 1997).

Los caudales medios y máximos medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival (**Gráfico 2**), alcanzando un máximo medio en el mes de diciembre, mientras los caudales permanecen relativamente estables durante el resto del año,

permitiendo un régimen invernal para los caudales mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 4**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una homogeneidad al incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de los meses estivales de noviembre ($17 \text{ m}^3/\text{sg}$), diciembre ($24 \text{ m}^3/\text{sg}$), enero ($16 \text{ m}^3/\text{sg}$) y febrero ($10 \text{ m}^3/\text{sg}$). Mientras el comportamiento tendencial anual, también positivo, alcanza a $9,5 \text{ m}^3/\text{sg}$.

2.1.3. Río Claro en Rivadavia

Esta estación se encuentra en la sección baja del río Claro, antes de su confluencia con el río Turbio, consecuentemente registra todos los aportes de esta subcuenca a la cuenca del río Elqui ($29^{\circ}58' \text{S}$ - $70^{\circ}34' \text{W}$ y 800 msnm). Posee registros desde 1929 con algunas interrupciones. La estación es sólo limnimétrica y de lecho natural, aún cuando en la actualidad cuenta con muros guías laterales, situación que provoca inestabilidad en las curvas de descarga.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival a invernal (**Gráfico 3**), mientras los caudales máximos medios mensuales se caracterizan como estivales y alcanzando un máximo medio en el mes de diciembre, mientras los caudales permanecen relativamente estables durante el resto del año, permitiendo un régimen invernal para los caudales mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 5**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una homogeneidad al incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de diciembre ($10 \text{ m}^3/\text{sg}$). Mientras el comportamiento tendencial anual, también positivo, alcanza a $3,5 \text{ m}^3/\text{sg}$.

2.1.4. Río Turbio en Varillar

Esta estación se encuentra a unos 5 kms aguas arriba de la confluencia de los ríos Turbio y Claro, en la sección media de la cuenca del río Elqui y en la sección baja del río Turbio, antes de su confluencia con el río Claro, consecuentemente registra todos los aportes de esta subcuenca a la cuenca del río Elqui ($29^{\circ}57' \text{S}$ - $70^{\circ}32' \text{W}$ y 875 msnm). Posee registros desde 1914. La estación limnimétrica fue instalada en 1979, momento en el cual se realizó el revestimiento de su sección. Dada la escasa pendiente del lecho, sufre embanques periódicos que dificultan la medición de los caudales de estiaje. Asimismo, en régimen de crecida su cota de coronamiento ha sido sobrepasada en numerosas oportunidades.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival (**Gráfico 4**), al igual que los caudales máximos medios mensuales que alcanzan su *peak* en el mes de diciembre, mientras los caudales permanecen relativamente estables durante el resto del año, permitiendo un régimen estival a invernal para los caudales mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 6**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una homogeneidad al incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de noviembre ($9 \text{ m}^3/\text{sg}$), diciembre ($8,5 \text{ m}^3/\text{sg}$) y enero ($9,5 \text{ m}^3/\text{sg}$). Mientras el comportamiento tendencial anual, también positivo, alcanza a $5,5 \text{ m}^3/\text{sg}$.

2.1.5. Río La Laguna en salida Embalse La Laguna

Esta estación se encuentra aguas abajo del Embalse La Laguna, a unos 183 kms de La Serena hacia el oriente, a un costado del Camino Internacional Paso de Agua Negra que une a La Serena con San Juan (Argentina), en la sección alta de la cuenca de los ríos Elqui y Turbio ($30^{\circ}13' \text{S}$ -

70°04´W y 3156 msnm). Posee las características de una estación de sección totalmente revestida, tipo aforador Parshall con estrechamiento de las paredes y del fondo, lo que permite una gran seguridad en sus registros.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival (**Gráfico 5**), al igual que los caudales máximos medios mensuales que alcanzan su peak en el mes de diciembre, mientras los caudales permanecen relativamente estables durante el resto del año, permitiendo un régimen estival a invernal para los caudales mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 7**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una homogeneidad al incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de diciembre (5,6 m³/sg) y enero (3 m³/sg). Mientras el comportamiento tendencial anual, también positivo, alcanza a 1,7 m³/sg.

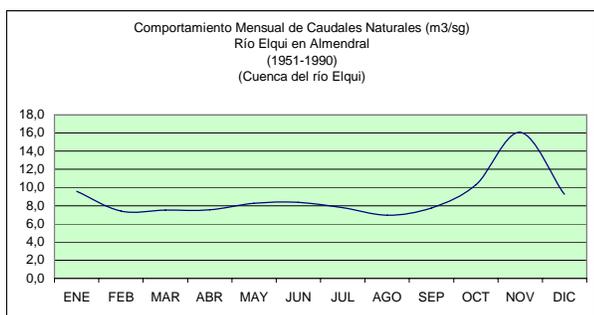


Gráfico 1. Comportamiento Río Elqui en Almendral

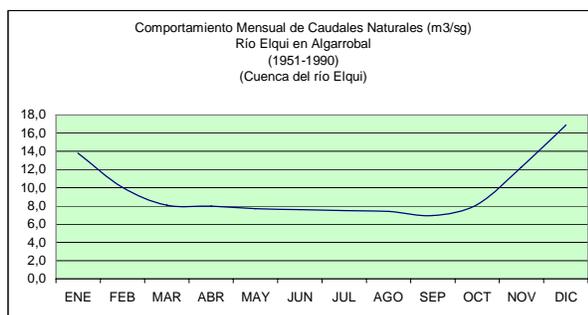


Gráfico 2. Comportamiento Río Elqui en Algarrobal

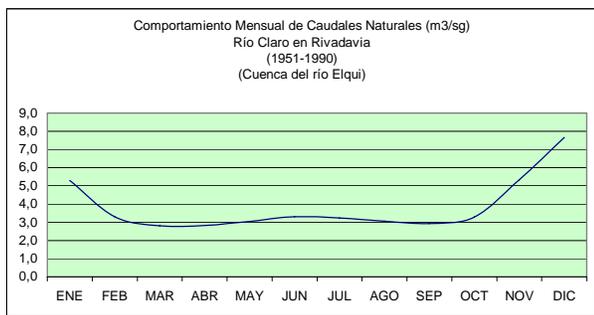


Gráfico 3. Comportamiento Río Claro en Rivadavia

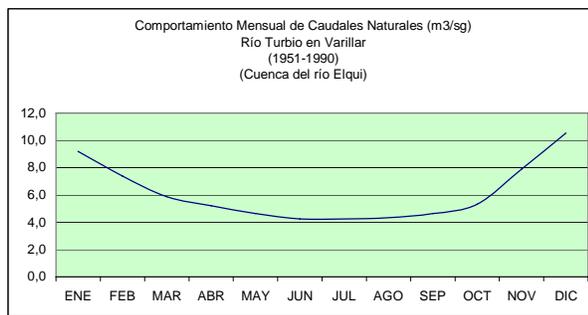


Gráfico 4. Comportamiento Río Turbio en Varillar

Tabla 3. Tendencia de Caudales Medios Río Elqui en Almendral (m ³ /sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	4,80	13,90	+	9,10
Tendencia Caudales Medios de Enero	5,00	22,00	+	17,00
Tendencia Caudales Medios de Febrero	5,00	14,00	+	9,00
Tendencia Caudales Medios de Marzo	4,00	11,00	+	7,00
Tendencia Caudales Medios de Abril	4,50	10,40	+	5,90
Tendencia Caudales Medios de Mayo	5,00	9,60	+	4,60
Tendencia Caudales Medios de Junio	7,00	10,00	+	3,00
Tendencia Caudales Medios de Julio	6,00	11,00	+	5,00
Tendencia Caudales Medios de Agosto	4,80	10,60	+	5,80
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	4,40	9,80	+	5,40
Tendencia Caudales Medios de Octubre	3,50	12,00	+	8,50
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	3,50	17,00	+	13,50
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	4,00	27,00	+	23,00
Caudales Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	invernal			

Tabla 4. Tendencia de Caudales Medios Río Elqui en Algarrobal (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	5,00	14,50	+	9,50
Tendencia Caudales Medios de Enero	6,00	22,00	+	16,00
Tendencia Caudales Medios de Febrero	5,00	15,00	+	10,00
Tendencia Caudales Medios de Marzo	4,50	11,50	+	7,00
Tendencia Caudales Medios de Abril	5,00	11,00	+	6,00
Tendencia Caudales Medios de Mayo	4,20	10,60	+	6,40
Tendencia Caudales Medios de Junio	5,80	9,50	+	3,70
Tendencia Caudales Medios de Julio	5,40	9,40	+	4,00
Tendencia Caudales Medios de Agosto	4,60	10,40	+	5,80
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	4,60	8,60	+	4,00
Tendencia Caudales Medios de Octubre	4,00	12,50	+	8,50
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	4,00	21,00	+	17,00
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	4,00	28,00	+	24,00
Caudales Medios Mensuales	Estival			
Caudales Máximos Medios Mensuales	Estival			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	Invernal			

Tabla 5. Tendencia de Caudales Medios Río Claro en Rivadavia (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	2,00	5,50	+	3,50
Tendencia Caudales Medios de Enero	2,00	8,50	+	6,50
Tendencia Caudales Medios de Febrero	2,00	5,30	+	3,30
Tendencia Caudales Medios de Marzo	1,50	4,10	+	2,60
Tendencia Caudales Medios de Abril	1,60	4,00	+	2,40
Tendencia Caudales Medios de Mayo	2,20	3,80	+	1,60
Tendencia Caudales Medios de Junio	3,00	3,60	+	0,60
Tendencia Caudales Medios de Julio	2,60	3,90	+	1,30
Tendencia Caudales Medios de Agosto	2,10	4,10	+	2,00
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	1,90	3,90	+	2,00
Tendencia Caudales Medios de Octubre	1,50	5,20	+	3,70
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	2,00	9,00	+	7,00
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	2,50	12,50	+	10,00
Caudales Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	invernal			

Tabla 6. Tendencia de Caudales Medios Río Turbio en Varillar (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	4,00	9,50	+	5,50
Tendencia Caudales Medios de Enero	4,50	14,00	+	9,50
Tendencia Caudales Medios de Febrero	4,50	10,00	+	5,50
Tendencia Caudales Medios de Marzo	4,00	8,00	+	4,00
Tendencia Caudales Medios de Abril	4,00	7,00	+	3,00
Tendencia Caudales Medios de Mayo	3,50	7,50	+	4,00
Tendencia Caudales Medios de Junio	3,60	5,60	+	2,00
Tendencia Caudales Medios de Julio	3,60	5,60	+	2,00
Tendencia Caudales Medios de Agosto	3,40	6,40	+	3,00
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	3,00	7,00	+	4,00
Tendencia Caudales Medios de Octubre	4,00	7,40	+	3,40
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	3,50	12,50	+	9,00
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	4,00	16,50	+	8,50
Caudales Medios Mensuales	estival			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	estival e invernal			

2.2. Cuenca del río Limarí

La cuenca del río Limarí permite su caracterización a través de las estaciones de aforo denominadas como Río Limarí en Panamericana, Río Hurtado en entrada Embalse Recoleta, Río Hurtado en Angostura de Pangué, Río Hurtado en San Agustín, Río Grande en Puntilla San Juan, Río Rapel en Junta, Río Los Molles en Ojos de Agua, Río Mostazal en Cuestecita, Río Grande en Cuyano, Río Tascadero en Desembocadura, Río Grande en Las Ramadas, Río Guatulame en El Tome, Río Cogotí en entrada Embalse Cogotí, Río Cogotí en Cogotí 18, Río Pama en entrada Embalse Cogotí y, Río Punitaqui en Chalinga.

2.2.1. Río Limarí en Panamericana

Esta estación (30°40´S-71°31´W y 40 msnm) se encuentra en la sección inferior de la cuenca, aguas abajo del puente de la ruta 5 norte (carretera Panamericana) que cruza el río Limarí, a unos 7 kms de la desembocadura en el océano Pacífico. En esta ubicación, registra prácticamente todos caudales de la cuenca.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival a invernal (**Gráfico 6**), al igual que los caudales máximos medios mensuales que alcanzan su peak en los meses de diciembre y agosto, permitiendo un régimen invernal para los caudales mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 8**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una homogeneidad al incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de noviembre (32 m³/sg) y diciembre (32 m³/sg). Mientras el comportamiento tendencial anual, también positivo, alcanza a 15,1 m³/sg.

2.2.2. Río Hurtado en entrada Embalse Recoleta

Esta estación (30°28´S-71°04´W y 430 msnm) se encontraba en la sección inferior de la subcuenca del río Hurtado que corresponde a la sección media de la cuenca del río Limarí, aguas arriba de la cola del embalse Recoleta. Fue destruida por la crecida de 1992 y no se ha vuelto a instalar porque no corresponde a un sitio de medición óptima, ya que existen otras subcuencas afluentes al embalse que quedaban fuera de registro.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival a invernal (**Gráfico 7**), al igual que los caudales máximos medios mensuales que alcanzan su peak en los meses de diciembre y agosto, permitiendo un régimen invernal a primaveral para los caudales mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 9**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una homogeneidad al incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de diciembre (10 m³/sg). Mientras el comportamiento tendencial anual, también positivo, alcanza a 4,1 m³/sg.

2.2.3. Río Hurtado en Angostura de Pangué

Esta estación (31°09´S-71°20´W y 450 msnm) se ubica a 10 kms aguas arriba de la entrada al embalse Recoleta, en un estrechamiento natural del valle con afloramientos rocosos, constituyéndose en un buen punto de registro de los caudales de la sección inferior de la cuenca del río Hurtado y de la cuenca media del río Limarí.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival a invernal (**Gráfico 8**), al igual que los caudales máximos medios mensuales que alcanzan su peak en los meses de diciembre y agosto, permitiendo un régimen invernal para los caudales mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 10**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una homogeneidad al incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de diciembre (7 m³/sg). Mientras el comportamiento tendencial anual, también positivo, alcanza a 3,5 m³/sg.

2.2.4. Río Hurtado en San Agustín

Esta estación (30°28´S-70°31´W y 2035 msnm) se encuentra en la sección superior de la subcuenca de río Hurtado, en régimen netamente natural. Presenta una estadística bastante completa con sistemas de aforo encauzado, pero presenta problemas para gastos de crecida porque se encuentra dentro del lecho menor, dejando al lecho mayor fuera de su área de registro.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival (**Gráfico 9**), al igual que los caudales máximos medios mensuales que alcanzan su peak en diciembre, permitiendo un régimen estival de deshielo para los caudales mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 11**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una homogeneidad al incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de diciembre (4,5 m³/sg). Mientras el comportamiento tendencial anual, también positivo, alcanza a 2 m³/sg.

2.2.5. Río Grande en Puntilla San Juan

Esta estación (30°42´S-70°55´W y 470 msnm) se encuentra en la sección inferior de la subcuenca del río Grande y sección media de la cuenca del río Limarí, a pocos kilómetros aguas arriba de la cola del embalse La Paloma. Ha operado sin mayores interrupciones 1942 siendo sus registros confiables tanto para gastos pequeños como altos.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival a primaveral (**Gráfico 10**) con peak en noviembre y julio, los caudales máximos medios mensuales son de carácter estival a invernal y un régimen invernal para los caudales mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 12**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una homogeneidad al incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando los incrementos de noviembre (21 m³/sg), diciembre (19 m³/sg), julio (18 m³/sg) y agosto (17 m³/sg). Mientras el comportamiento tendencial anual, también positivo, alcanza a 10,4 m³/sg.

2.2.6. Río Rapel en Junta

Esta estación (30°43´S-70°52´W y 475 msnm) se encuentra en la sección inferior de la subcuenca del río Rapel y sección media de la cuenca del río Limarí, a unos 28 kms aguas arriba de la cola del embalse La Paloma. Ha operado sin mayores interrupciones desde 1959 siendo sus registros confiables tanto para gastos pequeños como altos.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival a invernal (**Gráfico 11**) con peak en noviembre y agosto, misma condición hidrológica que presentan los caudales máximos medios mensuales y un régimen primaveral a otoñal para los caudales mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 13**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una generalidad homogénea al incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de diciembre (5 m³/sg) y una tendencia la mantención del escurrimiento para el mes de agosto. Mientras el comportamiento tendencial anual, también positivo, alcanza a 1,7 m³/sg.

2.2.7. Río Los Molles en Ojos de Agua

Esta estación (30°43´S-70°33´W y 2000 msnm) se encuentra en la sección superior de la subcuenca del río Los Molles y sección alta de la cuenca del río Limarí, a unos 3 kms aguas arriba de la central hidroeléctrica Los Molles. Posee registros estadísticos confiables desde 1946.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival (**Gráfico 12**) con peak en diciembre, misma condición hidrológica que presentan los caudales máximos medios mensuales y un régimen primaveral para los caudales mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 14**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una generalidad homogénea al incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de diciembre (1,1 m³/sg). Mientras el comportamiento tendencial anual, también positivo, alcanza a 0,47 m³/sg.

2.2.8. Río Mostazal en Cuestecita

Esta estación (30°50´S-70°37´W y 2300 msnm) se encuentra en la sección media de la subcuenca del río Mostazal y sección alta de la cuenca del río Limarí, a unos 3 kms aguas arriba de la localidad de El Maqui. Posee una corta duración de registros (desde 1969) y ha recibido los embates de las crecidas en varias oportunidades, generando problemas a la regularidad en sus registros.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival (**Gráfico 13**) con peak en noviembre, misma condición hidrológica que presentan los caudales máximos medios mensuales y un régimen invernal a primaveral para los caudales mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 15**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una generalidad homogénea al incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de diciembre (4,1 m³/sg). Mientras el comportamiento tendencial anual, también positivo, alcanza a 1,2 m³/sg.

2.2.9. Río Grande en Cuyano

Esta estación (30°55´S-70°47´W y 1200 msnm) se encuentra en la sección media de la subcuenca del río Grande y sección media de la cuenca del río Limarí, a unos 26 kms aguas debajo de la localidad de Las Ramadas. Ha operado sin mayores interrupciones 1959 siendo sus registros confiables tanto para gastos pequeños como altos.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival (**Gráfico 14**) con peak en noviembre, condición hidrológica que pasa a estival a primaveral para los caudales máximos medios mensuales y un régimen invernal para los caudales mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 16**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una generalidad homogénea al incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de noviembre (14 m³/sg) y diciembre (5 m³/sg). Mientras el comportamiento tendencial anual, también positivo, alcanza a 5,7 m³/sg.

2.2.10. Río Tascadero en Desembocadura

Esta estación (31°05´S-70°35´W y 2200 msnm) se encuentra en la sección inferior de la subcuenca del río Tascadero y sección alta de la cuenca del río Limarí, a unos 10 kms aguas abajo de la localidad de Las Ramadas. Ha operado con algunas interrupciones desde 1962 siendo sus registros fluviométricamente confiables tanto para gastos pequeños como altos.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival (**Gráfico 15**) con peak en diciembre, los caudales máximos medios mensuales poseen un régimen estival a invernal y un régimen invernal a primaveral para los caudales mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 17**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una generalidad homogénea al incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de noviembre (4,5 m³/sg), diciembre (3,7 m³/sg) y agosto (3,5 m³/sg). Mientras el comportamiento tendencial anual, también positivo, alcanza a 1,7 m³/sg.

2.2.11. Río Grande en Las Ramadas

Esta estación (30°59´S-70°35´W y 1400 msnm) se encuentra en la sección media de la subcuenca del río Grande y sección media de la cuenca del río Limarí. Ha operado con algunos problemas de continuidad desde 1962 asociado a períodos de crecida.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen primaveral a estival (**Gráfico 16**) con peak en noviembre, los caudales máximos medios mensuales presentan un régimen estival a invernal y un régimen primaveral a otoñal para los caudales mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 18**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una generalidad homogénea al incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de noviembre y diciembre (ambos con 7 m³/sg). Mientras el comportamiento tendencial anual, también positivo, alcanza a 2,2 m³/sg.

2.2.12. Río Guatulame en El Tome

Esta estación (30°47´S-70°57´W y 380 msnm) se encuentra en la sección inferior de la subcuenca del río Guatulame y sección media de la cuenca del río Limarí, a unos 5 kms aguas arriba de la cola del embalse La Paloma. Ha operado con interrupciones desde 1963 por problemas fluviométricos que hacen poco confiables los registros de gastos altos, al ubicarse sobre un extremo del lecho menor y poseer en esta sección un lecho mayor que supera los 600 metros de ancho.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen invernal a estival (**Gráfico 17**) con peak en julio y noviembre, misma condición hidrológica que presentan los caudales máximos medios mensuales y un régimen invernal otoñal para los caudales mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 19**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente un predominio del incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de diciembre (7,3 m³/sg) y una tendencia al decrecimiento de los caudales en los meses de junio y mayo (-1,62 y -0,35 m³/sg respectivamente). Aún así, el comportamiento tendencial anual es positivo y alcanza a 3,1 m³/sg.

2.2.13. Río Cogotí en entrada Embalse Cogotí

Esta estación (31°02´S-71°02´W y 700 msnm) se encuentra en la sección media de la subcuenca del río Cogotí y sección media de la cuenca del río Limarí, inmediatamente aguas arriba de la cola del embalse Cogotí. Ha operado con varias interrupciones desde 1953 producto de su emplazamiento en pleno lecho menor y sin mecanismos de encauzamiento.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival a invernal (**Gráfico 18**) con peak en noviembre y julio, condición hidrológica que se invierte para los caudales máximos y mínimos medios mensuales (invernal a estival).

Las tendencias mensuales (**Tabla 20**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una predominio del incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de julio (7,2 m³/sg) y una tendencia al decrecimiento de los caudales en los meses de junio y mayo (-0,72 y -0,35 m³/sg respectivamente). Aún así, el comportamiento tendencial anual es positivo y alcanza a 2,9 m³/sg.

2.2.14. Río Cogotí en Cogotí 18

Esta estación (31°05´S-71°05´W y 733 msnm) se encuentra en la sección media de la subcuenca del río Cogotí y sección media de la cuenca del río Limarí, aproximadamente 12 kms aguas arriba de la entrada al embalse Cogotí. Ha operado con varias interrupciones desde 1942 producto de su emplazamiento en pleno lecho menor y sin mecanismos de encauzamiento que la han hecho desaparecer en repetidas ocasiones.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival a primaveral (**Gráfico 19**) con peak en noviembre y agosto, condición hidrológica que pasa a ser invernal a estival para los caudales máximos medios mensuales e invernal para los mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 21**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una predominio del incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de diciembre (4,3 m³/sg) y una tendencia al decrecimiento de los caudales en los meses de junio y mayo (-0,1 y -0,06 m³/sg respectivamente). Aún así, el comportamiento tendencial anual es positivo y alcanza a 1,6 m³/sg.

2.2.15. Río Pama en entrada Embalse Cogotí

Esta estación (31°10´S-71°03´W y 850 msnm) se encuentra en la sección inferior de la subcuenca del río Pama y sección media de la cuenca del río Limarí, inmediatamente aguas arriba de la cola del embalse Cogotí. Ha operado con varias interrupciones desde 1953 producto de su emplazamiento en pleno lecho menor y sin mecanismos de encauzamiento, actualmente se encuentra fuera de servicio producto de su desaparición con las crecidas de 1992.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen invernal a estival (**Gráfico 20**) con peak en julio y noviembre, condición hidrológica que se mantiene para los caudales máximos medios mensuales y que varía a invernal para los mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 22**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una predominio del incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de julio (5,5 m³/sg) y una tendencia al decrecimiento de los

caudales en los meses de junio y mayo (-0,84 y -0,24 m³/sg respectivamente). Aún así, el comportamiento tendencial anual es positivo y alcanza a 1,3 m³/sg.

2.2.16. Río Punitaqui en Chalinga

Esta estación (30°44´S-71°25´W y 125 msnm) se encuentra en la sección media de la subcuenca del estero Punitaqui y sección baja de la cuenca del río Limarí, a unos 18 kms aguas abajo del pueblo de Punitaqui. Ha operado con varias interrupciones desde 1968 producto de su emplazamiento en pleno lecho menor y sin mecanismos de encauzamiento, actualmente no existe producto de su destrucción en la crecida de 1997.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen invernal (**Gráfico 21**) con peak en julio, condición hidrológica que cambia a tipo invernal a otoñal para los caudales máximos medios mensuales y primaveral para los mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 23**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente un predominio del decrecimiento en la mayoría de los meses del año, vale decir una tendencia general negativa, destacando la disminución de junio (-0,75 m³/sg) y una tendencia al incremento de los caudales en los meses de julio y agosto (3,2 y 1,2 m³/sg respectivamente). Aún así, el comportamiento tendencial anual es positivo y alcanza a 0,31 m³/sg.

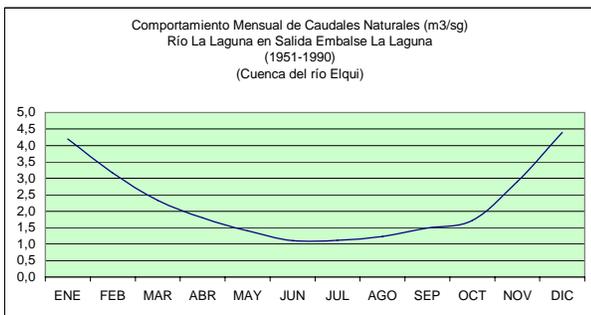


Gráfico 5. Comportamiento Río La Laguna en Salida Embalse La Laguna

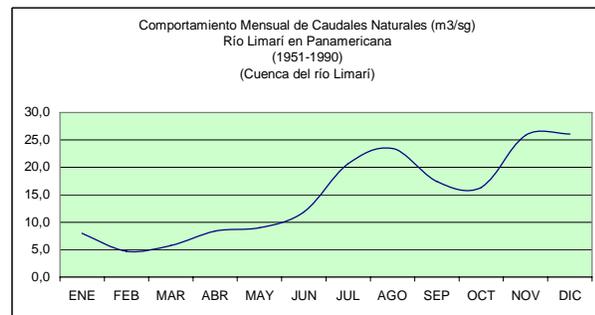


Gráfico 6. Comportamiento Río Limarí en Panamericana

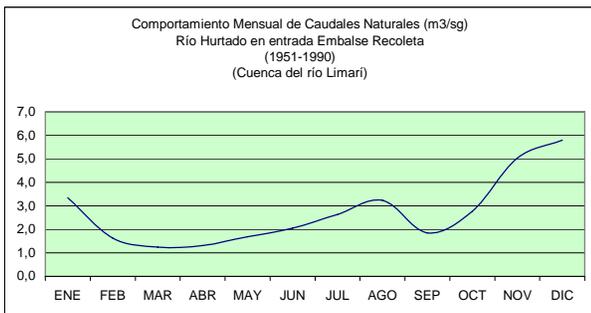


Gráfico 7. Comportamiento Río Hurtado en Entrada Embalse Recoleta

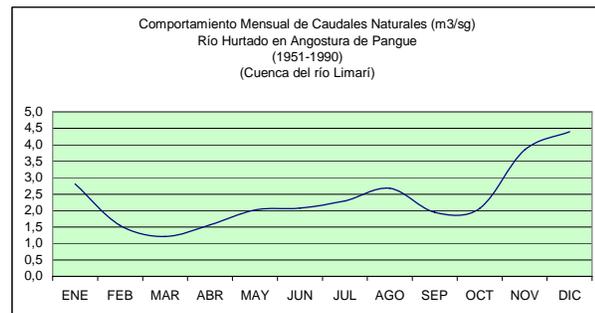


Gráfico 8. Comportamiento Río Hurtado en Angostura de Pangué

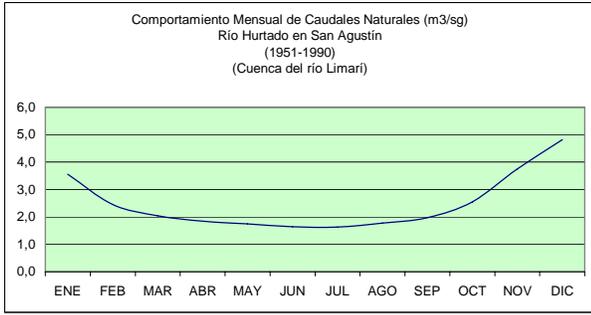


Gráfico 9. Comportamiento Río Hurtado en San Agustín

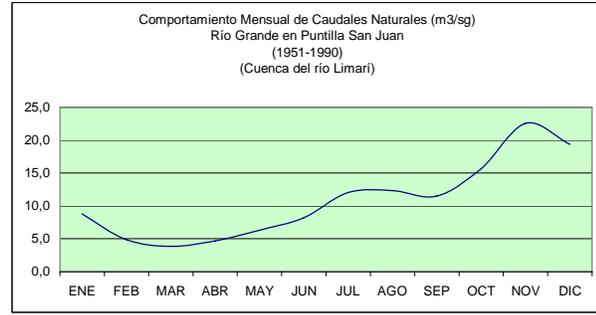


Gráfico 10. Comportamiento Río Grande en Puntilla San Juan

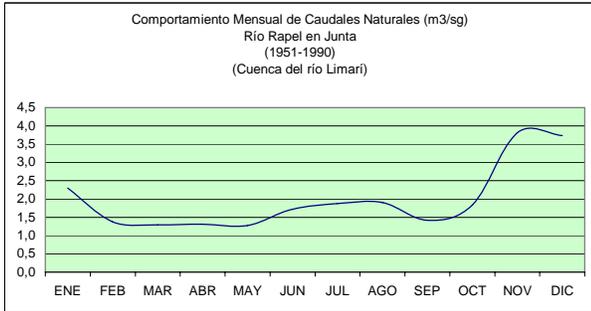


Gráfico 11. Comportamiento Río Rapel en Junta

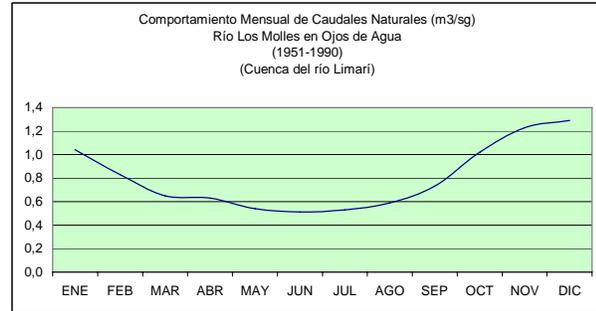


Gráfico 12. Comportamiento Río Los Molles en Ojos de Agua

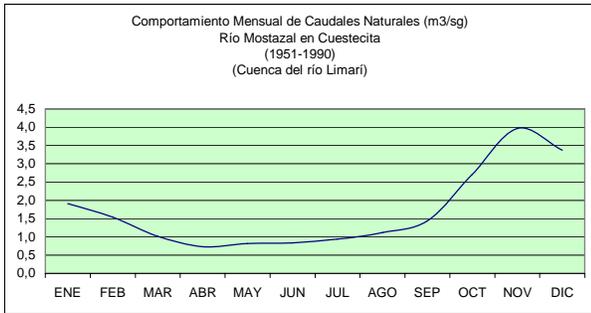


Gráfico 13. Comportamiento Río Mostazal en Cuestecita

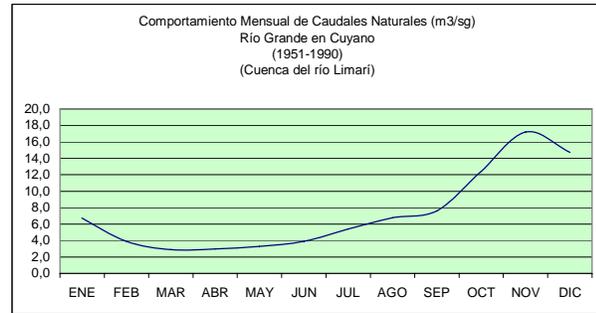


Gráfico 14. Comportamiento Río Grande en Cuyano

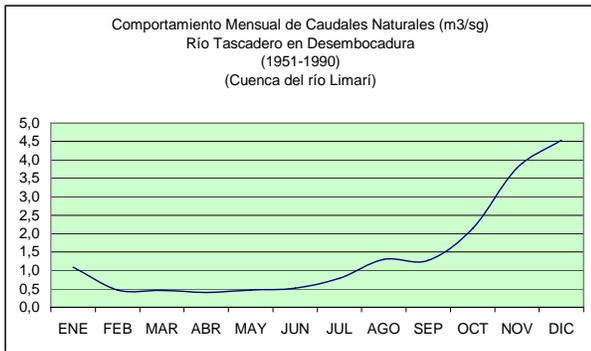


Gráfico 15. Comportamiento Río Tascadero en Desembocadura

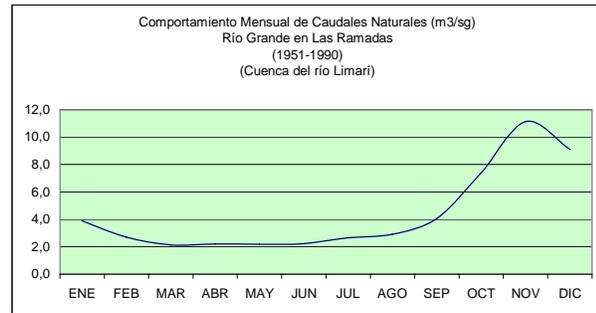


Gráfico 16. Comportamiento Río Grande en Las Ramadas

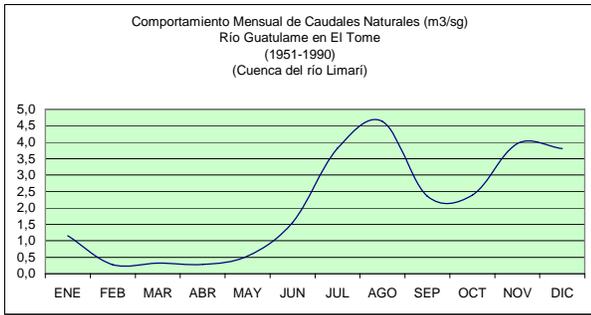


Gráfico 17. Comportamiento Río Guatulame en El Tome

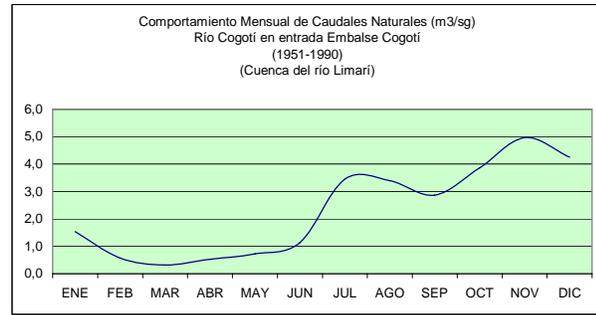


Gráfico 18. Comportamiento Río Cogotí en Entrada Embalse Cogotí

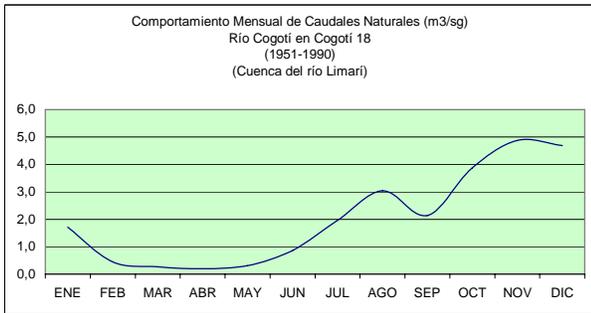


Gráfico 19. Comportamiento Río Cogotí en Cogotí 18

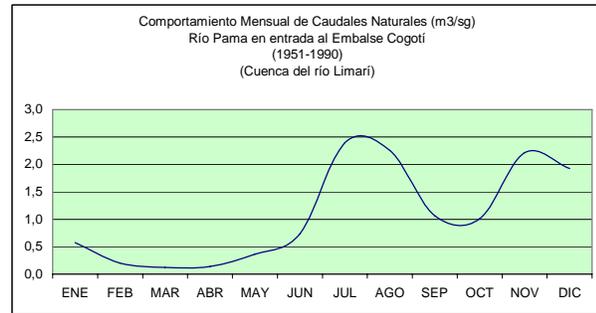


Gráfico 20. Comportamiento Río Pama en Entrada Embalse Cogotí

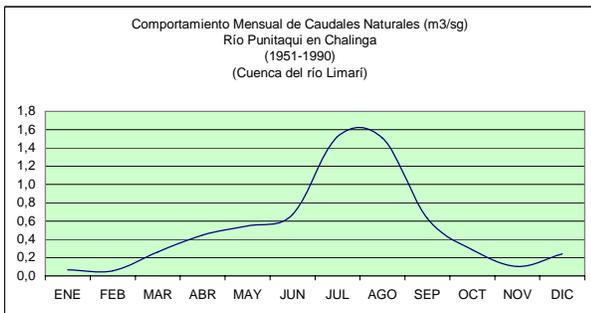


Gráfico 21. Comportamiento Río Punitaqui en Chalinga

Tabla 7. Tendencia de Caudales Medios Río La Laguna en Salida Embalse La Laguna (m ³ /sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	1,40	3,10	+	1,70
Tendencia Caudales Medios de Enero	2,90	5,90	+	3,00
Tendencia Caudales Medios de Febrero	2,10	4,10	+	2,00
Tendencia Caudales Medios de Marzo	1,85	3,00	+	1,15
Tendencia Caudales Medios de Abril	1,55	2,35	+	0,80
Tendencia Caudales Medios de Mayo	1,10	2,00	+	0,90
Tendencia Caudales Medios de Junio	0,85	1,55	+	0,70
Tendencia Caudales Medios de Julio	1,00	1,40	+	0,40
Tendencia Caudales Medios de Agosto	0,85	1,90	+	1,05
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	1,65	2,35	+	0,70
Tendencia Caudales Medios de Octubre	1,20	2,20	+	1,00
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	1,50	4,50	+	3,00
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	1,80	7,40	+	5,60
Caudales Medios Mensuales	estival			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	estival a invernal			

Tabla 8. Tendencia de Caudales Medios Río Limarí en Panamericana (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	7,00	22,10	+	15,10
Tendencia Caudales Medios de Enero	5,50	11,00	+	5,50
Tendencia Caudales Medios de Febrero	1,50	8,00	+	6,50
Tendencia Caudales Medios de Marzo	0,00	11,50	+	11,50
Tendencia Caudales Medios de Abril	0,55	13,50	+	8,00
Tendencia Caudales Medios de Mayo	7,90	10,40	+	2,50
Tendencia Caudales Medios de Junio	14,50	9,10	-	5,40
Tendencia Caudales Medios de Julio	9,00	32,00	+	23,00
Tendencia Caudales Medios de Agosto	12,00	35,00	+	23,00
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	10,00	25,00	+	15,00
Tendencia Caudales Medios de Octubre	4,00	28,00	+	24,00
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	10,00	42,00	+	32,00
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	10,00	42,00	+	32,00
Caudales Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival e invernal			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	invernal			

Tabla 9. Tendencia de Caudales Medios Río Hurtado en Entrada Embalse Recoleta (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	0,70	4,80	+	4,10
Tendencia Caudales Medios de Enero	0,30	6,50	+	6,20
Tendencia Caudales Medios de Febrero	0,30	3,60	+	3,30
Tendencia Caudales Medios de Marzo	0,20	2,20	+	2,00
Tendencia Caudales Medios de Abril	0,30	2,30	+	2,00
Tendencia Caudales Medios de Mayo	0,70	2,70	+	2,00
Tendencia Caudales Medios de Junio	0,70	2,70	+	2,00
Tendencia Caudales Medios de Julio	0,50	4,90	+	4,40
Tendencia Caudales Medios de Agosto	1,00	5,50	+	4,50
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	0,40	3,20	+	2,80
Tendencia Caudales Medios de Octubre	0,80	5,00	+	4,20
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	0,80	9,00	+	8,20
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	1,00	11,00	+	10,00
Caudales Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	invernal a primaveral			

Tabla 10. Tendencia de Caudales Medios Río Hurtado en Angostura de Pangué (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	1,00	4,50	+	3,50
Tendencia Caudales Medios de Enero	0,60	5,10	+	4,50
Tendencia Caudales Medios de Febrero	0,40	2,70	+	2,30
Tendencia Caudales Medios de Marzo	0,50	1,90	+	1,40
Tendencia Caudales Medios de Abril	0,70	2,30	+	1,60
Tendencia Caudales Medios de Mayo	1,10	2,90	+	1,80
Tendencia Caudales Medios de Junio	1,80	2,30	+	0,50
Tendencia Caudales Medios de Julio	1,10	4,30	+	3,20
Tendencia Caudales Medios de Agosto	1,50	4,50	+	3,00
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	1,00	2,90	+	1,90
Tendencia Caudales Medios de Octubre	1,00	3,60	+	2,60
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	1,00	6,90	+	5,90
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	1,00	8,00	+	7,00
Caudales Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	invernal			

Tabla 11. Tendencia de Caudales Medios Río Hurtado en San Agustín (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	1,50	3,50	+	2,00
Tendencia Caudales Medios de Enero	2,50	5,00	+	2,50
Tendencia Caudales Medios de Febrero	1,50	3,50	+	2,00
Tendencia Caudales Medios de Marzo	1,30	2,70	+	1,40
Tendencia Caudales Medios de Abril	1,00	2,70	+	1,70
Tendencia Caudales Medios de Mayo	1,20	2,30	+	1,10
Tendencia Caudales Medios de Junio	1,40	1,90	+	0,50
Tendencia Caudales Medios de Julio	1,10	2,10	+	1,00
Tendencia Caudales Medios de Agosto	1,30	2,20	+	0,90
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	1,40	2,50	+	1,10
Tendencia Caudales Medios de Octubre	1,60	3,60	+	2,00
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	2,40	5,60	+	3,20
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	2,50	7,00	+	4,50
Caudales Medios Mensuales	estival			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	estival deshielo			

Tabla 12. Tendencia de Caudales Medios Río Grande en Puntilla San Juan (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	5,80	16,10	+	10,40
Tendencia Caudales Medios de Enero	3,90	13,90	+	10,00
Tendencia Caudales Medios de Febrero	2,10	7,80	+	5,70
Tendencia Caudales Medios de Marzo	1,80	6,50	+	4,70
Tendencia Caudales Medios de Abril	1,80	8,20	+	6,40
Tendencia Caudales Medios de Mayo	4,70	8,30	+	3,60
Tendencia Caudales Medios de Junio	8,50	8,70	+	0,20
Tendencia Caudales Medios de Julio	3,00	21,00	+	18,00
Tendencia Caudales Medios de Agosto	4,00	21,00	+	17,00
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	7,00	15,80	+	8,80
Tendencia Caudales Medios de Octubre	8,00	23,00	+	15,00
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	12,00	33,00	+	21,00
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	10,00	29,00	+	19,00
Caudales Medios Mensuales	estival a primaveral			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	invernal			

Tabla 13. Tendencia de Caudales Medios Río Rapel en Junta (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	1,10	2,80	+	1,70
Tendencia Caudales Medios de Enero	0,80	4,00	+	3,20
Tendencia Caudales Medios de Febrero	0,40	2,40	+	2,00
Tendencia Caudales Medios de Marzo	0,50	2,10	+	1,60
Tendencia Caudales Medios de Abril	0,30	2,30	+	2,00
Tendencia Caudales Medios de Mayo	0,55	2,00	+	1,45
Tendencia Caudales Medios de Junio	1,40	2,10	+	0,70
Tendencia Caudales Medios de Julio	1,20	2,50	+	1,30
Tendencia Caudales Medios de Agosto	2,30	2,30	=	0,00
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	1,40	1,50	+	0,10
Tendencia Caudales Medios de Octubre	1,10	2,50	+	1,40
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	3,40	4,80	+	1,40
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	1,20	6,20	+	5,00
Caudales Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	primaveral a otoñal			

Tabla 14. Tendencia de Caudales Medios Río Los Molles en Ojos de Agua (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	0,58	1,05	+	0,47
Tendencia Caudales Medios de Enero	0,70	1,40	+	0,70
Tendencia Caudales Medios de Febrero	0,53	1,12	+	0,59
Tendencia Caudales Medios de Marzo	0,50	0,82	+	0,32
Tendencia Caudales Medios de Abril	0,36	0,89	+	0,53
Tendencia Caudales Medios de Mayo	0,54	0,82	+	0,28
Tendencia Caudales Medios de Junio	0,58	0,68	+	0,10
Tendencia Caudales Medios de Julio	0,43	0,63	+	0,20
Tendencia Caudales Medios de Agosto	0,52	0,67	+	0,15
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	0,57	0,87	+	0,30
Tendencia Caudales Medios de Octubre	0,70	1,35	+	0,65
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	0,85	1,55	+	0,70
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	0,75	1,85	+	1,10
Caudales Medios Mensuales	estival			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	primaveral			

Tabla 15. Tendencia de Caudales Medios Río Mostazal en Cuestecita (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	1,10	2,30	+	1,20
Tendencia Caudales Medios de Enero	1,10	2,70	+	1,60
Tendencia Caudales Medios de Febrero	1,20	2,50	+	1,30
Tendencia Caudales Medios de Marzo	0,80	1,70	+	0,90
Tendencia Caudales Medios de Abril	0,50	0,95	+	0,45
Tendencia Caudales Medios de Mayo	0,65	1,00	+	0,35
Tendencia Caudales Medios de Junio	0,75	0,94	+	0,19
Tendencia Caudales Medios de Julio	0,60	1,25	+	0,65
Tendencia Caudales Medios de Agosto	0,60	1,65	+	1,05
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	1,00	1,95	+	0,95
Tendencia Caudales Medios de Octubre	1,80	3,60	+	5,40
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	2,55	5,20	+	2,65
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	1,40	5,50	+	4,10
Caudales Medios Mensuales	estival			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	invernal y primaveral			

Tabla 16. Tendencia de Caudales Medios Río Grande en Cuyano (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	4,50	10,20	+	5,70
Tendencia Caudales Medios de Enero	4,00	9,80	+	5,80
Tendencia Caudales Medios de Febrero	2,30	5,70	+	3,40
Tendencia Caudales Medios de Marzo	2,50	4,00	+	1,50
Tendencia Caudales Medios de Abril	2,00	4,30	+	2,30
Tendencia Caudales Medios de Mayo	2,30	4,30	+	2,00
Tendencia Caudales Medios de Junio	3,30	4,50	+	1,20
Tendencia Caudales Medios de Julio	2,00	8,90	+	6,90
Tendencia Caudales Medios de Agosto	3,00	10,80	+	7,80
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	5,00	10,20	+	5,20
Tendencia Caudales Medios de Octubre	8,00	17,00	+	9,00
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	10,00	24,00	+	14,00
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	9,80	20,00	+	10,20
Caudales Medios Mensuales	estival			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival a primaveral			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	invernal			

Tabla 17. Tendencia de Caudales Medios Río Tascadero en Desembocadura (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	0,60	2,30	+	1,70
Tendencia Caudales Medios de Enero	0,70	1,40	+	0,70
Tendencia Caudales Medios de Febrero	0,20	0,75	+	0,55
Tendencia Caudales Medios de Marzo	0,20	0,75	+	0,55
Tendencia Caudales Medios de Abril	0,25	0,70	+	0,45
Tendencia Caudales Medios de Mayo	0,25	0,70	+	0,45
Tendencia Caudales Medios de Junio	0,25	0,80	+	0,55
Tendencia Caudales Medios de Julio	0,20	1,40	+	1,20
Tendencia Caudales Medios de Agosto	0,00	3,50	+	3,50
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	0,60	1,90	+	1,30
Tendencia Caudales Medios de Octubre	0,70	3,70	+	3,00
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	1,50	6,00	+	4,50
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	2,80	6,50	+	3,70
Caudales Medios Mensuales	estival			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	invernal a primaveral			

Tabla 18. Tendencia de Caudales Medios Río Grande en Las Ramadas (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	3,50	5,70	+	2,20
Tendencia Caudales Medios de Enero	3,40	4,90	+	1,50
Tendencia Caudales Medios de Febrero	2,00	3,50	+	1,50
Tendencia Caudales Medios de Marzo	1,70	2,50	+	0,80
Tendencia Caudales Medios de Abril	1,70	2,70	+	1,00
Tendencia Caudales Medios de Mayo	1,80	2,50	+	0,70
Tendencia Caudales Medios de Junio	2,10	2,40	+	0,30
Tendencia Caudales Medios de Julio	2,60	3,70	+	1,10
Tendencia Caudales Medios de Agosto	3,50	4,70	+	1,20
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	3,50	4,70	+	1,20
Tendencia Caudales Medios de Octubre	4,90	10,00	+	5,10
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	7,50	14,50	+	7,00
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	5,50	12,50	+	7,00
Caudales Medios Mensuales	primaveral a estival			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	invernal a primaveral			

Tabla 19. Tendencia de Caudales Medios Río Guatulame en El Tome (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	0,50	3,60	+	3,10
Tendencia Caudales Medios de Enero	0,00	3,10	+	3,10
Tendencia Caudales Medios de Febrero	0,00	0,60	+	0,60
Tendencia Caudales Medios de Marzo	0,00	0,79	+	0,79
Tendencia Caudales Medios de Abril	0,01	0,59	+	0,58
Tendencia Caudales Medios de Mayo	0,70	0,35	-	0,35
Tendencia Caudales Medios de Junio	2,40	0,78	-	1,62
Tendencia Caudales Medios de Julio	0,00	9,40	+	9,40
Tendencia Caudales Medios de Agosto	1,50	7,90	+	6,40
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	1,70	3,00	+	1,30
Tendencia Caudales Medios de Octubre	0,70	4,10	+	3,40
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	1,10	6,90	+	5,80
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	0,20	7,50	+	7,30
Caudales Medios Mensuales	invernal a estival			
Caudales Máximos Medios Mensuales	invernal a estival			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	Invernal			

Tabla 20. Tendencia de Caudales Medios Río Cogotí en Entrada Embalse Cogotí (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	0,80	3,70	+	2,90
Tendencia Caudales Medios de Enero	0,50	3,20	+	2,70
Tendencia Caudales Medios de Febrero	0,00	1,18	+	1,18
Tendencia Caudales Medios de Marzo	0,09	0,54	+	0,45
Tendencia Caudales Medios de Abril	0,06	0,90	+	0,84
Tendencia Caudales Medios de Mayo	0,90	0,55	-	0,35
Tendencia Caudales Medios de Junio	1,50	0,79	-	0,71
Tendencia Caudales Medios de Julio	0,00	7,20	+	7,20
Tendencia Caudales Medios de Agosto	1,00	5,90	+	4,90
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	1,90	3,80	+	1,90
Tendencia Caudales Medios de Octubre	1,50	6,10	+	4,60
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	2,10	7,90	+	5,80
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	1,60	6,90	+	5,30
Caudales Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Máximos Medios Mensuales	invernal a estival			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	invernal y estival			

Tabla 21. Tendencia de Caudales Medios Río Cogotí en Cogotí 18 (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	1,20	2,80	+	1,60
Tendencia Caudales Medios de Enero	0,90	2,50	+	1,60
Tendencia Caudales Medios de Febrero	0,30	0,65	+	0,35
Tendencia Caudales Medios de Marzo	0,17	0,47	+	0,30
Tendencia Caudales Medios de Abril	0,13	0,25	+	0,12
Tendencia Caudales Medios de Mayo	0,35	0,29	-	0,06
Tendencia Caudales Medios de Junio	0,90	0,80	-	0,10
Tendencia Caudales Medios de Julio	0,70	2,90	+	2,20
Tendencia Caudales Medios de Agosto	1,50	4,50	+	3,00
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	1,40	2,40	+	1,00
Tendencia Caudales Medios de Octubre	2,20	5,60	+	3,40
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	3,10	6,60	+	3,50
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	2,60	6,90	+	4,30
Caudales Medios Mensuales	estival a primaveral			
Caudales Máximos Medios Mensuales	invernal a estival			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	invernal			

Tabla 22. Tendencia de Caudales Medios Río Pama en Entrada Embalse Cogotí (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	0,40	1,70	+	1,30
Tendencia Caudales Medios de Enero	0,30	1,10	+	0,80
Tendencia Caudales Medios de Febrero	0,10	0,37	+	0,27
Tendencia Caudales Medios de Marzo	0,07	0,17	+	0,10
Tendencia Caudales Medios de Abril	0,00	0,30	+	0,30
Tendencia Caudales Medios de Mayo	0,49	0,25	-	0,24
Tendencia Caudales Medios de Junio	1,15	0,31	-	0,84
Tendencia Caudales Medios de Julio	0,00	5,50	+	5,50
Tendencia Caudales Medios de Agosto	0,90	3,60	+	2,70
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	0,65	1,50	+	0,85
Tendencia Caudales Medios de Octubre	0,50	1,50	+	1,00
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	1,00	3,40	+	2,40
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	0,60	3,10	+	2,50
Caudales Medios Mensuales	invernal a estival			
Caudales Máximos Medios Mensuales	invernal a estival			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	invernal			

Tabla 23. Tendencia de Caudales Medios Río Punitaqui en Chalinga (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	0,38	0,69	+	0,31
Tendencia Caudales Medios de Enero	0,78	0,59	-	0,19
Tendencia Caudales Medios de Febrero	0,05	0,07	+	0,02
Tendencia Caudales Medios de Marzo	0,30	0,35	+	0,05
Tendencia Caudales Medios de Abril	0,07	0,92	+	0,85
Tendencia Caudales Medios de Mayo	0,85	0,24	-	0,61
Tendencia Caudales Medios de Junio	1,05	0,30	-	0,75
Tendencia Caudales Medios de Julio	0,00	3,20	+	3,20
Tendencia Caudales Medios de Agosto	0,90	2,10	+	1,20
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	0,60	0,69	+	0,09
Tendencia Caudales Medios de Octubre	0,35	0,31	-	0,04
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	0,14	0,08	-	0,06
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	0,35	0,15	-	0,20
Caudales Medios Mensuales	invernal			
Caudales Máximos Medios Mensuales	invernal a otoñal			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	primaveral			

2.3. Cuenca del río Choapa

La cuenca del río Choapa permite su caracterización a través de las estaciones de aforo denominadas como Río Choapa aguas arriba Estero La Canela, Río Illapel en Huintil, Río Illapel en Las Burras, Río Choapa en Puente Negro, Estero Camisas en Desembocadura, Río Choapa en Salamanca, Río Cuncumén antes de Bocatoma de Canales y, Río Choapa en Cuncumén.

2.3.1. Río Choapa aguas arriba Estero La Canela

Esta estación ($31^{\circ}39'S-71^{\circ}18'W$ y 150 msnm) se encuentra en la sección baja de la cuenca del río Choapa, a unos 25 kms de su desembocadura en el océano Pacífico. Posee buenas condiciones de registro para gastos elevados pero presenta problemas de medición para caudales de estiaje por poseer un lecho natural que supera los 100 metros de ancho.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival a invernal (**Gráfico 22**) con peak en noviembre y julio, condición hidrológica que se mantiene para los caudales máximos medios mensuales y pasa a poseer un régimen invernal para los mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 24**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente un predominio del incremento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de diciembre ($32 \text{ m}^3/\text{sg}$) y una tendencia al decrecimiento de los caudales sólo en el mes de junio ($-0,1 \text{ m}^3/\text{sg}$). Aún así, el comportamiento tendencial anual es positivo y alcanza a $10,3 \text{ m}^3/\text{sg}$.

2.3.2. Río Illapel en Huintil

Esta estación ($31^{\circ}34'S-70^{\circ}59'W$ y 650 msnm) se encuentra en la sección media de la subcuenca del río Illapel y en la sección media de la cuenca del río Choapa, a unos 19 kms al oriente de la ciudad de Illapel. Posee buenas condiciones de registro para gastos elevados pero presenta problemas de medición para caudales de estiaje por poseer un lecho natural que supera los 100 metros de ancho.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival (**Gráfico 23**) con peak en diciembre, condición hidrológica que pasa a estival a invernal para los caudales máximos medios mensuales y con un régimen invernal a estival para los mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 25**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente un predominio del decrecimiento en todos los meses del año, vale decir una tendencia general negativa, destacando la disminución de junio ($-1,7 \text{ m}^3/\text{sg}$) y destacando una tendencia al incremento de los caudales en los meses de noviembre y diciembre ($2,1$ y $2 \text{ m}^3/\text{sg}$ respectivamente). El comportamiento tendencial anual es negativo y alcanza a $-0,2 \text{ m}^3/\text{sg}$.

2.3.3. Río Illapel en Las Burras

Esta estación ($31^{\circ}30'S-70^{\circ}46'W$ y 1600 msnm) se encuentra en el curso alto de la subcuenca del río Illapel y en la sección alta de la cuenca del río Choapa. Posee buenas condiciones de registro por estar completamente revestida, aunque es engañosa para los gastos elevados porque puede y ha sido superada en tiempos de crecida (por ejemplo en 1992 y 1997).

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival (**Gráfico 24**) con peak en diciembre, condición hidrológica se mantiene para los

caudales máximos medios mensuales y con un régimen invernal para los mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 26**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una condición de estabilidad general, destacando la disminución de mayo ($-1,15 \text{ m}^3/\text{sg}$) y el incremento de los caudales en noviembre ($2,3 \text{ m}^3/\text{sg}$). El comportamiento tendencial anual es estable.

2.3.4. Río Choapa en Puente Negro

Esta estación ($31^{\circ}43' \text{S}$ - $71^{\circ}12' \text{W}$ y 230 msnm) se encuentra en la sección baja de la cuenca del río Choapa, aguas arriba de la confluencia de este río con el Illapel, a unos 11 kms al poniente de la ciudad de Illapel. Posee buenas condiciones de registro para caudales de estiaje y de crecida por poseer un lecho natural con fondo rocoso.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival a invernal (**Gráfico 25**) con peak en noviembre y julio, condición hidrológica que se mantiene para los caudales máximos medios mensuales y se invierte a un régimen invernal a estival para los mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 27**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente un predominio del incremento en casi todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando los meses de diciembre y julio (20 y $17,4 \text{ m}^3/\text{sg}$ respectivamente) y una tendencia al decrecimiento de los caudales en el mes de junio ($-0,7 \text{ m}^3/\text{sg}$). El comportamiento tendencial anual es positivo y alcanza a $8,5 \text{ m}^3/\text{sg}$.

2.3.5. Estero Camisas en Desembocadura

Esta estación ($31^{\circ}48' \text{S}$ - $71^{\circ}02' \text{W}$ y 450 msnm) se encuentra en la sección baja de la subcuenca del estero Camisas y en la sección media de la cuenca del río Choapa, a unos 9 kms al poniente de la ciudad de Salamanca. Posee buenas condiciones de registro para gastos de estiaje por poseer una sección revestida pero carece de adecuados mecanismos de encauzamiento para registrar los de crecida, por encontrarse en el extremo poniente del lecho menor y dejar desregulado el lecho mayor que supera los 300 metros de ancho.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen invernal (**Gráfico 26**) con peak en julio y septiembre, condición hidrológica que pasa a invernal a estival para los caudales máximos medios mensuales y con un régimen estival a invernal para los mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 28**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente un predominio del crecimiento en la mayor parte de los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de julio y agosto ($1,3$ y $1,1 \text{ m}^3/\text{sg}$ respectivamente) y una tendencia al decrecimiento en el mes de septiembre ($-2,7 \text{ m}^3/\text{sg}$). El comportamiento tendencial anual es positivo y alcanza a $0,15 \text{ m}^3/\text{sg}$.

2.3.6. Río Choapa en Salamanca

Esta estación ($31^{\circ}47' \text{S}$ - $70^{\circ}58' \text{W}$ y 500 msnm) se encuentra en la sección media de la cuenca del río Choapa, en las inmediaciones de la ciudad de Salamanca. No posee buenas condiciones de registro por encontrarse en un lecho altamente variable que impide un adecuado encauzamiento de los gastos de estiaje y dada la geometría del cauce (supera los 800 metros de ancho) pierde confiabilidad también en los gastos de crecida.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen primaveral a invernal (**Gráfico 27**) con peak en noviembre, régimen de escurrimiento que se mantiene para los caudales máximos medios mensuales y para los mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 29**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una predominio del aumento en casi todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el incremento de diciembre ($25 \text{ m}^3/\text{sg}$) y una tendencia al decrecimiento de los caudales en el mes de junio ($-0,55 \text{ m}^3/\text{sg}$). El comportamiento tendencial anual es positivo y alcanza a $9,9 \text{ m}^3/\text{sg}$.

2.3.7. Río Cuncumén antes de Bocatoma de Canales

Esta estación ($31^{\circ}50'S-70^{\circ}36'W$ y 1400 msnm) se encuentra en la sección media de la subcuenca del río Cuncumén y en la sección alta de la cuenca del río Choapa, a unos 10 kms al norte de la localidad de Cuncumén (en el sector del área de explotación minera de Pelambres). Posee buenas condiciones de registro para gastos de estiaje por su revestimiento y encauzamiento, pero es fácilmente sobrepasada por gastos de crecida, las cuales incluso la han destruido en algunas oportunidades. Actualmente se encuentra inhabilitada desde la crecida de 1997.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival a invernal (**Gráfico 28**) con peak en diciembre, septiembre y julio, condición hidrológica que pasa a estival para los caudales máximos medios mensuales y con un régimen estival a invernal para los mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 30**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una predominio al incremento, vale decir una tendencia general positiva, destacando el aumento para los meses de noviembre y diciembre ($0,67$ y $0,63 \text{ m}^3/\text{sg}$ respectivamente) y una tendencia al decrecimiento del recurso en los meses de junio y mayo ($-0,44$ y $-0,4 \text{ m}^3/\text{sg}$ respectivamente). El comportamiento tendencial anual es positivo y alcanza a $0,01 \text{ m}^3/\text{sg}$.

2.3.8. Río Choapa en Cuncumén

Esta estación ($31^{\circ}56'S-70^{\circ}36'W$ y 1150 msnm) se emplaza en la sección alta de la cuenca del río Choapa, a unos 5 kms al sur de la localidad de Cuncumén. Posee buenas condiciones de registro para gastos elevados pero presenta problemas de medición para caudales de estiaje por poseer un lecho natural que supera los 100 metros de ancho.

Los caudales medios mensuales registrados por esta estación permiten caracterizarla con un régimen estival (**Gráfico 29**) con peak en noviembre y diciembre, condición hidrológica que se mantiene para los caudales máximos medios mensuales y con un régimen estival a invernal para los mínimos medios mensuales.

Las tendencias mensuales (**Tabla 31**) de los caudales naturales (**Anexo**) muestran gráficamente una predominio del incremento en casi todos los meses del año, vale decir una tendencia general positiva, destacando el aumento de diciembre ($15 \text{ m}^3/\text{sg}$) y una tendencia al decrecimiento de los caudales en el mes de junio ($-0,2 \text{ m}^3/\text{sg}$). El comportamiento tendencial anual es positivo y alcanza a $4,9 \text{ m}^3/\text{sg}$.

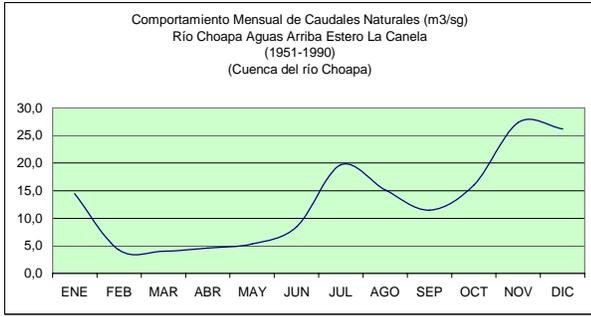


Gráfico 22. Comportamiento Río Choapa aguas arriba Estero La Canela

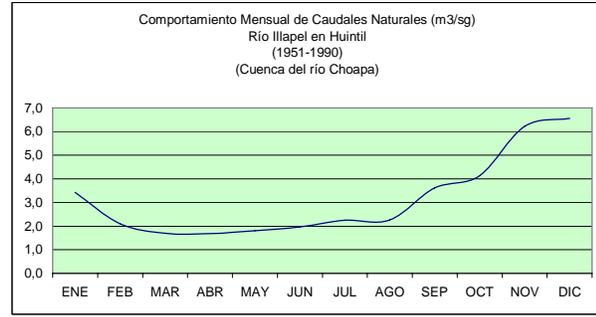


Gráfico 23. Comportamiento Río Illapel en Huintil

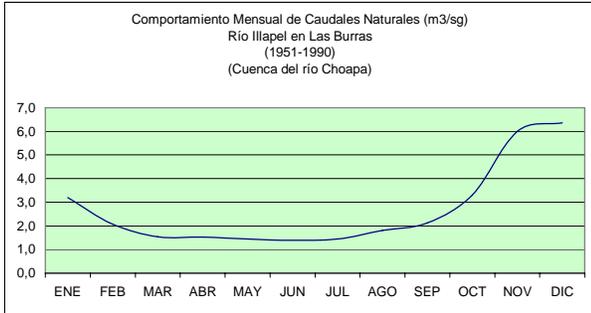


Gráfico 24. Comportamiento Río Illapel en Las Burras

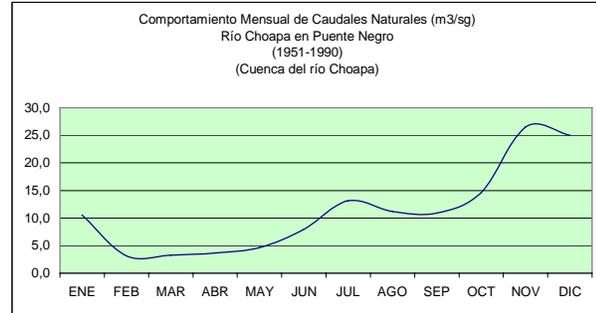


Gráfico 25. Comportamiento Río Choapa en Puente Negro

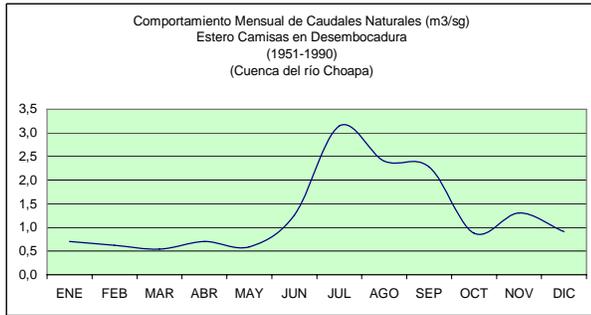


Gráfico 26. Comportamiento Estero Camisas en Desembocadura

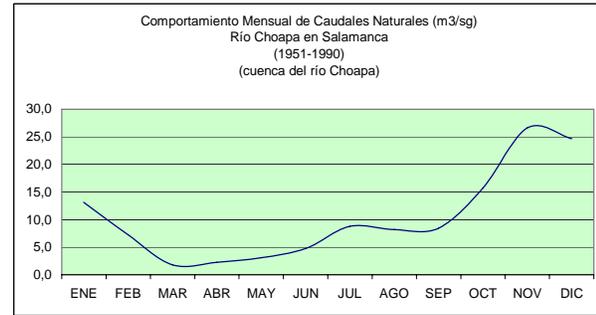


Gráfico 27. Comportamiento Río Choapa en Salamanca

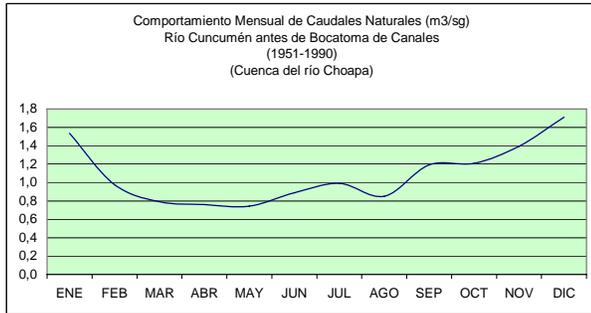


Gráfico 28. Comportamiento Río Cuncumén antes de Bocatoma de Canales

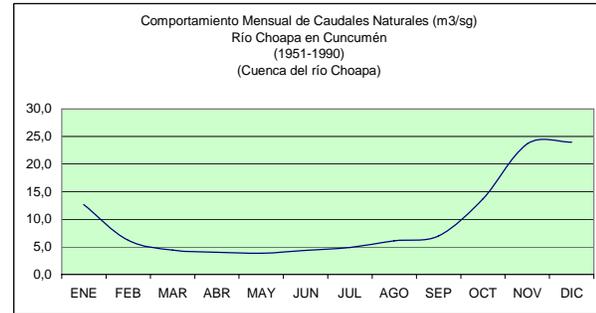


Gráfico 29. Comportamiento Río Choapa en Cuncumén

Tabla 24. Tendencia de Caudales Medios Río Choapa aguas arriba Estero La Canela (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	7,80	18,10	+	10,30
Tendencia Caudales Medios de Enero	0,80	23,00	+	22,20
Tendencia Caudales Medios de Febrero	2,10	6,10	+	4,00
Tendencia Caudales Medios de Marzo	2,90	5,20	+	2,30
Tendencia Caudales Medios de Abril	2,10	6,90	+	4,80
Tendencia Caudales Medios de Mayo	3,50	7,20	+	3,70
Tendencia Caudales Medios de Junio	8,50	8,40	-	0,10
Tendencia Caudales Medios de Julio	5,50	33,00	+	27,50
Tendencia Caudales Medios de Agosto	10,00	20,50	+	10,50
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	8,80	13,80	+	5,00
Tendencia Caudales Medios de Octubre	10,00	21,80	+	11,80
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	20,00	34,00	+	14,00
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	10,00	42,00	+	32,00
Caudales Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival e invernal			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	invernal			

Tabla 25. Tendencia de Caudales Medios Río Illapel en Huintil (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	3,20	3,00	-	0,20
Tendencia Caudales Medios de Enero	3,70	3,10	-	0,60
Tendencia Caudales Medios de Febrero	2,25	1,95	-	0,30
Tendencia Caudales Medios de Marzo	2,10	1,40	-	0,70
Tendencia Caudales Medios de Abril	2,10	1,25	-	0,85
Tendencia Caudales Medios de Mayo	2,40	1,20	-	1,20
Tendencia Caudales Medios de Junio	2,80	1,10	-	1,70
Tendencia Caudales Medios de Julio	2,45	2,05	-	0,40
Tendencia Caudales Medios de Agosto	2,20	2,25	+	0,05
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	3,60	3,70	+	0,10
Tendencia Caudales Medios de Octubre	3,50	4,70	+	1,20
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	5,10	7,20	+	2,10
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	5,50	7,50	+	2,00
Caudales Medios Mensuales	estival			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	invernal a estival			

Tabla 26. Tendencia de Caudales Medios Río Illapel en Las Burras (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	2,50	2,50	=	0,00
Tendencia Caudales Medios de Enero	2,60	3,80	+	1,20
Tendencia Caudales Medios de Febrero	2,30	1,90	-	0,40
Tendencia Caudales Medios de Marzo	1,80	1,20	-	0,60
Tendencia Caudales Medios de Abril	1,90	1,10	-	0,80
Tendencia Caudales Medios de Mayo	2,00	0,85	-	1,15
Tendencia Caudales Medios de Junio	1,90	0,90	-	1,00
Tendencia Caudales Medios de Julio	1,70	1,20	-	0,50
Tendencia Caudales Medios de Agosto	2,10	1,60	-	0,50
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	2,30	2,00	-	0,30
Tendencia Caudales Medios de Octubre	2,50	4,20	+	1,70
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	4,90	7,20	+	2,30
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	5,00	7,50	+	2,50
Caudales Medios Mensuales	estival			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	invernal			

Tabla 27. Tendencia de Caudales Medios Río Choapa en Puente Negro (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	7,00	15,50	+	8,50
Tendencia Caudales Medios de Enero	5,00	16,00	+	11,00
Tendencia Caudales Medios de Febrero	0,00	6,50	+	6,50
Tendencia Caudales Medios de Marzo	3,70	4,90	+	1,20
Tendencia Caudales Medios de Abril	1,40	6,00	+	4,60
Tendencia Caudales Medios de Mayo	3,30	6,00	+	2,70
Tendencia Caudales Medios de Junio	8,30	7,60	-	0,70
Tendencia Caudales Medios de Julio	4,50	21,90	+	17,40
Tendencia Caudales Medios de Agosto	7,80	15,50	+	7,70
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	8,50	13,50	+	5,00
Tendencia Caudales Medios de Octubre	10,50	18,50	+	8,00
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	20,00	34,00	+	14,00
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	15,00	35,00	+	20,00
Caudales Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	invernal a estival			

Tabla 28. Tendencia de Caudales Medios Estero Camisas en Desembocadura (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	1,25	1,40	+	0,15
Tendencia Caudales Medios de Enero	0,68	0,71	+	0,03
Tendencia Caudales Medios de Febrero	0,65	0,60	-	0,05
Tendencia Caudales Medios de Marzo	0,54	0,51	-	0,03
Tendencia Caudales Medios de Abril	0,83	0,54	-	0,29
Tendencia Caudales Medios de Mayo	0,70	0,50	-	0,20
Tendencia Caudales Medios de Junio	1,50	1,10	-	0,40
Tendencia Caudales Medios de Julio	2,50	3,80	+	1,30
Tendencia Caudales Medios de Agosto	1,80	2,90	+	1,10
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	3,90	1,20	-	2,70
Tendencia Caudales Medios de Octubre	0,75	1,40	+	0,65
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	1,10	1,58	+	0,48
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	0,75	1,10	+	0,35
Caudales Medios Mensuales	invernal			
Caudales Máximos Medios Mensuales	invernal a estival			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	estival a invernal			

Tabla 29. Tendencia de Caudales Medios Río Choapa en Salamanca (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	5,50	15,40	+	9,90
Tendencia Caudales Medios de Enero	6,50	19,50	+	13,00
Tendencia Caudales Medios de Febrero	0,00	16,80	+	16,80
Tendencia Caudales Medios de Marzo	1,20	2,35	+	1,15
Tendencia Caudales Medios de Abril	0,60	3,80	+	3,20
Tendencia Caudales Medios de Mayo	1,80	4,90	+	3,10
Tendencia Caudales Medios de Junio	5,00	4,45	-	0,55
Tendencia Caudales Medios de Julio	3,00	14,50	+	11,50
Tendencia Caudales Medios de Agosto	5,00	11,20	+	6,20
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	5,80	11,00	+	5,20
Tendencia Caudales Medios de Octubre	5,00	26,00	+	21,00
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	21,00	32,00	+	11,00
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	12,00	37,00	+	25,00
Caudales Medios Mensuales	primaveral a invernal			
Caudales Máximos Medios Mensuales	primaveral a invernal			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	primaveral a invernal			

Tabla 30. Tendencia de Caudales Medios Río Cuncumén antes de Bocatoma de Canales (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	1,09	1,10	+	0,01
Tendencia Caudales Medios de Enero	1,60	1,40	-	0,20
Tendencia Caudales Medios de Febrero	1,00	0,98	-	0,02
Tendencia Caudales Medios de Marzo	0,85	0,75	-	0,10
Tendencia Caudales Medios de Abril	0,90	0,70	-	0,20
Tendencia Caudales Medios de Mayo	0,95	0,55	-	0,40
Tendencia Caudales Medios de Junio	1,12	0,68	-	0,44
Tendencia Caudales Medios de Julio	0,95	1,02	+	0,07
Tendencia Caudales Medios de Agosto	0,75	0,98	+	0,23
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	1,25	1,10	-	0,15
Tendencia Caudales Medios de Octubre	1,08	1,38	+	0,30
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	1,01	1,68	+	0,67
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	1,38	2,01	+	0,63
Caudales Medios Mensuales	estival a invernal			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	estival e invernal			

Tabla 31. Tendencia de Caudales Medios Río Choapa en Cuncumén (m³/sg)	Inicio	Final	Tendencia	Residuo
Tendencia Caudales Medios Anuales	7,00	11,90	+	4,90
Tendencia Caudales Medios de Enero	8,10	17,60	+	9,50
Tendencia Caudales Medios de Febrero	3,40	8,90	+	5,50
Tendencia Caudales Medios de Marzo	3,00	5,50	+	2,50
Tendencia Caudales Medios de Abril	3,00	5,00	+	2,00
Tendencia Caudales Medios de Mayo	3,10	4,60	+	1,50
Tendencia Caudales Medios de Junio	4,40	4,20	-	0,20
Tendencia Caudales Medios de Julio	3,50	6,20	+	2,70
Tendencia Caudales Medios de Agosto	4,90	7,20	+	2,30
Tendencia Caudales Medios de Septiembre	6,20	7,80	+	1,60
Tendencia Caudales Medios de Octubre	11,40	16,00	+	4,60
Tendencia Caudales Medios de Noviembre	19,80	28,00	+	8,20
Tendencia Caudales Medios de Diciembre	16,00	31,00	+	15,00
Caudales Medios Mensuales	estival			
Caudales Máximos Medios Mensuales	estival			
Caudales Mínimos Medios Mensuales	estival e invernal			

3. ANÁLISIS DE TENDENCIA POR SISTEMAS NATURALES

Los resultados expresados en el capítulo precedente en escalas analíticas de subcuencas específicas, a continuación son analizados sintéticamente en función de los principales sistemas naturales existentes en el ecosistema semiárido transicional de Chile. Para ello se han identificado formalmente las diversas cuencas del área de estudio, al considerar latitudinalmente las cuencas de los ríos Elqui, Limarí y Choapa y, en términos altitudinales, a las cuencas regionales de tipo superior o alta, media y baja. Para finalizar con una visualización del sistema por completo a escala regional. Para el caso latitudinal, los límites de las cuencas respectivas son coincidentes con las delimitaciones provinciales de la región.

3.1. Cuenca del río Elqui

La cuenca del río Elqui permite su caracterización a través de las estaciones de aforo denominadas como (**Tabla 32**) Río Elqui en Almendral (1), Río Elqui en Algarrobal (2), Río Claro en Rivadavia (3), Río Turbio en Varillar (4) y Río La Laguna en salida Embalse La Laguna (5). Como puede apreciarse, la tendencia de los caudales naturales que posee esta cuenca hidrográfica es al incremento, tanto en los de carácter mensual como en los totales anuales.

	1	2	3	4	5
Anuales	+	+	+	+	+
Enero	+	+	+	+	+
Febrero	+	+	+	+	+
Marzo	+	+	+	+	+
Abril	+	+	+	+	+
Mayo	+	+	+	+	+
Junio	+	+	+	+	+
Julio	+	+	+	+	+
Agosto	+	+	+	+	+
Septiembre	+	+	+	+	+
Octubre	+	+	+	+	+
Noviembre	+	+	+	+	+
Diciembre	+	+	+	+	+

Tabla 32. Tendencia de Caudales Medios Río Elqui
(Donde (+) tendencia positiva, (=) tendencia estable, (-) tendencia negativa)

Los volúmenes de incremento alcanzados en el análisis tendencial para la estación de aforo de Río Elqui en Almendral, permite (**Gráfico 30**) establecer un incremento anual de 9,1 m³/sg que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio (4,8 m³/sg) y final (13,9 m³/sg) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar en esta sección de la cuenca, un total medio anual potencial de 786.240 metros cúbicos diarios (286.977.600 m³ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 414.720 y 1.200.960 metros cúbicos y, anualmente entre 149.299.200 y 423.345.600 metros cúbicos.

Para la estación de aforo de Río Elqui en Algarrobal, es posible (**Gráfico 31**) establecer un incremento anual de 9,5 m³/sg que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio (5 m³/sg) y final (14,5 m³/sg) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar en esta sección de la cuenca, un total medio anual potencial de 820.800 metros cúbicos diarios (299.592.600 m³ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 432.000 y 1.252.800 metros

cúbicos y, anualmente entre 157.680.000 y 457.272.000 metros cúbicos.

Para la sección aforada en Río Claro en Rivadavia, es posible (**Gráfico 32**) establecer un incremento anual de $3,5 \text{ m}^3/\text{sg}$ que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($2 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($5,5 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar en esta sección de la cuenca, un total medio anual potencial de 302.400 metros cúbicos diarios ($110.376.000 \text{ m}^3$ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 172.800 y 475.200 metros cúbicos y, anualmente entre 63.072.000 y 173.448.000 metros cúbicos.

Para la sección aforada en Río Turbio en Varillar, es posible (**Gráfico 33**) establecer un incremento anual de $5,5 \text{ m}^3/\text{sg}$ que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($4 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($9,5 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar en esta sección de la cuenca, un total medio anual potencial de 475.200 metros cúbicos diarios ($173.448.000 \text{ m}^3$ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 345.600 y 803.400 metros cúbicos y, anualmente entre 126.144.000 y 293.350.500 metros cúbicos.

Para la sección aforada en Río La Laguna en salida Embalse La Laguna, es posible (**Gráfico 34**) establecer un incremento anual de $1,7 \text{ m}^3/\text{sg}$ que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($1,4 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($3,1 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar en esta sección de la cuenca, un total medio anual potencial de 146.880 metros cúbicos diarios ($53.611.200 \text{ m}^3$ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 120.960 y 267.840 metros cúbicos y, anualmente entre 44.150.400 y 97.761.600 metros cúbicos.

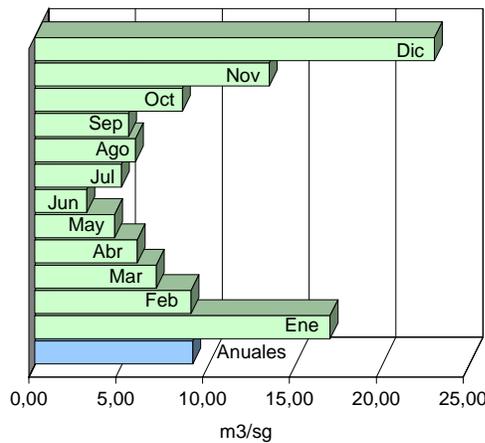


Gráfico 30. Caudales Residuales Río Elqui en Almendral

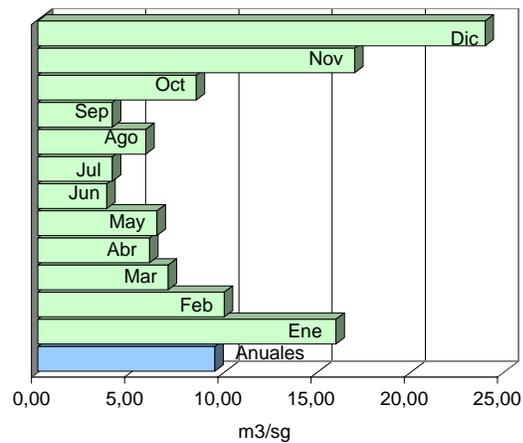


Gráfico 31. Caudales Residuales Río Elqui en Algarrobal

3.2. Cuenca del río Limarí

La cuenca del río Limarí permite su caracterización a través de las estaciones de aforo denominadas como Río Limarí en Panamericana (1), Río Hurtado en entrada Embalse Recoleta (2), Río Hurtado en Angostura de Pangué (3), Río Hurtado en San Agustín (4), Río Grande en Puntilla San Juan (5), Río Rapel en Junta (6), Río Los Molles en Ojos de Agua (7), Río Mostazal en Cuestecita (8), Río Grande en Cuyano (9), Río Tascadero en Desembocadura (10), Río Grande en Las Ramadas (11), Río Guatulame en El Tome (12), Río Cogotí en entrada Embalse Cogotí (13), Río Cogotí en Cogotí 18 (14), Río Pama en entrada Embalse Cogotí (15) y, Río Punitaqui en Chalinga (16).

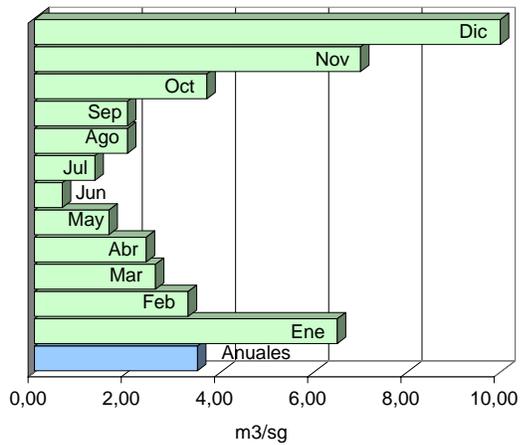


Gráfico 32. Caudales Residuales Río Claro en Rivadavia

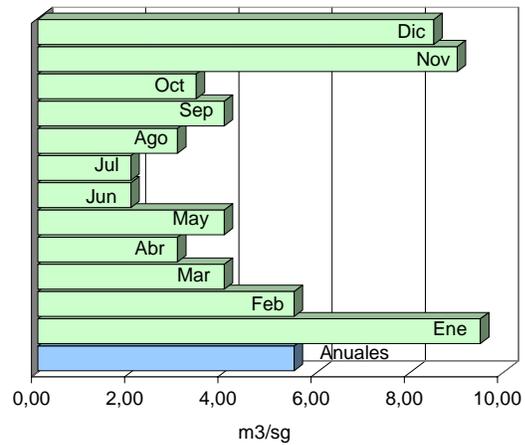


Gráfico 33. Caudales Residuales Río Turbio en Varillar

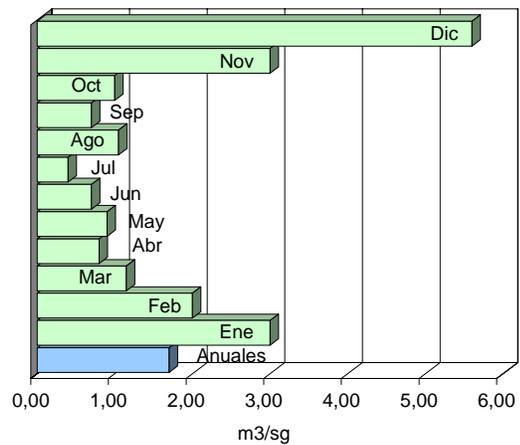


Gráfico 34. Caudales Residuales Río La Laguna en salida Embalse La Laguna

La tendencia de los caudales naturales de esta cuenca (**Tabla 33**) se muestra con algún grado de heterogeneidad, ya que se encuentran presentes situaciones de incremento, estabilidad y decrecimiento del recurso hídrico. No obstante lo anterior, permite determinar una constante generalizada a su incremento, lo que puede apreciarse al observar el comportamiento anual de todas las subcuencas. Situación similar a la que ocurre con los caudales de los meses de febrero, marzo, abril, julio y septiembre.

Esta cuenca presenta sólo una situación de estabilidad de la tendencia del recurso, reflejada en el mes de agosto para la subcuenca definida por la estación de aforo de Río Rapel en Junta (6).

Su comportamiento en términos de una tendencia a la disminución de los caudales naturales puede apreciarse con una mayor incidencia en los meses de junio y mayo (otoño-invierno) y, en menor medida, los meses de enero, octubre, noviembre y diciembre (primavera-verano). Al respecto, la subcuenca que presenta una mayor disminución corresponde a la de Río Punitaqui en Chalinga (16) con un comportamiento que involucra 6 meses en decrecimiento tanto para la estación invernal como estival.

Para la sección aforada en la estación de Río Limarí en Panamericana, es posible (**Gráfico 35**) establecer un incremento anual de 15,1 m³/sg que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio (7,4 m³/sg) y final (22,1 m³/sg) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite

afirmar en esta sección de la cuenca, un total medio anual potencial de 1.304.640 metros cúbicos diarios (476.193.600 m³ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 604.800 y 1.909.440 metros cúbicos y, anualmente entre 220.752.000 y 696.945.600 metros cúbicos.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Anuales	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Enero	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Febrero	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Marzo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Abril	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Mayo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Junio	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Julio	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Agosto	+	+	+	+	+	=	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Septiembre	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Octubre	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Noviembre	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Diciembre	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-

Tabla 33. Tendencia de Caudales Medios Río Limarí
(Donde (+) tendencia positiva, (=) tendencia estable, (-) tendencia negativa)

Para la sección aforada en la estación de Río Hurtado en entrada Embalse Recoleta, es posible (**Gráfico 36**) establecer un incremento anual de 4,1 m³/sg que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio (0,7 m³/sg) y final (4,8 m³/sg) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar en esta sección de la cuenca del río Hurtado, un total medio anual potencial de 354.240 metros cúbicos diarios (129.297.600 m³ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 60.480 y 414.720 metros cúbicos y, anualmente entre 22.075.200 y 151.372.800 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Hurtado en Angostura de Pangué, es posible (**Gráfico 37**) establecer un incremento anual de 3,50 m³/sg que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio (1 m³/sg) y final (4,5 m³/sg) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar en esta sección de la cuenca del río Hurtado, un total medio anual potencial de 302.400 metros cúbicos diarios (110.376.000 m³ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 86.400 y 388.800 metros cúbicos y, anualmente entre 31.536.000 y 141.912.000 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Hurtado en San Agustín, es posible (**Gráfico 38**) establecer un incremento anual de 2 m³/sg que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio (1,5 m³/sg) y final (3,5 m³/sg) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar en esta sección de la cuenca del río Hurtado, un total medio anual potencial de 169.200 metros cúbicos diarios (61.758.000 m³ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 129.600 y 302.400 metros cúbicos y, anualmente entre 47.304.000 y 110.376.000 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Grande en Puntilla San Juan, es posible (**Gráfico 39**) establecer un incremento anual de 10,4 m³/sg que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio (5,8 m³/sg) y final (16,1 m³/sg) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar en esta sección de la cuenca del río Grande, un total medio anual potencial de 898.560 metros cúbicos diarios (327.974.400 m³ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 501.120

y 1.362.060 metros cúbicos y, anualmente entre 182.908.800 y 497.151.900 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Rapel en Junta, es posible (**Gráfico 40**) establecer un incremento anual de $1,7 \text{ m}^3/\text{sg}$ que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($1,1 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($2,8 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Limarí, un total medio anual potencial de 146.880 metros cúbicos diarios ($53.611.200 \text{ m}^3$ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 95.040 y 241.920 metros cúbicos y, anualmente entre 34.689.600 y 88.300.800 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Los Molles en Ojos de Agua, es posible (**Gráfico 41**) establecer un incremento anual de $0,47 \text{ m}^3/\text{sg}$ que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($0,58 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($1,05 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Limarí, un total medio anual potencial de 40.608 metros cúbicos diarios ($14.821.920 \text{ m}^3$ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 50.112 y 90.720 metros cúbicos y, anualmente entre 18.290.880 y 33.112.800 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Mostazal en Cuestecita, es posible (**Gráfico 42**) establecer un incremento anual de $1,2 \text{ m}^3/\text{sg}$ que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($1,1 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($2,3 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Limarí, un total medio anual potencial de 103.680 metros cúbicos diarios ($37.843.200 \text{ m}^3$ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 95.040 y 198.720 metros cúbicos y, anualmente entre 34.689.600 y 72.532.800 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Grande en Cuyano, es posible (**Gráfico 43**) establecer un incremento anual de $5,7 \text{ m}^3/\text{sg}$ que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($4,5 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($10,2 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Grande, un total medio anual potencial de 492.480 metros cúbicos diarios ($179.755.200 \text{ m}^3$ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 388.800 y 881.280 metros cúbicos y, anualmente entre 141.912.000 y 321.667.200 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Tascadero en Desembocadura, es posible (**Gráfico 44**) establecer un incremento anual de $1,7 \text{ m}^3/\text{sg}$ que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($0,6 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($2,3 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Limarí, un total medio anual potencial de 146.880 metros cúbicos diarios ($53.611.200 \text{ m}^3$ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 51.840 y 198.720 metros cúbicos y, anualmente entre 18.921.600 y 72.532.800 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Grande en Las Ramadas, es posible (**Gráfico 45**) establecer un incremento anual de $2,2 \text{ m}^3/\text{sg}$ que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($3,5 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($5,7 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Grande, un total medio anual potencial de 190.080 metros cúbicos diarios ($69.379.200 \text{ m}^3$ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 302.400 y 492.480 metros cúbicos y, anualmente entre 110.376.000 y 179.755.200 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Guatulame en El Tome, es posible (**Gráfico 46**) establecer un incremento anual de $3,1 \text{ m}^3/\text{sg}$ que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($0,5 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($3,6 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al

descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Limarí, un total medio anual potencial de 267.840 metros cúbicos diarios (97.761.600 m³ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 43.200 y 311.040 metros cúbicos y, anualmente entre 15.768.000 y 113.529.600 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Cogotí en entrada Embalse Cogotí, es posible (**Gráfico 47**) establecer un incremento anual de 2,9 m³/sg que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio (0,8 m³/sg) y final (3,7 m³/sg) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Cogotí, un total medio anual potencial de 250.560 metros cúbicos diarios (91.454.400 m³ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 69.120 y 319.680 metros cúbicos y, anualmente entre 25.228.800 y 116.683.200 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Cogotí en Cogotí 18, es posible (**Gráfico 48**) establecer un incremento anual de 1,6 m³/sg que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio (1,2 m³/sg) y final (2,8 m³/sg) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Cogotí, un total medio anual potencial de 138.240 metros cúbicos diarios (50.457.600 m³ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 103.680 y 241.920 metros cúbicos y, anualmente entre 37.843.200 y 88.300.800 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Pama en entrada Embalse Cogotí, es posible (**Gráfico 49**) establecer un incremento anual de 1,3 m³/sg que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio (0,4 m³/sg) y final (1,7 m³/sg) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Limarí, un total medio anual potencial de 112.320 metros cúbicos diarios (40.996.800 m³ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 34.560 y 146.880 metros cúbicos y, anualmente entre 12.614.400 y 53.611.200 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Punitaqui en Chalinga, es posible (**Gráfico 50**) establecer un incremento anual de 0,31 m³/sg que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio (0,38 m³/sg) y final (0,69 m³/sg) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Limarí, un total medio anual potencial de 26.784 metros cúbicos diarios (9.776.160 m³ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 32.832 y 59.616 metros cúbicos y, anualmente entre 11.983.680 y 21.759.840 metros cúbicos.

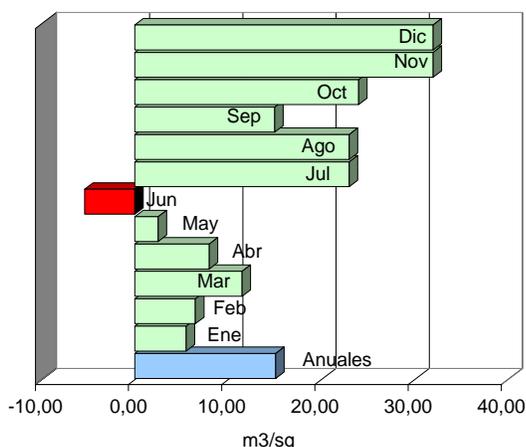


Gráfico 35. Caudales Residuales Río Limarí en Panamericana

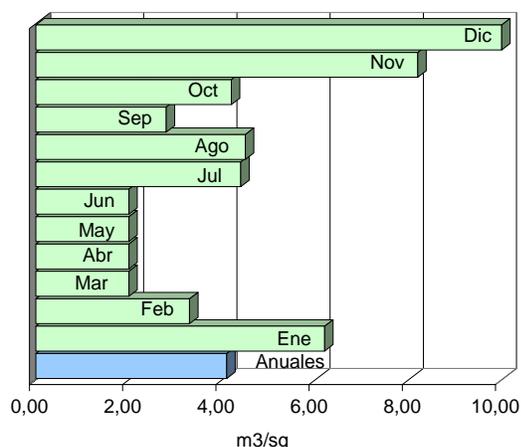


Gráfico 36. Caudales Residuales Río Hurtado en entrada Embalse Recoleta

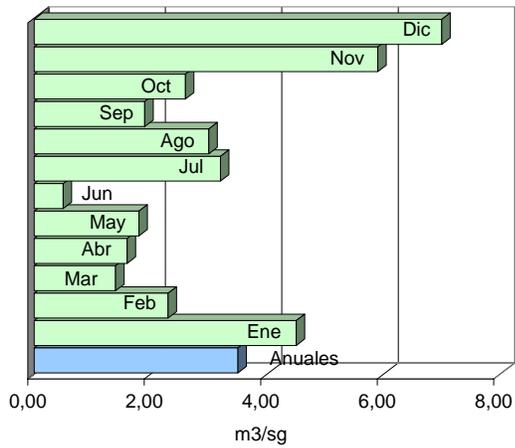


Gráfico 37. Caudales Residuales Río Hurtado en Angostura de Pangué

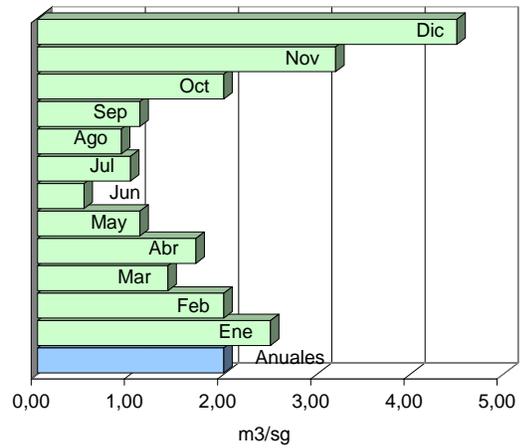


Gráfico 38. Caudales Residuales Río Hurtado en San Agustín

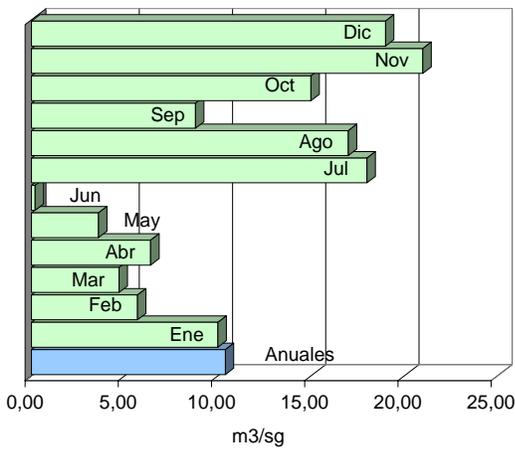


Gráfico 39. Caudales Residuales Río Grande en Puntilla San Juan

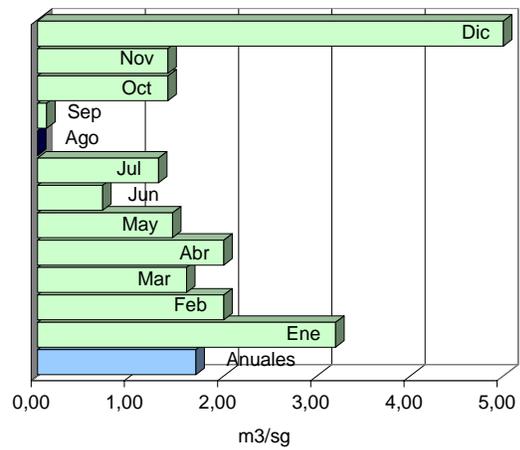


Gráfico 40. Caudales Residuales Río Rapel en Junta San Juan

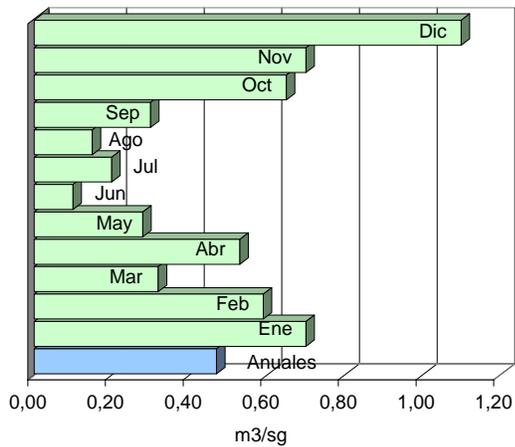


Gráfico 41. Caudales Residuales Río Los Molles en Ojos de Agua

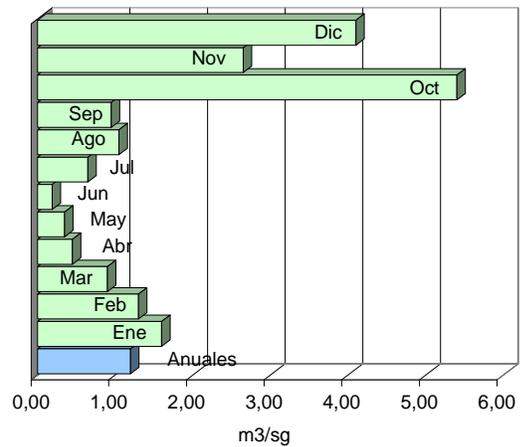


Gráfico 42. Caudales Residuales Río Mostazal en Cuestecita

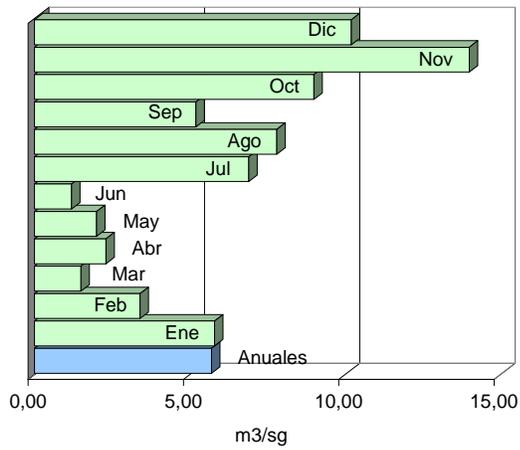


Gráfico 43. Caudales Residuales Río Grande en Cuyano

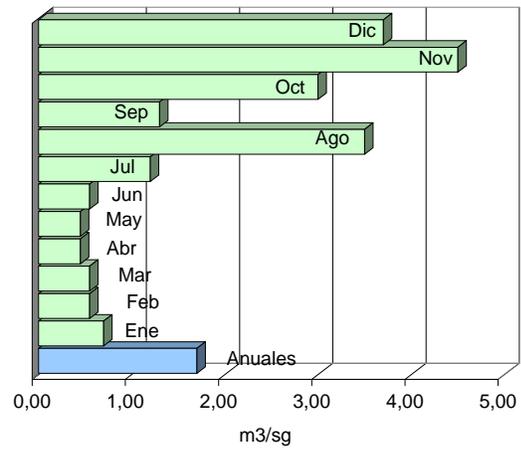


Gráfico 44. Caudales Residuales Río Tascadero en desembocadura

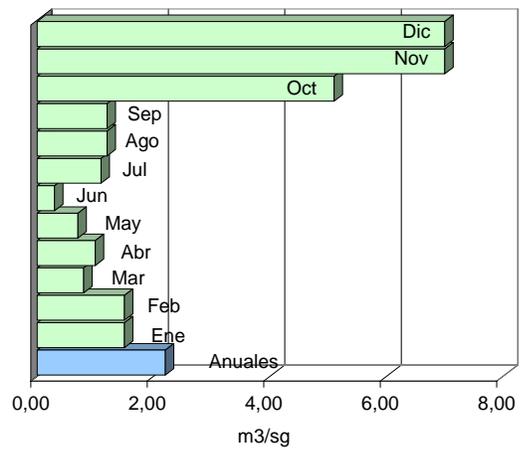


Gráfico 45. Caudales Residuales Río Grande en Las Ramadas

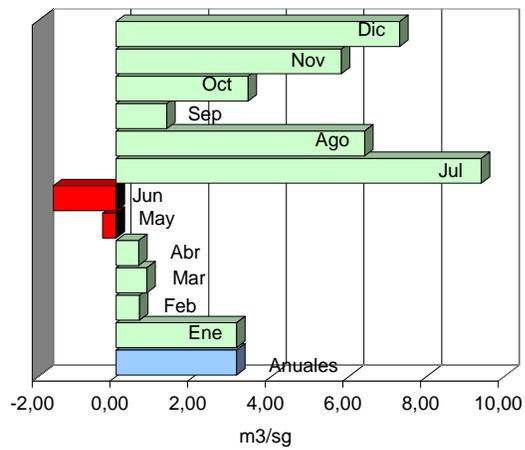


Gráfico 46. Caudales Residuales Río Guatulame en El Tome

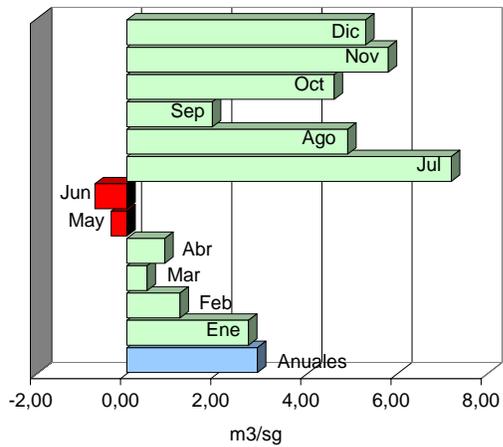


Gráfico 47. Caudales Residuales Río Cogotí en entrada Embalse Cogotí

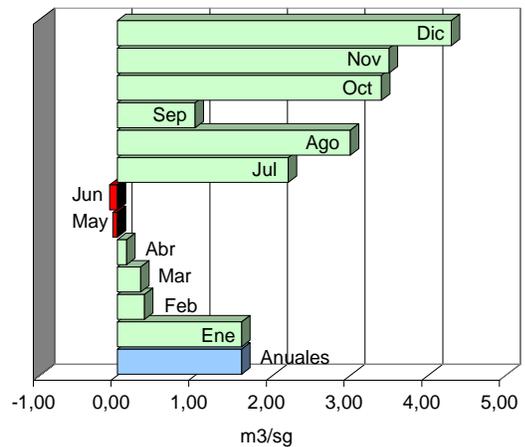


Gráfico 48. Caudales Residuales Río Cogotí en Cogotí 18

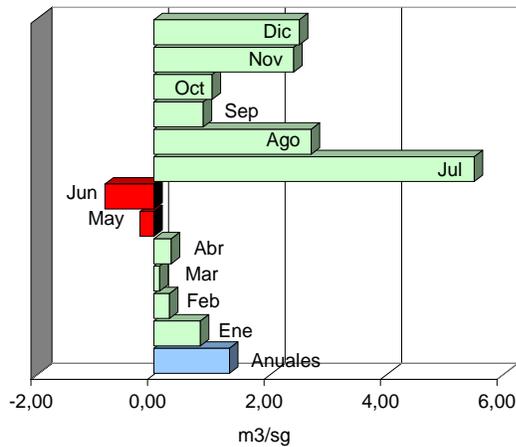


Gráfico 49. Caudales Residuales Río Pama en entrada Embalse Cogotí

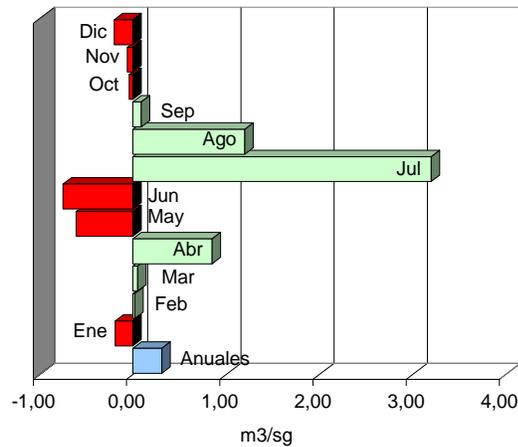


Gráfico 50. Caudales Residuales Río Punitaqui en Chalinga

3.3. Cuenca del río Choapa

La cuenca del río Choapa permite su caracterización a través de las estaciones de aforo denominadas como Río Choapa aguas arriba Estero La Canela (1), Río Illapel en Huintil (2), Río Illapel en Las Burras (3), Río Choapa en Puente Negro (4), Estero Camisas en Desembocadura (5), Río Choapa en Salamanca (6), Río Cuncumén antes de Bocatoma de Canales (7) y, Río Choapa en Cuncumén (8).

Como puede apreciarse en la **Tabla 34**, la tendencia de los caudales naturales de esta cuenca hidrográfica, en el comportamiento general derivado de los caudales anuales muestra un predominio del incremento, salvo por un caso (2). Asimismo destaca una tendencia positiva general para los meses de octubre, noviembre y diciembre y, una tendencia negativa general para el mes de junio. Además de presentar una estación con tendencia a la estabilidad del recurso (3).

Su tendencia en términos de disminución de los caudales naturales, además puede ser apreciada en el comportamiento de dos estaciones que poseen un componente negativo para varios meses del año. De esta manera, Río Cuncumén antes de Bocatoma de Canales (7) tiene esta situación para los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio y septiembre, mientras Estero Camisas en Desembocadura (5) posee este mismo comportamiento para los meses de febrero, marzo, abril, mayo, junio y septiembre.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Anuales	+	-	=	+	+	+	+	+
Enero	+	-	+	+	+	+	-	+
Febrero	+	-	-	+	-	+	-	+
Marzo	+	-	-	+	-	+	-	+
Abril	+	-	-	+	-	+	-	+
Mayo	+	-	-	+	-	+	-	+
Junio	-	-	-	-	-	-	-	-
Julio	+	-	-	+	+	+	+	+
Agosto	+	+	-	+	+	+	+	+
Septiembre	+	+	-	+	-	+	-	+
Octubre	+	+	+	+	+	+	+	+
Noviembre	+	+	+	+	+	+	+	+
Diciembre	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabla 34. Tendencia de Caudales Medios Río Choapa
(Donde (+) tendencia positiva, (=) tendencia estable, (-) tendencia negativa)

Para la sección aforada en la estación de Río Choapa aguas arriba Estero La Canela, es posible (**Gráfico 51**) establecer un incremento anual de $10,3 \text{ m}^3/\text{sg}$ que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($7,8 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($18,1 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Choapa, un total medio anual potencial de 889.920 metros cúbicos diarios ($324.820.800 \text{ m}^3$ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 673.920 y 1.563.840 metros cúbicos y, anualmente entre 245.980.800 y 570.801.600 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Illapel en Huintil, es posible (**Gráfico 52**) establecer un decrecimiento anual de $-0,2 \text{ m}^3/\text{sg}$ que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($3,2 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($3 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de disminución permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Illapel, un total medio anual potencial de -17.280 metros cúbicos diarios ($-6.307.200 \text{ m}^3$ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 276.480 y 259.200 metros cúbicos y, anualmente entre 100.915.200 y 94.608.000 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Illapel en Las Burras, es posible (**Gráfico 53**) establecer una mantención anual del recurso que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($2,5 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($2,5 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de disminución permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Illapel, un total medio anual potencial estabilizado que alcanzaría diariamente a 216.000 metros cúbicos y, ($78.840.000$ metros cúbicos anuales).

Para la sección aforada en la estación de Río Choapa en Puente Negro, es posible (**Gráfico 54**) establecer un incremento anual de $8,5 \text{ m}^3/\text{sg}$ que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($7 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($15,5 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Choapa, un total medio anual potencial de 734.400 metros cúbicos diarios ($268.056.000 \text{ m}^3$ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 604.800 y 1.339.200 metros cúbicos y, anualmente entre 220.752.000 y 488.808.000 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación del Estero Camisas en Desembocadura, es posible (**Gráfico 55**) establecer un incremento anual de $0,15 \text{ m}^3/\text{sg}$ que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($1,25 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($1,4 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Choapa, un total medio anual potencial de 12.960 metros cúbicos diarios ($4.730.400 \text{ m}^3$ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 108.000 y 120.960 metros cúbicos y, anualmente entre 39.420.000 y 44.150.400 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Choapa en Salamanca, es posible (**Gráfico 56**) establecer un incremento anual de $9,9 \text{ m}^3/\text{sg}$ que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($5,5 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($15,4 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Choapa, un total medio anual potencial de 855.360 metros cúbicos diarios ($312.206.400 \text{ m}^3$ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 475.200 y 1.330.560 metros cúbicos y, anualmente entre 173.448.000 y 485.654.400 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Cuncumén antes de Bocatoma de Canales, es posible (**Gráfico 57**) establecer un incremento anual de $0,01 \text{ m}^3/\text{sg}$ que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($1,09 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($1,1 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Choapa, un total medio anual

potencial de 864 metros cúbicos diarios (315.360 m^3 anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 94.176 y 95.040 metros cúbicos y, anualmente entre 34.374.240 y 34.689.600 metros cúbicos.

Para la sección aforada en la estación de Río Choapa en Cuncumén, es posible (**Gráfico 58**) establecer un incremento anual de $4,9 \text{ m}^3/\text{sg}$ que se desprende al considerar el valor de residuo existente entre los puntos de inicio ($7 \text{ m}^3/\text{sg}$) y final ($11,9 \text{ m}^3/\text{sg}$) de la curva de regresión. Al descomponer estos caudales en volúmenes específicos, este módulo de incremento permite afirmar para esta sección de la cuenca del río Choapa, un total medio anual potencial de 423.360 metros cúbicos diarios ($154.526.400 \text{ m}^3$ anuales). Los que fluctuarían diariamente entre 604.800 y 1.028.160 metros cúbicos y, anualmente entre 220.752.000 y 375.278.400 metros cúbicos.

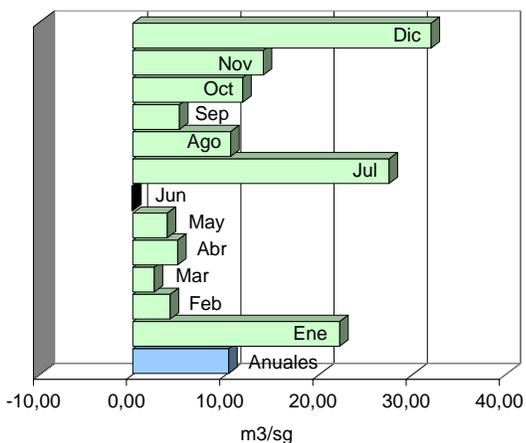


Gráfico 51. Caudales Residuales Río Choapa aguas arriba Estero La Canela

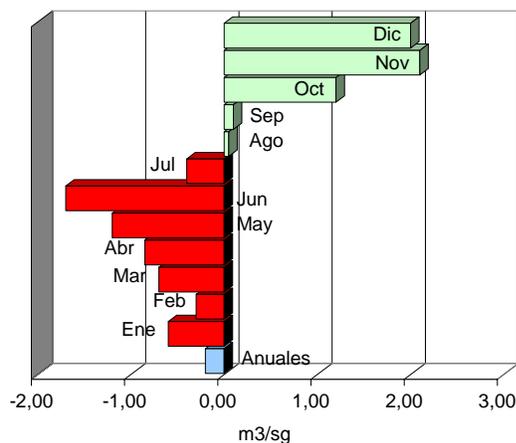


Gráfico 52. Caudales Residuales Río Illapel en Huintil

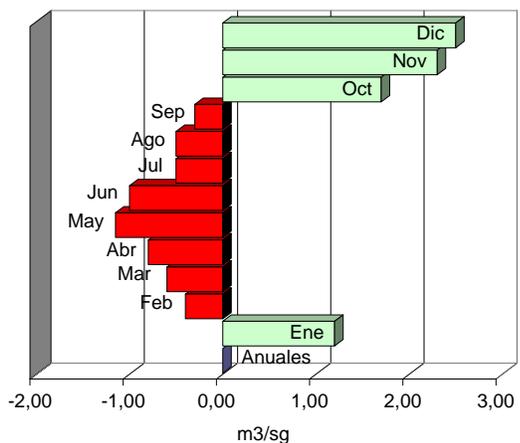


Gráfico 53. Caudales Residuales Río Illapel en Las Burras

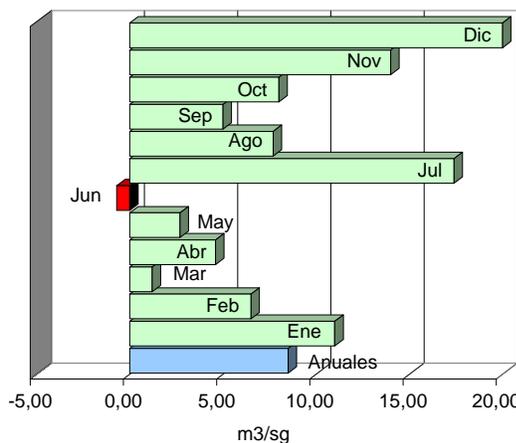


Gráfico 54. Caudales Residuales Río Choapa en Puente Negro

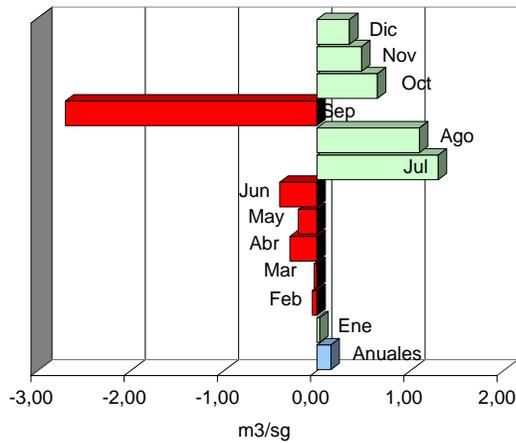


Gráfico 55. Caudales Residuales Estero Camisas en Desembocadura

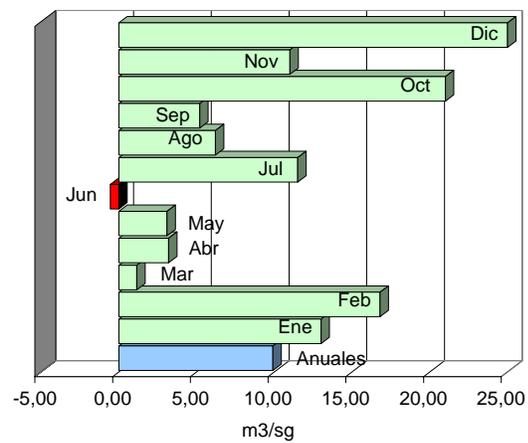


Gráfico 56. Caudales Residuales Río Choapa en Salamanca

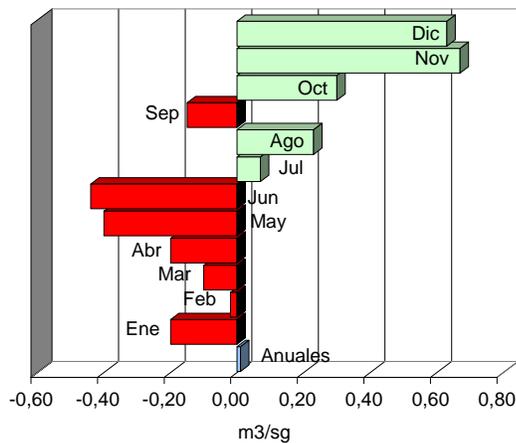


Gráfico 57. Caudales Residuales Río Cuncumén antes Bocatoma de Canales

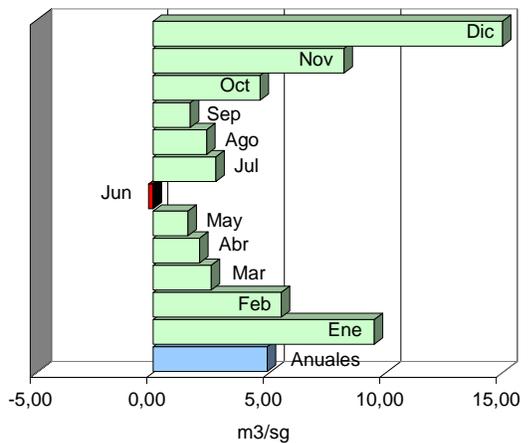


Gráfico 58. Caudales Residuales Río Choapa en Cuncumén

3.4. Cuenca Superior Regional

El sistema que puede ser caracterizado como representativo de la sección alta de las cuencas regionales, en la cuenca del río Elqui está dado por los registros de la estación Río La Laguna en salida Embalse La Laguna (1). La cuenca superior del río Limarí es representada por la estación Río Hurtado en San Agustín (2), Río Los Molles en Ojos de Agua (3), Río Mostazal en Cuestecita (4), Río Tascadero en Desembocadura (5). En el caso de la cuenca del río Choapa, esta condición queda representada por las estaciones Río Illapel en Las Burras (6), Río Cuncumén antes de Bocatoma de Canales (7), Río Choapa en Cuncumén (8).

El comportamiento de la cuenca superior regional muestra una clara tendencia al incremento de los caudales naturales, salvo por una estación que presenta condiciones de estabilidad anual a pesar de contar con 8 meses en decrecimiento. Esta tendencia positiva se refleja en forma determinante para los meses de octubre, noviembre y diciembre. Seguidos con un mes en decrecimiento por los meses de enero, julio y agosto. Con dos meses en decrecimiento para febrero, marzo, abril, mayo y septiembre. El mes que presenta un mayor decrecimiento de caudales corresponde a junio.

En la distribución regional de las tendencias de caudales naturales de la sección superior de las cuencas, destaca el que las dinámicas de decrecimiento se concentren hacia el extremo sur de la región (cuena del Choapa) y con énfasis en el mes de junio (invierno).

	1	2	3	4	5	6	7	8
Anuales	+	+	+	+	+	=	+	+
Enero	+	+	+	+	+	+	-	+
Febrero	+	+	+	+	+	-	-	+
Marzo	+	+	+	+	+	-	-	+
Abril	+	+	+	+	+	-	-	+
Mayo	+	+	+	+	+	-	-	+
Junio	+	+	+	+	+	-	-	-
Julio	+	+	+	+	+	-	+	+
Agosto	+	+	+	+	+	-	+	+
Septiembre	+	+	+	+	+	-	-	+
Octubre	+	+	+	+	+	+	+	+
Noviembre	+	+	+	+	+	+	+	+
Diciembre	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabla 35. Tendencia de Caudales Medios Cuenca Superior Regional
(Donde (+) tendencia positiva, (=) tendencia estable, (-) tendencia negativa)

Como puede apreciarse en el **Gráfico 59**, el comportamiento de las cuencas superiores del ecosistema es coincidente a nivel anual con una tendencia generalizada al incremento del recurso hídrico. De norte a sur muestra un comportamiento diferencial.

El sistema que puede ser caracterizado como representativo de la sección alta de las cuencas regionales, en la cuena del río Elqui está dado por los registros de la estación Río La Laguna en salida Embalse La Laguna (1). La cuena superior del río Limarí es representada por la estación Río Hurtado en San Agustín (2), Río Los Molles en Ojos de Agua (3), Río Mostazal en Cuestecita (4), Río Tascadero en Desembocadura (5). En el caso de la cuena del río Choapa, esta condición queda representada por las estaciones Río Illapel en Las Burras (6), Río Cuncumén antes de Bocatoma de Canales (7), Río Choapa en Cuncumén (8).

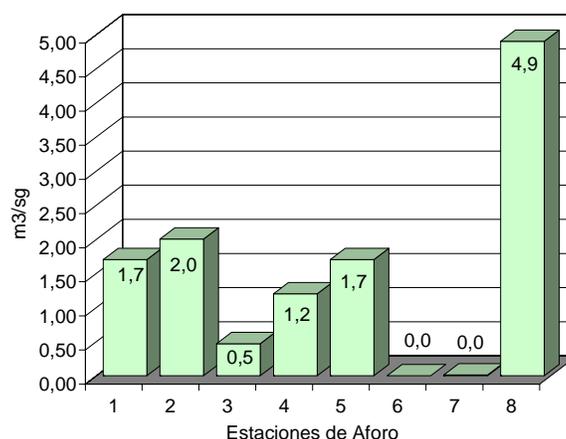


Gráfico 59. Tendencia de Caudales Medios Cuenca Superior Regional

3.5. Cuenca Media Regional

El sistema caracterizable como parte de la sección media de las cuencas regionales, se encuentra representado en la cuenca del río Elqui por la estación Río Elqui en Algarrobal (1), Río Claro en Rivadavia (2), Río Turbio en Varillar (3). En la cuenca del río Limarí por las estaciones Río Hurtado en Angostura de Pangué (4), Río Grande en Puntilla San Juan (5), Río Rapel en Junta (6), Río Grande en Cuyano (7), Río Grande en Las Ramadas (8), Río Guatulame en El Tome (9), Río Cogotí en entrada Embalse Cogotí (10), Río Cogotí en Cogotí 18 (11), Río Pama en entrada Embalse Cogotí (12). En el Choapa por Río Illapel en Huintil (13), Estero Camisas en Desembocadura (14), Río Choapa en Salamanca (15).

El comportamiento de la cuenca media regional (**Gráfico 60**) muestra una clara tendencia al incremento de los caudales naturales, salvo por una estación que presenta condiciones de decrecimiento anual al contar con 7 meses en esta condición. Esta tendencia positiva se refleja en forma determinante para los meses de octubre, noviembre y diciembre. Seguidos con un mes en decrecimiento por los meses de enero, julio y septiembre. Con dos meses en decrecimiento para febrero, marzo y abril. Los meses que presentan un mayor decrecimiento de caudales corresponde a junio y mayo (7 y 6 subcuencas respectivamente).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Anuales	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Enero	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Febrero	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+
Marzo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+
Abril	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+
Mayo	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+
Junio	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Julio	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Agosto	+	+	+	+	+	=	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Septiembre	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
Octubre	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Noviembre	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Diciembre	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tabla 36. Tendencia de Caudales Medios Cuenca Media Regional
(Donde (+) tendencia positiva, (=) tendencia estable, (-) tendencia negativa)

En la distribución regional de las tendencias de caudales naturales de la sección media de las cuencas, destaca el que las dinámicas de decrecimiento se concentren hacia el extremo sur de la región (cuenca del Choapa) y con énfasis en los meses de mayo y junio (otoño-invierno).

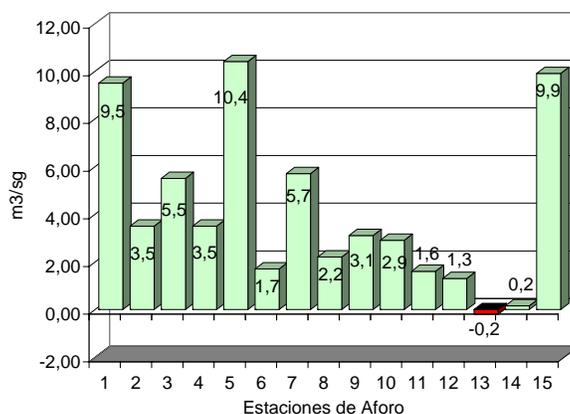


Gráfico 60. Tendencia de Caudales Medios Cuenca Media Regional

3.6. Cuenca Baja Regional

El sistema que conforma la sección baja de las cuencas regionales, se encuentra representado en la cuenca del río Elqui por la estación Río Elqui en Almendral (1). En el Limarí por Río Limarí en Panamericana (2), Río Hurtado en entrada Embalse Recoleta (3), Río Punitaqui en Chalinga (4). En la cuenca del Choapa por Río Choapa aguas arriba Estero La Canela (5), Río Choapa en Puente Negro (6).

El comportamiento de la cuenca baja regional (**Gráfico 61**) muestra una clara tendencia al incremento de los caudales naturales anuales. Esta tendencia positiva se refleja en forma determinante para los meses de febrero, marzo, abril, julio, agosto y septiembre. Seguidos con un mes en decrecimiento por los meses de enero, mayo, octubre, noviembre y diciembre. Mostrándose claramente deficitario para el mes de junio que muestra a 4 subcuencas con tendencia negativa.

	1	2	3	4	5	6
Anuales	+	+	+	+	+	+
Enero	+	+	+	-	+	+
Febrero	+	+	+	+	+	+
Marzo	+	+	+	+	+	+
Abril	+	+	+	+	+	+
Mayo	+	+	+	-	+	+
Junio	+	-	+	-	-	-
Julio	+	+	+	+	+	+
Agosto	+	+	+	+	+	+
Septiembre	+	+	+	+	+	+
Octubre	+	+	+	-	+	+
Noviembre	+	+	+	-	+	+
Diciembre	+	+	+	-	+	+

Tabla 37. Tendencia de Caudales Medios Cuenca Baja Regional
(Donde (+) tendencia positiva, (=) tendencia estable, (-) tendencia negativa)

En la distribución regional de las tendencias de caudales naturales de la sección inferior de las cuencas regionales, destaca el que las dinámicas de decrecimiento se concentren hacia el centro de la región (cuenca del Limarí) y con énfasis en el mes de junio (invierno).

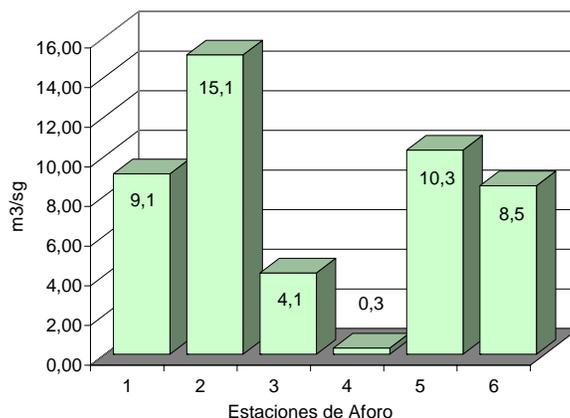


Gráfico 61. Tendencia de Caudales Medios Cuenca Baja Regional

3.7. IV Región de Coquimbo

El sistema regional está representado por la totalidad de las estaciones de aforo existentes y validadas metodológicamente. En la cuenca del río Elqui se encuentra representado por Río Elqui en Almendral (1), Río Elqui en Algarrobal (2), Río Claro en Rivadavia (3), Río Turbio en Varillar (4) y Río La Laguna en salida Embalse La Laguna (5). La cuenca del río Limarí por Río Limarí en Panamericana (6), Río Hurtado en entrada Embalse Recoleta (7), Río Hurtado en Angostura de Pangué (8), Río Hurtado en San Agustín (9), Río Grande en Puntilla San Juan (10), Río Rapel en Junta (11), Río Los Molles en Ojos de Agua (12), Río Mostazal en Cuestecita (13), Río Grande en Cuyano (14), Río Tascadero en Desembocadura (15), Río Grande en Las Ramadas (16), Río Guatulame en El Tome (17), Río Cogotí en entrada Embalse Cogotí (18), Río Cogotí en Cogotí (19), Río Pama en entrada Embalse Cogotí (20) y, Río Punitaqui en Chalinga (21). El Choapa por las estaciones Río Choapa aguas arriba Estero La Canela (22), Río Illapel en Huintil (23), Río Illapel en Las Burras (24), Río Choapa en Puente Negro (25), Estero Camisas en Desembocadura (26), Río Choapa en Salamanca (27), Río Cuncumén antes de Bocatoma de Canales (28) y, Río Choapa en Cuncumén (29).

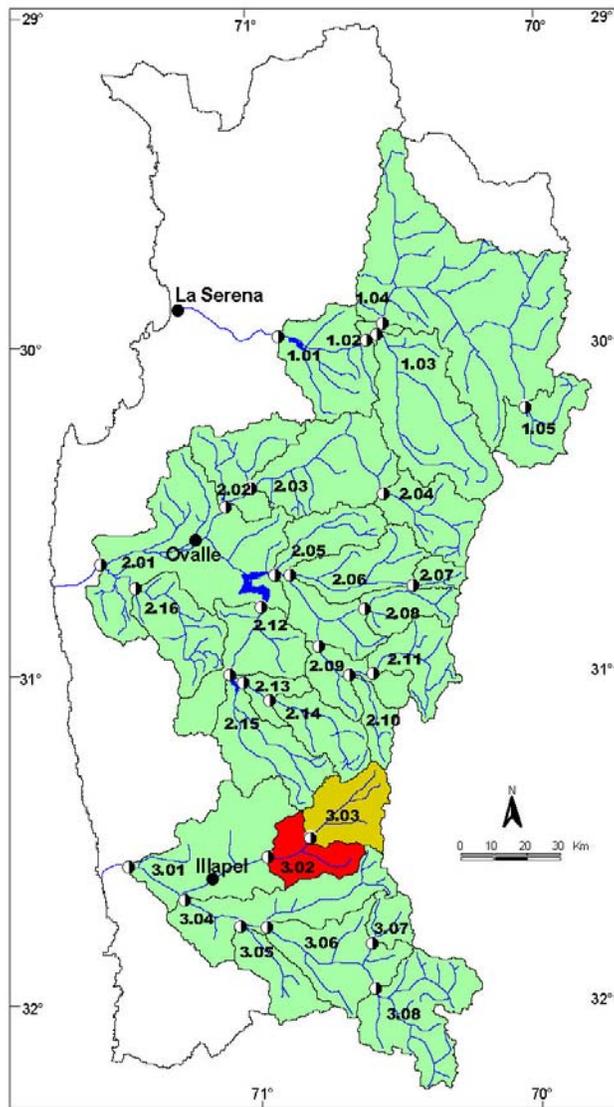
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	
Año	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	=	+	+	+	+	+	
Ene	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+
Feb	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+	
Mar	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+	
Abr	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	-	+	
May	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	
Jun	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Jul	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	
Ago	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	=	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	
Sep	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+	
Oct	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	
Nov	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	
Dic	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	

Tabla 38. Tendencia de Caudales Medios Regionales
(Donde (+) tendencia positiva, (=) tendencia estable, (-) tendencia negativa)

El comportamiento general de las cuencas y subcuencas regionales del ecosistema semiárido transicional de Chile, muestra una clara tendencia al incremento de los caudales naturales (**Figura 2**). Esta tendencia positiva se refleja en forma determinante para los meses de agosto (**Figura 10**), octubre (**Figura 12**), noviembre (**Figura 13**) y diciembre (**Figura 14**). Seguidos con dos meses en decrecimiento por el mes de julio (**Figura 9**). Con tres meses en decrecimiento para enero (**Figura 3**) y septiembre (**Figura 11**). Con cuatro meses decrecientes en febrero (**Figura 4**), marzo (**Figura 5**) y abril (**Figura 6**). Los meses que presentan un mayor decrecimiento de caudales corresponden a junio (**Figura 8**) y mayo (**Figura 7**), lo que involucra a un total de 14 y 9 subcuencas respectivamente.

En la distribución regional de las tendencias de caudales naturales, destaca el que las dinámicas de decrecimiento se concentren hacia el extremo sur de la región (extremo sur de la cuenca del Limarí y cuenca del Choapa), con énfasis en los meses de mayo y junio (otoño-invierno).

Figura 2. Tendencia Caudales Medios Anuales Regionales

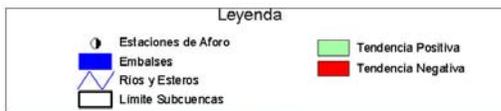
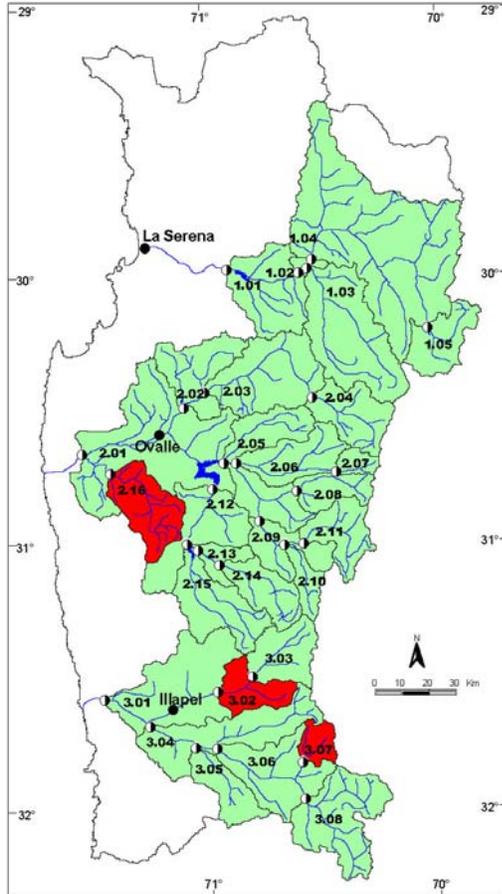


Leyenda

- Estaciones de Aforo
- Embalses
- Rios y Esteros
- Limite Subcuencas
- Tendencia Positiva
- Tendencia Estable
- Tendencia Negativa

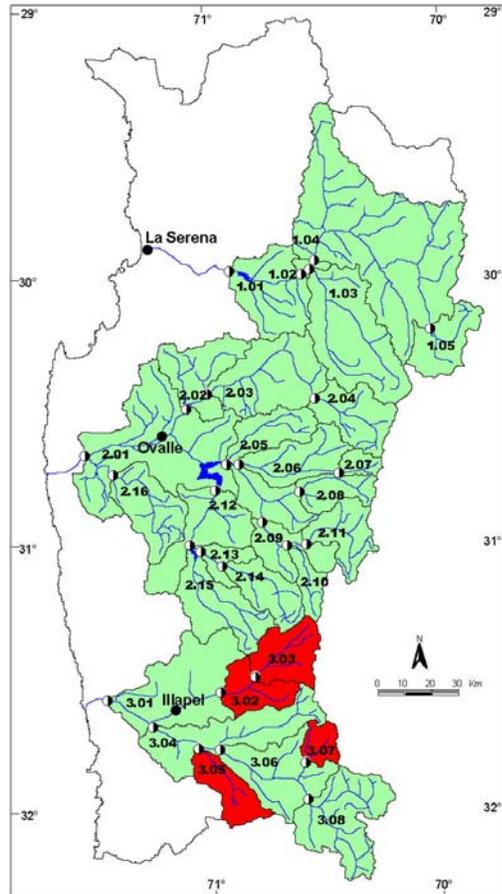
Nombre Subcuenca	
1.01 R. Elqui en Almendral	2.10 R. Tascadero en Desembocadura
1.02 R. Elqui en Algarrobal	2.11 R. Grande en Las Ramadas
1.03 R. Claro en Rivadavia	2.12 R. Guatulame en El Tome
1.04 R. Turbio en Varillar	2.13 R. Cogoti en Entrada Embalse Cogoti
1.05 R. La Laguna en Embalse La Laguna	2.14 R. Cogoti en Cogoti 18
2.01 R. Limari en Panamericana	2.15 R. Pama en Embalse Cogoti
2.02 R. Hurlado en Embalse Recoleta	2.16 R. Punillaqui en Chalinga
2.03 R. Hurlado en Angostura de Pangue	3.01 R. Choapa en Estero Canela
2.04 R. Hurlado en San Agustin	3.02 R. Illapel en Huinli
2.05 R. Grande en Puntilla de San Juan	3.03 R. Illapel en Las Burras
2.06 R. Rapel en Junta	3.04 R. Choapa en Puente Negro
2.07 R. Molles en Ojos de Agua	3.05 E. Camisas en Desembocadura
2.08 R. Mostazal en Cuestecita	3.06 R. Choapa en Salamanca
2.09 R. Grande en El Cuyano	3.07 R. Curcumen antes Bocatomas
	3.08 R. Choapa en Curcumen

Figura 3. Tendencia Caudales Medios Regionales de Enero



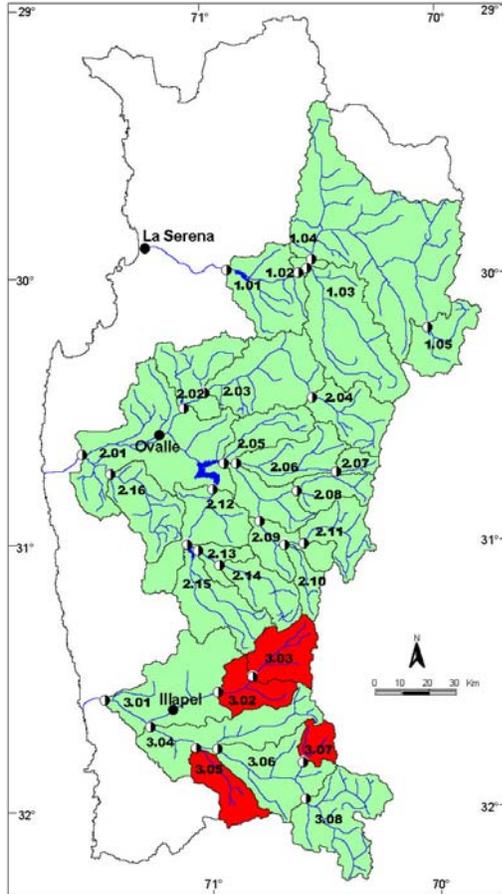
Nombre Subcuenca	
1.01 R. Elqui en Almendral	2.10 R. Tascadero en Desembocadura
1.02 R. Elqui en Algarrobal	2.11 R. Grande en Las Ramadas
1.03 R. Claro en Rivadavia	2.12 R. Guatúame en El Tome
1.04 R. Turbio en Varillar	2.13 R. Cogotí en Entrada Embalse Cogotí
1.05 R. La Laguna en Embalse La Laguna	2.14 R. Cogotí en Cogotí 18
2.01 R. Limarí en Panamericana	2.15 R. Pama en Embalse Cogotí
2.02 R. Hurlado en Embalse Recoleta	2.16 R. Punitaqui en Chalinga
2.03 R. Hurlado en Angostura de Pangue	3.01 R. Choapa en Estero Canela
2.04 R. Hurlado en San Agustín	3.02 R. Illapel en Huñillí
2.05 R. Rapel en Purtila de San Juan	3.03 R. Illapel en Las Burras
2.06 R. Rapel en Junta	3.04 R. Choapa en Puente Negro
2.07 R. Molles en Ojos de Agua	3.05 E. Camisas en Desembocadura
2.08 R. Mostazal en Cuestecita	3.06 R. Choapa en Salamanca
2.09 R. Grande en El Cuyano	3.07 R. Curcunén antes Bocalomas
	3.08 R. Choapa en Curcunén

Figura 4. Tendencia Caudales Medios Regionales de Febrero



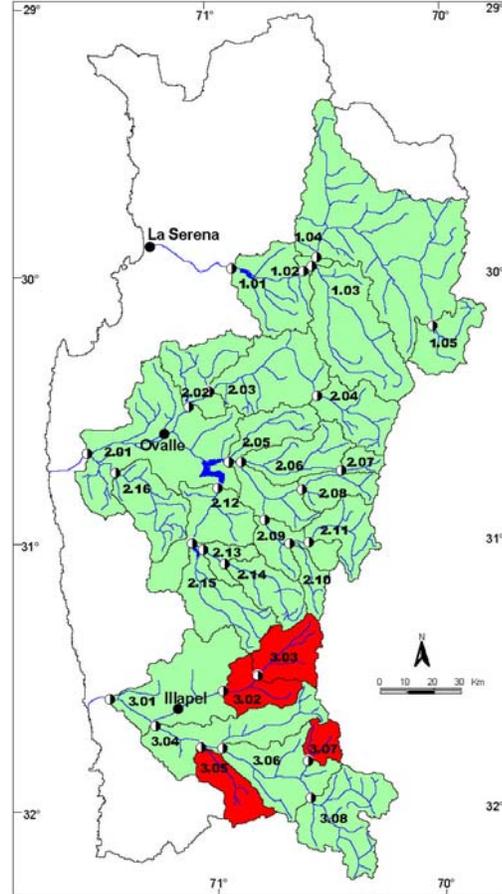
Nombre Subcuenca	
1.01 R. Elqui en Almendral	2.10 R. Tascadero en Desembocadura
1.02 R. Elqui en Algarrobal	2.11 R. Grande en Las Ramadas
1.03 R. Claro en Rivadavia	2.12 R. Guatúame en El Tome
1.04 R. Turbio en Varillar	2.13 R. Cogotí en Entrada Embalse Cogotí
1.05 R. La Laguna en Embalse La Laguna	2.14 R. Cogotí en Cogotí 18
2.01 R. Limarí en Panamericana	2.15 R. Pama en Embalse Cogotí
2.02 R. Hurlado en Embalse Recoleta	2.16 R. Punitaqui en Chalinga
2.03 R. Hurlado en Angostura de Pangue	3.01 R. Choapa en Estero Canela
2.04 R. Hurlado en San Agustín	3.02 R. Illapel en Huñillí
2.05 R. Rapel en Purtila de San Juan	3.03 R. Illapel en Las Burras
2.06 R. Rapel en Junta	3.04 R. Choapa en Puente Negro
2.07 R. Molles en Ojos de Agua	3.05 E. Camisas en Desembocadura
2.08 R. Mostazal en Cuestecita	3.06 R. Choapa en Salamanca
2.09 R. Grande en El Cuyano	3.07 R. Curcunén antes Bocalomas
	3.08 R. Choapa en Curcunén

Figura 5. Tendencia Caudales Medios Regionales de Marzo



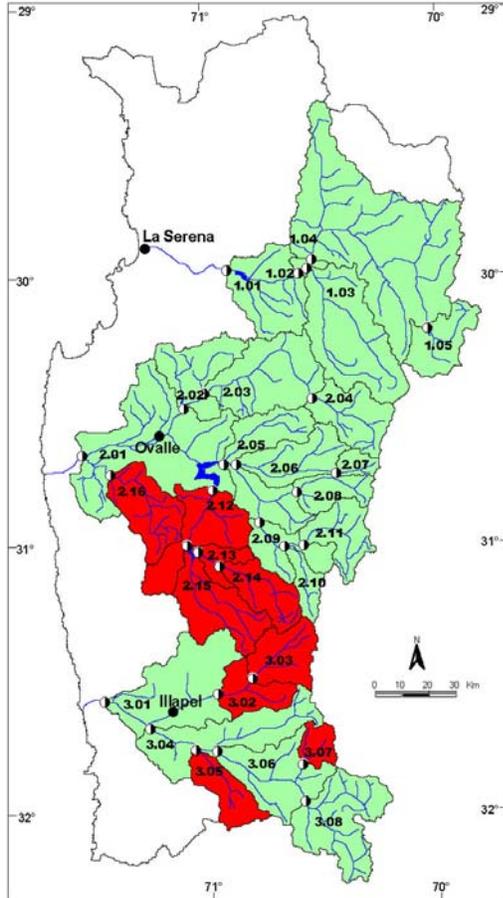
Nombre Subcuenca	
1.01 R. Elqui en Almendral	2.10 R. Tascadero en Desembocadura
1.02 R. Elqui en Algarrobal	2.11 R. Grande en Las Ramadas
1.03 R. Claro en Rivadavia	2.12 R. Guatulame en El Tome
1.04 R. Turbio en Varillar	2.13 R. Cogoti en Entrada Embalse Cogoti
1.05 R. La Laguna en Embalse La Laguna	2.14 R. Cogoti en Cogoti 18
2.01 R. Limari en Panamericana	2.15 R. Pama en Embalse Cogoti
2.02 R. Hurlado en Embalse Recoleta	2.16 R. Punillaqui en Chalinga
2.03 R. Hurlado en Angostura de Pangue	3.01 R. Choapa en Estero Canela
2.04 R. Hurlado en San Agustín	3.02 R. Illapel en Húntil
2.05 R. Grande en Purtila de San Juan	3.03 R. Illapel en Las Burras
2.06 R. Rapel en Junta	3.04 R. Choapa en Puente Negro
2.07 R. Molles en Ojos de Agua	3.05 E. Camisas en Desembocadura
2.08 R. Mostazal en Cuestecilla	3.06 R. Choapa en Salamanca
2.09 R. Grande en El Cuyano	3.07 R. Cucumén antes Bocatomas
	3.08 R. Choapa en Cucumén

Figura 6. Tendencia Caudales Medios Regionales de Abril



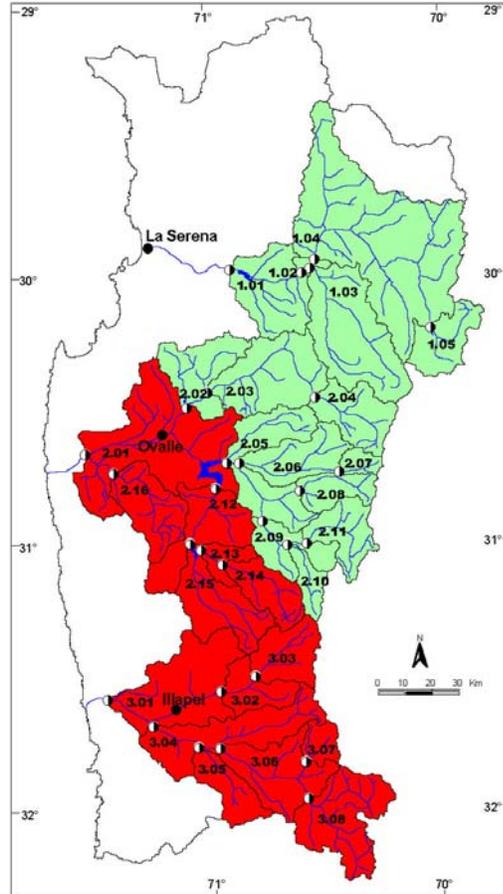
Nombre Subcuenca	
1.01 R. Elqui en Almendral	2.10 R. Tascadero en Desembocadura
1.02 R. Elqui en Algarrobal	2.11 R. Grande en Las Ramadas
1.03 R. Claro en Rivadavia	2.12 R. Guatulame en El Tome
1.04 R. Turbio en Varillar	2.13 R. Cogoti en Entrada Embalse Cogoti
1.05 R. La Laguna en Embalse La Laguna	2.14 R. Cogoti en Cogoti 18
2.01 R. Limari en Panamericana	2.15 R. Pama en Embalse Cogoti
2.02 R. Hurlado en Embalse Recoleta	2.16 R. Punillaqui en Chalinga
2.03 R. Hurlado en Angostura de Pangue	3.01 R. Choapa en Estero Canela
2.04 R. Hurlado en San Agustín	3.02 R. Illapel en Húntil
2.05 R. Grande en Purtila de San Juan	3.03 R. Illapel en Las Burras
2.06 R. Rapel en Junta	3.04 R. Choapa en Puente Negro
2.07 R. Molles en Ojos de Agua	3.05 E. Camisas en Desembocadura
2.08 R. Mostazal en Cuestecilla	3.06 R. Choapa en Salamanca
2.09 R. Grande en El Cuyano	3.07 R. Cucumén antes Bocatomas
	3.08 R. Choapa en Cucumén

Figura 7. Tendencia Caudales Medios Regionales de Mayo



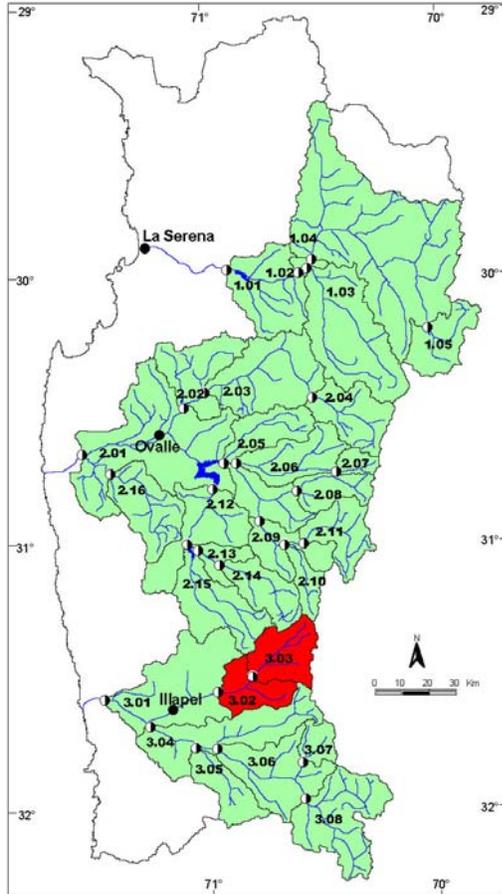
Nombre Subcuenca	
1.01 R. Elqui en Almendral	2.10 R. Tascadero en Desembocadura
1.02 R. Elqui en Algarrobal	2.11 R. Grande en Las Ramadas
1.03 R. Claro en Rivadavia	2.12 R. Guatúame en El Tome
1.04 R. Turbio en Varillar	2.13 R. Cogoti en Entrada Embalse Cogoti
1.05 R. La Laguna en Embalse La Laguna	2.14 R. Cogoti en Cogoti 18
2.01 R. Limari en Panamericana	2.15 R. Pama en Embalse Cogoti
2.02 R. Hurlado en Embalse Recoleta	2.16 R. Punillaqui en Chalinga
2.03 R. Hurlado en Angostura de Pangué	3.01 R. Choapa en Estero Canela
2.04 R. Hurlado en San Agustín	3.02 R. Illapel en Húntil
2.05 R. Grande en Purtila de San Juan	3.03 R. Illapel en Las Burras
2.06 R. Rapel en Jurta	3.04 R. Choapa en Puente Negro
2.07 R. Molles en Ojos de Agua	3.05 E. Camisas en Desembocadura
2.08 R. Mostazal en Cuestecita	3.06 R. Choapa en Salamanca
2.09 R. Grande en El Cuyano	3.07 R. Cuncumén antes Bocatomas
	3.08 R. Choapa en Cuncumén

Figura 8. Tendencia Caudales Medios Regionales de Junio



Nombre Subcuenca	
1.01 R. Elqui en Almendral	2.10 R. Tascadero en Desembocadura
1.02 R. Elqui en Algarrobal	2.11 R. Grande en Las Ramadas
1.03 R. Claro en Rivadavia	2.12 R. Guatúame en El Tome
1.04 R. Turbio en Varillar	2.13 R. Cogoti en Entrada Embalse Cogoti
1.05 R. La Laguna en Embalse La Laguna	2.14 R. Cogoti en Cogoti 18
2.01 R. Limari en Panamericana	2.15 R. Pama en Embalse Cogoti
2.02 R. Hurlado en Embalse Recoleta	2.16 R. Punillaqui en Chalinga
2.03 R. Hurlado en Angostura de Pangué	3.01 R. Choapa en Estero Canela
2.04 R. Hurlado en San Agustín	3.02 R. Illapel en Húntil
2.05 R. Grande en Purtila de San Juan	3.03 R. Illapel en Las Burras
2.06 R. Rapel en Jurta	3.04 R. Choapa en Puente Negro
2.07 R. Molles en Ojos de Agua	3.05 E. Camisas en Desembocadura
2.08 R. Mostazal en Cuestecita	3.06 R. Choapa en Salamanca
2.09 R. Grande en El Cuyano	3.07 R. Cuncumén antes Bocatomas
	3.08 R. Choapa en Cuncumén

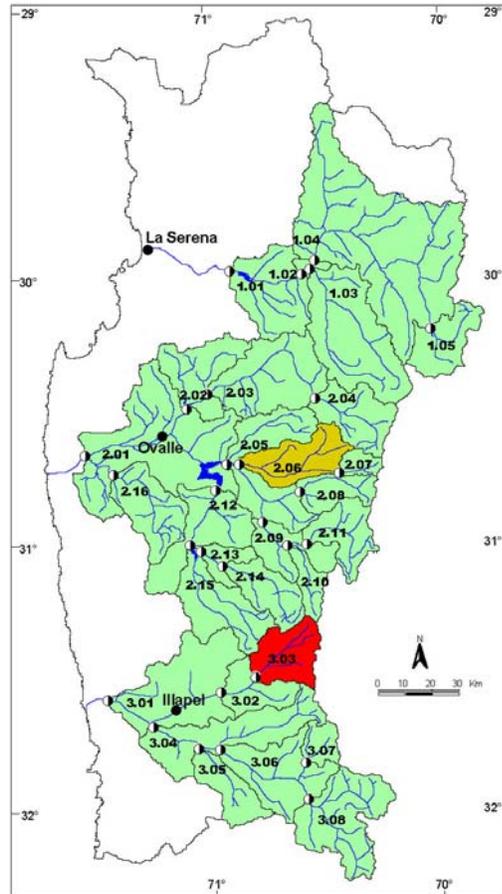
Figura 9. Tendencia Caudales Medios Regionales de Julio



Nombre Subcuenca

1.01 R. Elqui en Almendral	2.10 R. Tascadero en Desembocadura
1.02 R. Elqui en Algarrobal	2.11 R. Grande en Las Ramadas
1.03 R. Claro en Rivadavia	2.12 R. Guatulame en El Tome
1.04 R. Turbio en Varillar	2.13 R. Cogotí en Entrada Embalse Cogotí
1.05 R. La Laguna en Embalse La Laguna	2.14 R. Cogotí en Cogotí 18
2.01 R. Limari en Panamericana	2.15 R. Pama en Embalse Cogotí
2.02 R. Hurlado en Embalse Recoleta	2.16 R. Punillaqui en Chalinga
2.03 R. Hurlado en Angostura de Pangue	3.01 R. Choapa en Estero Canela
2.04 R. Hurlado en San Agustín	3.02 R. Illapel en Huinilí
2.05 R. Grande en Purtila de San Juan	3.03 R. Illapel en Las Burras
2.06 R. Rapel en Junta	3.04 R. Choapa en Puente Negro
2.07 R. Molles en Ojos de Agua	3.05 E. Camisas en Desembocadura
2.08 R. Mostazal en Cuestecita	3.06 R. Choapa en Salamanca
2.09 R. Grande en El Cuyano	3.07 R. Cuncumén antes Bocatomas
	3.08 R. Choapa en Cuncumén

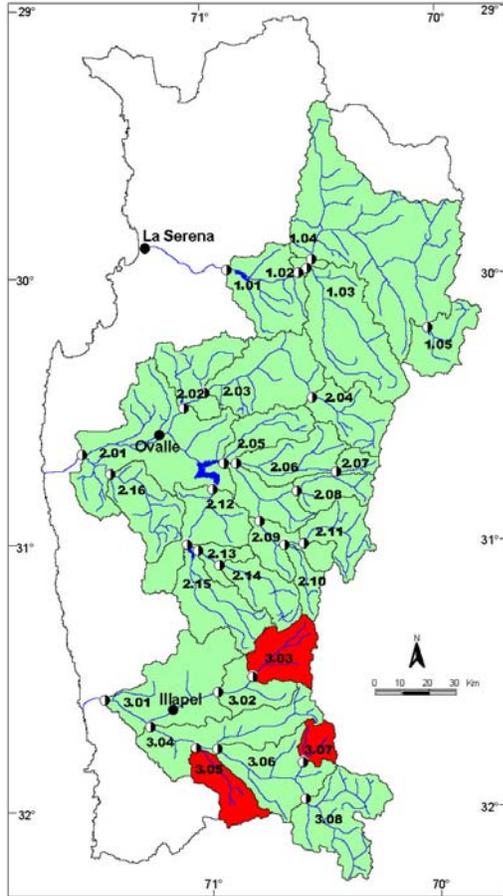
Figura 10. Tendencia Caudales Medios Regionales de Agosto



Nombre Subcuenca

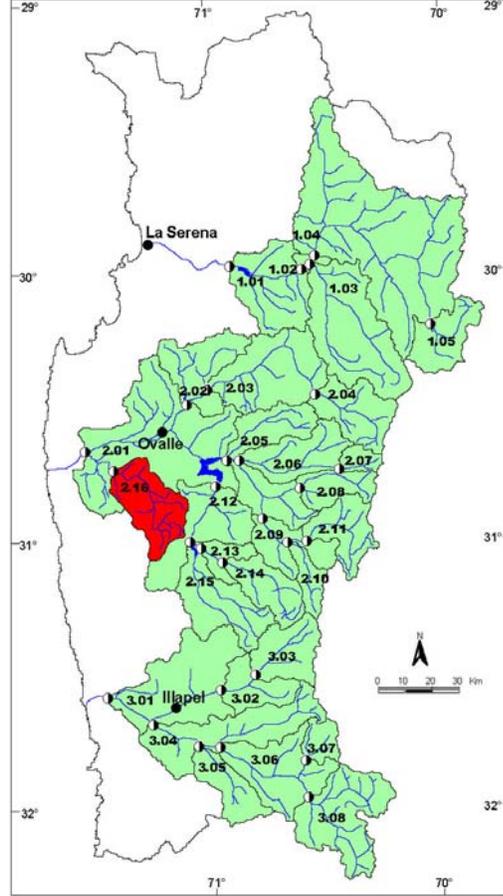
1.01 R. Elqui en Almendral	2.10 R. Tascadero en Desembocadura
1.02 R. Elqui en Algarrobal	2.11 R. Grande en Las Ramadas
1.03 R. Claro en Rivadavia	2.12 R. Guatulame en El Tome
1.04 R. Turbio en Varillar	2.13 R. Cogotí en Entrada Embalse Cogotí
1.05 R. La Laguna en Embalse La Laguna	2.14 R. Cogotí en Cogotí 18
2.01 R. Limari en Panamericana	2.15 R. Pama en Embalse Cogotí
2.02 R. Hurlado en Embalse Recoleta	2.16 R. Punillaqui en Chalinga
2.03 R. Hurlado en Angostura de Pangue	3.01 R. Choapa en Estero Canela
2.04 R. Hurlado en San Agustín	3.02 R. Illapel en Huinilí
2.05 R. Grande en Purtila de San Juan	3.03 R. Illapel en Las Burras
2.06 R. Rapel en Junta	3.04 R. Choapa en Puente Negro
2.07 R. Molles en Ojos de Agua	3.05 E. Camisas en Desembocadura
2.08 R. Mostazal en Cuestecita	3.06 R. Choapa en Salamanca
2.09 R. Grande en El Cuyano	3.07 R. Cuncumén antes Bocatomas
	3.08 R. Choapa en Cuncumén

Figura 11. Tendencia Caudales Medios Regionales de Septie



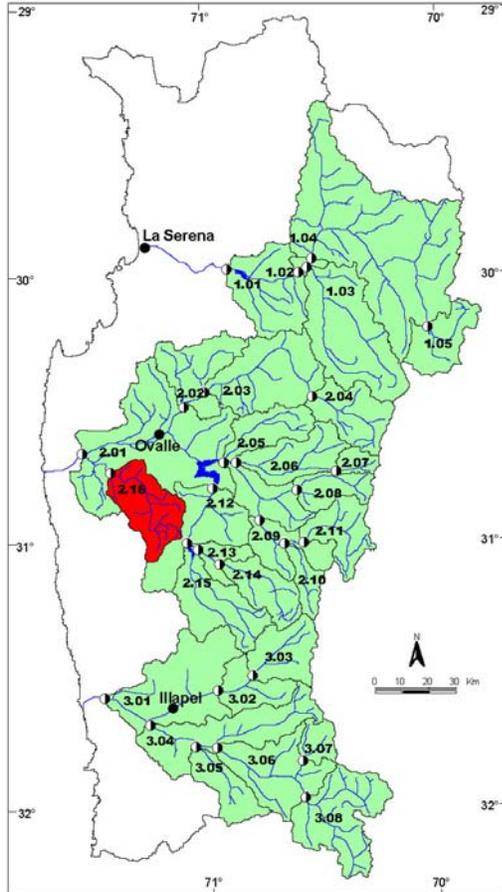
Nombre Subcuenca	
1.01 R. Elqui en Almendral	2.10 R. Tascadero en Desembocadura
1.02 R. Elqui en Algarrobal	2.11 R. Grande en Las Ramadas
1.03 R. Claro en Rivadavia	2.12 R. Gustulume en El Tome
1.04 R. Turbio en Varillar	2.13 R. Cogoti en Entrada Embalse Cogoti
1.05 R. La Laguna en Embalse La Laguna	2.14 R. Cogoti en Embalse 18
2.01 R. Limari en Panamericana	2.15 R. Pama en Embalse Cogoti
2.02 R. Hurlado en Embalse Recoleta	2.16 R. Punillaqui en Chalinga
2.03 R. Hurlado en Angostura de Pangue	3.01 R. Choapa en Estero Canela
2.04 R. Hurlado en San Agustín	3.02 R. Illapel en Húntil
2.05 R. Grande en Purtila de San Juan	3.03 R. Illapel en Las Burras
2.06 R. Rapel en Jurta	3.04 R. Choapa en Puente Negro
2.07 R. Molles en Ojos de Agua	3.05 E. Camisas en Desembocadura
2.08 R. Mostazal en Cuestecita	3.06 R. Choapa en Salamanca
2.09 R. Grande en El Cuyano	3.07 R. Cuncumén antes Bocatomas
	3.08 R. Choapa en Cuncumén

Figura 12. Tendencia Caudales Medios Regionales de Octubre



Nombre Subcuenca	
1.01 R. Elqui en Almendral	2.10 R. Tascadero en Desembocadura
1.02 R. Elqui en Algarrobal	2.11 R. Grande en Las Ramadas
1.03 R. Claro en Rivadavia	2.12 R. Gustulume en El Tome
1.04 R. Turbio en Varillar	2.13 R. Cogoti en Entrada Embalse Cogoti
1.05 R. La Laguna en Embalse La Laguna	2.14 R. Cogoti en Embalse 18
2.01 R. Limari en Panamericana	2.15 R. Pama en Embalse Cogoti
2.02 R. Hurlado en Embalse Recoleta	2.16 R. Punillaqui en Chalinga
2.03 R. Hurlado en Angostura de Pangue	3.01 R. Choapa en Estero Canela
2.04 R. Hurlado en San Agustín	3.02 R. Illapel en Húntil
2.05 R. Grande en Purtila de San Juan	3.03 R. Illapel en Las Burras
2.06 R. Rapel en Jurta	3.04 R. Choapa en Puente Negro
2.07 R. Molles en Ojos de Agua	3.05 E. Camisas en Desembocadura
2.08 R. Mostazal en Cuestecita	3.06 R. Choapa en Salamanca
2.09 R. Grande en El Cuyano	3.07 R. Cuncumén antes Bocatomas
	3.08 R. Choapa en Cuncumén

Figura 13. Tendencia Caudales Medios Regionales de Novier



Nombre Subcuenca

1.01 R. Elqui en Almendral	2.10 R. Tascadero en Desembocadura
1.02 R. Elqui en Algarrobal	2.11 R. Grande en Las Ramadas
1.03 R. Claro en Rivadavia	2.12 R. Guatulame en El Tome
1.04 R. Turbio en Varillar	2.13 R. Cogotí en Entrada Embalse Cogotí
1.05 R. La Laguna en Embalse La Laguna	2.14 R. Cogotí en Cogotí 18
2.01 R. Limari en Panamericana	2.15 R. Pama en Embalse Cogotí
2.02 R. Hurlado en Embalse Recoleta	2.16 R. Punitaqui en Chalinga
2.03 R. Hurlado en Angostura de Pangue	3.01 R. Choapa en Estero Canela
2.04 R. Hurlado en San Agustín	3.02 R. Illapel en Huinilí
2.05 R. Grande en Purtila de San Juan	3.03 R. Illapel en Las Burras
2.06 R. Rapel en Junta	3.04 R. Choapa en Puente Negro
2.07 R. Molles en Ojos de Agua	3.05 E. Camisas en Desembocadura
2.08 R. Mostazal en Cuestecita	3.06 R. Choapa en Salamanca
2.09 R. Grande en El Cuyano	3.07 R. Cuncumén antes Bocatomas
	3.08 R. Choapa en Cuncumén

Figura 14. Tendencia Caudales Medios Regionales de Diciem



Nombre Subcuenca

1.01 R. Elqui en Almendral	2.10 R. Tascadero en Desembocadura
1.02 R. Elqui en Algarrobal	2.11 R. Grande en Las Ramadas
1.03 R. Claro en Rivadavia	2.12 R. Guatulame en El Tome
1.04 R. Turbio en Varillar	2.13 R. Cogotí en Entrada Embalse Cogotí
1.05 R. La Laguna en Embalse La Laguna	2.14 R. Cogotí en Cogotí 18
2.01 R. Limari en Panamericana	2.15 R. Pama en Embalse Cogotí
2.02 R. Hurlado en Embalse Recoleta	2.16 R. Punitaqui en Chalinga
2.03 R. Hurlado en Angostura de Pangue	3.01 R. Choapa en Estero Canela
2.04 R. Hurlado en San Agustín	3.02 R. Illapel en Huinilí
2.05 R. Grande en Purtila de San Juan	3.03 R. Illapel en Las Burras
2.06 R. Rapel en Junta	3.04 R. Choapa en Puente Negro
2.07 R. Molles en Ojos de Agua	3.05 E. Camisas en Desembocadura
2.08 R. Mostazal en Cuestecita	3.06 R. Choapa en Salamanca
2.09 R. Grande en El Cuyano	3.07 R. Cuncumén antes Bocatomas
	3.08 R. Choapa en Cuncumén

4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se realiza una interpretación de los resultados alcanzados y expuestos en los capítulos precedentes, en relación con el impacto potencial del cambio climático sobre el uso antrópico del recurso hídrico, así como sus potenciales repercusiones hidrológicas y morfodinámicas.

En la medida que exista información suficiente, cada aspecto será abordado para las cuencas (Elqui, Limarí y Choapa) y ecosistemas principales (cuena superior regional, cuena media regional, cuena baja regional), para finalizar con una síntesis general para el ecosistema semiárido transicional de Chile (IV Región de Coquimbo) como un todo integrado.

4.1. Proyecciones del Uso Antrópico de los Recursos Hídricos

A la luz de los antecedentes con se cuenta en la actualidad (Dirección General de Aguas 1996 y Universidad de Chile 2000), se enfrenta la interpretación de las cuencas regionales principales y los subsistemas hídricos superior, medio e inferior de este ecosistema (Tabla 39).

Elqui Cuena Alta (Algarrobal 5521 km ²)														
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	Media
Caudal 2017 (2)	34,0	21,7	16,7	15,1	14,7	11,9	12,3	14,8	13,3	18,5	32,6	46,4	252,0	21,0
Uso 2017 (1)	17,2	16,2	12,1	9,7	9,1	8,4	8,4	9,3	11,8	14,9	16,7	16,3	150,0	12,5
Elqui Cuena Media (Almendral 962 km ²)														
Caudal 2017 (2)	34,9	21,1	15,7	15,0	14,4	12,4	14,2	14,8	13,7	17,6	26,4	43,4	244,0	20,3
Uso 2017 (1)	11,4	10,2	8,6	5,4	3,1	4,4	4,4	5,6	8,5	7,8	11,5	10,9	91,7	7,6
Limarí Cuena Alta (6726 km ²)														
Caudal 2017 (2)	36,3	18,6	13,9	17,2	14,4	11,8	55,2	50,8	31,7	50,8	72,9	70,0	443,8	37,0
Uso 2017 (1)	30,6	28,9	23,0	18,9	13,3	13,8	14,4	16,8	21,5	27,7	34,4	35,4	278,7	23,2
Choapa Cuena Alta (Cuncumén 1082 km ²)														
Caudal 2017 (2)	23,7	12,8	7,7	6,4	5,7	4,1	8,0	8,9	9,0	19,3	34,5	42,0	182,2	15,2
Uso 2017 (1)	3,3	2,4	1,2	0,6	0,2	0,2	0,3	0,3	1,1	2,2	3,3	3,4	18,5	1,5
Choapa Cuena Media (Salamanca 936 km ²)														
Caudal 2017 (2)	28,7	29,6	3,1	5,6	6,2	4,3	22,5	15,6	14,7	40,1	40,6	54,9	266,0	22,2
Uso 2017 (1)	12,2	8,8	5,9	3,3	1,8	1,4	2,1	2,8	6,3	10,2	14,9	13,4	83,0	6,9

Tabla 39. Recursos y Demandas Hídricas Proyectadas al 2017 (miles de l/s)
(Donde (1) DGA 1996, (2) elaboración propia)

La cuena del río Elqui posee antecedentes suficientes (DGA 1996) para discriminar las demandas potenciales al 2017 para sus secciones alta y media, en función de las subcuencas establecidas a partir de las estaciones de aforo emplazadas en Algarrobal (superficie de 5521 km²) y Almendral (superficie de 962 km²) respectivamente.

Con las proyecciones derivadas de las tendencias de los caudales naturales, hasta el 2017 la cuena del río Elqui alcanza a cubrir las demandas potenciales de uso antrópico de este recurso, alcanzando superávit mensuales, anuales y medios anuales en ambas secciones de la cuena. En la sección superior, destaca el mes de diciembre (30,1 m³/sg), el estrecho margen que se presenta en septiembre (1,5 m³/sg), los 102 m³/sg de superávit anuales y la media de 8,5 m³/sg durante el año. La sección media de esta cuena muestra un máximo en diciembre (32,6 m³/sg), un mínimo en septiembre (5,2 m³/sg), 152,3 m³/sg de superávit anual y un promedio mensual de 12,7 m³/sg.

La cuenca del río Limarí posee antecedentes suficientes (DGA 1996) sólo para discriminar las demandas potenciales al 2017 para su sección alta, en función de las subcuencas establecidas a partir de las estaciones de aforo emplazadas en el río Cogotí en la entrada al embalse Cogotí (1475 km²), en el río Hurtado a la entrada al embalse Recoleta (2299 km²) y en el río Grande en Puntilla San Juan (2952 km²).

Con las proyecciones derivadas de las tendencias de los caudales naturales, hasta el 2017 la cuenca del río Limarí alcanza a cubrir sólo parcialmente las demandas potenciales de uso antrópico de este recurso, alcanzando superávit anuales y medios anuales y déficit parciales a nivel mensual. Destaca el superávit del mes de julio (40,8 m³/sg), el déficit del mes de febrero (-10,3 m³/sg), un comportamiento deficitario durante gran parte de otoño y de superávit el resto del año, también son destacables los 165,1 m³/sg de superávit anuales y de 13,8 m³/sg en el promedio mensual durante el año.

La cuenca del río Choapa posee antecedentes suficientes (DGA 1996) para discriminar las demandas potenciales al 2017 para su sección alta y media, en función de las subcuencas establecidas a partir de las estaciones de aforo emplazadas en el río Choapa en Cuncumén (1082 km²) y en el río Choapa en Salamanca (936 km²) respectivamente.

Con las proyecciones derivadas de las tendencias de los caudales naturales, hasta el 2017 la sección alta de la cuenca del río Choapa cubre las demandas potenciales de uso antrópico de este recurso, al presentar superávit en todos los meses, así como en el total anual y la media anual. Destaca el superávit del mes de diciembre (38,6 m³/sg), la máxima disminución de este superávit se registra en junio (3,9 m³/sg), también son destacables los 163,7 m³/sg de superávit anuales y de 13,6 m³/sg en el promedio mensual durante el año. La sección media de esta cuenca muestra un máximo en diciembre (41,6 m³/sg), un mínimo en marzo (-2,7 m³/sg), 182,9 m³/sg de superávit anual y un promedio mensual de 15,2 m³/sg.

La cuenca superior regional que comprende toda el área de estudio, presenta residuales positivos en la relación existente entre los caudales y las demandas potenciales del recurso hídrico proyectado hacia el 2017, situación que se ve reflejada en todos los meses del año con máximos de superávit en diciembre (103,4 m³/sg) y un mínimo en el mes de marzo (2,0 m³/sg), el total de recursos disponibles como superávit alcanza anualmente a 430,7 m³/sg cuya media mensual es de 35,9 m³/sg. La cuenca media regional (no hay antecedentes para la cuenca del Limarí), presenta residuales positivos en la relación existente entre los caudales y las demandas potenciales del recurso hídrico proyectado hacia el 2017, situación que se ve reflejada en todos los meses del año con máximos de superávit en diciembre (74,1 m³/sg) y un mínimo en el mes de marzo (4,4 m³/sg), el total de recursos disponibles como superávit alcanza anualmente a 335,3 m³/sg cuya media mensual es de 27,9 m³/sg. No existen antecedentes para caracterizar la sección baja regional.

Tomándose en consideración la misma fuente de información (DGA 1996 y Universidad de Chile 2000), las demandas totales de la IV Región de Coquimbo para el año 2017 alcanzan una media mensual de 52,86 m³/sg (este cálculo involucra todas las actividades antrópicas de la Región, incluidas las cuencas costeras que se encuentran fuera de las cuencas principales objeto de estudio en este documento), en circunstancias que la media del caudal proyectado es de 115,7 m³/sg al mes, es decir una diferencia positiva media mensual de 62,8 m³/sg de superávit.

4.2. Cambio climático y Recursos Hídricos

La interpretación de los potenciales efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos, se sustenta en los resultados alcanzados y expuestos en capítulos precedentes y en las perspectivas que entregan los modelos globales para esta área de estudio. Son ampliamente conocidos los

problemas que se derivan de la directa interpretación de los resultados alcanzados por los modelos de cambio global en su utilización a escalas locales e incluso regionales (Arnell et al 1996, Kaczmarek 1996, Loaiciga et al 1996, Stakhiv 1996, Frederick et al 1997, Le Treut 1999).

Esta situación puede ser sintetizada y ejemplificada con las apreciaciones entregadas por el Informe País (Universidad de Chile 2000) al analizar las perspectivas de la variabilidad climática sobre los recursos hídricos en base a los planteamientos de la Política Nacional de Recursos Hídricos (DGA 1999), los que serían afectados “particularmente su disponibilidad para diferentes usos en el largo plazo” (página 108), o la aseveración que dice (página 109) “..., las ofertas de agua se verían afectadas principalmente en la zona que va desde Santiago a Copiapó...” (el área de estudio se encuentra dentro de esta zona) y, finalmente, cuando se plantea en la misma página que “...el aumento en la temperatura del aire dando lugar al ascenso de la línea de nieve y a su derretimiento más acelerado lo que, a su vez, provocaría el aumento de los caudales en el periodo invierno-primavera y su disminución en el periodo verano-otoño...”. Sin embargo, como se aprecia a continuación, el funcionamiento del sistema natural no es tan simple de interpretar.

La **cuenca del río Elqui** muestra una tendencia al incremento de los caudales (Tabla 32 y 40) que se expresa en todos los meses del año, enfatizándose esta tendencia en los meses de verano (Gráficos 30 al 34) y expresándose un mínimo incremento en invierno, comportamiento que se aprecia tanto en la sección superior de la cuenca, como en sus secciones media y baja.

La tendencia de la **sección superior** de esta cuenca (Gráfico 5 y 34, Tabla 40) muestra un nuevo comportamiento de su régimen hídrico y un incremento de los caudales durante todo el año. El nuevo comportamiento radica en que históricamente se producía un solo aumento de caudales en los meses diciembre-enero, mientras que la tendencia de cambio muestra tres momentos de aumento de caudales, el principal de ellos mantiene la periodicidad de los meses de diciembre y enero, se remarca la presencia del aumento de caudales durante septiembre y surge en mayo un tercer momento que antes sólo registraba caudales mínimos. Estas mínimas que se registraban en los meses de junio-julio muestran una tendencia a surgir en los meses de julio, septiembre y abril.

Estas variaciones involucran la presencia de mayores recursos hídricos, potencialmente asociables a mayores precipitaciones (líquidas y/o sólidas) y deshielos (precipitaciones sólidas y/o permafrost). Estacionalmente, la máxima que se registraba a comienzos y mediados de verano (diciembre y enero) se mantiene y se destaca el aumento de comienzos de primavera (septiembre), a la vez que aparece un tercer momento de aumento de caudales a fines de otoño (mayo) que antes registraba un escaso nivel de caudales. Mientras las mínimas se concentraban en invierno (junio-julio), la tendencia indica un mantenimiento de esta situación para mediados de invierno (julio) y la aparición de nuevos registros mínimos en primavera (septiembre) y otoño (abril).

Comportamiento que muestra caudales máximos por deshielo de primavera y verano, al que se suma una máxima otoñal que podría atribuirse a precipitaciones líquidas que antes parecieran no existir, este cuadro podría involucrar una tendencia al incremento de la temperatura estival. Por otra parte, la mayor extensión temporal de los caudales mínimos entre otoño y comienzos de primavera podría indicar la presencia de un periodo invernal más extenso y frío, con menores precipitaciones líquidas y un predominio de precipitaciones sólidas temporalmente más distribuidas que a mediados del siglo XX. Con estas interpretaciones, hipotéticamente se podría plantear un cambio hacia una estacionalidad más acentuada entre el invierno y el verano en la cuenca superior del río Elqui.

Cuenca	Sección	Estación Aforo		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Elqui	Baja	Almendral	T	17,0	9,0	7,0	5,9	4,6	3,0	5,0	5,8	5,4	8,5	13,5	23,0
			P	9,6	7,4	7,5	7,5	8,3	8,4	7,8	7,0	7,8	10,3	16,1	9,3
	Media	Algarrobal	T	16,0	10,0	7,0	6,0	6,4	3,7	4,0	5,8	4,0	8,5	17,0	24,0
			P	13,8	10,1	8,1	8,0	7,7	7,6	7,5	7,4	6,9	8,2	12,3	16,9
	Media	Claro-Rivadavia	T	6,5	3,3	2,6	2,4	1,6	0,6	1,3	2,0	2,0	3,7	7,0	10,0
			P	5,3	3,3	2,8	2,8	3,0	3,3	3,2	3,1	2,9	3,3	5,3	7,7
	Media	Turbio-Varillar	T	9,5	5,5	4,0	3,0	4,0	2,0	2,0	3,0	4,0	3,4	9,0	8,5
			P	9,2	7,4	5,9	5,2	4,6	4,3	4,2	4,3	4,6	5,3	7,9	10,5
	Alta	Laguna	T	3,0	2,0	1,2	0,8	0,9	0,7	0,4	1,1	0,7	1,0	3,0	5,6
			P	4,2	3,2	2,3	1,8	1,4	1,1	1,1	1,2	1,5	1,7	2,9	4,4
Limarí	Baja	Panamericana	T	5,5	6,5	11,5	8,0	2,5	-5,4	23,0	23,0	15,0	24,0	32,0	32,0
			P	8,0	4,7	5,7	8,4	9,0	11,9	20,6	23,4	17,5	16,4	25,9	26,1
	Baja	Hurtado-Recoleta	T	6,2	3,3	2,0	2,0	2,0	2,0	4,4	4,5	2,8	4,2	8,2	10,0
			P	3,3	1,6	1,2	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	1,9	2,8	5,0	5,8
	Baja	Punitaqui-Chalinga	T	-0,2	0,0	0,1	0,9	-0,6	-0,8	3,2	1,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2
			P	0,1	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	1,5	1,5	0,6	0,3	0,1	0,2
	Media	Hurtado-Pangue	T	4,5	2,3	1,4	1,6	1,8	0,5	3,2	3,0	1,9	2,6	5,9	7,0
			P	2,8	1,6	1,2	1,6	2,0	2,1	2,3	2,7	2,0	2,1	3,8	4,4
	Media	Grande-Puntilla	T	10,0	5,7	4,7	6,4	3,6	0,2	18,0	17,0	8,8	15,0	21,0	19,0
			P	8,8	4,9	3,9	4,7	6,3	8,2	12,1	12,3	11,5	15,7	22,6	19,4
	Media	Rapel-Junta	T	3,2	2,0	1,6	2,0	1,5	0,7	1,3	0,0	0,1	1,4	1,4	5,0
			P	2,3	1,4	1,3	1,3	1,3	1,7	1,9	1,9	1,4	1,8	3,8	3,7
	Media	Grande-Cuyano	T	5,8	3,4	1,5	2,3	2,0	1,2	6,9	7,8	5,2	9,0	14,0	10,2
			P	6,7	3,9	2,9	3,0	3,3	3,9	5,4	6,8	7,6	12,4	17,2	14,7
	Media	Grande-Ramadas	T	1,5	1,5	0,8	1,0	0,7	0,3	1,1	1,2	1,2	5,1	7,0	7,0
			P	3,9	2,7	2,1	2,2	2,2	2,2	2,7	2,9	4,1	7,4	11,1	9,1
	Media	Guatulame	T	3,1	0,6	0,8	0,6	-0,4	-1,6	9,4	6,4	1,3	3,4	5,8	7,3
			P	1,2	0,3	0,3	0,3	0,5	1,6	3,8	4,6	2,4	2,4	4,0	3,8
	Media	Cogotí-Embalse	T	2,7	1,2	0,5	0,8	-0,4	-0,7	7,2	4,9	1,9	4,6	5,8	5,3
			P	1,5	0,6	0,3	0,5	0,7	1,1	3,4	3,4	2,9	3,9	5,0	4,3
	Media	Cogotí-Cogotí 18	T	1,6	0,4	0,3	0,1	-0,1	-0,1	2,2	3,0	1,0	3,4	3,5	4,3
			P	1,7	0,5	0,3	0,2	0,3	0,9	2,0	3,0	2,1	3,9	4,9	4,7
	Media	Pama-Cogotí	T	0,8	0,3	0,1	0,3	-0,2	-0,8	5,5	2,7	0,9	1,0	2,4	2,5
			P	0,6	0,2	0,1	0,1	0,4	0,7	2,4	2,3	1,1	1,0	2,2	1,9
	Alta	Hurtado-Agustin	T	2,5	2,0	1,4	1,7	1,1	0,5	1,0	0,9	1,1	2,0	3,2	4,5
			P	3,6	2,5	2,0	1,8	1,7	1,6	1,6	1,8	2,0	2,5	3,8	4,8
	Alta	Molles-Ojos Agua	T	0,7	0,6	0,3	0,5	0,3	0,1	0,2	0,2	0,3	0,7	0,7	1,1
			P	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	1,0	1,2	1,3
	Alta	Mostazal-Cuestecita	T	1,6	1,3	0,9	0,5	0,4	0,2	0,7	1,1	1,0	5,4	2,7	4,1
			P	1,9	1,5	1,0	0,7	0,8	0,8	0,9	1,1	1,4	2,7	4,0	3,4
Alta	Tascadero	T	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	1,2	3,5	1,3	3,0	4,5	3,7	
		P	1,1	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,8	1,3	1,3	2,1	3,8	4,5	
Choapa	Baja	Choapa-Canela	T	22,2	4,0	2,3	4,8	3,7	-0,1	27,5	10,5	5,0	11,8	14,0	32,0
			P	14,5	4,2	4,0	4,6	5,4	8,4	19,7	15,1	11,5	16,0	27,4	26,2
	Baja	Choapa-Puente Negro	T	11,0	6,5	1,2	4,6	2,7	-0,7	17,4	7,7	5,0	8,0	14,0	20,0
			P	10,6	3,2	3,3	3,7	4,7	8,0	13,1	11,2	10,9	14,6	26,5	25,0
	Media	Illapel-Huintil	T	-0,6	-0,3	-0,7	-0,9	-1,2	-1,7	-0,4	0,1	0,1	1,2	2,1	2,0
			P	3,4	2,1	1,7	1,7	1,8	2,0	2,3	2,3	3,6	4,1	6,2	6,6
	Media	Estero Camisas	T	0,0	-0,1	0,0	-0,3	-0,2	-0,4	1,3	1,1	-2,7	0,7	0,5	0,4
			P	0,7	0,6	0,5	0,7	0,6	1,3	3,1	2,4	2,3	0,9	1,3	0,9
	Media	Choapa-Salamanca	T	13,0	16,8	1,2	3,2	3,1	-0,6	11,5	6,2	5,2	21,0	11,0	25,0
			P	13,1	7,2	1,8	2,2	3,1	4,8	8,8	8,2	8,4	15,7	26,6	24,7
	Alta	Illapel-Las Burras	T	1,2	-0,4	-0,6	-0,8	-1,2	-1,0	-0,5	-0,5	-0,3	1,7	2,3	2,5
			P	3,2	2,1	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,8	2,1	3,3	6,0	6,4
	Alta	Cuncumén-Bocatoma	T	-0,2	0,0	-0,1	-0,2	-0,4	-0,4	0,1	0,2	-0,2	0,3	0,7	0,6
			P	1,5	1,0	0,8	0,8	0,7	0,9	1,0	0,9	1,2	1,2	1,4	1,7
Alta	Choapa-Cuncumén	T	9,5	5,5	2,5	2,0	1,5	-0,2	2,7	2,3	1,6	4,6	8,2	15,0	
		P	12,7	6,2	4,4	4,0	3,8	4,4	4,9	6,1	7,0	13,7	23,7	24,0	

Tabla 40. Comportamiento Mensual de Caudales Medios Históricos y Residuales de Tendencia
(donde T= tendencia, P= promedio).

La tendencia de la **sección media** de la cuenca del río Elqui (Gráfico 2 al 4 y 31 al 33, Tabla 40) muestra un incremento de los caudales durante todos los meses del año y un cambio en su régimen hídrico que se asemeja a la nueva dinámica presentada por la sección superior de esta cuenca. Los caudales máximos se mantienen en diciembre-enero, se intensifica el que se producía

en agosto y surge un nuevo peak durante el mes de mayo. El mínimo de caudal que se registraba entre marzo y septiembre, ahora tiende a concentrarse en los meses de junio-julio y septiembre.

Por tanto, estacionalmente, continúa un predominio de caudales estivales (diciembre-enero) asociables a dinámicas de deshielo. Como se tiende a intensificar su presencia invernal (agosto) y aparecen durante otoño (mayo), es posible aventurar una tendencia al aumento de precipitaciones líquidas durante otoño e invierno vinculadas a un incremento térmico, dado que el periodo de caudales mínimos se ha reducido de 8 meses entre otoño y primavera (marzo a septiembre) a sólo 2 en invierno y comienzos de primavera (junio-julio y septiembre).

La tendencia de la **sección baja** de la cuenca del río Elqui (Gráfico 1 y 30, Tabla 40) muestra un cambio en el comportamiento y magnitud de los caudales, al registrar incremento de caudales a lo largo de todo el año y un desplazamiento de las máximas desde el mes de noviembre a diciembre, un segundo aumento desplazado desde junio al mes de agosto y la disminución de caudales que se registraba en febrero y agosto, se desplaza nitidamente al mes de junio.

Este comportamiento implica un leve cambio de estacionalidad ya que los mayores caudales de deshielo se desplazan desde fines de primavera (noviembre) a comienzos de verano (diciembre), la crecida invernal se desplaza desde los inicios de invierno (junio) hacia fines de esta estación (agosto), mientras la mínima de caudales que antes se producía a fines de verano (febrero) atribuible a una disminución de los caudales de deshielo y fines de invierno (agosto) asociable a la finalización del periodo de precipitaciones, se desplaza a comienzos de invierno (junio).

La **cuenca del río Limarí** muestra una tendencia al incremento de los caudales (Tabla 33 y 40) de sus caudales anuales que también se expresa en los meses de febrero, marzo, abril, junio y septiembre. Un comportamiento estabilizado se registra sólo para el mes de agosto. Mientras los meses restantes comparten comportamientos de incremento y de descenso en función de las subcuencas que se traten. De esta manera, esta tendencia al descenso del recurso hídrico aparece más nítida entre fines de otoño y comienzos del invierno (Gráficos 35 al 50), comportamiento que expresa heterogeneidad según la sección de la cuenca que se trate. De esta manera, la sección baja de la cuenca del Limarí presenta dos subcuencas con tendencia al incremento todos los meses y estaciones del año, mientras una de ella (Punitaqui en Chalinga) refleja una disminución concentrada en los meses de verano y a comienzos de invierno. La sección media muestra sólo parcialmente una tendencia al descenso de los caudales en 4 subcuencas y todas ellas concentradas los meses de mayo y junio. La sección alta de esta cuenca, se comporta tendencialmente por completo al incremento de los caudales mensuales.

La tendencia de la **sección superior** de esta cuenca (Gráficos 9, 12, 13, 15, 38, 41, 42 y 44, Tabla 40) que históricamente registraba un régimen de caudales de deshielo concentrados desde octubre a enero, permite apreciar tendencialmente un cambio en su régimen de escurrimientos que se expresa en la incorporación de nuevos incrementos hídricos en los meses de abril, julio-agosto y especialmente en el mes de octubre.

Estas variaciones involucran la presencia de mayores recursos hídricos, potencialmente asociables a mayores precipitaciones (líquidas y/o sólidas) y deshielos (precipitaciones sólidas y/o permafrost). Estacionalmente, los máximos caudales se registraban en el periodo estival se mantiene y se destaca el aumento de primavera (octubre), a la vez que aparecen otros momentos peak a fines de invierno (agosto) y mediados de otoño (abril).

Este nuevo comportamiento y régimen hídrico, hipotéticamente podría indicar un cambio en el régimen térmico y de precipitaciones. El incremento generalizado de caudales durante todos los meses del año involucra un incremento de precipitaciones que térmicamente se puede atribuir a diferentes condiciones. De esta manera, el aumento registrado históricamente en verano y que se

encuentra tendencialmente reforzado desde la primavera hasta el otoño, podría interpretarse como un aumento de las temperaturas en este periodo de 8 meses del año, mientras la mantención de la mínima tendencial de invierno que también es coincidente con los mínimos caudales históricos podrían reflejar una tendencia a la disminución de las temperaturas invernales que explicarían el mínimo de escurrimiento. Con ello, se estaría en presencia de dos periodos definidos térmicamente con una estacionalidad invernal reducida pero intensa y una estacionalidad estival mensualmente más extendida.

La tendencia de la **sección media** de esta cuenca que (Gráficos 8, 10, 11, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 37, 39, 40, 43, 45, 46, 47, 48, 49, Tabla 40) históricamente ha mostrado un régimen mixto propio del abastecimiento de precipitaciones directas y deshielos que se encuentran adecuados a los incrementos de caudales desde mediados de invierno hasta principios de verano, presenta un cambio tendencial que registra una marcada disminución de caudales durante el invierno (posible aumento de precipitación nival y disminución de temperatura) que refleja una tendencia al decrecimiento de estos caudales, situación que es revertida a partir de la primavera y comienzos del verano con una nítida tendencia al incremento de caudales en concordancia con el régimen de deshielo registrado históricamente, ciclo anual que se comienza a cerrar desde fines del verano.

En este sentido, el nuevo comportamiento y régimen de escurrimientos con una tendencia a la disminución de los caudales invernales, se podría interpretar hipotéticamente como un posible aumento de precipitación nival asociado con disminuciones térmicas que impiden la transformación de las precipitaciones sólidas en escurrimiento hasta alcanzarse procesos de deshielo a partir del mes de agosto, en conjunción con un temporalmente breve incremento de las precipitaciones líquidas, las cuales paulatinamente en descenso empiezan a ver reflejado un módulo donde participa predominantemente la dinámica de fusión nival durante la primavera y comienzos del verano. De ahí entonces que su régimen ha pasado de una dinámica netamente pluvionival a una que es altamente dependiente de los procesos de deshielo.

Esta situación, térmicamente podría corresponder con dos escenarios. El primero con un descenso general de las temperaturas invernales que se traduce en una disminución de los caudales de invierno y otro en el cual las precipitaciones líquidas invernales tienden a disminuir efectivamente. Sin embargo, dada la tendencia general al incremento de caudales durante el resto del año, parece más adecuada la primera interpretación, ya que de producirse una menor cantidad de precipitaciones líquidas, la resultante también sería una tendencia a la disminución de los caudales en el resto del año y no sólo en la fase invernal del ciclo.

La tendencia de la **sección baja** de esta cuenca (Gráficos 6, 7, 21, 35, 36, 50, Tabla 40) que históricamente ha registrado un régimen pluvionival reflejado por el comportamiento elevado de caudales desde mediados del invierno hasta fines de primavera, muestra tendencialmente un mantenimiento de los caudales propios de la dinámica de deshielo pero complementado con un cambio invernal, donde se aprecia un decrecimiento del caudal asociable a las precipitaciones líquidas.

La **cuenca del río Choapa** muestra una tendencia anual predominante al incremento de los caudales medios (Tabla 34 y 40). Sin embargo, el análisis mensual de este comportamiento registra una tendencia al decrecimiento de estos caudales para el mes de junio en toda la cuenca y en gran parte de ella durante el otoño y comienzos de primavera (Gráficos 51 al 58). Esta heterogeneidad también se aprecia según la sección de la cuenca que se trate. De esta manera, la cuenca superior tiende a la disminución de caudales, mientras la cuenca media presenta un comportamiento altamente heterogéneo con dos subcuencas con tendencia decreciente y una al incremento, mientras la cuenca inferior muestra una tendencia al aumento de caudales salvo para el comportamiento del mes de junio.

El comportamiento histórico de la **sección superior** de esta cuenca (Gráficos 24, 28, 29, 53, 57, 58, Tabla 40) con un régimen marcadamente nival no ha variado tendencialmente, a no ser por la situación de decrecimiento de caudales que se aprecia desde fines del periodo estival hasta comienzos de primavera para la subcuenca del río Illapel en Las Burras, periodo de decrecimiento que se concentra hacia los periodos invernales en las subcuencas de los ríos Cuncumén antes de la bocatoma de canales y Choapa en Cuncumén.

Este cambio en el comportamiento del recurso hídrico denota, hipotéticamente, una disminución de las precipitaciones líquidas invernales, acompañada de un aumento de las precipitaciones sólidas que ocurren durante el invierno, las que térmicamente podrían indicar una disminución de las temperaturas de la cuenca superior para traducirse en fases de deshielo más acentuadas que permitan justificar la tendencia al incremento de los caudales que ocurren durante la primavera y el verano o bien, un incremento de temperatura que se traduce en un potencial proceso de pérdida de recurso hídrico acumulado en la zona de permafrost en cuyo caso se trataría de una situación que no posee capacidad de recuperación.

La **sección media** de esta cuenca (Gráficos 23, 26, 27, 52, 55, 56, Tabla 40) es más compleja de interpretar que la sección superior. Mientras la subcuenca del río Illapel en Huintil mantiene tendencialmente el régimen pluvionival que muestra el incremento de caudales desde fines de invierno hasta la primavera, el régimen de la subcuenca del estero Camisas en desembocadura presenta una abrupta disminución de caudales durante el mes de septiembre y, la del río Choapa en Salamanca muestra una variabilidad en su régimen que permite apreciar 4 momentos de incremento de caudales en los meses de febrero, julio, octubre y diciembre.

Esta situación que muestra una tendencia del régimen hídrico con elevada heterogeneidad espacial en la sección media de la cuenca del Choapa, involucra un cambio que se expresa en una transformación de su régimen desde un comportamiento pluvio-nival a una concentración pluvial que se concentra en el mes de julio en desmedro de los meses de junio y agosto, mientras las fases de deshielo se concentran hacia fines de otoño (octubre) y de la temporada estival (febrero). Este comportamiento del régimen hídrico refleja una transformación térmica del sistema medio del Choapa que se expresa en una disminución de las temperaturas invernales que alcanza a comprometer los comienzos de primavera y que retrasa la dinámica de deshielo hasta mediados de esta estación (octubre), acompañado de un rápido incremento térmico que acelera la dinámica de deshielo y la concentra en el mes de octubre, cuya resultante se traduce en la tendencia a la disminución de los caudales de septiembre y noviembre, para alcanzar el comportamiento histórico en el mes de diciembre, denotando un incremento general de los recursos hídricos ya que se vuelve a mostrar un incremento de la fase de deshielo en el mes de febrero (posiblemente vinculado a una fase tardía de derretimiento del permafrost acumulado en alta montaña).

La tendencia de la **sección baja** de esta cuenca (Gráficos 22, 25, 51, 54, Tabla 40) muestra un mayor déficit del recurso hídrico (7 a 8 meses con tendencia decreciente). La subcuenca del río Choapa arriba del estero La Canela muestra incrementos para los meses de enero, julio y diciembre, una mantención de los recursos en el mes de abril y una disminución en el resto del año. La subcuenca del río Choapa en Puente Negro muestra incremento para los meses de enero, febrero, abril y julio, los meses restantes tienden al decrecimiento del recurso hídrico.

Este comportamiento, permite sostener una mantención tendencial del régimen pluvio-nival de la cuenca baja del Choapa, con una mayor concentración de la componente pluvial para el mes de julio en detrimento de las precipitaciones líquidas que históricamente ocurrían en los meses de junio y agosto.

La **Cuenca Superior Regional**, al considerar los promedios de tendencia residual extraídos de la

Tabla 40, la cuenca superior regional (Tabla 41) muestra un incremento generalizado a nivel mensual y anual de sus caudales. Mantiene su régimen eminentemente nival, con algunas diferencias que se expresan en un menor incremento de los caudales para los meses de junio y septiembre.

Cuenca	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
Superior	2,4	1,5	0,8	0,6	0,4	0,1	0,7	1,1	0,7	2,3	3,2	4,6	1,5
Media	5,2	3,5	1,7	1,9	1,5	0,2	5,0	4,3	2,3	5,6	7,6	9,2	4,0
Baja	10,3	4,9	4,0	4,4	2,5	-0,3	13,4	8,8	5,6	9,4	13,6	19,5	8,0

Tabla 41. Tendencia Mensual de Caudales Medios Residuales según Secciones Regionales

Este cambio en el régimen de escurrimientos de la cuenca superior podría atribuirse a una disminución térmica durante el invierno que se traduciría en mayores precipitaciones sólidas durante el mes de junio, las que se expresan en caudales de una dinámica de deshielo más temprana y/o en una mayor participación de precipitaciones líquidas en los meses de julio y agosto, para retomar el comportamiento de deshielo histórico desde septiembre en adelante.

Al igual que lo ocurrido con la cuenca superior, la **Cuenca Media Regional** la tendencia de los caudales (Tabla 41) de la cuenca media regional muestra una tendencia positiva para todos los meses del año y, por ende también en su módulo anual. El régimen pluvio-nival histórico se encuentra tendencialmente acentuado en los menores caudales que se registran a comienzos de invierno (junio) y de primavera (septiembre).

Esta variación de comportamiento en la cuenca media regional podría atribuirse a una disminución de las precipitaciones líquidas en junio, las que se ven rápidamente incrementadas en julio, dinámica que en términos de caudales se potencian con las fases de deshielo temprano ocurridos en la cuenca superior y responder al proceso que ocurre aguas arriba.

La tendencia de los caudales de la **Cuenca Baja Regional** (Tabla 41) muestra un incremento anual que se refleja en todos los meses del año, salvo durante el mes de junio, único mes con una tendencia a la disminución de caudales. Al igual que lo ocurrido en la cuenca media, el régimen pluvio-nival histórico se encuentra tendencialmente exacerbado por la disminución de caudales que se registran a comienzos de invierno (junio), aunque puede apreciarse la dinámica atribuible al incremento de precipitaciones líquidas concentradas en julio y el comportamiento del régimen de deshielo desde septiembre hasta diciembre.

Es destacable la alta concentración del periodo de precipitaciones invernales que de acuerdo al comportamiento de los caudales históricos se aprecian desde junio hasta agosto y que tendencialmente se concentran sólo en el mes de julio. Lo que se traduce en un cambio climático concreto hacia un régimen pluvio-nival más marcado con mayor dependencia de las precipitaciones invernales sólidas que de las líquidas y en la reducción del periodo de precipitaciones líquidas a un solo mes en el año.

En la **IV Región de Coquimbo**, al considerar los datos de área de estudio (Tabla 40) que se encuentran sintetizados en la Tabla 41 y tomar las medias de tendencia del comportamiento regional de los caudales, se puede apreciar una mantención del régimen pluvio-nival del sistema semiárido transicional de Chile. Los cambios de tendencia estriban en la acusada disminución de caudales (tendencia negativa) para el mes de junio, único mes que muestra esta particularidad a escala regional y que, se vinculan nitidamente al deficitario comportamiento de las precipitaciones líquidas que ocurren en la sección baja del sistema hidrológico.

Sin embargo, el balance anual muestra una tendencia al incremento de caudales, que estarían

soportados por una tendencia al incremento de las precipitaciones sólidas existentes en la cuenca superior y al incremento de las precipitaciones sólidas y/o líquidas que ocurren en la cuenca media del sistema. Este comportamiento podría vincularse a una dinámica de deshielo más temprana que se concentra en el mes de julio (posible incremento de las temperaturas de este mes en la alta montaña).

4.3. Tendencias y Repercusiones Morfodinámicas.

La interpretación de las repercusiones morfodinámicas asociables a las tendencias de cambio climático alcanzadas en el presente estudio, se sustentan en una serie de experiencias que se han realizado en diversas partes del mundo (Eybergen e Imeson 1989, Sauchyn 1990, Ollier 1992, Poesen y Lavee 1994, Wendland 1996, Bull 1997, Verstappen 1997, Gutiérrez-Elorza y Peña-Monné 1998, Imeson y Lavee 1998, Lavee et al 1998, Kutiel y Lavee 1999, Pederson et al 2001, Coppus e Imeson 2002, Harvey 2002, Lauriol et al 2002, Lorente et al 2002, Birekland et al 2003, Coppus et al 2003, Slaymaker 2003, Aviad et al 2004, Crosta y Frattini 2004, Imeson y Prinsen 2004, Sarah 2004), las que en el presente contexto, vinculan de manera lógica a la morfodinámica (procesos de erosión, transporte y sedimentación) con cambios en los agentes de transporte, de manera tal que una cuenca con una tendencia al incremento de caudales (potencial hidrometeorológico) debería asociarse una mayor activación de procesos de transporte superficiales, en virtud de las condiciones morfogenéticas imperantes, una situación inversa debería ocurrir si la tendencia de los caudales fuese al decrecimiento (Novoa et al 2000a).

Dadas las características existentes en el área de estudio (Novoa y López 2001), este potencial hidrometeorológico posee una distribución temporal que se circunscribe a las épocas en las cuales se producen las precipitaciones líquidas y sólidas, vale decir, fundamentalmente durante la temporada invernal para un análisis de los ambientes de alta y media montaña (cuenca superior y media) donde se relaciona con dinámicas de permafrost (Novoa y Robles 1999, Novoa 2001) y movimientos en masa (Novoa et al 1998, Novoa et al 1999). Mientras las repercusiones morfodinámicas en la sección inferior del sistema están vinculadas con procesos de sedimentación fluvial y morfodinámica litoral (Novoa 1991, Novoa 1993, Novoa 1998). En este contexto, se utiliza la información planteada en la Tabla 40, mediante una síntesis que facilite la interpretación (Tabla 42).

La **cuenca del río Elqui** muestra una tendencia al incremento morfodinámico en todo el periodo invernal, situación que es coincidente para sus secciones superior, media y baja. Por ende, es esperable una tendencia al aumento de los procesos de avalanchas de nieve y de remoción en masa en su sección superior, así como de las dinámicas asociadas a permafrost. La sección media debería registrar un incremento de procesos de remoción en masa, así como un aceleramiento de las dinámicas de escorrentía superficial con los consiguientes efectos sobre la morfodinámica fluvial (mayor transporte de sedimentos) y de laderas (mayor erosión). La sección inferior debería reflejar mayores tasas de sedimentación (p.e., dinámicas de embancamiento fluviales, colmatación de sistemas de regadío, aceleramiento de las tasas de progradación costera y aumento de la morfodinámica de los depósitos dunarios), en esta sección de la cuenca, estas repercusiones morfodinámicas naturales se ven alteradas por la presencia del embalse Puclaro, sobre el cual se podrían desencadenar fenómenos de colmatación acelerada con la consiguiente pérdida de vida útil del mismo y, cuya retención de sedimentos cambiaría la dinámica esperable en el área costera litoral.

La **cuenca del río Limarí** muestra una tendencia media al incremento morfodinámico, condición que se concentra en los meses de julio y agosto (ambos meses con aumento de caudales). La sección superior con una tendencia positiva en todo el periodo invernal, debería verse reflejado en una tendencia al aumento de los procesos de avalanchas de nieve y de remoción en masa en su

sección superior, así como de las dinámicas asociadas a permafrost. La sección media muestra condiciones de estabilidad para comienzos de invierno (junio) y de aceleración morfodinámica para el resto del periodo (julio y agosto), por lo que sería lógico esperar un incremento de procesos de remoción en masa, así como un aceleramiento de las dinámicas de escorrentía superficial con los consiguientes efectos sobre la morfodinámica fluvial (mayor transporte de sedimentos) y de laderas (mayor erosión) que podrían afectar la sustentabilidad de la vida útil del sistema de embalse de regadío existentes (Cogotí, Paloma y Recoleta). La sección baja de la cuenca también muestra tendencias al incremento morfodinámico para la estación invernal, en contraposición con lo que ocurre en el mes de junio que con su tendencia al decrecimiento morfodinámico que debería reflejar menores tasas de sedimentación (p.e., dinámicas de embancamiento fluviales, colmatación de sistemas de regadío), tampoco se deberían apreciar efectos directos sobre el sistema litoral, dado que la salida de esta cuenca hacia el océano Pacífico se produce a través de un prolongado estrechamiento estructural que impide el desarrollo de una geomorfología costera con expresiones propias de una morfología litoral (carece de sistemas dunarios y de playas extensas), tendencia morfodinámica fluvial que debería redundar en la mantención de las actuales condiciones de socavación lateral que caracteriza el área de Altos de Talinay.

CUENCA	SECCION	PROMEDIO HISTORICO				TENDENCIA CALCULADA			
		JUN	JUL	AGO	MEDIA	JUN	JUL	AGO	MEDIA
Elqui	Superior	1,1	1,1	1,2	1,1	+	+	+	+
	Media	5,1	5,0	4,9	5,0	+	+	+	+
	Baja	8,4	7,8	7,0	7,7	+	+	+	+
	MEDIA	4,9	4,6	4,4	4,6	+	+	+	+
Limarí	Superior	0,9	1,0	1,2	1,0	+	+	+	+
	Media	2,5	4,0	4,4	3,6	=	+	+	+
	Baja	4,9	8,2	9,4	7,5	-	+	+	+
	MEDIA	2,7	4,4	5,0	4,0	-	+	+	+
Choapa	Superior	2,2	2,4	2,9	2,5	-	+	+	+
	Media	2,7	4,7	4,3	3,9	-	+	+	+
	Baja	8,2	16,4	13,2	12,6	-	+	+	+
	MEDIA	4,4	7,9	6,8	6,3	-	+	+	+

Tabla 42. Tendencia Invernal de Caudales Medios Residuales según Secciones Regionales y Criterios Morfodinámicos.

Donde (+) tendencia al incremento de morfodinámica, (-) tendencia a la disminución de la morfodinámica, (=) tendencia a la mantención de la morfodinámica

El comportamiento morfodinámico promedio del periodo invernal para la **cuenca del río Choapa** muestra tendencias al incremento de sus procesos. Esta tendencia se concentra en los meses de julio y agosto, al contrario del mes de junio con un decrecimiento del potencial morfodinámico en las tres secciones de la cuenca. Esta concentración temporal de energía, en la sección superior se debería reflejar en un aumento de los procesos de avalanchas de nieve y de remoción en masa, así como de las dinámicas asociadas a permafrost. En la sección media se debería registrar un incremento de procesos de remoción en masa, así como un aceleramiento de las dinámicas de escorrentía superficial con los consiguientes efectos sobre la morfodinámica fluvial (mayor transporte de sedimentos) y de laderas (mayor erosión). Mientras la sección inferior debería reflejar mayores tasas de sedimentación (p.e., dinámicas de embancamiento fluviales, colmatación de sistemas de regadío, aceleramiento de las tasas de progradación costera y aumento de la morfodinámica de los depósitos dunarios).

La **Cuenca Superior Regional** muestra tendencias al incremento del potencial morfodinámico, las consecuencias de esta situación debería reflejar un aumento de los procesos de avalanchas de

nieve y de remoción en masa en su sección superior, así como de las dinámicas asociadas a permafrost. La condición fisiográfica podría incidir en que esta constante pudiese mostrar una paulatina pérdida de energía derivada de la disminución de las cotas altitudinales que se expresan en sentido norte-sur a nivel regional, por tanto, los efectos esperados deberían poseer una intensidad latitudinalmente decreciente, efecto latitudinal que se podría equilibrar por el acercamiento al ambiente cordillerano mediterráneo de Chile que registra mayores penetraciones del frente polar y por ende, mayores precipitaciones líquidas y/o sólidas, aún así, esta condición no explica la concentración del potencial morfodinámico en los meses de julio y agosto, en desmedro del mes de junio.

La **cuenca media regional** debería registrar un incremento de procesos de remoción en masa, así como un aceleramiento de las dinámicas de escorrentía superficial con los consiguientes efectos sobre la morfodinámica fluvial (mayor transporte de sedimentos) y de laderas (mayor erosión). Al igual que el comportamiento del sistema superior, los efectos esperados poseen una intensidad latitudinalmente decreciente en términos temporales (concentración en los meses de julio y agosto para el extremo meridional del área de estudio), efecto latitudinal que debería equilibrarse por el acercamiento al ambiente mediterráneo de Chile que registra mayores penetraciones del frente polar y por ende, mayores precipitaciones líquidas, aún así, esta condición no explica la concentración del potencial morfodinámico en los meses de julio y agosto, en desmedro del mes de junio.

La **cuenca baja regional** debería reflejar mayores tasas de sedimentación (p.e., dinámicas de embancamiento fluviales, colmatación de sistemas de regadío, aceleramiento de las tasas de progradación costera y aumento de la morfodinámica de los depósitos dunarios), repercusiones morfodinámicas naturales se ven condicionadas por las características fisiográficas locales y la presencia del embalse Puclaro que cambiaría la dinámica esperable en el área costera litoral del área septentrional regional. Al igual que el comportamiento de los sistemas superior y medio, los efectos esperados poseen una intensidad latitudinalmente decreciente en términos temporales (concentración en los meses de julio y agosto), efecto latitudinal que debería equilibrarse por el acercamiento al ambiente mediterráneo de Chile que registra mayores penetraciones del frente polar y por ende, mayores precipitaciones líquidas, aún así, esta condición no explica la concentración del potencial morfodinámico en los meses de julio y agosto, en desmedro del mes de junio.

El potencial morfodinámico de la **IV Región de Coquimbo** se aprecia con tendencias positivas, los promedios alcanzados en todas sus cuencas y secciones indican un incremento en la cantidad e intensidad de los procesos esperables, como ha quedado demostrado en una serie de análisis desarrollados a lo largo de este estudio (Novoa 1991, Novoa 1993, Novoa et al 1995, Novoa et al 1996, Novoa et al 1998, Novoa y Robles 1999, Novoa et al 1999, Novoa et al 2000a, Novoa 2001). En función de las condiciones locales, esta situación debería redundar en un incremento de los procesos de avalanchas de nieve, remoción en masa y de las dinámicas asociadas a permafrost en su sección superior; de los procesos de remoción en masa, aceleramiento de las dinámicas de escorrentía superficial con mayor transporte de sedimentos a nivel fluvial y erosión de las laderas en la sección media; mayores tasas de sedimentación con las consiguientes dinámicas de embancamiento fluvial, aceleramiento de las tasas de progradación costera y aumento de la morfodinámica de los depósitos dunarios en la sección inferior.

4.4. Impacto Potencial del Cambio Climático.

Al considerar las interpretaciones realizadas en este capítulo, es posible establecer algunas repercusiones potenciales del cambio climático en el área de estudio. Sin embargo, algunas de ellas se encuentran planteadas en términos hipotéticos ya que no ha sido posible llegar a

conclusiones definitivas.

Para la **Cuenca del río Elqui**, con las proyecciones derivadas de las tendencias de los caudales naturales, hasta el 2017 la cuenca del río Elqui alcanza a cubrir las demandas potenciales de uso antrópico de este recurso, alcanzando superávit mensuales, anuales y medios anuales en ambas secciones de la cuenca (Tabla 39). Proyección que sustenta en la tendencia al incremento de los caudales (Tabla 40) en todos los meses del año, enfatizándose en los meses de verano y expresándose un mínimo incremento en invierno, comportamiento que se aprecia tanto en la sección superior de la cuenca, como en sus secciones media y baja. Esta cuenca muestra una tendencia al incremento morfodinámico en todo el periodo invernal, situación que es coincidente para sus secciones superior, media y baja.

En esta cuenca, los impactos potenciales del cambio climático indican una respuesta que garantiza las necesidades de recursos hídricos para su desarrollo hasta el 2017. Por otra parte, sería esperable un aumento de avalanchas de nieve, remoción en masa y dinámicas de permafrost en su sección superior; incremento de remoción en masa, escorrentía superficial en su sección media (con los consiguientes efectos sobre la morfodinámica fluvial por el mayor transporte de sedimentos y en las laderas con mayor erosión); la sección inferior con mayores tasas de sedimentación con problemas de embancamiento fluvial, colmatación de sistemas de riego, aceleramiento de las tasas de progradación costera y aumento de la morfodinámica de los depósitos dunarios, repercusiones morfodinámicas naturales que se ven alteradas por la presencia del embalse Puclaro, sobre el cual se podrían desencadenar fenómenos de colmatación acelerada con la consiguiente pérdida de vida útil del mismo y, cuya retención de sedimentos cambiaría la dinámica esperable en el área costera litoral.

La **cuenca del río Limarí**, con las proyecciones derivadas de las tendencias de los caudales naturales, hasta el 2017 la cuenca del río Limarí alcanza a cubrir sólo parcialmente las demandas potenciales de uso antrópico de este recurso, alcanzando superávit anuales y medios anuales y déficit parciales a nivel mensual (Tabla 39). Dado que muestra una tendencia al incremento de los caudales anuales (Tabla 40) que se expresa también mensualmente (febrero, marzo, abril, junio y septiembre), un comportamiento estabilizado se registra sólo para el mes de agosto, mientras los meses restantes comparten comportamientos de incremento y de descenso en función de las subcuencas que se traten (tendencia al descenso del recurso hídrico entre fines de otoño y comienzos del invierno). De esta manera, la sección baja de la cuenca del Limarí presenta dos subcuencas con tendencia al incremento todos los meses y estaciones del año, mientras una de ella (Punitaqui en Chalinga) refleja una disminución concentrada en los meses de verano y a comienzos de invierno. La sección media muestra sólo parcialmente una tendencia al descenso de los caudales en 4 subcuencas y todas ellas concentradas los meses de mayo y junio. La sección alta de esta cuenca, se comporta tendencialmente por completo al incremento de los caudales mensuales.

Los impactos potenciales del cambio climático indican una respuesta que garantiza las necesidades de recursos hídricos para su desarrollo hasta el 2017. Además, muestra una tendencia al incremento del potencial morfodinámico (concentrado en los meses de julio y agosto). La sección superior con un aumento de avalanchas de nieve y de remoción en masa, así como de las dinámicas asociadas a permafrost. La sección media muestra un incremento de procesos de remoción en masa, escorrentía superficial fluvial y en laderas que podrían afectar la sustentabilidad de la vida útil del sistema de embalse de riego existentes (Cogotí, Paloma y Recoleta). La sección baja con incremento morfodinámico invernal (salvo para junio) en su sedimentación que repercuten en potenciales dinámicas de embancamiento fluvial y colmatación de sistemas de riego.

La **cuenca del río Choapa**, con las proyecciones derivadas de las tendencias de los caudales

naturales, hasta el 2017 la sección alta de la cuenca del río Choapa cubre las demandas potenciales de uso antrópico de este recurso, al presentar superávit en todos los meses, así como en el total anual y la media anual (Tabla 39). Ello sustentado en una tendencia anual predominante al incremento de los caudales medios (Tabla 40) que a nivel mensual registra una tendencia al decrecimiento de los caudales para el mes de junio en toda la cuenca y en gran parte de ella durante el otoño y comienzos de primavera, heterogeneidad que también se aprecia según la sección de la cuenca que se trate (la cuenca superior tiende a la disminución de caudales, mientras la cuenca media presenta un comportamiento altamente heterogéneo con dos subcuencas con tendencia decreciente y una al incremento, mientras la cuenca inferior muestra una tendencia al aumento de caudales salvo para el comportamiento del mes de junio).

Los impactos potenciales del cambio climático indican una respuesta que garantiza las necesidades de recursos hídricos para su desarrollo hasta el 2017. Por otra parte, el comportamiento morfodinámico promedio del periodo invernal muestra tendencias al incremento de sus procesos (concentrados en julio y agosto), en la sección superior se debería reflejar en un aumento de los procesos de avalanchas de nieve y de remoción en masa, así como de las dinámicas asociadas a permafrost; en la sección media con incremento de remoción en masa, mayor transporte de sedimentos y erosión; la mayor sedimentación concentrada en la sección inferior se podría vincular con dinámicas de embancamiento fluviales, colmatación de sistemas de regadío, aceleramiento de las tasas de progradación costera y aumento de la morfodinámica de los depósitos dunarios.

La **cuenca superior regional**, presenta residuales positivos en la relación existente entre los caudales y las demandas potenciales del recurso hídrico proyectado hacia el 2017 (Tabla 39). Dado que la cuenca superior regional (Tabla 41) muestra un incremento generalizado a nivel mensual y anual de sus caudales y mantiene su régimen eminentemente nival, con algunas diferencias que se expresan en un menor incremento de los caudales para los meses de junio y septiembre.

Los impactos potenciales del cambio climático indican una respuesta que garantiza las necesidades de recursos hídricos para su desarrollo hasta el 2017. Por otra parte, el incremento del potencial morfodinámico, debería reflejar un aumento de los procesos de avalanchas de nieve y de remoción en masa, así como de las dinámicas asociadas a permafrost, con una intensidad latitudinalmente decreciente, efecto latitudinal que se podría equilibrar por el acercamiento al ambiente cordillerano mediterráneo de Chile.

La **cuenca media regional** (no hay antecedentes para la cuenca del Limarí), presenta residuales positivos en la relación existente entre los caudales y las demandas potenciales del recurso hídrico proyectado hacia el 2017 (Tabla 39). La tendencia de los caudales (Tabla 41) de la cuenca media regional muestra una tendencia positiva para todos los meses del año y, por ende también en su módulo anual, con un régimen pluvio-nival acentuado en los menores caudales que se registran a comienzos de invierno (junio) y de primavera (septiembre).

Los impactos potenciales del cambio climático indican una respuesta que garantiza las necesidades de recursos hídricos para su desarrollo hasta el 2017. Por otra parte, debería registrar un incremento de procesos de remoción en masa, así como un aceleramiento de las dinámicas de transporte de sedimentos fluviales y erosión en laderas, con una intensidad latitudinalmente decreciente en términos temporales (concentración en julio y agosto para el extremo meridional del área de estudio), efecto latitudinal que debería equilibrarse por el acercamiento al ambiente mediterráneo de Chile.

La tendencia de los caudales de la **cuenca baja regional** (Tabla 41) presenta un incremento anual que se refleja en todos los meses del año (salvo durante el mes de junio). Al igual que lo

ocurrido en la cuenca media, el régimen pluvio-nival se encuentra exacerbado por la disminución de caudales que se registran a comienzos de invierno (junio), aunque puede apreciarse la dinámica atribuible al incremento de precipitaciones líquidas concentradas en julio y el comportamiento del régimen de deshielo desde septiembre hasta diciembre.

Los impactos potenciales del cambio climático indican una respuesta que garantiza las necesidades de recursos hídricos para su desarrollo hasta el 2017. Por otra parte, debería reflejar mayores tasas de sedimentación con dinámicas de embancamiento fluvial, colmatación de sistemas de regadío, aceleramiento de las tasas de progradación costera y aumento de la morfodinámica de los depósitos dunarios, en función de las características fisiográficas locales y la presencia del embalse Puclaro que cambiaría la dinámica esperable en el área costera litoral del área septentrional regional. Estos efectos poseen una intensidad latitudinalmente decreciente en términos temporales (concentración en julio y agosto), efecto latitudinal que debería equilibrarse por el acercamiento al ambiente mediterráneo de Chile.

Tomándose en consideración la misma fuente de información (DGA 1996 y Universidad de Chile 2000), las demandas totales de la **IV Región de Coquimbo** para el año 2017 alcanzan una media mensual de 52,86 m³/sg (este cálculo involucra todas las actividades antrópicas de la Región, incluidas las cuencas costeras que se encuentran fuera de las cuencas principales que han sido objeto de estudio en este análisis), en circunstancias que la media del caudal proyectado es de 115,7 m³/sg al mes, es decir una diferencia positiva media mensual de 62,8 m³/sg de superávit (Tabla 39). Al considerar los datos que se encuentran sintetizados en la Tabla 41 y tomar las medias de tendencia del comportamiento regional de los caudales, se puede apreciar una mantención del régimen pluvio-nival del sistema semiárido transicional de Chile. Los cambios de tendencia estriban en la acusada disminución de caudales (tendencia negativa) para el mes de junio, único mes que muestra esta particularidad a escala regional y que, se vinculan nítidamente al deficitario comportamiento de las precipitaciones líquidas que ocurren en la sección baja del sistema hidrológico. Sin embargo, el balance anual muestra una tendencia al incremento de caudales, que estarían soportados por una tendencia al incremento de las precipitaciones sólidas existentes en la cuenca superior y al incremento de las precipitaciones sólidas y/o líquidas que ocurren en la cuenca media del sistema. Este comportamiento podría vincularse a una dinámica de deshielo más temprana que se concentra en el mes de julio (posible incremento de las temperaturas de este mes en la alta montaña).

Los impactos potenciales del cambio climático indican una respuesta que garantiza las necesidades de recursos hídricos para su desarrollo hasta el 2017. Por otra parte, como el potencial morfodinámico se aprecia con tendencias positivas, los promedios alcanzados en todas sus cuencas y secciones indican un incremento en la cantidad e intensidad de los procesos esperables, en función de las condiciones locales, esta situación debería redundar en un incremento de avalanchas de nieve, remoción en masa y dinámicas asociadas a permafrost en su sección superior; de los procesos de remoción en masa, escorrentía superficial con mayor transporte de sedimentos a nivel fluvial y erosión de las laderas en la sección media; mayores tasas de sedimentación con las consiguientes dinámicas de embancamiento fluvial, aceleramiento de las tasas de progradación costera y aumento de la morfodinámica de los depósitos dunarios en la sección inferior.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La tendencia de cambio climático del ecosistema semiárido transicional de la IV Región de Coquimbo ha sido determinada mediante el análisis de los caudales naturales aportados por el sistema hídrico, refutándose su supuesta aridización, ya que los recursos hídricos tienden a incrementarse. Las repercusiones económicas de esta tendencia de cambio climático, permiten confirmar la capacidad de abastecimiento de los recursos hídricos necesarios para su desarrollo, al menos hasta el año 2017.

El comportamiento regional de esta tendencia al incremento de los recursos hídricos, muestra una concordancia del 100% a escalas locales anuales en las cuencas de los ríos Elqui y Limarí. En el caso de la cuenca del río Choapa (75%) esta tendencia se invierte en la subcuenca denominada "Río Illapel en Huintil" y muestra una condición de estabilidad en la subcuenca "Río Illapel en Las Burras".

El comportamiento regional de esta tendencia al incremento de los recursos hídricos, presenta disimilitudes al momento de analizarlas a escala mensual. Alcanzándose un comportamiento relativo de 85,6% con tendencia al incremento de los caudales, 13,8% al decrecimiento y un 0,6% con tendencia a la estabilidad del sistema. Al considerar el comportamiento mensual de las subcuencas de este ecosistema, la tendencia al incremento de los caudales alcanza en el Elqui al 100%, en el Limarí logra un 91,7% y el Choapa 64,6%. Una tendencia a la disminución de los recursos hídricos alcanza un 7,8% en el Limarí y 34,4% en el Choapa. De ello se desprende un decrecimiento de los recursos hídricos de carácter latitudinal.

Altitudinalmente, el comportamiento tendencial de los recursos hídricos muestra a escala regional una respuesta de las cuencas superiores con un 87,5% al incremento y 12,5% a la estabilidad, sin registrarse condiciones de decrecimiento. Las cuencas medias del sistema responden con un 93,3% al incremento y un 6,7% al decrecimiento, sin registrarse condiciones de estabilidad. Las cuencas bajas o inferiores del sistema han registrado un 100% con tendencia al aumento de los recursos hídricos. Del análisis altitudinal a escala mensual, muestra un comportamiento tendencial del sistema superior con un 83,3% al incremento de los recursos hídricos y 16,7% al decrecimiento, sin registrarse situaciones de estabilidad. Las cuencas medias responden con un 86,6% al incremento, 12,9% al decrecimiento y 0,5% a la estabilidad. Las cuencas inferiores con 87,5% al aumento de los recursos y 12,5% a su disminución, sin registros de estabilidad. Es destacable que el comportamiento de disminución de los recursos hídricos se concentra mensualmente en junio (48,2%) y mayo (31%), al considerar la respuesta de estos meses en todas las subcuencas del sistema. Por lo que se podría concluir que altitudinalmente, se produce un mayor incremento desde las secciones inferiores a las superiores a nivel anual y, decrecimiento estacional en altura.

Al considerar este comportamiento tendencial de los caudales del ecosistema, el potencial morfodinámico debería responder con tendencias positivas. Dado que el sistema posee un máximo dinamismo durante la estación invernal por la presencia de precipitaciones líquidas y sólidas, con énfasis en los meses de junio, julio y agosto hacia el extremo septentrional de la región y, en los meses de julio y agosto hacia su sección meridional. Este comportamiento debería verse reflejado en la cantidad e intensidad de los procesos esperables, en función de las condiciones locales, con un aumento de avalanchas de nieve, remoción en masa y dinámicas asociadas a permafrost en la sección superior; procesos de remoción en masa, escorrentía superficial con mayor transporte de sedimentos a nivel fluvial y erosión de las laderas en la sección media y; mayores tasas de sedimentación con las consiguientes dinámicas de embancamiento fluvial, aceleración de las dinámicas de progradación costera y aumento de la morfodinámica de los depósitos dunarios en la sección inferior.

Por tanto, se puede concluir que el impacto esperable del cambio climático global a escala local, garantiza los requerimientos de recursos hídricos para el desarrollo del sistema semiárido transicional de Chile al menos hasta el 2017. Por otra parte, como el potencial morfodinámico debería mostrar tendencias positivas, también se deberían esperar un aumento en la cantidad e intensidad de los procesos morfodinámicos superficiales.

A partir de los resultados alcanzados, queda por comprender el comportamiento real del permafrost regional, respecto del cual se desconoce su magnitud, distribución y mecanismo de funcionamiento. Aunque se podría señalar que su distribución responde a condiciones de montaña y por tanto, su distribución compromete localizaciones espaciales restringidas, podría llegar a configurar una respuesta a la comprensión del ciclo hidrológico regional con esta tendencia al incremento de caudales, ya que este aumento de los recursos hídricos se aprecia en todos los meses del año. Será que la respuesta alcanzada por la tendencia del incremento de caudales regionales se vincula a una dinámica de derretimiento del permafrost?. Resolver esta incógnita debería ser parte del trabajo futuro, a la vez que mejorar la distribución y calidad de las estaciones meteorológicas con emplazamiento en cordillera, precordillera y sistema costero, única forma de validar los resultados alcanzados con este método indirecto de análisis.

BIBLIOGRAFIA

- Abbott MB, Wolfe BB, Wolfe AP, Seltzer GO, Aravena R, Mark BG, Polissar PJ, Rodbell DT, Rowe HD y M Vuille.** Holocene paleohydrology and glacial history of the central Andes using multiproxy lake sediment studies. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 194,1-3(2003)123-138.
- Abdallah C, Chorowicz J, Kheir RB y A Khawlie.** Detecting major terrain parameters relating to mass movements occurrence using GIS, remote sensing and statistical correlations, case study Lebanon. *Remote Sensing of Environment* 99,4(2005)448-461.
- Abebe AJ y RK Price.** Managing uncertainty in hydrological models using complementary models. *Hydrological Sciences Journal-Journal des Sciences Hydrologiques* 48,5(2003)679-692.
- Adger WN, Arnell NW y EL Tompkins.** Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 15,2(2005a)77-86.
- Adger WN, Brown K y M Hulme.** Redefining global environmental change. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 15,1(2005b)1-4.
- Aksoy H y ML Kavvas.** A review of hillslope and watershed scale erosion and sediment transport models. *Catena* 64(2005)247-271.
- Aldrian E, Sein D, Jacob D, Gates LD y R Podzun.** Modelling Indonesian rainfall with a coupled regional model. *Climate Dynamics* 25(2005)1-17.
- Alkolibi FM.** Possible effects of global warming on agriculture and water resources in Saudi Arabia: impacts and responses. *Climatic Change* 54,1-2(2002)225-245.
- Allen, L.H.** Plant responses to rising carbon dioxide and potential interactions with air pollutants. *Journal of Environmental Quality* 19(1990)15-34.
- Anctil F, Perrin C y V Andreassian.** Impact of the length of observed records on the performance of ANN and of conceptual parsimonious rainfall-runoff forecasting models. *Environmental Modelling & Software* 19,4(2004)357-368.
- Anderson MG y TP Burt.** Process determination in time and space. En: Goudie A (ed) *Geomorphological Techniques*. Ediciones George Allen & Unwin, Londres, 1981:12-21.
- Andreoli RV y MT Kayano.** Enso-related rainfall anomalies in South America and associated circulation features during warm and cold Pacific Decadal Oscillation regimes. *International Journal of Climatology* 25,15(2005)2017-2030.
- Araghinejad S y DH Burn.** Probabilistic forecasting of hydrological events using geostatistical analysis. *Hydrological Sciences Journal-Journal des Sciences Hydrologiques* 50,5(2005)837-856.
- Arnell N.** Relative effects of multi-decadal climatic variability and changes in the mean and variability of climate due to global warming: future streamflows in Britain. *Journal of Hydrology* 270,3-4(2003)195-213.
- Arnell N, Bryson B, Lang H, Magnuson JJ y P Mulholland.** Hydrology and freshwater ecology. En: Watson R, Zinyowera MC, Moss RH y DJ Dokkenb (eds). *Climate Change 1995 Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses*. IPCC, Cambridge University Press, 1996:325-363.
- Arnell NW, Cannell MGR, Hulme M, Kovats RS, Mitchell JFB, Nicholls RJ, Parry ML, Livermore MTJ y A White.** The consequences of CO2 stabilisation for the impacts of climate change. *Climatic Change* 53,4(2002)413-446.
- Arpe K, Hagemann S, Jacob D y E Roeckner.** The realism of the ECHAM5 models to simulate the hydrological cycle in the Arctic and North European area. *Nordic Hydrology* 36(2005)349-367.

Arrhenius S. On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground. *Philosophical Magazine* 41(1896)237-271.

Arroyo MTK, Cavieres LA, Castor C y AM Humana. Persistent soil seed bank and standing vegetation at a high alpine site in the central Chilean Andes. *Oecologia* 119,1(1999)126-132.

Asner GP, Elmore AJ, Olander LP, Martin RE y AT Harris. Grazing systems, ecosystem responses, and global change. *Annual Review of Environment and Resources* 29(2004)261-299.

Assad ED, Pintor HS, Junior JZ y AMH Avila. Climatic changes impact in agroclimatic zoning of coffee in Brazil. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 39,11(2004)1057-1064.

Atkinson TC, Briffa KR y GR Cooper. Seasonal temperatures in Britain during the past 22.000 years reconstructed using beetle remains. *Nature* 325(1987)587-592.

Aviad Y, Kutiel H y H Lavee. Analysis of beginning, end, and length of the rainy season along a Mediterranean-arid climate transect for geomorphic purposes. *Journal of Arid Environments* 59,1(2004)189-204.

Avissar R. Interactions in general-circulation models. *Reviews of Geophysics* 33(1995)1005-1010.

Avissar R y MM Verstraete. The representation of continental surface processes in atmospheric models. *Review of Geophysics* 28(1990)35-52.

Avissar R y D Werth. Global hydroclimatological teleconnections resulting from tropical deforestation. *Journal of Hydrometeorology* 6,2(2005)134-145.

Bae D-H y KP Georgakakos. Climatic variability of soil water in the American Midwest: Part. hydrologic modeling. *Journal of Hydrology* 162,3-4(1994)355-377.

Balling RC. The climatic impact of a Sonoran vegetation discontinuity. *Climatic Change* 13(1988)99-109.

Balling RC. The impact of summer rainfall on the temperature gradient along the United States - Mexico border. *Journal of Applied Meteorology* 28(1989)304-308.

Balling RC. Impact of desertification on regional and global warming. *Bulletin of the American Meteorological Society* 72,2(1991)232-234.

Balling RC, Klopatek JM, Hildebrandt ML, Moritz CK y CJ Watts. Impacts of land degradation on historical temperature records from the Sonoran desert. *Climatic Change* 40,3-4(1998)669-681.

Bardossy A y H Muster. *Spatial Interpolation of Daily Rainfall Amounts under Different Meteorological Conditions.* Documento de Trabajo, Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Universität Karlsruhe, Alemania, 1992.

Bardossy A y E Plate. Space-time model for daily rainfall using atmospheric circulation patterns. *Water Resources Research* 28(1992)1247-1260.

Bardossy A, Bogardi I e I Matyasovszky. Fuzzy rule-based downscaling of precipitation. *Theoretical and Applied Climatology* 82,1-2(2005)119-129.

Barkmeijer J, Iversen T y TN Palmer. Forcing singular vectors and other sensitive model structures. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 129,592(2003)2401-2423.

Barkstrom BR y ERBE Science Team. First Data from the Earth Radiation Budget Experiment. *Bulletin of American Meteorology Society* 67(1986)818-824.

Baron JS, Poff NL, Angermeier PL, Dahm CN, Gleick PH, Hairston NG, Jackson RB, Johnston CA, Richter BD y AD Steinman. Meeting ecological and societal needs for freshwater. *Ecological Applications* 12,5(2002)1247-1260.

- Barring** L. Climate - change or variation?. *Climatic Change* 25,1(1993)1-13.
- Barry** RG. Changes in mountain climate and glacio-hydrological responses. *Mountain Research and Development* 10,2(1990)161-170.
- Barry** RG. Mountain climatology and past and potential future climatic changes in mountain regions: a review. *Mountain Research and Development* 12,1(1992)71-86.
- Barry** RG. Mountain cryospheric studies and the WCRP climate and cryosphere (CliC) project. *Journal of Hydrology* 282,1-4(2003)177-181.
- Bassett** GW. Breaking recent global temperature records. *Climatic Change* 21,3(1992)303-315.
- Bassett** GW. A note on min-max bias estimators in approximately linear models. *Statistics & Probability Letters* 21,1(1994)27-28.
- Bassett** GW y WJ **Hurley**. Effects of alternative HOME-AWAY sequences in a best-of-seven playoff series. *American Statistician* 52,1(1998)51-53.
- Bassett** GW, **JenkinsSmith** HC y CL **Silva**. Robust contingent values based on dichotomous choice survey data. *Environmetrics* 8,5(1997)387-395.
- Bassett** GW, **Tam** MYS y K **Knight**. Quantile models and estimators for data analysis. *Metrika* 55,1-2(2002)17-26.
- Bengtsson** L y L **Iritz**. Climate change and floods in Northern basins. En: White WR (ed) *International Conference on River Flood Hydraulics*. Wallingford, Gran Bretaña, 1990:307-316.
- Beniston** M. Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. *Climatic Change* 59,1-2(2003)5-31.
- Beniston** M. Mountain climates and climatic change: an overview of processes focusing on the European Alps. *Pure and Applied Geophysics* 162,8-9(2005)1587-1606.
- Birekland** PW, **Shroba** RR, **Burns** SF, **Price** AB y PJ **Tonkin**. Integrating soils and geomorphology in mountains - an example from the Front Range of Colorado. *Geomorphology* 55,1-4(2003)329-344.
- Blackmon** M, **Boville** B, **Bryan** F, **Dickinson** R, **Gent** P, **Kiehl** J, **Moritz** R, **Randall** D, **Shukla** J, **Solomon** S, **Bonan** G, **Doney** S, **Fung** I, **Hack** J, **Hunke** E, **Hurrell** J, **Kutzbach** J, **Meehl** J, **Otto-Bliesner** B, **Saravanan** R, **Schneider** EK, **Sloan** L, **Spall** M, **Taylor** K, **Tribbia** J y W **Washington**. The community climate system model. *Bulletin of the American Meteorological Society* 82,11(2001)2357-2376.
- Boer** GJ, **Arpe** K, **Blackburn** M, **Deque** M, **Gates** WL, **Hart** TL, **Le Treut** H, **Roeckner** E, **Sheinin** DA, **Simmonds** I, **Smith** RNB, **Tokioka** T, **Wetherald** RT y D **Williamson**. Some results from an intercomparison of the climates simulated by 14 atmospheric general circulation models". *Journal of Geophysical Research* 97(1992)12771-12786.
- Bogardi** I, **Matyasovszky** I, **Bardossy** A y L **Duckstein**. Estimating space-time local hydrological quantities under climate change". *V Reunión Internacional sobre Climatología Estadística*, Toronto, Canadá, 1992.
- Bograd** S, **Schwing** F, **Mendelssohn** R y P **Green-Jessen**. On the changing seasonality over the North Pacific. *Geophysical Research Letters* 29,9(2002)1333.
- Bolin** B. Politics of climate-change. *Nature* 374,6519(1995)208-208.
- Bolin** B. The Kyoto negotiations on climate change: a science perspective. *Science* 279,5349(1998)330-331.
- Bolin** B. Politics and the IPCC. *Science* 296,5571(2002)1235-1235.

Bolin B, Döös BR, Jager J y RA Warrick. The greenhouse effect, climatic change and ecosystems". *SCOPE 29*, Wiley, Chichester, 1986.

Bootsma A. Long term (100 yr) climatic trends for agriculture at selected locations in Canada. *Climatic Change 26*,1(1994)65-88.

Bootsma A, Gameda S y DW McKenney. Impacts of potential climate change on selected agroclimatic indices in Atlantic Canada. *Canadian Journal of Soil Science 85*,2(2005a)329-343.

Bootsma A, Gameda S y DW McKenney DW. Potential impacts of climate change on corn, soybeans and barley yields in Atlantic Canada. *Canadian Journal of Soil Science 85*,2(2005b)345-357.

Borghini F, Grimalt JO, Sánchez-Hernández JC, Barra R, García CJT y S Focardi. Organochlorine compounds in soils and sediments of the mountain Andean Lakes. *Environmental Pollution 136*,2(2005)253-266.

Bowes MD y PR Crosson. Consequences of climate change for the MINK economy: impacts and responses. *Climatic Change 24*,1-2(1993)131-158.

Bowes MD y RA Sedjo. Impacts and responses to climate-change in forests of the MINK region. *Climatic Change 24*,1-2(1993)63-82.

Braud I, Fernandez P y F Bouraoui. Study of the rainfall-runoff process in the Andes region using a continuous distributed model. *Journal of Hydrology 216*,3-4(1999)155-171.

Braud I, Vich AIJ, Zuluaga J, Fornero L y A Pedrani. Vegetation influence on runoff and sediment yield in the Andes region: observation and modelling. *Journal of Hydrology 254*,1-4(2001)124-144.

Brasseur GP y E Roeckner. Impact of improved air quality on the future evolution of climate. *Geophysical Research Letters 32*(2005)L23704.

Braswell BH, Sacks WJ, Linder E y DS Schimel. Estimating diurnal to annual ecosystem parameters by synthesis of a carbon flux model with eddy covariance net ecosystem exchange observations. *Global Change Biology 11*,2(2005)335-355.

Brauning A y B Mantwill. Summer temperature and summer monsoon history on the Tibetan plateau during the last 400 years recorded by tree rings. *Geophysical Research Letters 31*,24(2004)L24205.

Brea M, Matheos S, Zamuner A y D Ganuza. Growth rings analysis of the Victor Szlapelis Fossil Forest, lower tertiary of Chubut, Argentina. *Ameghiniana 42*,2(2005)407-418.

Briffa KR. Annual climate variability in the Holocene: interpreting the message of ancient trees. *Quaternary Science Reviews 19*,1-5(2000)87-105.

Briffa KR y JA Matthews. ADVANCE-10K: a European contribution towards a hemispheric dendroclimatology for the Holocene. *Holocene 12*,6(2002)639-642.

Brunetti M, Maugeri M, Nanni T y A Navarra. Droughts and extreme events in regional daily Italian precipitation series. *International Journal of Climatology 22*,5(2002)543-558.

Bryan K, Manabe S y RC Pacanowski. A global ocean-atmosphere climate model, Part II. The oceanic circulation. *Journal of Physical Oceanography 5*,1(1975)30-46.

Bryan K, Komro FG, Manabe S y MJ Spelman. Transient climate response to increasing atmospheric carbon dioxide. *Science 215*(1982)56-58.

Bryant NA, Johnson LF, Brazel AJ, Balling RC, Hutchinson CF y LR Beck. Measuring the effect of overgrazing in the Sonoran desert. *Climatic Change 17*(1990)243-264.

Buizza R, Richardson DS y TN Palmer. Benefits of increased resolution in the ECMWF ensemble

system and comparison with poor-man's ensembles. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 129,589(2003)1269-1288.

Bull WB. Discontinuous ephemeral streams. *Geomorphology* 19,3-4(1997)227-276.

Bullard JE. Arid geomorphology. *Progress in Physical Geography* 29,1(2005)93-103.

Burn DH. Hydrologic effects of climatic change in West-Central Canada. *Journal of Hydrology* 160,1-4(1994)53-70.

Burn DH y **MAH Elnur**. Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology* 255,1-4(2002)107-122.

Burn DH, **Cunderlik** JM y **A Pietroniro**. Hydrological trends and variability in the Liard River basin. *Hydrological Sciences Journal-Journal des Sciences Hydrologiques* 49,1(2004)53-67.

Cain NL y **PH Gleick**. The global water crisis. *Issues in Science and Technology* 21,4(2005)79-81.

Callis LB. On the coupled nature of atmospheric phenomena. *WMO Symposium sobre Aspectos Geofísicos y Consecuencias de Cambios en la Composición de la Estratósfera*, Toronto, WMO-N 511, 1978:193-202.

Calvino PA, **Sadras** VO y **FH Andrade**. Quantification of environmental and management effects on the yield of late-sown soybean. *Field Crops Research* 83,1(2003)67-77.

Cantelaube P, **Terres** JM y **FJ Doblas-Reyes**. Influence of climate variability on European agriculture - analysis of winter wheat production. *Climate Research* 27,2(2004)135-144.

Cao MK, **Prince** SD, **Li** KR, **Tao** B, **Small** J y **XM Shao**. Response of terrestrial carbon uptake to climate interannual variability in China. *Global Change Biology* 9,4(2003)536-546.

Cao MK, **Prince** SD, **Small** J y **SJ Goetz**. Remotely sensed interannual variations and trends in terrestrial net primary productivity 1981-2000. *Ecosystems* 7,3(2004)233-242.

Cao MK, **Prince** SD, **Tao** B, **Small** J y **KR Li**. Regional pattern and interannual variations in global terrestrial carbon uptake in response to changes in climate and atmospheric CO₂. *Tellus Series B-Chemical and Physical Meteorology* 57,3(2005)210-217.

Carpenter TM y **KP Georgakakos**. Continuous streamflow simulation with the HRCDHM distributed hydrologic model. *Journal of Hydrology* 298,1-4(2004)61-79.

Carr ME, **Strub** PT, **Thomas** AC y **JL Blanco**. Evolution of 1996-1999 La Niña and El Niño conditions off the western coast of South America: a remote sensing perspective. *Journal of Geophysical Research-Oceans* 107,C12(2002)3236.

Carson DJ The role of observations in climate prediction and research. *Meteorological Magazine* 120(1991)107-113.

Carson MA y **MJ Kirkby**. *Hillslope Form and Process*. Cambridge University Press, Oxford, 1972.

Casadio S, **di Sarra** A y **G Pisacane**. Satellite on-board temperatures: proxy measurements of Earth's climate changes?. *Geophysical Research Letters* 32,6(2005)L06704.

Cash BA, **Schneider** EK y **L Bengtsson**. Origin of regional climate differences: role of boundary conditions and model formulation in two GCMs. *Climate Dynamics* 25(2005)709-723.

Caviedes CD. El Niño 1972: its climatic, ecological, human, and economic implications. *Geographical Review* 65(1975)493-509.

Cess RD Water vapor feedback in climate models. *Science* 310,5749(2005)795-796.

Cess RD, **Potter** GL, **Blanchet** JP, **Boer** GJ, **Ghan** SJ, **Khial** JT, **Le Treut** H, **Li** ZX, **Liang** XZ, **Mitchell** JFB, **Morcrette** JJ, **Randall** DA, **Riches** MR, **Roeckner** E, **Schlese** U, **Slingo** A, **Taylor** KE, **Washington** WM, **Wetherald** RT y **I Yagai**. Interpretation of cloud-climate feedback as

produced by 14 atmospheric general circulation models. *Science* 245(1989)3-29.

Chang AT y TT Wilheit. Remote sensing of atmospheric water vapour, liquid water and wind speed at the ocean surface by passive microwave techniques from the NIMBUS-5 satellite. *Radio Science* 14(1979)793-802.

Chang EKM. Effects of secular changes in frequency of observations and observational errors on monthly mean MSLP summary statistics derived from ICOADS. *Journal of Climate* 18,17(2005)3623-3633.

Chang KH, Kim JH, Cho CH, Bae DH y JW Kim. Performance of a coupled atmosphere-streamflow prediction system at the Pyungchang River IHP basin. *Journal of Hydrology* 288,1-2(2004)210-224.

Changmin L y F Guobin. Impacts of climate warming on hydrological regime in China: an overview. En: Changmin L y F Guobin (eds) *Regional Hydrological Responses to Climatic Change and Global Warming*. UGI, Beijing, 1992:54-76.

Changnon SA. Trends in floods and related climate conditions in Illinois. *Climatic Change* 5,4(1983)341-363.

Chaves RR, Ross RS y TN Krishnamurti. Weather and seasonal climate prediction for South America using a multi-model superensemble. *International Journal of Climatology* 25,14(2005a)1881-1914.

Chaves RR, Mitra AK y TN Krishnamurti. Seasonal climate prediction for South America with FSU multi-model synthetic superensemble algorithm. *Meteorology and Atmospheric Physics* 89,1-4(2005b)37-56.

Chen ZM, Babiker IS, Chen ZX, Komaki K, Mohamed MAA y K Kato. Estimation of interannual variation in productivity of global vegetation using NDVI data. *International Journal of Remote Sensing* 25,16(2004)3139-3159.

Christensen NS, Wood AW, Voisin N, Lettenmaier DP y RN Palmer. The effects of climate change on the hydrology and water resources of the Colorado river basin. *Climatic Change* 62,1-3(2004)337-363.

Clark MJ. *Advances in Periglacial Geomorphology*. Wiley & Sons, Nueva York, 1988.

Clarke AJ y R Ahmed. Dynamics of remotely forced intraseasonal oscillations off the western coast of South America. *Journal of Physical Oceanography* 29,2(1999)240-258.

Coakley JA. Radiative-convective calculations of surface temperature changes caused by changes in stratospheric ozone. *III Conferencia sobre Radiación Atmosférica de la Sociedad Americana de Meteorología*, Davis, California, 1978:289-292.

Cole JA, Slade S, Jones PD y JM Gregory. Reliable yield on reservoirs and possible effects of climatic change. *Hydrological Sciences Journal* 36,6(1991)579-598.

Colle BA. Sensitivity of orographic precipitation to changing ambient conditions and terrain geometries: an idealized modeling perspective. *Journal of the Atmospheric Sciences* 61,5(2004)588-606.

Cook ER, Palmer JG y RD D'Arrigo. Evidence for a 'Medieval Warm Period' in a 1,100 year tree-ring reconstruction of past austral summer temperatures in New Zealand. *Geophysical Research Letters* 29,14(2002)1667.

Cook ER, Krusic PJ y PD Jones. Dendroclimatic signals in long tree-ring chronologies from the Himalayas of Nepal. *International Journal of Climatology* 23,7(2003)707-732.

Coppus R y AC Imeson. Extreme events controlling erosion and sediment transport in a semi-arid sub-andean valley. *Earth Surface Processes and Landforms* 27,13(2002)1365-1375.

- Coppus R, Imeson AC y J Sevink.** Identification, distribution and characteristics of erosion sensitive areas in three different Central Andean ecosystems. *Catena* 51,3-4(2003)315-328.
- Coughlan MJ y BS Nyenzi.** Climate trends and variability. En: Jager y Ferguson (eds) *Climate Change: Science, Impacts and Policy*. Proceedings of the Second World Climate Conference, Cambridge University Press, Cambridge, 1991:71-82.
- Coulibaly P y DH Burn.** Spatial and temporal variability of Canadian seasonal streamflows. *Journal of Climate* 18,1(2005)191-210.
- Crosta GB y P Frattini.** Controls on modern alluvial fan processes in the central Alps, northern Italy. *Earth Surface Processes and Landforms* 29,3(2004)267-293.
- Crutzen PJ.** New directions: the growing urban heat and pollution island effect - impact on chemistry and climate. *Atmospheric Environment* 38,21(2004)3539-3540.
- Cunderlik JM y DH Burn.** Analysis of the linkage between rain and flood regime and its application to regional flood frequency estimation. *Journal of Hydrology* 261,1-4(2002)115-131.
- Cunderlik JM y DH Burn.** Linkages between regional trends in monthly maximum flows and selected climatic variables. *Journal of Hydrologic Engineering* 9,4(2004)246-256.
- Cunderlik JM y SP Simonovic.** Hydrological extremes in a southwestern Ontario river basin under future climate conditions. *Hydrological Sciences Journal-Journal des Sciences Hydrologiques* 50,4(2005)631-654.
- Dackombe RV y V Gardiner.** *Geomorphological Field Manual*. George Allen & Unwin, Londres, 1983.
- Dai A, Washington WM, Meehl GA, Bettge TW y WG Strand.** The ACPI climate change simulations *Climatic Change* 62(2004)29-43.
- Dai A, Meehl GA, Washington WM y WG Strand.** Atlantic thermohaline circulation in a coupled general circulation model: unforced variations versus forced changes. *Journal of Climate* 18(2005)3270-3293.
- Dai AG, Lamb PJ, Trenberth KE, Hulme M, Jones PD y PP Xie.** The recent Sahel drought is real. *International Journal of Climatology* 24,11(2004)1323-1331.
- Dairaku K, Emori S y T Oki.** Rainfall amount, intensity, duration, and frequency relationships in the Mae Chaem watershed in southeast Asia. *Journal of Hydrometeorology* 5,3(2004)458-470.
- Daly GL y F Wania.** Organic contaminants in mountains. *Environmental Science & Technology* 39,2(2005)385-398.
- Davi NK, Jacoby GC y GC Wiles.** Boreal temperature variability inferred from maximum latewood density and tree-ring width data, Wrangell Mountain region, Alaska. *Quaternary Research* 60,3(2003)252-262.
- Davidson DA, Wilkinson AC, Kimpe LE y JM Blais.** Persistent organic pollutants in air and vegetation from the Canadian Rocky Mountains. *Environmental Toxicology and Chemistry* 23,3(2004)540-549.
- Davies HI y BG Hunt.** The problem of detecting climatic-change in the presence of climatic variability. *Journal of the Meteorological Society of Japan* 72,5(1994)765-771.
- De Beurs KM y GM Henebry.** A statistical framework for the analysis of long image time series. *International Journal of Remote Sensing* 26,8(2005)1551-1573.
- Delworth T y S Manabe.** Climate variability and land-surface processes. *Advances in Water Resources* 16(1993)3-20.
- Dessai S, Adger W, Hulme M, Turnpenny J, Kohler J, y R Warren.** Defining and experiencing

dangerous climate change. *Climatic Change* 64(2004)11-25.

Dessai S, Lu XF y M Hulme. Limited sensitivity analysis of regional climate change probabilities for the 21st century. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 110,D19(2005)D19108.

DeWolf Y. Stratified slope deposits. En: Clark (ed) *Advances in Periglacial Geomorphology*. Wiley & Sons, Nueva York, 1988:91-110.

Diaz-Nieto J y RL Wilby. A comparison of statistical downscaling and climate change factor methods: impacts on low flows in the River Thames, United Kingdom. *Climatic Change* 69,2-3(2005)245-268.

Dickinson RE, Henderson-Sellers A, Kennedy PJ y MF Wilson. *Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme (BATS) for the NCAR Community Climate Model*. Technical Note TN-275/STR, National Center of Atmospheric Research, Boulder, Colorado, 1986.

Dirección General de Aguas (DGA). *Análisis Estadístico de Caudales en los Ríos de Chile*. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Departamento de Hidrología, Volumen II, Santiago, 1991.

Dirección General de Aguas (DGA). *Análisis Uso Actual y Futuro de los Recursos Hídricos de Chile*. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Departamento de Estudios y Planificación. Serie SIT N°26, 4 volúmenes, Santiago, 1996.

Dirección General de Aguas (DGA). *Política Nacional de Recursos Hídricos*. Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Aguas, Santiago, 1999.

Dooge JCI. World Climate Impact Studies Programme. En: Jager y Ferguson (eds) *Climate Change: Science, Impacts and Policy*. Proceedings of the Second World Climate Conference, Cambridge University Press, Cambridge, 1991:169-175.

Dooge JCI, Kuusisto E, Askew A, Bergström S, Bonnell M, Burn D, Edmunds WM Feddes RA, Hall A, Kundzewicz Z, Liebscher H-J, Lins H, Llasat M-C, Lucero O, Pilon P, Roald L, Saelthun NR, Schädler B, Shiklomanov I, Strupczewski WG, Vaikmäe R, Varis O y C Vorosmarty. Climate and water - a 1998 perspective. En: Dooge JCI y E Kuusisto (eds) *Report of the Second International Conference on Climate and Water*. Helsinki University of Technology, Helsinki 1998.

Douglass DC, Singer BS, Kaplan MR, Ackert RP, Mickelson DM y MW Caffee. Evidence of early Holocene glacial advances in southern South America from cosmogenic surface-exposure dating. *Geology* 33,3(2005)237-240.

Drezner TD y RC Balling. Climatic controls of saguaro (*Carnegiea gigantea*) regeneration: a potential link with El Niño. *Physical Geography* 23,6(2002)465-475.

Drosdowsky LM y WJ Maunder. Australian industrial and commercial response to climate-change - risk analysis and communication under uncertainty. *Climatic Change* 25,3-4(1993)247-254.

Edmonds JA y NJ Rosenberg. Climate change impacts for the conterminous USA: an integrated assessment summary. *Climatic Change* 69,1(2005)151-162.

Esper J, Cook ER y FH Schweingruber. Low-frequency signals in long tree-ring chronologies for reconstructing past temperature variability. *Science* 295,5563(2002a)2250-2253.

Esper J, Schweingruber FH y M Winiger. 1300 years of climatic history for Western Central Asia inferred from tree-rings. *Holocene* 12,3(2002b)267-277.

Esterby SR. Review of methods for the detection and estimation of trends with emphasis on water quality applications. *Hydrological Processes* 10,2(1996)127-149.

Evans DJA. Glaciers. *Progress in Physical Geography* 29,1(2005)114-121.

- Ewert F, Rounsevell MDA, Reginster I, Metzger MJ y R Leemans.** Future scenarios of European agricultural land use I. Estimating changes in crop productivity. *Agriculture Ecosystems & Environment* 107,2-3(2005)101-116.
- Eybergen FA y AC Imeson.** Geomorphological processes and climatic-change. *Catena* 16,4-5(1989)307-319.
- Fagre DB, Peterson DL y AE Hessl.** Taking the pulse of mountains: ecosystem responses to climatic variability. *Climatic Change* 59,1-2(2003)263-282.
- Falkenmark M.** The massive water scarcity now threatening Africa - why isn't being addressed?. *Ambio* 18,2(1989)112-118.
- Famiglietti JS, Braswell BH y F Giorgi.** Process-controls and similarity in the US continental-scale hydrological cycle from EOF analysis of regional climate model simulations. *Hydrological Processes* 9,3-4(1995)437-444.
- Fels SB.** An accurate, fast algorithm for calculating stratospheric CO₂ 15 *um* cooling rates in GCMS. *Tercera Conferencia sobre Radiación Atmosférica de la Sociedad Meteorológica de América*, Davis, California, 1978: 306-307.
- Fels SB y MD Schwarzkopf.** Stratospheric effects of doubled CO₂ concentration in a General Circulation Model. *Tercera Conferencia sobre Radiación Atmosférica de la Sociedad Meteorológica de América*, Davis, California, 1978:287-288.
- Fennessy MJ y J Shukla.** Seasonal prediction over North America with a regional model nested in a global model. *Journal of Climate* 13,14(2000)2605-2627.
- Fernández P, Grimalt JO y RM Vilanova.** Atmospheric gas-particle partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons in high mountain regions of Europe. *Environmental Science & Technology* 36,6(2002)1162-1168.
- Fiebig-Wittmaack M.** Gridsize induced error in the discretization of exchange processes at the tropopause. *Atmósfera* 18,3(2005)157-172.
- Field CB y R Avissar.** Bidirectional interactions between the biosphere and the atmosphere – introduction. *Global Change Biology* 4,5(1998)459-460.
- Frank D y J Esper.** Temperature reconstructions and comparisons with instrumental data from a tree-ring network for the European Alps. *International Journal of Climatology* 25,11(2005)1437-1454.
- Frederick KD.** Climate change impacts on water resources and possible responses in the MINK region. *Climatic Change* 24,1-2(1993)83-115.
- Frederick KD, Major DC y EZ Stakhiv.** Water resources planning principles and evaluation criteria for climate change: summary and conclusions. *Climatic Change* 37(1997)291-313.
- Fu GB, Chen SL, Liu CM y D Shepard.** Hydro-climatic trends of the Yellow River basin for the last 50 years. *Climatic Change* 65,1-2(2004)149-178.
- Fu Q y CM Johanson.** Satellite-derived vertical dependence of tropical tropospheric temperature trends. *Geophysical Research Letters* 32,10(2005)L10703.
- Furuya J y O Koyama.** Impacts of climatic change on world agricultural product markets: estimation of macro yield functions. *JARQ-Japan Agricultural Research Quarterly* 39,2(2005)121-134.
- Gadgil A y A Dhorde.** Temperature trends in twentieth century at Pune, India. *Atmospheric Environment* 39,35(2005)6550-6556.
- Galbraith JW y Ch Green.** Inference about trends in global temperature data. *Climatic Change*

22,3(1992)209-221.

Gan TY. Hydroclimatic trends and possible climatic warming in the Canadian Prairies. *Water Resources Research* 34,11(1998)3009-3015.

García-Barrón L y MF Pita. Stochastic analysis of time series of temperatures in the south-west of the Iberian Peninsula. *Atmósfera* 17,4(2004)225-244.

Garreaud R y J Rutllant. Meteorological analysis of debris flow in Antofagasta and Santiago de Chile during 1991-1993. *Atmósfera* 9,4(1996)251-271.

Gates WL. AMIP, the Atmospheric Model Intercomparison Project. *Bulletin of American Meteorology Society* 73(1992)1962-1970.

Gates WL. Derivation of the equations of atmospheric motion in oblate spheroidal coordinates. *Journal of the Atmospheric Sciences* 61,20(2004)2478-2487.

Georgakakos KP. Probabilistic climate-model diagnostics for hydrologic and water resources impact studies. *Journal of Hydrometeorology* 4,1(2003)92-105.

Georgakakos KP, Seo DJ, Gupta H, Schaake J y MB Butts. Towards the characterization of streamflow simulation uncertainty through multimodel ensembles. *Journal of Hydrology* 298,1-4(2004)222-241.

Georgakakos KP, Bae DH y CS Jeong. Utility of ten-day climate model ensemble simulations for water resources applications in Korean watersheds. *Water Resources Management* 19,6(2005)849-872.

Gifford RM. Direct effects of carbon dioxide concentrations on vegetation. En: Pearman GL (ed) *Greenhouse: Planning for Climate Change*. CSIRO, Melbourne, 1988:506-519.

Giorgi F y LO Mearns. Approaches to the simulations of regional climate change: a review. *Reviews of Geophysics* 29(1991)191-216.

Giorgi F y LO Mearns. Calculation of average, uncertainty range, and reliability of regional climate changes from AOGCM simulations via the reliability ensemble averaging (REA) method. *Journal of Climate* 15(2002)1141-1158.

Giorgi F y LO Mearns. Probability of regional climate change calculated using the Reliability Ensemble Averaging (REA) method. *Geophysical Research Letters* 30,12(2003)doi: 10.1029/2003GL017130.

Giorgi F, Whetton P, Jones R, Christensen JH, Mearns LO, Hewitson B, von Storch H, Francisco R y C Jack. Emerging patterns of simulated regional climatic changes for the 21st century due to anthropogenic forcings. *Geophysical Research Letters* 28,17(2001)3317-3321.

Glantz MH y H Cullen. Zimbabwe's food crisis. *Environment* 45,1(2003)9-11.

Gleick PH. Methods for evaluating the regional hydrologic impacts of global climatic changes. *Journal of Hydrology* 88(1986)97-116.

Gleick PH. Regional hydrologic consequences of increases in atmospheric CO₂ and other trace gases. *Climatic Change* 10(1987)137-161.

Gleick PH. Climate change, hydrology and water resources. *Reviews of Geophysics* 27(1989)329-344.

Gleick PH. Global freshwater resources: soft-path solutions for the 21st century. *Science* 302,5650(2003)1524-1528.

Goossens C y A Berger. How to recognize an abrupt climatic change?. En: Berger WH y LD Labeyrie (eds) *Abrupt Climatic Change*. NATO ASI Series C216:31-45, Reidel, Dordrecht.

- Gordon** HB y **BG Hunt**. Climatic variability within an equilibrium greenhouse simulation. *Climate Dynamics* 9,4-5(1994)195-212.
- Goudie** A. *Geomorphological Techniques*. George Allen & Unwin, Londres, 1981.
- Grassl** H. Remote sensing and global climate change: water cycle and energy budget. En: Jager y Ferguson (eds) *Climate Change: Science, Impacts and Policy*. Proceedings of the Second World Climate Conference, Cambridge University Press, Cambridge, 1991:187-194.
- Grimalt** JO, **Borghini** F, **Sánchez-Hernández** JC, **Barra** R, **García** CJT y **S Focardi**. Temperature dependence of the distribution of organochlorine compounds in the mosses of the Andean mountains. *Environmental Science & Technology* 38,20(2004)5386-5392.
- Grody** NC, **Vinnikov** KY, **Goldberg** MD, **Sullivan** JT y **JD Tarpley**. Calibration of multisatellite observations for climatic studies: Microwave Sounding Unit (MSU). *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 109,D24(2004)D24104.
- Grosjean** M, **Cartagena** I, **Geyh** MA y **L Núñez**. From proxy data to paleoclimate interpretation: the mid-Holocene paradox of the Atacama Desert, northern Chile. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 194,1-3(2003)247-258.
- Grothmann** T y **A Patt**. Adaptive capacity and human cognition: the process of individual adaptation to climate change. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 15,3(2005)199-213.
- Gruzdev** AN y **GP Brasseur**. Long-term changes in the mesosphere calculated by a two-dimensional model. *Journal of Geophysical Research - Atmospheres* 110,D3(2005)D03304.
- Gutiérrez-Elorza** M y **JL Peña-Monné**. Geomorphology and late Holocene climatic change in northeastern Spain. *Geomorphology* 23,2-4(1998)205-217.
- Gwynne** RN y **C Meneses**. *Climate Change and Sustainable Development in Norte Chico, Chile: Land, Water and the Commercialisation of Agriculture*. School of Geography, University of Birmingham, Occasional Publication 34 - Environmental Change Unit, University of Oxford, Research Report 5, Birmingham, 1994.
- Haile** M. Weather patterns, food security and humanitarian response in sub-Saharan Africa. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 360,1463(2005)2169-2182.
- Hall** A y **S Manabe**. Effect of water vapor feedback on internal and anthropogenic variations of the global hydrologic cycle. *Journal of Geophysical Research* 105,D5(2000)6935-6944.
- Halpin** PM, **Strub** PT, **Peterson** WT y **TR Baumgartner**. An overview of interactions among oceanography, marine ecosystems, climatic and human disruptions along the eastern margins of the Pacific Ocean. *Revista Chilena de Historia Natural* 77,3(2004)371-409.
- Hansen** J y **S Lebedeff**. Global trends of measured surface air temperature. *Journal of Geophysical Research* 92,D11(1987)13345-13372.
- Hansen** JW y **M Indeje**. Linking dynamic seasonal climate forecasts with crop simulation for maize yield prediction in semi-arid Kenya. *Agricultural and Forest Meteorology* 125,1-2(2004)143-157.
- Harden** CP y **PD Scruggs**. Infiltration on mountain slopes: a comparison of three environments. *Geomorphology* 55,1-4(2003)5-24.
- Hardy** RJ. Fluvial geomorphology. *Progress in Physical Geography* 29,3(2005)411-425.
- Hare** FK. *Climate and Desertification: A Revised Analysis*. World Climate Programme WCP-44, World Meteorological Organization, 149 páginas, Génova, 1983.
- Hare** FK. Climatic variability and change. En: Kates RW, Ausubel JH y M Berberian (eds) *Climate*

Impact Assessment. SCOPE 27:37-68, Wiley, Chichester, 1985.

Harris C, Vonder Muhll D, Isaksen K, Haeberli W, Sollid JL, King L, Holmlund P, Dramis F, Guglielmin M y D Palacios. Warming permafrost in European mountains. *Global and Planetary Change* 39,3-4(2003)215-225.

Harris RN y DS Chapman. Borehole temperatures and tree rings: seasonality and estimates of extratropical Northern Hemispheric warming. *Journal of Geophysical Research-Earth Surface* 110,F4(2005)F04003.

Harrison GP y AR Wallace. Sensitivity of wave energy to climate change. *IEEE Transactions on Energy Conversion* 20,4(2005)870-877.

Harrison GP, Whittington HW y AR Wallace. Climate change impacts on financial risk in hydropower projects. *IEEE Transactions on Power Systems* 18,4(2003)1324-1330.

Harvey AM. Effective timescales of coupling within fluvial systems. *Geomorphology* 44,3-4(2002)175-201.

Hashimoto M y S Nishioka. Potential impacts of climate change on human settlements; the energy, transport and industrial sectors; human health and air quality. En: Jager y Ferguson (eds) *Climate Change: Science, Impacts and Policy*. Proceedings of the Second World Climate Conference, Cambridge University Press, Cambridge, 1991:109-122.

Hasler N, Avissar R y GE Liston. Issues in simulating the annual precipitation of a semiarid region in central Spain. *Journal of Hydrometeorology* 6,4(2005)409-422.

Hay LE, McCabe GJ, Wolock DM y MA Ayers. Simulation of precipitation by weather type analysis. *Water Resources Research* 27(1991)493-501.

Hay LE, Clark MP, Wilby RL, Gutowski WJ, Leavesley GH, Pan Z, Arritt RW y ES Takle. Use of regional climate model output for hydrologic simulations. *Journal of Hydrometeorology* 3,5(2002)571-590.

He YL e YP Zhang. Climate change from 1960 to 2000 in the Lancang River valley, China. *Mountain Research and Development* 25,4(2005)341-348.

Hegerl GC y JM Wallace. Influence of patterns of climate variability on the difference between satellite and surface temperature trends. *Journal of Climate* 15,17(2002)2412-2428.

Held IM, Delworth TL, Lu J, Findell KL y TR Knutson. Simulation of Sahel drought in the 20th and 21st centuries. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102,50(2005)17891-17896.

Henderson-Sellers A. Getting GARP to grow grass: land surfaces in global climate models. *Australian Meteorological Magazine* 38(1990a)245-254.

Henderson-Sellers A. Evaluation for the continent of Australia of the simulation of the surface climate using the Biosphere/Atmosphere Transfer Scheme (BATS) coupled into a global climate model. *Climate Research* 1(1990b)43-62.

Henderson-Sellers A y K McGuffie. Concepts of good science in climate change modelling. *Climatic Change* 42,3(1999)597-610.

Henderson-Sellers A y MF Wilson. Surface albedo data for climatic modelling. *Review of Geophysic Space Physical* 21(1983)1743-1778.

Henderson-Sellers A, Zhang H y W Howe. Human and physical aspects of tropical deforestation. En: Giambelluca T y A Henderson-Sellers (eds) *Climate Change, People and Policy: Developing Southern Hemisphere Perspective*. Wiley & Sons, Nueva York, 1995:259-291.

Henderson-Sellers A, McGuffie K y H Zhang. Stable isotopes as validation tools or global

climate model predictions of the impact of Amazonian deforestation. *Journal of Climate* 15(2002)2664-2677.

Henderson-Sellers A, Irannejad P, McGuffie K, y AJ Pitman. Predicting land-surface climates - better skill or moving targets?. *Geophysical Research Letters* 30,14(2003)1777.

Henne S, Furger M y ASH Prevot. Climatology of mountain venting-induced elevated moisture layers in the lee of the Alps. *Journal of Applied Meteorology* 44,5(2005)620-633.

Herrmann SM y CF Hutchinson. The changing contexts of the desertification debate. *Journal of Arid Environments* 63,3(2005)538-555.

Herrmann SM, Anyamba A y CJ Tucker. Recent trends in vegetation dynamics in the African Sahel and their relationship to climate. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 15,4(2005)394-404.

Hewitt CD, Senior CA y JFB Mitchell. The impact of dynamic sea-ice on the climatology and climate sensitivity of a GCM: a study of past, present, and future climates. *Climate Dynamics* 17,9(2001)655-668.

Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL, Jones PG y A Jarvis. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25,15(2005)1965-1978.

Hillel D y C Rosenzweig. Desertification in relation to climate variability and change. *Advances in Agronomy* 77(2002)1-38.

Hirsch RM, Slack JR y RA Smith. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research* 18,1(1982)107-121.

Hock R. Glacier melt: a review of processes and their modelling. *Progress in Physical Geography* 29,3(2005)362-391.

Holloway JL y S Manabe. Simulation of climate by a global general circulation model, I. Hydrologic cycle and heat balance. *Monthly Weather Review* 99,5(1971)335-370.

Holloway JL, Spelman MJ y S Manabe. Latitude-longitude grid suitable for numerical time integration of a global atmospheric model. *Monthly Weather Review* 101,1(1973)69-78.

Holman IP, Rounsevell MDA, Shackley S, Harrison PA, Nicholls RJ, Berry PM y E Audsley. A regional, multi-sectoral and integrated assessment of the impacts of climate and socio-economic change in the UK. *Climatic Change* 71,1(2005a)9-41.

Holman IP, Nicholls RJ, Berry PM, Harrison PA, Audsley E, Shackley S y MDA Rounsevell. A regional, multi-sectoral and integrated assessment of the impacts of climate and socio-economic change in the UK. *Climatic Change* 71,1(2005b)43-73.

Holmgren M, Scheffer M, Ezcurra E, Gutiérrez JR y GMJ Mohren. El Niño effects on the dynamics of terrestrial ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* 16,2(2001)89-94.

Horrocks LA, Candy B, Nightingale TJ, Saunders RW, O'Carroll A y AR Harris. Parameterizations of the ocean skin effect and implications for satellite-based measurement of sea-surface temperature. *Journal of Geophysical Research-Oceans* 108,C3(2003)3096.

Houghton JT. Scientific assessment of climate change: summary of the IPCC Working Group I Report. En: Jager y Ferguson (eds) *Climate Change: Science, Impacts and Policy*. Proceedings of the Second World Climate Conference, Cambridge University Press, Cambridge, 1991:23-45.

Houghton RA, Boone RD, Fruci JR, Hobbie JE, Melillo JM, Palm CA, Peterson BJ, Shaver GR, Woodwell GM, Moore B, Skole DL y N Myers. The flux of carbon from terrestrial ecosystems to the atmosphere in 1980 due to changes in land use: geographic distribution of the global flux. *Tellus* 39B,1-2(1987)122-139.

Houghton RA y GM Woodwell. Cambio climático global. *Investigación y Ciencia* 153(1989)8-17.

Hu A y GA Meehl. Reasons for a fresher northern North Atlantic in the late 20th century. *Geophysical Research Letters* 32(2005)doi: 10.1029/2005GL022900.

Hu AX, Meehl GA y WQ Han. Detecting thermohaline circulation changes from ocean properties in a coupled model. *Geophysical Research Letters* 31(2004)doi: 10.1029/2004GL020218.

Huang BH y J Shukla. Ocean-atmosphere interactions in the tropical and subtropical Atlantic Ocean. *Journal of Climate* 18,1(2005)1652-1672.

Huang BH, Schopf PS y J Shukla. Intrinsic ocean-atmosphere variability of the tropical Atlantic Ocean. *Journal of Climate* 17,11(2004)2058-2077.

Huang SP. Merging information from different resources for new insights into climate change in the past and future. *Geophysical Research Letters* 31,13(2004)L13205.

Huang SP, Pollack HN y PY Shen. Temperature trends over the past five centuries reconstructed from borehole temperatures. *Nature* 403,6771(2000)756-758.

Hueneke LF, Anderson JP, Remmenga M y WH Schlesinger. Desertification alters patterns of aboveground net primary production in Chihuahuan ecosystems. *Global Change Biology* 8,3(2002)247-264.

Hulme M y M Kelly. Exploring the links between desertification and climate change. *Environment* 35,6(1993)4-45.

Hulme M. Global warming. *Progress in Physical Geography* 24,4(2000)591-599.

Hulme M. Climatic perspectives on Sahelian desiccation: 1973-1998. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 11,1(2001)19-29.

Hulme M, Doherty R, Ngara T, New M y D Lister. African climate change: 1900-2100. *Climate Research* 17,2(2001)145-168.

Hunt BG. A model study of some aspects of soil hydrology relevant to climatic modelling. *Quaternary Journal Research of Meteorological Society* 111(1985)1071-1085.

Hunt BG. Natural climatic variability as an explanation for historical climatic fluctuations. *Climatic Change* 38,2(1998a)133-157.

Hunt BG. Nonlinear influences - a key to short-term climatic perturbations. *Journal of the Atmospheric Sciences* 45,3(1998b)387-395.

Hunt BG. A description of persistent climatic anomalies in a 1000-year climatic model simulation. *Climate Dynamics* 17,9(2001)717-733.

Hunt BG. The stationarity of global mean climate. *International Journal of Climatology* 24,7(2004)795-806.

Hunt BG y HL Davies. Mechanism of multi-decadal climatic variability in a global climatic model. *International Journal of Climatology* 17,6(1997)565-580.

Hunt BG y TI Elliott. Secular variability of ENSO events in a 1000-year climatic simulation. *Climate Dynamics* 20,7-8(2003)689-703.

Hunt BG y TI Elliott. Interaction of climatic variability with climatic change. *Atmosphere-Ocean* 42,3(2004)145-172.

Hunt ER y BA Miyake. Comparison of stocking rates from remote sensing and geospatial data. *Rangeland Ecology & Management* 59,1(2006)11-18.

Huntley B e IC Prentice. July temperatures in Europe from pollen data, 6000 years before present. *Science* 241(1988)687-690.

Idso SB y **AJ Brazel**. Rising atmospheric carbon dioxide concentrations may increase streamflow. *Nature* 312(1984)51-53.

Imeson AC y **H Lavee**. Soil erosion and climate change: the transect approach and the influence of scale. *Geomorphology* 23,2-4(1998)219-227.

Imeson AC y **HAM Prinsen**. Vegetation patterns as biological indicators for identifying runoff and sediment source and sink areas for semi-arid landscapes in Spain. *Agriculture Ecosystems & Environment* 104,2(2004)333-342.

Immerzeel WW, **Quiroz** RA y **SM de Jong**. Understanding precipitation patterns and land use interaction in Tibet using harmonic analysis of SPOT VGT-S10 NDVI time series. *International Journal of Remote Sensing* 26,11(2005)2281-2296.

Irannejad P, **Henderson-Sellers** A y **S Sharmeen**. Importance of land-surface parameterization for latent heat simulation in global atmospheric models. *Geophysical Research Letters* 30,17(2003)1904.

Izaurrealde RC, **Thomson** AM, **Rosenberg** NJ y **RA Brown**. Climate change impacts for the conterminous USA: an integrated assessment - Part 6. Distribution and productivity of unmanaged ecosystems. *Climatic Change* 69,1(2005)107-126.

Izrael YA. Climate change impact studies: the IPCC Working Group II Report. En: Jager y Ferguson (eds) *Climate Change: Science, Impacts and Policy*. Proceedings of the Second World Climate Conference, Cambridge University Press, Cambridge, 1991:83-86.

Jager J. The International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP). *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 13,1(2003)69-73.

Jain A y **S Srinivasulu**. Development of effective and efficient rainfall-runoff models using integration of deterministic, real-coded genetic algorithms and artificial neural network techniques. *Water Resources Research* 40,4(2004)W04302.

Jaksic FM. The multiple facets of El Niño Southern Oscillation in Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 71,2(1998)121-131.

Jaksic FM. Ecological effects of El Niño in terrestrial ecosystems of western South America. *Ecography* 24,3(2001)241-250.

Jeong CS, **Heo** JH, **Bae** DH y **KP Georgakakos**. Utility of high-resolution climate model simulations for water resources prediction over the Korean Peninsula: a sensitivity study. *Hydrological Sciences Journal-Journal des Sciences Hydrologiques* 50,1(2005)139-153.

Ji L y **AJ Peters**. Lag and seasonality considerations in evaluating AVHRR NDVI response to precipitation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 71,9(2005)1053-1061.

Jin L, **Jin** J y **C Yao**. A short-term climate prediction model based on a modular fuzzy neural network. *Advances in Atmospheric Sciences* 22,3(2005)428-435.

Jodha NS. Globalization and fragile mountain environments - policy challenges and choices. *Mountain Research and Development* 20,4(2000)296-299.

Jodha NS y **WJ Maunder**. Climate, climate change and the economy. En: Jager y Ferguson (eds) *Climate Change: Science, Impacts and Policy*. Proceedings of the Second World Climate Conference, Cambridge University Press, Cambridge, 1991:409-414.

Johns TC, **Gregory** JM, **Ingram** WJ, **Johnson** CE, **Jones** A, **Lowe** JA, **Mitchell** JFB, **Roberts** DL, **Sexton** DMH, **Stevenson** DS, **Tett** SFB y **MJ Woodage**. Anthropogenic climate change for 1860 to 2100 simulated with the HadCM3 model under updated emissions scenarios. *Climate Dynamics* 20,6(2003)583-612.

Jones JAA. Projected impacts of global warming on hydrological regime in western Europa. En:

Changmin y Guobin (eds) *Regional Hydrological Responses to Climatic Change and Global Warming*. UGI, Beijing, 1992: 25-53.

Jones GV, White MA, Cooper OR y K Storckmann. Climate change and global wine quality. *Climatic Change* 73,3(2005)319-343.

Jones JM y M Widmann. Instrument- and tree-ring-based estimates of the Antarctic oscillation. *Journal of Climate* 16,21(2003)3511-3524.

Jones PD. El clima de los últimos mil años. *Mundo Científico* 10,102(1990)542-550.

Jones PD y PM Kelly. Causes on interannual global temperature variations over the period since 1861. En: Wanner y Siegenthaler (eds) *Lecture Notes in Earth Sciences* 16: Long and Short Term Variability of Climate. Springer Verlag, Berlín, 1988: 18-34.

Jones PD y D Lister. The development of monthly temperature series for Scotland and northern Ireland. *International Journal of Climatology* 24(2004)569-590.

Jones PD y ME Mann. Climate over past millennia. *Reviews of Geophysics* 42,2(2002)RG2002.

Jones PD y A Moberg. Hemispheric and large-scale surface air temperature variations: an extensive revision and an update to 2001. *Journal of Climate* 16(2003)206-223.

Jones PD, Osborn TJ y KR Briffa. The evolution of climate over the last millennium. *Science* 292,5517(2001)662-667.

Joseph JM y R Burtsztn. A radiative cooling model in the thermal infrared for application to models of the general circulation. *Journal of Applied Meteorology* 15,4(1976)319-325.

Kadioglu M y L Saylan. Trends of growing degree-days in Turkey. *Water Air and Soil Pollution* 126,1-2(2001)83-96.

Kahya E y S Kalayci. Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology* 289,1-4(2004)128-144.

Kaivo-oja J, Luukkanen J y M Wilenius. Defining alternative national-scale socio-economic and technological futures up to 2100: SRES scenarios for the case of Finland. *Boreal Environment Research* 9,2(2004)109-125.

Kalthoff N, Bischoff-Gauss I, Fiebig-Wittmaack M, Fiedler F, Thurauf J, Novoa JE, Pizarro C, Castillo R, Gallardo L, Rondanelli R y M Kohler. Mesoscale wind regimes in Chile at 30 degrees S. *Journal of Applied Meteorology* 41,9(2002)953-970.

Kane RP. Rainfall extremes in some selected parts of Central and South America: ENSO and other relationships reexamined. *International Journal of Climatology* 19,4(1999)423-455.

Kang IS, Jin K, Lau KM, Shukla J, Krishnamurthy V, Schubert SD, Waliser DE, Stern WF, Satyan V, Kitoh A, Meehl GA, Kanamitsu M, Galin VY, Sumi A, Wu G, Liu Y y JK Kim. Intercomparison of atmospheric GCM simulated anomalies associated with the 1997/98 El Niño. *Journal of Climate* 15,19(2002)2791-2805.

Kansakar SR, Hannah DM, Gerrard J y G Rees. Spatial pattern in the precipitation regime of Nepal. *International Journal of Climatology* 24,13(2004)1645-1659.

Kates RW. Population and consumption - what we know, what we need to know. *Environment* 42,3(2000)10-19.

Kates RW. Queries on the human use of the earth. *Annual Review of Energy and the Environment* 26(2001)1-26.

Kates RW y TM Parris. Long-term trends and a sustainability transition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100,14(2003)8062-8067.

- Kates RW y TJ Wilbanks.** Making the global local: responding to climate change concerns from the ground up. *Environment* 45,3(2003)12-23.
- Kates RW, Ausubel JH y M Berberian** (eds). *Climate Impact Assessment*. SCOPE 27, Wiley, Chichester, 1985.
- Kates RW, Clark WC, Corell R, Hall JM, Jaeger CC, Lowe I, McCarthy JJ, Schellnhuber HJ, Bolin B, Dickson NM, Faucheux S, Gallopin GC, Grubler A, Huntley B, Jager J, Jodha NS, Kaspersen RE, Mabogunje A, Matson P, Mooney H, Moore B, O'Riordan T y U Svedin.** Environment and development - Sustainability science. *Science* 292,5517(2001)641-642.
- Kates RW, Parris TM y AA Leiserowitz.** What is sustainable development? Goals, indicators, values, and practice. *Environment* 47,3(2005)8-21.
- Katz RW, Parlange MB y P Naveau.** Statistics of extremes in hydrology. *Advances in Water Resources* 25,8-12(2002)1287-1304.
- Kayane I.** An introduction to global water dynamics. En: Changmin y Guobin (eds) *Regional Hydrological Responses to Climatic Change and Global Warming*. UGI, Beijing, 1992:1-11.
- Kaczmarek Z.** Water resources management. En: Watson R, Zinyowera MC, Moss RH y DJ Dokkenb R (eds). *Climate Change 1995 Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses*. IPCC, Cambridge University Press, 1996:469-486.
- Keenlyside N, Latif M, Botzet M, Jungclaus J y U Schulzweida.** A coupled method for initializing ENSO forecasts usinf SST data. *Tellus* 57(2005)340-356.
- Keller CF.** 1000 years of climate change. *Advances in Space Research* 34,2(2004)315-322.
- Kellogg WW.** Response to skeptics of global warming. *Bulletin of the American Meteorological Society* 72,4(1991)499-511.
- Kemp D.** *Global Environmental Issues. A Climatological Approach*. Routledge, Londres, 1994.
- Khandekar ML, Murty TS y P Chittibabu.** The global warming debate: a review of the state of science. *Pure and Applied Geophysics* 162,8-9(2005)1557-1586.
- Kim YO, Seo YW, Lee DR y C Yoo.** Potential effects of global warming on a water resources system in Korea. *Water International* 30,3(2005)400-405.
- King CAM.** *Techniques in Geomorphology*. Edward Arnold, Londres, 1971.
- Kinzig AP, Starrett D, Arrow K, Aniyar S, Bolin B, Dasgupta P, Ehrlich P, Folke C, Hanemann M, Heal G, Hoel M, Jansson A, Jansson BO, Kautsky N, Levin S, Lubchenco J, Maler KG, Pacala SW, Schneider SH, Siniscalco D y B Walker.** Coping with uncertainty: a call for a new science-policy forum. *Ambio* 32,5(2003)330-335.
- Kirk-Davidoff DB, Goody RM y JG Anderson.** Analysis of sampling errors for climate monitoring satellites. *Journal of Climate* 18,6(2005)810-822.
- Kirkby MJ y RPC Morgan.** *Erosión de Suelos*. LIMUSA, México, México, 1984.
- Kirtman BP y J Shukla.** Interactive coupled ensemble: a new coupling strategy for CGCMs. *Geophysical Research Letters* 29,10(2002)1367.
- Kite GW.** Analysing hydrometeorological time series for evidence of climatic change. *Nordic Hydrology* 24,2-3(1993a)135-150.
- Kite GW.** Application of a land class hydrological model to climatic change. *Water Resources Research* 29,7(1993b)2377-2384.
- Kite GW.** Land surface parameterizations of GCMs and macroscale hydrological models. *Journal of the American Water Resources Association* 34,6(1998)1247-1254.

- Kite** GW. Modelling the Mekong: hydrological simulation for environmental impact studies. *Journal of Hydrology* 253,1-4(2001)1-13.
- Kloster** S, **Feichter** J, **Maier-Reimer** E, **Six** KD, **Stier** P y **P Wetzel**. DMS cycle in the marine ocean-atmosphere system - a global model study. *Biogeosciences Discussions* 2(2005)1067-1126.
- Knutson** TR, **Manabe** S y **D Gu**. Simulated ENSO in a global coupled ocean-atmosphere model: multidecadal amplitude modulation and CO₂ sensitivity. *Journal of Climate* 10,1(1997)138-161.
- Kondrat'ev** KY. *Changes in Global Climate. A Study of the Effect of Radiation and Other Factors During the Present Century*. Balkema, Rotterdam, 1992.
- Kondrat'ev** KY. Global climate observation system. *Soviet Journal of Remote Sensing* 11,6(1994)1038-1052.
- Kondrat'ev** KY y **PP Fedchenko**. Effect of solar radiation on the evolution of the biosphere. *Herald of the Russian Academy of Sciences* 75,3(2005)288-296.
- Kondrat'ev** KY e **YL Matveev**. Role of primary admixtures in the formation and fluctuation of the Earth's climate. *Doklady Earth Sciences* 401A,3(2005)417-420.
- Kondratyev** KY, **Pozdnyakov** DV y **LH Pettersson**. Water quality remote sensing in the visible spectrum. *International Journal of Remote Sensing* 19,5(1998)957-979.
- Koster** R y **M Suárez**. Modeling the land surface boundary in climate models as a composite of independent vegetation stands. *Journal of Geophysical Research* 97(1992)2697-2715.
- Koster** RD y **MJ Suárez**. The components of a SVAT scheme and their effects on a GCM's hydrological cycle. *Advances in Water Resources* 17,1-2(1994)61-78.
- Koster** RD y **MJ Suárez**. Relative contributions of land and ocean processes to precipitation variability. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 100,D7(1995)13775-13790.
- Koster** RD y **MJ Suárez**. The influence of land surface moisture retention on precipitation statistics. *Journal of Climate* 9,10(1996)2551-2567.
- Koster** RD y **MJ Suárez**. A simple framework for examining the interannual variability of land surface moisture fluxes. *Journal of Climate* 12,7(1999)1911-1917.
- Koster** RD y **MJ Suárez**. Soil moisture memory in climate models. *Journal of Hydrometeorology* 2,6(2001)558-570.
- Koster** RD y **MJ Suárez**. Impact of land surface initialization on seasonal precipitation and temperature prediction. *Journal of Hydrometeorology* 4,2(2003)408-423.
- Koster** RD y **MJ Suárez**. Suggestions in the observational record of land-atmosphere feedback operating at seasonal time scales. *Journal of Hydrometeorology* 5,3(2004)567-572.
- Koster** RD y **MJ Suárez**. The Components of a SVAT Scheme and their Effects on a GCM's hydrological cycle. *Advances in Water Resources* 17,1-2(1994)61-78.
- Krepper** CM, **García** NO y **PD Jones**. Interannual variability in the Uruguay river basin. *International Journal of Climatology* 23(2003)103-115.
- Krysanova** V, **Hattermann** F y **A Habeck**. Expected changes in water resources availability and water quality with respect to climate change in the Elbe river basin (Germany). *Nordic Hydrology* 36,4-5(2005)321-333.
- Kung** H. Impacts of global warming on Tennessee surface runoff. En: Changmin y Guobin (eds) *Regional Hydrological Responses to Climatic Change and Global Warming*. UGI, Beijing, 1992:77-82.

- Kutiel P y H Lavee H.** Effect of slope aspect on soil and vegetation properties along an aridity transect. *Israel Journal of Plant Sciences* 47,3(1999)169-178.
- Lauriol B, Duguay CR y A Riel.** Response of the Porcupine and Old Crow rivers in northern Yukon, Canada, to Holocene climatic change. *Holocene* 12,1(2002)27-34.
- Lautridou JP.** Recent advances in cryogenic weathering. En: Clark MJ (ed) *Advances in Periglacial Geomorphology*. Wiley & Sons, Nueva York, 1988: 33-47.
- Lautridou JP y B Francou.** Present-day periglacial processes and landforms in mountains areas. *Permafrost and Periglacial Processes* 3(1992)93-101.
- Lavee H, Imeson AC y P Sarah.** The impact of climate change on geomorphology and desertification along a Mediterranean-arid transect. *Land Degradation & Development* 9,5(1998)407-422.
- Le Treut H.** Global hydrological changes associated with a perturbation of the climate system: the role of atmospheric feedbacks, their uncertainty and their validation. *Advances in Water Resources* 23(1999)121-131.
- Lenten LJA e IA Moosa.** An empirical investigation into long-term climate change in Australia. *Environmental Modelling & Software* 18,1(2003)59-70.
- Lettenmaier DP y TY Gan.** Hydrologic sensitivities of the Sacramento-San Joaquin river basin, California, to global warming. *Water Resources Research* 26,1(1990)69-86.
- Leung LR, Mearns LO, Giorgi F y RL Wilby.** Regional climate research. *Bulletin of the American Meteorological Society* 84,1(2003)89-95.
- Lewin J.** Slope processes. En: Goudie A (ed) *Geomorphological Techniques*. George Allen & Unwin, Londres, 1981: 156-180.
- Lewkowicz AG.** Slope processes. En: Clark MJ (ed) *Advances in Periglacial Geomorphology*. Wiley & Sons, Nueva York, 1988: 325-368.
- Li CH, Yang ZF y X Wang.** Trends of annual natural runoff in the Yellow river basin. *Water International* 29,4(2004)447-454.
- Li SG, Harazono Y, Zhao HL, He ZY, Chang XL, Zhao XY, Zhang TH y T Oikawa.** Micrometeorological changes following establishment of artificially established artemisia vegetation on desertified sandy land in the Horqin sandy land, China and their implication on regional environmental change. *Journal of Arid Environments* 52,1(2002)101-119.
- Linderholm HW y DL Chen.** Central Scandinavian winter precipitation variability during the past five centuries reconstructed from *Pinus sylvestris* tree rings. *Boreas* 34,1(2005)43-52.
- Linderholm HW, Solberg BO y M Lindholm.** Tree-ring records from central Fennoscandia: the relationship between tree growth and climate along a west-east transect. *Holocene* 13,6(2003)887-895.
- Lindzen RS y C Giannitsis.** Reconciling observations of global temperature change. *Geophysical Research Letters* 29,12(2002)1583.
- Lins HF, Shiklomanov IA y EZ Stakhiv.** Impacts on hydrology and water resources. En: Jager y Ferguson (eds) *Climate Change: Science, Impacts and Policy*. Proceedings of the Second World Climate Conference, Cambridge University Press, Cambridge, 1991:87-97.
- Lins HF, DM Wolock y GJ McCabe.** Scale and modeling issues in water resources planning. *Climatic Change* 37(1997)63-88.
- Liu P, Meehl GA y G Wu.** Multi-model trends in the Sahara induced by increasing CO₂. *Geophysical Research Letters* 18(2002)doi:10.1029/2002GL015923.

- Liu YQ y R Avissar.** A study of persistence in the land-atmosphere system with a fourth-order analytical model. *Journal of Climate* 12,8(1999)2154-2168.
- Loaiciga HA, Valdes JB, Vogel R, Garvey J y H Schwarz.** Global warming and the hydrologic cycle. *Journal of Hydrology* 174(1996)83-127.
- Lorente A, García-Ruiz JM, Beguería S y J Arnáez.** Factors explaining the spatial distribution of hillslope debris flows: a case study in the flysch sector of the central Spanish Pyrenees. *Mountain Research and Development* 22,1(2002)32-39.
- Lorenz P y D Jacob.** Influence of regional scale information on the global circulation: a two-way nesting climate simulation. *Geophysical Research Letters* 32(2005)L18706.
- Lorius C.** Past global changes and their significance for the future – preface. *Quaternary Science Reviews* 19,1-5(2000)1-2.
- Lorius C.** Energies and climate: what are the lessons for the future?. *Comptes Rendus de L'Academie des Sciences Serie II Fascicule A-Sciences de la Terre et des Planetes* 333,12(2001)841-843.
- Lorius C.** Greenhouse effect: gaps of knowledge and perception. *Comptes Rendus Geoscience* 335,6-7(2003)545-549.
- Lorius C y H Oeschger.** Palaeo-Perspectives: reducing uncertainties in global change?. *Ambio* 23(1994)30-36.
- Lounsbury JF y FT Aldrich.** *Introduction to Geographic Field Methods and Techniques.* Merrill Publishing Company, Columbus, 1979.
- Lovett JC, Midgley GF y P Barnard.** Climate change and ecology in Africa. *African Journal of Ecology* 43,3(2005)167-169.
- Luo JJ, Masson S, Roeckner E, Madec G y T Yamagata.** Reducing climatology bias in an ocean-atmosphere CGCM with improved coupling physics. *Journal of Climate* 18(2005)2344-2360.
- Malone TF.** Global change past, present and future. *Tellus* 43AB,4(1991)182-187.
- Manabe S.** Climate and ocean circulation I: The atmospheric circulation and hydrology of the Earth's surface. *Monthly Weathering Review* 97(1969)739-774.
- Manabe S.** Carbon dioxide and climate. *Advances in Geophysics* 25(1983)39-82.
- Manabe S.** Early development in the study of greenhouse warming: the emergence of climate models. *Ambio* 26,1(1997)47-51.
- Manabe S y AJ Broccoli.** Mountains and arid climates of middle latitudes. *Science* 247(1990)192-195.
- Manabe S y RJ Stouffer.** Century-scale effects of increased atmospheric CO₂ on the ocean-atmosphere system. *Nature* 364,6434(1993)215-218.
- Manabe S y RJ Stouffer.** Low-frequency variability of surface air temperature in a 1000-year integration of a coupled atmosphere-ocean-land surface model. *Journal of Climate* 9,2(1996)376-393.
- Manabe S y RJ Stouffer.** Study of abrupt climate change by a coupled ocean-atmosphere model. *Quaternary Science Reviews* 19(2000)285-299.
- Manabe S y RT Wetherald.** On the distribution of climate change resulting from an increase in CO₂ content of the atmosphere. *Journal of the Atmospheric Sciences* 37,1(1980)99-118.
- Manabe S y RT Wetherald.** Large-scale changes of soil wetness induced by an increase in atmospheric carbon dioxide. *Journal of Atmospheric Science* 44(1987)1211-1235.

- Manabe S, Bryan K y MJ Spelman.** A global ocean-atmosphere climate model. Part I. The atmospheric circulation. *Journal of Physical Oceanography* 5,1(1975)3-29.
- Manabe S, Stouffer RJ y MJ Spelman.** Response of a coupled ocean-atmosphere model to increasing atmospheric carbon dioxide. *Ambio* 23(1994)44-49.
- Manabe S, Knutson TR, Stouffer RJ y TL Delworth.** Exploring natural and anthropogenic variation of climate. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 127,571(2001)1-24.
- Manabe S, Wetherald RT, Milly PCD, Delworth TL y RJ Stouffer.** Century-scale change in water availability: CO₂-quadrupling experiment. *Climatic Change* 64,1-2(2004a)59-76.
- Manabe S, Milly PCD y R Wetherald.** Simulated long-term changes in river discharge and soil moisture due to global warming. *Hydrological Sciences* 49(2004b)625-642.
- Mann ME y PD Jones.** Global surface temperatures over the past two millennia. *Geophysical Research Letters* 30,15(2003)1820.
- Marengo JA, Cavalcanti IFA, Satyamurty P, Trosnikov I, Nobre CA, Bonatti JP, Camargo H, Sampaio G, Sanches MB, Manzi AO, Castro CAC, D'Almeida C, Pezzi LP y L Candido.** Assessment of regional seasonal rainfall predictability using the CPTEC/COLA atmospheric GCM. *Climate Dynamics* 21,5-6(2003)459-475.
- Maruyama T, Kawachi T y VP Singh.** Entropy-based assessment and clustering of potential water resources availability. *Journal of Hydrology* 309,1-4(2005)104-113.
- Martinelli N.** Climate from dendrochronology: latest developments and results. *Global and Planetary Change* 40,1-2(2004)129-139.
- Matsuoka N y O Humlum.** Monitoring periglacial processes: new methodology and technology. *Permafrost and Periglacial Processes* 14,4(2003)299-303.
- Matyasovszky I.** A nonlinear approach to modeling climatological time series. *Theoretical and Applied Climatology* 69,3-4(2001)139-147.
- Matyasovszky I.** The relationship between NAO and temperature in Hungary and its nonlinear connection with ENSO. *Theoretical and Applied Climatology* 74,1-2(2003)69-75.
- Matyasovszky I e I Bogardi.** A space-time stochastic climatological approach to daily global solar radiation. *Climate Research* 7,1(1996a)11-20.
- Matyasovszky I e I Bogardi.** Downscaling two versions of a general circulation model to estimate local hydroclimatic factors under climate change. *Hydrological Sciences Journal-Journal des Sciences Hydrologiques* 41,1(1996b)117-129.
- Matyasovszky I, Bogardi I, Bardossy A y L Duckstein.** *Evaluation of historical and GCM produced atmospheric circulations patterns.* Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Nebraska, Lincoln, Nebraska, 1992.
- Matyasovszky I, Bogardi I, Bardossy A y L Duckstein.** Space-time precipitation reflecting climate change. *Hydrological Sciences Journal* 38,6(1993)539-558.
- McBean GA.** Global climate, energy and water cycle. En: Jager y Ferguson (eds) *Climate Change: Science, Impacts and Policy.* Proceedings of the Second World Climate Conference, Cambridge University Press, Cambridge, 1991:177-185.
- McBean GA.** Global change models - a physical perspective. *Ambio* 23(1)1994:13-18.
- McBean GA.** Prediction as a basis for planning and response. *Water International* 27,1(2002)70-76.
- McBean GA.** Climate change and extreme weather: a basis for action. *Natural Hazards* 31,1(2004)177-190.

McBean GA y **D Henstra**. *Climate Change, Natural Hazards and Cities for Natural Resources Canada*. Institute for Catastrophic Loss Reduction ICLR Research Paper Series 31, Toronto, 2003.

McGuffie K y **A Henderson-Sellers**. Forty years of numerical climate modelling. *International Journal of Climatology* 21,9(2001)1067-1109.

McGuffie K, **Henderson-Sellers** A, **Zhang** H, **Durbidge** TB y **A Pitman**. Global climate sensitivity to tropical deforestation. *Global and Planetary Change* 10(1995)97-128.

McGuffie K, **Henderson-Sellers** A y **H Zhang**. Modelling climate impacts of future rainforest destruction. En: Maloney BK (ed) *Human Activities and the Tropical Rainforest*. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, 1998:169-193.

McGuffie K, **Henderson-Sellers** A, **Holbrook** N, **Kothavala** Z, **Balachova** O y **J Hoekstra**. Assessing simulations of daily temperature and precipitation variability with global climate models for present and enhanced greenhouse climates. *International Journal of Climatology* 19,1(1999)1-26.

Mearns LO. Changes in climate variability with climate change En: Majumdar SK, Kalkstein LS, Yarnel B, Miller EW y LM Rosenfeld (eds) *Global Climate Change: Implications, Challenges, and Mitigation Measures*. Pennsylvania Academy of Science, Easton, 1992:209-226.

Mearns LO. Implications of global warming for climate variability and the occurrence of extreme events. En: Wilhite (ed) *Drought Assessment, Management, and Planning: Theory and Case Study*. Kluwer, Boston, 1993:109-130.

Mearns LO. Climate change and variability. En: Reddy KA y HF Hodges (eds) *Climate Change and Global Crop Productivity*. Center for Agricultural and Biosciences International, Nueva York, 2000:7-35.

Mearns LO, **Katz** RW y **SH Schneider**. Extreme high-temperature events: changes in their probabilities with changes in mean temperature. *Journal of Climate and Applied Meteorology* 23(1984)1601-1613.

Mearns LO, **Schneider** SH, **Thompson** SL y **LR McDaniel**. Analysis of climate variability in general circulation models: comparison with observations and changes in variability in 2xCO₂ experiments. *Journal of Geophysical Research* 95(1990)20469-20490.

Mearns LO, **Rosenzweig** C y **R Goldberg**. The effect of changes in daily and interannual climatic variability on CERES-wheat: a sensitivity study. *Climatic Change* 32(1996)257-292.

Mearns LO, **Rosenzweig** C y **R Goldberg**. Mean and variance change in climate scenarios: methods, agricultural applications, and measures of uncertainty. *Climatic Change* 35(1997)367-396.

Mearns LO, **Bogardi** I, **Giorgi** F, **Matyasovszky** I y **M Palecki**. Comparison of climate change scenarios generated from regional climate model experiments and statistical downscaling. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 104,D6(1999)6603-6621.

Mearns LO, **Giorgi** F, **Shields** C y **L McDaniel**. Climate scenarios for the southeastern US based on GCM and regional modeling simulations. *Climatic Change* 60(2003)7-36.

Meehl, G.A. y **J.M. Arblaster**. The Asian-Australian monsoon and El Niño-Southern Oscillation in the NCAR climate system model. *Journal of Climate* 11(1998)1356-1385.

Meehl GA y **JM Arblaster**. The tropospheric biennial oscillation and Indian monsoon rainfall. *Geophysical Research Letters* 28(2001)1731-1734.

Meehl GA y **JM Arblaster**. The tropospheric biennial oscillation and Asian-Australian monsoon rainfall. *Journal of Climate* 15(2002a)722-744.

Meehl GA y **JM Arblaster**. Indian monsoon GCM sensitivity experiments testing tropospheric

biennial oscillation transition conditions. *Journal of Climate* 15(2002b)923-944.

Meehl GA y JM Arblaster. Mechanisms for projected future changes in south Asian monsoon precipitation. *Climate Dynamics* 21(2003)659-675.

Meehl GA y C Tebaldi. More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. *Science* 305(2004)994-997.

Meehl GA y WM Washington. A comparison of soil-moisture sensitivity in two global climate models. *Journal of Atmospheric Science* 45(1988)1476-1492.

Meehl GA, Arblaster JM y WG Strand. Global scale decadal climate variability. *Geophysical Research Letters* 25(1998)3983-3986.

Meehl GA, Collins WD, Boville BA, Kiehl JT, Wigley TML y JM Arblaster. Response of the NCAR climate system model to increased CO₂ and the role of physical processes. *Journal of Climate* 13(2000a)1879-1898.

Meehl GA, Washington WM, Arblaster JM, Bettge TW y WG Strand. Anthropogenic forcing and decadal climate variability in sensitivity experiments of twentieth- and twenty-first-century climate. *Journal of Climate* 13(2000b)3728-3744.

Meehl GA, Arblaster JM y WG Strand. Sea-ice effects on climate model sensitivity and low frequency variability. *Climate Dynamics* 16(2000c)257-271.

Meehl GA, Gent PR, Arblaster JM, Otto-Bliesner BL, Brady EC y A Craig. Factors that affect the amplitude of El Niño in global coupled models. *Climate Dynamics* 17(2001)515-527.

Meehl GA, Arblaster JM y J Loschnigg. Coupled ocean-atmosphere dynamical processes in the tropical Indian and Pacific oceans and the TBO. *Journal of Climate* 16(2003a)2138-2158.

Meehl GA, Washington WM, Wigley TML, Arblaster JM y A Dai. Solar and greenhouse gas forcing and climate response in the twentieth century. *Journal of Climate* 16(2003b)426-444.

Meehl GA, Washington WM, Ammann CM, Arblaster JM, Wigley TML y C Tebaldi. Combinations of natural and anthropogenic forcings in twentieth-century climate. *Journal of Climate* 17(2004a)3721-3727.

Meehl GA, Washington WM, Arblaster JM y A Hu. Factors affecting climate sensitivity in global coupled models. *Journal of Climate* 17(2004b)1584-1596.

Meehl GA, Arblaster JM y C Tebaldi. Understanding future patterns of increased precipitation intensity in climate model simulations. *Geophysical Research Letters* 32(2005a)doi: 10.1029/2005GL023680.

Meehl GA, Covey C, McAvaney B, Latif M y RJ Stouffer. Overview of the coupled model intercomparison project. *Bulletin of American Meteorological Society* 86(2005b)89-93.

Mehta VM, DeCandis AJ y AV Mehta. Remote-sensing-based estimates of the fundamental global water cycle: annual cycle. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 110,D22(2005)D22103.

Menzel A, Jakobi G, Ahas R, Scheifinger H y N Estrella. Variations of the climatological growing season (1951-2000) in Germany compared with other countries. *International Journal of Climatology* 23,7(2003)793-812.

Metzger MJ. *European Vulnerability to Global Change: a Spatially Explicit and Quantitative Assessment.* Tesis de Doctorado, Universidad de Wageningen, Holanda, 2005.

Miksovsky J y A Raidl. Testing the performance of three nonlinear methods of time series analysis for prediction and downscaling of European daily temperatures. *Nonlinear Processes in Geophysics* 12,6(2005)979-991.

- Miller** JR y GL **Russell**. The impact of global warming on river runoff. *Journal of Geophysical Research* 97,D3(1992)2757-2764.
- Minetti** JL. Trends and jumps in the annual precipitation in South America, south of the 15 degrees S. *Atmósfera* 11,4(1998)205-221.
- Minetti** JL, **Vargas** WM, **Poblete** AG, **Acuña** LR y G **Casagrande**. Non-linear trends and low frequency oscillations in annual precipitation over Argentina and Chile, 1931-1999. *Atmósfera* 16,2(2003)119-135.
- Mintz** Y y M **Schlesinger**. *Ozone Production and Transport with the UCLA General Circulation Model*. Cuarta Conferencia sobre CIAP, Department of Transportation, Washington, D.C., 1976:201-223.
- Mitchell** JFB. Can we believe predictions of climate change?. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 130,602(2004)2341-2360.
- Mitchell** JFB, **Senior** CA y WJ **Ingram**. CO₂ and climate: a missing feedback?. *Nature* 341(1989)132-134.
- Mitchell** JFB y Q **Zeng**. Climate change prediction. *Meteorological Magazine* 120,1430(1991a)153-163.
- Mitchell** JFB y Q **Zeng**. Climate change prediction. En: Jager y Ferguson (eds) *Climate Change: Science, Impacts and Policy*. Proceedings of the Second World Climate Conference, Cambridge University Press, Cambridge, 1991b:59-70.
- Mitchell** JFB, **Johns** TC, **Eagles** M, **Ingram** WJ y RA **Davis**. Towards the construction of climate change scenarios. *Climatic Change* 41,3-4(1999)547-581.
- Mitchell** JM, **Dzerdzeevskii** B, **Flohn** H, **Hofmeyr** WL, **Lamb** HH, **Rao** KN y CC **Wallen**. *Climatic Change*. WMO Technical Note 79 (WMO-195/TP-100), World Meteorological Organization, 79 páginas, Génova, 1966.
- Montecinos** A y P **Aceituno**. Seasonality of the ENSO-related rainfall variability in central Chile and associated circulation anomalies. *Journal of Climate* 16,2(2003)281-296.
- Montecinos** A y O **Pizarro**. Interdecadal sea surface temperature-sea level pressure coupled variability in the South Pacific Ocean. *Journal of Geophysical Research-Oceans* 110,C8(2005)C08005.
- Moonen** AC, **Ercoli** L, **Mariotti** M y A **Masoni**. Climate change in Italy indicated by agrometeorological indices over 122 years. *Agricultural and Forest Meteorology* 111,1(2002)13-27.
- Moore** B y BH **Braswell**. Planetary metabolism understanding the carbon cycle. *Ambio* 23(1994)4-12.
- Mori** K. A trend of long-term changes in water balance in central Japan. En: Changmin y Guobin (eds) *Regional Hydrological Responses to Climatic Change and Global Warming*. UGI, Beijing, 1992:133-146.
- Morin** E, **Georgakakos** KP, **Shamir** U, **Garti** R e Y **Enzel**. Objective, observations-based, automatic estimation of the catchment response timescale. *Water Resources Research* 38,10(2002)1212.
- Moss** ME y HF **Lins**. *Water Resources in the Twenty-First Century - A Study of the Implications of Climate Uncertainty*. U.S. Geological Survey, Circular 1030, Denver, Colorado, 1989.
- Motha** RP y W **Baier**. Impacts of present and future climate change and climate variability on agriculture in the temperate regions: North America. *Climatic Change* 70,1-2(2005)137-164.

- Moura AD y S Hastenrath.** Climate prediction for Brazil's nordeste: performance of empirical and numerical modeling methods. *Journal of Climate* 17,13(2004)2667-2672.
- Munnich M y JD Neelin.** Seasonal influence of ENSO on the Atlantic ITCZ and equatorial South America. *Geophysical Research Letters* 32,21(2005)L21709.
- Myhre G y A Myhre.** Uncertainties in radiative forcing due to surface albedo changes caused by land-use changes. *Journal of Climate* 16,10(2003)1511-1524.
- Nash LL y PH Gleick.** Sensitivity of streamflow in the Colorado basin to climatic changes. *Journal of Hydrology* 125(1991)221-241.
- Naurzbaev MM, Hughes MK y EA Vaganov.** Tree-ring growth curves as sources of climatic information. *Quaternary Research* 62,2(2004)126-133.
- Newson M y J Lewin.** Climatic change, river flow extremes and fluvial erosion - scenarios for England and Wales. *Progress in Physical Geography* 15,1(1991)1-17.
- Nicholson SE, Tucker CJ y MB Ba.** Desertification, drought, and surface vegetation: an example from the West African Sahel. *Bulletin of the American Meteorological Society* 79,5(1998)815-829.
- Nieto S, Frías MD y C Rodríguez-Puebla.** Assessing two different climatic models and the NCEP-NCAR reanalysis data for the description of winter precipitation in the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology* 24,3(2004)361-376.
- Norse D.** Population and global climate change. En: Jager y Ferguson (eds) *Climate Change: Science, Impacts and Policy*. Proceedings of the Second World Climate Conference, Cambridge University Press, Cambridge, 1991:361-365.
- Novak MD.** Micrometeorological changes associated with vegetation removal and influencing desert formation. *Theoretical Applied Climatology* 42(1990)19-25.
- Novoa JE.** Cambios recientes en la línea litoral - bahías de Coquimbo y Guanaquero (IV Región), Chile semiárido: análisis comparativo 1954-1978. *IV Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar*, Coquimbo, 1991.
- Novoa JE.** Eficacia geomorfológica en los sistemas de playas y dunas, bahía de Coquimbo (IV Región, Chile Semiárido): discusión metodológica y resultados. *Anales Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas* 1993:26-33.
- Novoa JE.** Espacios litorales y cambio climático global. *V Congreso Internacional Ciencias de las Tierra*, Santiago, 1998.
- Novoa JE.** Cambio climático global y pedogénesis en ambientes áridos. *Revista de Geografía Estudios Socioterritoriales* 2,2(2001)93-120.
- Novoa JE y D López.** IV Región: el escenario geográfico físico. En: Squeo F, Arancio G y J Gutiérrez (eds) *Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo*. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile 2(2001)13-28.
- Novoa JE y M Robles.** Permafrost en ambientes semiáridos nacionales: antecedentes preliminares. *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas* 1999:96-109.
- Novoa JE, Meza M, Moreno I, Sánchez F y C Serrano.** Análisis morfodinámico aplicado al diagnóstico de riesgos naturales, en los sistemas La Gasca y San Carlos (Quito, Ecuador). *Revista Paisajes Geográficos* 18(1987)5-28.
- Novoa JE, Castillo R y J Debonis.** Tendencia de cambio climático mediante análisis de caudales naturales: cuenca del río La Laguna (Chile semiárido). *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas* 1995:279-288.
- Novoa, José; Castillo, Rubén y José Viada.** Tendencia de Cambio Climático Mediante Análisis de

Caudales Naturales: Cuenca del río Claro (Chile Semiárido). *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas* 1996:47-56.

Novoa JE, Castillo R, Díaz R, Carvajal L y S Guevara. Riesgo potencial de avalanchas de nieve: cuenca del río Elqui (IV Región de Coquimbo, Chile semiárido). *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas* 1998:67-74.

Novoa JE, Castillo R y JM Viada. Morfogénesis aluvional en ambientes semiáridos. *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas* 1999:88-95.

Novoa JE, Robles M, Castillo R y D López. Tendencias potenciales de riesgos morfodinámicos mediante interpretación de caudales máximos (IV Región de Coquimbo - Chile semiárido). *VI Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra*, Santiago, 2000a.

Novoa JE, Fiebig-Wittmaack M, Pizarro C, Fiedler F, Kalthoff N, Bischoff-Gauß I, Castillo R y L Gallardo. Estación de monitoreo atmosférico global Cerro Tololo (Chile). *Anales Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas* 2000b:535-538.

Novoa JE, Fiebig-Wittmaack M, Pizarro C, Castillo R y A Galván. Capa de inversión térmica otoñal en La Serena (Chile semiárido). *Anales Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas* 2001a:103-110.

Novoa JE, Viada JM y D López. *Espacios Áridos y Semiáridos: Compendio Geográfico Físico*. Ediciones Programa de Geografía Física Aplicada, Universidad de La Serena, La Serena, 2001b.

Novoa JE, López D y FA Squeo. Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas. *Anales Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas* 2003:469-472.

Novoa JE, Villalobos L y D Bugueño. Comportamiento térmico estacional de Ovalle (1912-2001), Chile semiárido, IV Región de Coquimbo. *Anales Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas* 2005:89-94.

Oeschger H. Perspectives on global change science: isotopes in the Earth system, past and present. *Quaternary Science Reviews* 19,1-5(2000)37-44.

Oki T, Musiake K y T Koike. Spatial rainfall distribution at a storm event in mountainous regions, estimated by orography and wind direction. *Water Resources Research* 27(1991)359-369.

Okin GS, Murray B y WH Schlesinger. Degradation of sandy arid shrubland environments: observations, process modelling, and management implications. *Journal of Arid Environments* 47,2(2001)123-144.

Ollier CD. Global change and long-term geomorphology. *Terra Nova* 4,3(1992)312-319.

Olsson L, Eklundh L y J Ardo. A recent greening of the Sahel - trends, patterns and potential causes. *Journal of Arid Environments* 63,3(2005)556-566.

ORGANIZACION DE NACIONES UNIDAS. *Inventory of Climate Impact Projects*. Programa de Impacto Climático Mundial (WCIP), Nairobi, 1983.

ORGANIZACION METEOROLOGICA MUNDIAL. *The Physical Basis of Climate and Climate Modelling*. GARP Publication Series 16, WMO/ICSU, Génova, 1975.

ORGANIZACION METEOROLOGICA MUNDIAL. *Proceedings of the World Climate Conference*. WMO Publicación 537, 791 páginas, Génova, 1979.

ORGANIZACION METEOROLOGICA MUNDIAL. *Los Satélites en la Meteorología, la Oceanografía y la Hidrología*. Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial, OMM 585, Ginebra, 1982.

ORGANIZACION METEOROLOGICA MUNDIAL. *Report of the Study Conference on Sensitivity*

of Ecosystems and Society to Climate Change. WCP Publicación 83, Génova, 1984.

ORGANIZACION METEOROLOGICA MUNDIAL. *Report of the International Conference on the Assessment of the Role of Carbon Dioxide and of other Greenhouse Gases in Climate Variations and Associated Impacts*. WMO Publicación 661, Génova, 1986.

O'Riordan T. Economic growth versus the environment: the politics of wealth, health and air pollution. *Ecological Economics* 52,4(2005)544-545.

Ortlieb L. Historical El Niño manifestations in South America since the sixteenth century. *Houille Blanche* 6-7(2002)115-120.

Oyama MD y CA Nobre. Climatic consequences of a large-scale desertification in northeast Brazil: a GCM simulation study. *Journal of Climate* 17,16(2004)3203-3213.

Ozelkan EC y L Duckstein. Fuzzy conceptual rainfall-runoff models. *Journal of Hydrology* 253,1-4(2001)41-68.

Ozenda P y L Borel. The possible responses of vegetation to a global climatic change. En: *Conferencia Europea sobre Impactos Ecológicos del Cambio Climático en Paisajes: Escenarios para el Oeste de Europa con especial referencia a Los Alpes*. IOS Press, Amsterdam, 1990:221-249.

Paeth H, Born K, Podzun R y D Jacob. Regional dynamical downscaling over West Africa: model evaluation and comparison of wet and dry years. *Meteorologische Zeitschrift* 14(2005)349-367.

Paik K, Kim JH, Kim HS y DR Lee. A conceptual rainfall-runoff model considering seasonal variation. *Hydrological Processes* 19,19(2005)3837-3850.

Palecki MA, Angel JR y SE Hollinger. Storm precipitation in the United States. Part I: Meteorological characteristics. *Journal of Applied Meteorology* 44,6(2005)933-946.

Palmer TN. Extended-range atmospheric prediction and the Lorenz model. *Bulletin of the American Meteorology Society* 74(1993)49-65.

Palmer TN. A nonlinear dynamical perspective on model error: a proposal for non-local stochastic-dynamic parametrization in weather and climate prediction models. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 127,572(2001)279-304.

Palmer TN, Doblus-Reyes FJ, Hagedorn R y A Weisheimer. Probabilistic prediction of climate using multi-model ensembles: from basics to applications. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 360,1463(2005a)1991-1998.

Palmer TN, Shutts GJ, Hagedorn R, Doblus-Reyes E, Jung T y M Leutbecher. Representing model uncertainty in weather and climate prediction. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 33(2005b)163-193.

Parris TM y RW Kates. Characterizing and measuring sustainable development. *Annual Review of Environment and Resources* 28(2003)559-586.

Parry M y Z Jiachen. The potential effect of climate changes on agriculture. En: Jager y Ferguson (eds) *Climate Change: Science, Impacts and Policy*. Proceedings of the Second World Climate Conference, Cambridge University Press, Cambridge, 1991:279-289.

Patt A, Suárez P y C Gwata. Effects of seasonal climate forecasts and participatory workshops among subsistence farmers in Zimbabwe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102,35(2005)12623-12628.

Pederson J, Smith G y F Pazzaglia. Comparing the modern, Quaternary, and Neogene records of climate controlled hillslope sedimentation in southeast Nevada. *Geological Society of America Bulletin* 113,3(2001)305-319.

Penman HL. The dependence of transpiration on weather and soil conditions. *Journal of Soil*

Science 1(1949)74-89.

Pepin N y M Losleben. Climate change in the Colorado Rocky Mountains: free air versus surface temperature trends. *International Journal of Climatology* 22,3(2002)311-329.

Pepin NC y DJ Seidel. A global comparison of surface and free-air temperatures at high elevations. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 110,D3(2005)D03104.

Perry AL. The economic impacts, costs and opportunities of global warming. *Progress in Physical Geography* 16,1(1992)97-100.

Perry AL, Low PJ, Ellis JR y JD Reynolds. Climate change and distribution shifts in marine fishes. *Science* 308,5730(2005)1912-1915.

Phillips DL, White D y CB Johnson. Implications of climate change scenarios for soil erosion potential in the USA. *Land Degradation & Rehabilitation* 4,2(1993)61-72.

Piao SL, Fang JY, Ji W, Guo QH, Ke JH y S Tao. Variation in a satellite-based vegetation index in relation to climate in China. *Journal of Vegetation Science* 15,2(2004)219-226.

Pielke RA. Misdefining 'climate change': consequences for science and action. *Environmental Science & Policy* 8(2005)548-561.

Pielke RA, Avissar R, Raupach M, Dolman AJ, Zeng XB y AS Denning. Interactions between the atmosphere and terrestrial ecosystems: influence on weather and climate. *Global Change Biology* 4,5(1998)461-475.

Pesavento E. Analytical evaluation of the power of tests for the absence of cointegration. *Journal of Econometrics* 122,2(2004)349-384.

Pissart A. Advances in periglacial geomorphology. *Z. Geomorphologie* 79(1990)119-131.

Pitman AJ, Henderson-Sellers A y ZL Yang. Sensitivity of regional climates to localized precipitation in global models. *Nature* 346(1990)734-737.

Pittock AB. Patterns of climatic variation in Argentina and Chile-I: Precipitation, 1931-60'. *Monthly Weathering Review* 108(1980)1347-1361.

Pittock AB y MJ Salinger. Southern hemisphere climate scenarios. *Climatic Change* 18(1991)205-222.

Pizarro O y A Montecinos. Interdecadal variability of the thermocline along the west coast of South America. *Geophysical Research Letters* 31,20(2004)L20307.

Pizarro O, Shaffer G, Dewitte B y M Ramos. Dynamics of seasonal and interannual variability of the Peru-Chile undercurrent. *Geophysical Research Letters* 29,12(2002)1581.

Poesen J y H Lavee. Rock fragments in top soils - significance and processes. *Catena* 23,1-2(1994)1-28.

Porter JR y MA Semenov. Crop responses to climatic variation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 360,1463(2005)2021-2035.

Pozdnyakov D, Lyaskovsky A, Grassl H y L Pettersson. Numerical modelling of transspectral processes in natural waters: implications for remote sensing. *International Journal of Remote Sensing* 23,8(2002)1581-1607.

Pozdnyakov D, Shuchman R, Korosov A y C Hatt. Operational algorithm for the retrieval of water quality in the Great Lakes. *Remote Sensing of Environment* 97,3(2005a)352-370.

Pozdnyakov D, Korosov A, Grassl H y L Pettersson. An advanced algorithm for operational retrieval of water quality from satellite data in the visible. *International Journal of Remote Sensing* 26,12(2005b)2669-2687.

- Prabhakara CD, Short A y BE Vollmer.** El Niño and atmospheric water vapour: observations from NIMBUS-7 SMMR. *Journal of Climatological Applied Meteorology* 24(1985)1311-1324.
- Prentice KC e IY Fung.** The sensitivity of the terrestrial carbon storage to climate change. *Nature* 346(1990)48-51.
- Price LW.** *The Periglacial Environment, Permafrost and Man.* Association of American Geographers, Resource Paper 14, Washington, 1972.
- Pryor SC, Barthelmie RJ y E Kjellstrom.** Potential climate change impact on wind energy resources in northern Europe: analyses using a regional climate model. *Climate Dynamics* 25,7-8(2005)815-835.
- Raddatz RL y JD Cummine.** Inter-annual variability of moisture flux from the prairie agro-ecosystem: Impact of crop phenology on the seasonal pattern of tornado days. *Boundary-Layer Meteorology* 106,2(2003)283-295.
- Raisanen J y TN Palmer.** A probability and decision-model analysis of a multimodel ensemble of climate change simulations. *Journal of Climate* 14,15(2001)3212-3226.
- Ramanathan V, Cess RD, Harrison EF, Minnis P, Barkstrom BR, Ahmad E y D Hartman.** Cloud-radiative forcing and climate: results from the Earth Radiation Budget Experiment. *Science* 243(1989)57-63.
- Ramanathan V, Crutzen PJ, Kiehl JT y D Rosenfeld.** Atmosphere - aerosols, climate, and the hydrological cycle. *Science* 294,5549(2001)2119-2124.
- Ren DD, Xue M y A Henderson-Sellers.** Incorporating hydraulic lift into a land surface model and its effects on surface soil moisture prediction. *Journal of Hydrometeorology* 5,6(2004)1181-1191.
- Reynolds JF, Kemp PR y JD Tenhunen.** Effects of long-term rainfall variability on evapotranspiration and soil water distribution in the Chihuahuan desert: a modeling analysis. *Plant Ecology* 150,1-2(2000)145-159.
- Rhea JO.** *Orographic Precipitation Model for Hydrometeorological Use.* Atmospheric Sciences Paper 287, Colorado State University, Fort Collins, 1978.
- Riebsame WE.** Adjusting water-resources management to climate change. *Climatic Change* 13,1(1988a)69-97.
- Riebsame WE.** *Assessing the Social Implications of Climate Change.* Natural Hazards Center, Universidad de Colorado, Colorado, 1988b.
- Riebsame WE.** Drought - opportunities for impact mitigation. *Episodes* 14,1(1991)62-65.
- Riebsame WE, Meyer WB y BL Turner.** Modeling land-use and cover as part of global environmental-change. *Climatic Change* 28,1-2(1994)45-64.
- Rind D, Rosenzweig C y R Goldberg.** Modelling the hydrological cycle in assessments of climate change. *Nature* 358(1992)119-122.
- Rosatti G, Cesari D y L Bonaventura.** Semi-implicit, semi-Lagrangian modelling for environmental problems on staggered Cartesian grids with cut cells. *Journal of Computational Physics* 204(2005)353-377.
- Rosenberg NJ.** Adaptation of agriculture to climate change. *Climatic Change* 21(1992)385-405.
- Rounsevell MDA y RJA Jones.** A soil and agroclimatic model for estimating machinery work-days: the basic model and climatic sensitivity. *Soil & Tillage Research* 26(3)1993:179-191.
- Rounsevell MDA y AP Brignall.** The potential of climate change on autumn soil tillage opportunities in England and Wales. *Soil & Tillage Research* 32(1994)275-289.

- Rounsevell MDA, Ewert F, Reginster I, Leemans R y TR Carter.** Future scenarios of European agricultural land use II. Projecting changes in cropland and grassland. *Agriculture Ecosystems & Environment* 107,2-3(2005)117-135.
- Rowntree PR y J Lean.** Validation of hydrological schemes for climate models against catchment data. *Journal of Hydrology* 155,3-4(1994)301-323.
- Rutllant JA, Rosenbluth B y S Hormazábal.** Intraseasonal variability of wind-forced coastal upwelling off central Chile (30 degrees S). *Continental Shelf Research* 24,7-8(2004)789-804.
- Salzer MW y KF Kipfmüller.** Reconstructed temperature and precipitation on a millennial timescale from tree-rings in the Southern Colorado Plateau, USA. *Climatic Change* 70,3(2005)465-487.
- Sarah P.** Nonlinearity of ecogeomorphic processes along Mediterranean-arid transect. *Geomorphology* 60,3-4(2004)303-317.
- Sardinas JG y MDJ Pedreira.** Calibration of rainfall-runoff models using global optimization. *Ingeniería Hidráulica en México* 18,1(2003)55-73.
- Sarewitz D.** How science makes environmental controversies worse. *Environmental Science Policy* 7,5(2004)385-403.
- Sarker RP.** A dynamical model of orographic rain. *Monthly Weather Review* 94(1966)555-572.
- Sauchyn DJ.** A reconstruction of Holocene geomorphology and climate, western Cypress Hills, Alberta and Saskatchewan. *Canadian Journal of Earth Sciences* 27,11(1990)1504-1510.
- Saunders R.** Monthly mean cloudiness observed from METEOSAT-2. *Journal of Climatological Applied Meteorology* 24(1985)117-127.
- Schellnhuber HJ, Crutzen PJ, Clark WC y J Hunt.** Earth system analysis for sustainability. *Environment* 47,8(2005)10-25.
- Schimel DS, Braswell BH, McKeown R, Ojima DS, Parton WJ y W Pulliam.** Climate and nitrogen controls on the geography and timescales of terrestrial biogeochemical cycling. *Global Biogeochemical Cycles* 10,4(1996)677-692.
- Schimel DS, Braswell BH y WJ Parton.** Equilibration of the terrestrial water, nitrogen, and carbon cycles. *Proceedings of the National Academy of Sciences of The United States of America* 94,16(1997a)8280-8283.
- Schimel DS, Emanuel W, Rizzo B, Smith T, Woodward FI, Fisher H, Kittel TGF, McKeown R, Painter T, Rosenbloom N, Ojima DS, Parton WJ, Kicklighter DW, McGuire AD, Melillo JM, Pan Y, Haxeltine A, Prentice C, Sitch S, Hibbard K, Nemani R, Pierce L, Running S, Borchers J, Chaney J, Neilson R y BH Braswell.** Continental scale variability in ecosystem processes: models, data, and the role of disturbance. *Ecological Monographs* 67,2(1997b)251-271.
- Schimel DS, House JI, Hibbard KA, Bousquet P, Ciais P, Peylin P, Braswell BH, Apps MJ, Baker D, Bondeau A, Canadell J, Churkina G, Cramer W, Denning AS, Field CB, Friedlingstein P, Goodale C, Heimann M, Houghton RA, Melillo JM, Moore B, Murdiyarso D, Noble I, Pacala SW, Prentice IC, Raupach MR, Rayner PJ, Scholes RJ, Steffen WL y C Wirth.** Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems. *Nature* 414,6860(2001)169-172.
- Schlesinger ME y JFB Mitchell.** Climate model simulations of the equilibrium climatic response to increased carbon dioxide. *Review of Geophysics* 25(1987)760-798.
- Schlesinger WH, Reynolds JF, Cunningham GL, Hueneke LF, Jarrell WM, Virginia RA y WG Whitford.** Biological feedbacks in global desertification. *Science* 247(1990)1043-1048.

- Schlesinger WH, Raikes JA, Hartley AE y AE Cross.** On the spatial pattern of soil nutrients in desert ecosystems. *Ecology* 77,2(1996)364-374.
- Schlüssel P.** Satellite-derived low-level atmospheric water vapour content from synergy of AVHRR with HIRS. *International Journal of Remote Sensing* 10(1989)705-721.
- Schlüssel P y WJ Emery.** Atmospheric water vapour over oceans from SSM/I measurements. *International Journal of Remote Sensing* 11(1990)753-766.
- Schneider SH, Easterling WE y LO Mearns.** Adaptation: sensitivity to natural variability, agent assumptions and dynamic climate changes. *Climatic Change* 45(2000)203-221.
- Schoeberl MR y DF Strobel.** The response of the zonally averaged circulation to stratospheric ozone reductions. *Journal of Atmospheric Science* 35,9(1978)1751-1757.
- Schweckendiek U y J Willebrand.** Mechanisms affecting the overturning response in global warming simulations. *Journal of Climate* 18,23(2005)4925-4936.
- Scott D, McBoyle G y M Schwartzentruber.** Climate change and the distribution of climatic resources for tourism in North America. *Climate Research* 27,2(2004)105-117.
- Seibert J.** Regionalisation of parameters for a conceptual rainfall-runoff model. *Agricultural and Forest Meteorology* 98-9(1999)279-293.
- Sener E, Davraz A y M Ozelik.** An integration of GIS and remote sensing in groundwater investigations: a case study in Burdur, Turkey. *Hydrogeology Journal* 13,5-6(2005)826-834.
- Senior CA y JFB Mitchell.** The time-dependence of climate sensitivity. *Geophysical Research Letters* 27,17(2000)2685-2688.
- Shabalova MV, van Deursen WPA y TA Buishand.** Assessing future discharge of the river Rhine using regional climate model integrations and a hydrological model. *Climate Research* 23,3(2003)233-246.
- Shen SSP, Yin H, Cannon K, Howard A, Chetner S y TR Karl.** Temporal and spatial changes of the agroclimate in Alberta, Canada, from 1901 to 2002. *Journal of Applied Meteorology* 44,7(2005)1090-1105.
- Shi N, Chen LW y DD Xia.** A preliminary study on the global land annual precipitation associated with ENSO during 1948-2000. *Advances in Atmospheric Sciences* 19,6(2002)993-1003.
- Shi WZ, Ehlers M y M Molenaar.** Uncertainties in integrated remote sensing and GIS. *International Journal of Remote Sensing* 26,14(2005)2911-2915.
- Shroder JF y MP Bishop.** Mass movement in the Himalaya: new insights and research directions. *Geomorphology* 26,1-3(1998)13-35.
- Shukla J e Y Mintz.** Influence of land-surface evapotranspiration on the Earth's climate. *Science* 215(1982)1498-1501.
- Shukla J, Anderson J, Baumhefner D, Brankovic C, Chang Y, Kalnay E, Marx L, Palmer T, Paolino D, Ploshay J, Schubert S, Straus D, Suárez M y J Tribbia.** Dynamical seasonal prediction. *Bulletin of the American Meteorological Society* 81,11(2000)2593-2606.
- Shuttleworth WJ.** Large-scale experimental and modelling studies of hydrological processes. *Ambio* 23(1994)82-86.
- Singer BS, Ackert RP y H Guillou.** Ar-40/Ar-19 and K-Ar chronology of Pleistocene glaciations in Patagonia. *Geological Society of America Bulletin* 116,3-4(2004)434-450.
- Singh P y L Bengtsson.** Hydrological sensitivity of a large Himalayan basin to climate change. *Hydrological Processes* 18,13(2004)2363-2385.

- Sinha SK.** Impact of climate change on agriculture: a critical assessment. En: Jager y Ferguson (eds) *Climate Change: Science, Impacts and Policy*. Proceedings of the Second World Climate Conference, Cambridge University Press, Cambridge, 1991:99-107.
- Sircoulon J.** Climate, water and development. En: Jager y Ferguson (eds) *Climate Change: Science, Impacts and Policy*. Proceedings of the Second World Climate Conference, Cambridge University Press, Cambridge, 1991:243-252.
- Slymaker O.** Climate change and erosion processes in mountain regions of western Canada. *Mountain Research and Development* 10,2(1990)171-182.
- Slymaker O.** Natural hazards in British Columbia: an interdisciplinary and inter-institutional challenge. *International Journal of Earth Sciences* 88,2(1999)317-324.
- Slymaker O.** The sediment budget as conceptual framework and management tool. *Hydrobiologia* 494,1-3(2003)71-82.
- Slingo A.** Sensitivity of the Earth's radiation budget to changes in low clouds. *Nature* 343(1990)49-51.
- Smith DI.** Greenhouse climatic change and flood damages, the implications. *Climatic Change* 25(1993)319-333.
- Smith MB, Georgakakos KP y X Liang.** The distributed model intercomparison project (DMIP). *Journal of Hydrology* 298,1-4(2004)1-3.
- Smith RB.** The influence of mountains on the atmosphere. *Advances in Geophysics* 21(1979)87-230.
- Smith RB, Barstad I y L Bonneau.** Orographic precipitation and Oregon's climate transition. *Journal of the Atmospheric Sciences* 62,1(2005)177-191.
- Smith RL, Wigley TML y BD Santer.** A bivariate time series approach to anthropogenic trend detection in hemispheric mean temperatures. *Journal of Climate* 16,8(2003)1228-1240.
- Smith SJ, Thomson AM, Rosenberg NJ, Izaurrealde RC, Brown RA y TML Wigley.** Climate change impacts for the conterminous USA: an integrated assessment - Part 1. Scenarios and context. *Climatic Change* 69,1(2005)7-25.
- Smith WL y FX Zhou.** Rapid extraction of layer relative humidity, geopotential thickness and atmospheric stability from satellite sounding radiometer data. *Applied Optics* 21(1982)924-928.
- Soon W y S Baliunas.** Proxy climatic and environmental changes of the past 1000 years. *Climate Research* 23,2(2003)89-110.
- Sorooshian S y VK Gupta.** Automatic calibration of conceptual rainfall-runoff models: the question of parameter observability and uniqueness. *Water Resources Research* 19,1(1983)260-268.
- Spencer RW y JR Christie.** Precise monitoring of global temperatures from satellites. *Science* 247(1990)1558-1562.
- Squeo FA, Cavieres LA, Arancio G, Novoa JE, Matthei O, Marticorena C, Rodríguez R, Arroyo MTK y M Muñoz.** Biodiversity of vascular flora in the Antofagasta Region, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 71,4(1998)571-591.
- Staelin DH, Kiinzi KF, Pettyjohn RL, Poon RKL, Wilcox RW y JW Waters.** Remote sensing of atmospheric water vapour and liquid water with the NIMBUS-5 microwave spectrometer. *Journal of Applied Meteorology* 15(1976)1204-1214.
- Stakhiv EZ.** Managing water resources for climate change adaptation. En: Smith JB et al (eds) *Adapting to Climate Change: an International Perspective*. Springer-Verlag, Nueva York,

1996:243-264.

Starkel L. The role of catastrophic rainfall in the shaping of the relief of the lower Himalaya (Darjeeling Hills). *Geographica Polonica* 21(1972)103-160.

Starkel L. Temporal clustering of extreme rainfall events in relief transformation. *Journal of the Geological Society of India* 64,4(2004)517-523.

Statham I. *Earth Surface Transport*. Clarendon Press, Oxford, 1977.

Steil B, Bruhl C, Manzini E, Crutzen PJ, Lelieveld J, Rasch PJ, Roeckner E y K Kruger. A new interactive chemistry-climate model: 1. Present-day climatology and interannual variability of the middle atmosphere using the model and 9 years of HALOE/UARS data. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 108,D9(2003)4290.

Stendel M, Christy JR y L Bengtsson. Assessing levels of uncertainty in recent temperature time series. *Climate Dynamics* 16,8(2000)587-601.

Stendel M, Mogensen IA y JH Christensen. Influence of various forcings on global climate in historical times using a coupled atmosphere-ocean general circulation model. *Climate Dynamics* 26,1(2006)1-15.

Stenzel OJ y J von Storch. The effect of orography on the global atmospheric angular momentum and the general circulation. *Meteorologische Zeitschrift* 14(2005)387-393.

Stouffer RJ. Time scales of climate response. *Journal of Climate* 17,1(2004)209-217.

Stefan HG y BA Sinokrot. Projected global climate change impact on water temperatures in five north central U.S. streams. *Climatic Change* 24(1993)353-381.

Stouffer RJ, Manabe S y K Bryan. Interhemispheric asymmetry in climate response to a gradual increase of atmospheric CO₂. *Nature* 342(1989)660-662.

Stouffer RJ, Manabe S y KY Vinnikov. Model assessment of the role of natural variability in recent global warming. *Nature* 367(1994)634-636.

Straus DM y J Shukla. Distinguishing between the SST-forced variability and internal variability in mid latitudes: analysis of observations and GCM simulations. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 126,567(2000)2323-2350.

Straus DM y J Shukla. Does ENSO force the PNA?. *Journal of Climate* 15,17(2002)2340-2358.

Straus D, Shukla J, Paolino D, Schubert S, Suárez M, Pegion P y A Kumar. Predictability of the seasonal mean atmospheric circulation during autumn, winter, and spring. *Journal of Climate* 16,22(2003)3629-3649.

Sun MG y RD Cess. A procedure for evaluating feedback mechanisms in coupled atmosphere/ocean climate models. *Geophysical Research Letters* 31,12(2004)L12215.

Sundararaman N. *Uncertainties in the Estimates of Stratospheric Impacts from Aviation*. WMO Symposium Geophysical Aspects and Consequences Changes in the Composition of the Stratosphere, Toronto, WMO 511(1978)275-276.

Swaminathan MS. Agriculture and food systems. En: Jager y Ferguson (eds) *Climate Change: Science, Impacts and Policy*. Proceedings of the Second World Climate Conference, Cambridge University Press, Cambridge, 1991:265-277.

Tett SFB, Jones GS, Stott PA, Hill DC, Mitchell JFB, Allen MR, Ingram WJ, Johns TC, Johnson CE, Jones A, Roberts DL, Sexton DMH y MJ Woodage. Estimation of natural and anthropogenic contributions to twentieth century temperature change. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 107,D16(2002)4306.

Thomas DSG y HC Leason. Dunefield activity response to climate variability in the southwest

Kalahari. *Geomorphology* 64,1-2(2005)117-132.

Thomas DSG y **C Twyman**. Equity and justice in climate change adaptation amongst natural – resource - dependent societies. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions* 15,2(2005)115-124.

Thomas DSG, **Knight** M y **GFS Wiggs**. Remobilization of southern African desert dune systems by twenty-first century global warming. *Nature* 435,7046(2005)1218-1221.

Thomas G y **A Henderson-Sellers**. Evaluation of satellite derived land cover characteristics for global climate modelling. *Climatic Change* 11(1987)313-347.

Thomson AM, **Rosenberg** NJ, **Izaurrealde** RC y **RA Brown**. Climate change impacts for the conterminous USA: An integrated assessment - Part 2: Models and validation. *Climatic Change* 69,1(2005a)27-41.

Thomson AM, **Brown** RA, **Rosenberg** NJ, **Izaurrealde** RC y **V Benson**. Climate change impacts for the conterminous USA: an integrated assessment - Part 3. Dryland production of grain and forage crops. *Climatic Change* 69,1(2005b)43-65.

Thomson AM, **Brown** RA, **Rosenberg** NJ, **Srinivasan** R y **RC Izaurrealde**. Climate change impacts for the conterminous USA: an integrated assessment - Part 4: Water resources. *Climatic Change* 69,1(2005c)67-88.

Thomson AM, **Rosenberg** NJ, **Izaurrealde** RC y **RA Brown**. Climate change impacts for the conterminous USA: an integrated assessment - Part 5. Irrigated agriculture and national grain crop production. *Climatic Change* 69,1(2005d)89-105.

Thorn CE. Nivation: a geomorphic chimera. En: Clark MJ (ed) *Advances in Periglacial Geomorphology*. Wiley & Sons, NuevaYork, 1988:3-31.

Traugott SC. Infrared cooling rates for two-dimensional thermal perturbations in a non-uniform atmosphere. *Journal of Atmospheric Science* 34,6(1977)863-872.

Troendle CA. Global change: can we detect its effect on subalpine hydrographs?. En: *Conferencia 59 sobre Nieves del Oeste*, Colorado State University, Fort Collins, 1991:1-7.

Tsuang BJ y **JA Dracup**. Effect of global warming on Sierra Nevada mountain snow storage. En: *Conferencia 59 sobre Nieves del Oeste*, Colorado State University, Fort Collins, 1991:17-28.

Tsushima Y, **Abe-Ouchi** A y **S Manabe**. Radiative damping of annual variation in global mean surface temperature: comparison between observed and simulated feedback. *Climate Dynamics* 24,6(2005)591-597.

Turner BL, **Matson** PA, **McCarthy** JJ, **Corell** RW, **Christensen** L, **Eckley** N, **Hovelsrud-Broda** GK, **Kasperson** JX, **Kasperson** RE, **Luers** A, **Martello** ML, **Mathiesen** S, **Naylor** R, **Polsky** C, **Pulsipher** A, **Schiller** A, **Selin** H y **N Tyler**. Illustrating the coupled human-environment system for vulnerability analysis: three case studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100,14(2003)8080-8085.

Universidad de Chile. *Informe País: Estado del Medio Ambiente en Chile - 1999*. Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y Area de Desarrollo Sustentable del Centro de Análisis de Políticas Públicas de la Universidad de Chile. Ediciones LOM, Santiago, 2000.

Vargas WM, **Minetti** JL y **AG Poblete**. Statistical study of climatic jump in the regional zonal circulation over south-america. *Journal of the Meteorological Society of Japan* 73,5(1995)849-856.

Vargas WM, **Minetti** JL y **AG Poblete**. Low-frequency oscillations in climatic and hydrological variables in southern South America's tropical-subtropical regions. *Theoretical and Applied*

Climatology 72,1-2(2002)29-40.

Verstappen HT. The effect of climatic change on southeast Asian geomorphology. *Journal of Quaternary Science* 12,5(1997)413-418.

Vicente-Serrano SM, **Lasanta** T y **A Romo**. Analysis of spatial and temporal evolution of vegetation cover in the spanish central pyrenees: role of human management. *Environmental Management* 34,6(2004)802-818.

Villa S, **Vighi** M, **Maggi** V, **Finizio** A y **E Bolzacchini**. Historical trends of organochlorine pesticides in an Alpine glacier. *Journal of Atmospheric Chemistry* 46,3(2003)295-311.

Vinnikov KY y **NC Grody**. Global warming trend of mean tropospheric temperature observed by satellites. *Science* 302,5643(2003)269-272.

Volcani A, **Karnieli** A y **T Svoray**. The use of remote sensing and GIS for spatio-temporal analysis of the physiological state of a semi-arid forest with respect to drought years. *Forest Ecology And Management* 215,1-3(2005)239-250.

von Kuhlmann R, **Lawrence** MG, **Crutzen** PJ y **PJ Rasch**. A model for studies of tropospheric ozone and nonmethane hydrocarbons: model evaluation of ozone-related species. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 108,D23(2003)4729.

Vukicevic T, **Braswell** BH y **D Schimel**. A diagnostic study of temperature controls on global terrestrial carbon exchange. *Tellus B* 53,2(2001)150-170.

Wagener T, **McIntyre** N, **Lees** MJ, **Wheater** HS y **HV Gupta**. Towards reduced uncertainty in conceptual rainfall-runoff modelling: dynamic identifiability analysis. *Hydrological Processes* 17,2(2003)455-476.

Wallen CC. *Present Century Climate Fluctuations in the Northern Hemisphere and Examples of their Impacts*. Programa Climático Mundial (WCP), Publicación 87, Génova, 1984.

Wallen CC. Some remarks on the scientific problems related to the greenhouse gas issue. *Atmósfera* 5,3(1992)157-168.

Walls J, **Rogers-Hayden** T, **Mohr** A y **T O'Riordan**. Seeking citizens' views on GM crops: experiences from the United Kingdom, Australia, and New Zealand. *Environment* 47,7(2005)22-36.

Wang B, **Ding** QH, **Fu** XH, **Kang** IS, **Jin** K, **Shukla** J y **F Doblas-Reyes**. Fundamental challenge in simulation and prediction of summer monsoon rainfall. *Geophysical Research Letters* 32, 15(2005)L15711.

Wang GX, **Gertner** GZ, **Fang** SF y **AB Anderson**. A methodology for spatial uncertainty analysis of remote sensing and GIS products. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 71,12(2005)1423-1432.

Wang XLL y **VR Swail**. Trends of Atlantic wave extremes as simulated in a 40-yr wave hindcast using kinematically reanalyzed wind fields. *Journal of Climate* 15,9(2002)1020-1035.

Washington WM, **Weatherly** JW, **Meehl** GA, **Semtner** AJ, **Bettge** TW, **Craig** AP, **Strand** WG, **Arblaster** JM, **Wayland** VB, **James** R e Y **Zhang**. Parallel climate model (PCM) control and transient simulations. *Climate Dynamics* 16(2000)755-774.

Watson E y **BH Luckman**. Tree-ring based reconstructions of precipitation for the southern Canadian Cordillera. *Climatic Change* 65,1-2(2004)209-241.

Weaver CP, **Roy** SB y **R Avissar**. Sensitivity of simulated mesoscale atmospheric circulations resulting from landscape heterogeneity to aspects of model configuration. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 107,D20(2002)8041.

Weber KT. Challenges of integrating geospatial technologies into rangeland research and management. *Rangeland Ecology & Management* 59,1(2006)38-43.

Wedgbrow CS, **Wilby** RL y **HR Fox**. Experimental seasonal forecasts of low summer flows in the River Thames, UK, using Expert Systems. *Climate Research* 28,2(2005)133-141.

Weisheimer A y **TN Palmer**. Changing frequency of occurrence of extreme seasonal temperatures under global warming. *Geophysical Research Letters* 32,20(2005)L20721.

Wendland WM. Climate changes: impacts on geomorphic processes. *Engineering Geology* 45(1996)347-358.

Werth D y **R Avissar**. The local and global effects of African deforestation. *Geophysical Research Letters* 32,12(2005)L12704.

Wetherald RT y **S Manabe**. The effects of changing the solar constant on the climate of a general circulation model. *Journal of the Atmospheric Sciences* 32,11(1975)2044-2059.

Wetherald RT y **S Manabe**. An investigation of cloud cover change in response to thermal forcing. *Climatic Change* 8(1986)5-23.

Wetherald RT y **S Manabe**. Hydrologic sensitivity to CO₂-induced global warming. *Civil Engineering Practice Journal* 5,1(1990)33-36.

Wetzel M, **Meyers** M, **Borys** R, **McAnelly** R, **Cotton** W, **Rossi** A, **Frisbie** P, **Nadler** D, **Lowenthal** D, **Cohn** S y **W Brown**. Mesoscale snowfall prediction and verification in mountainous terrain. *Weather and Forecasting* 19,5(2004)806-828.

Wilby RL. Uncertainty in water resource model parameters used for climate change impact assessment. *Hydrological Processes* 19,16(2005)3201-3219.

Wilby RL y **TML Wigley**. Precipitation predictors for downscaling: observed and general circulation model relationships. *International Journal of Climatology* 20,6(2000)641-661.

Wilby R, **Greenfield** B y **C Glenny**. A coupled synoptic - hydrological model for climate change impact assessment. *Journal of Hydrology* 153,1-4(1994)265-290.

Wilby RL, **Abrahart** RJ y **CW Dawson**. Detection of conceptual model rainfall-runoff processes inside an artificial neural network. *Hydrological Sciences Journal-Journal des Sciences Hydrologiques* 48,2(2003)163-181.

Wilson MF y **A Henderson-Sellers**. A global archive of land cover and soils data for use in general circulation climate models. *Journal of Climatology* 5(1985)119-143.

Wilson MF, **Henderson-Sellers** A, **Dickinson** RE y **PJ Kennedy**. Sensitivity of the Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme (BATS) to the inclusion of variable soil characteristics. *Journal of Climatic Applied Meteorology* 26(1987)341-362.

Wilson RJS y **BH Luckman**. Dendroclimatic reconstruction of maximum summer temperatures from upper treeline sites in Interior British Columbia, Canada. *Holocene* 13,6(2003)851-861.

Winguth A, **Mikolajewicz** U, **Groeger** M, **Maier-Reimer** E, **Schurgers** G y **M Vizcaino**. Centennial-scale interactions between the carbon cycle and anthropogenic climate change using a dynamic earth system model. *Geophysical Research Letters* 32(2005)L23714.

Winograd IJ, **Szabo** BJ, **Coplen** TB y **AC Riggs**. A 250.000 years Climatic Record from Great Basin Vein Calcite Implications for Milankovitch Theory. *Science* 242(1988)1275-1280.

Woo M. Hydrology of Northern North America under global warming. En: Changmin y Guobin (eds) *Regional Hydrological Responses to Climatic Change and Global Warming*. UGI, Beijing, 1992:12-24.

Woodwell GM, **Hobbie** JE, **Houghton** RA, **Melillo** JM, **Moore** B, **Peterson** BJ y **GR Shaver**.

Global deforestation: contribution to atmospheric carbon dioxide. *Science* 222,4628(1983)1081-1086.

Wurbs RA, Muttiah RS y F Felden. Incorporation of climate change in water availability modeling. *Journal of Hydrologic Engineering* 10,5(2005)375-385.

Xiao J y A Moody. Geographical distribution of global greening trends and their climatic correlates: 1982-1998. *International Journal of Remote Sensing* 26,11(2005)2371-2390.

Xu CY y VP Singh. Review on regional water resources assessment models under stationary and changing climate. *Water Resources Management* 18,6(2004)591-612.

Xu CY, Widen E y S Halldin. Modelling hydrological consequences of climate change - progress and challenges. *Advances in Atmospheric Sciences* 22,6(2005)789-797.

Yan Z, Jones PD, Davies TD, Moberg A, Bergström H, Camuffo D, Cocheo C, Maugeri M, Demarée G, Verhoeve T, Thoen E, Barriendos M, Rodríguez R, Martín-Vide J y C Yang. Trends of extreme temperature in Europe and China based on daily observations. *Climatic Change* 53(2002)355-392.

Yang GJ, Xiao DN, Zhou LH y CW Tang. Hydrological effects of forest landscape patterns in the Qilian mountains - a case study of two catchments in northwest China. *Mountain Research and Development* 25,3(2005)262-268.

Yoshino M. Impact of climatic change on agriculture from the viewpoint of East Asia. En: Takeuchi y Yoshino (eds) *The Global Environment*. Springer Verlag, Berlín, 1991:16-41.

Yue S y CY Wang. The Mann-Kendall test modified by effective sample size to detect trend in serially correlated hydrological series. *Water Resources Management* 18,3(2004)201-218.

Yue S, Pilon P y G Cavadias. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology* 259,1-4(2002)254-271.

Yue S, Pilon P y B Phinney. Canadian streamflow trend detection: impacts of serial and cross-correlation. *Hydrological Sciences Journal-Journal des Sciences Hydrologiques* 48,1(2003)51-63.

Zelle H, Van Oldenborgh GJ, Burgers G y H Dijkstra. El Niño and greenhouse warming: results from ensemble simulations with the NCAR CCSM. *Journal of Climate* 18,22(2005)4669-4683.

Zeng XD, Wang AH, Zeng QC, Dickinson RE, Zeng XB y SSP Shen. Intermediately complex models for the hydrological interactions in the atmosphere-vegetation-soil system. *Advances in Atmospheric Sciences* 23,1(2006)127-140.

Zhang H, Henderson-Sellers A y K McGuffie. Impacts of tropical deforestation I: process analysis of local climate change. *Journal of Climate* 9(1996a)1497-1517.

Zhang H, Henderson-Sellers A y K McGuffie. Impacts of tropical deforestation II: the role of large-scale dynamics. *Journal of Climate* 9(1996b)2498-2521.

Zhang H, Henderson-Sellers A, McAvaney BJ y AJ Pitman. Uncertainties in GCM evaluations of tropical deforestation: a comparison of two model simulations. En: Howe W y A Henderson-Sellers (eds) *Assessing Climate Changes: The Story of the Model Evaluation Consortium for Climate Assessment*. Gordon and Breach, Sydney, 1998:323-355.

Zhang H, Henderson-Sellers A y K McGuffie. The compounding effects of tropical deforestation and greenhouse warming on climate. *Climatic Change* 49(2001a)309-338.

Zhang H, Henderson-Sellers A, Pitman AJ, McGregor JL, Desborough CE y J Katzfey. Limited-area model sensitivity to the complexity of representation of the land-surface energy balance. *Journal of Climate* 14(2001b)3965-3986.

Zhou SJ. Coupling climate models with the earth system modeling framework and the common component architecture. *Concurrency and Computation-Practice & Experience* 18,2(2006)203-213.

Ziegler AD, **Maurer** EP, **Sheffield** J, **Nijssen** B, **Wood** EF y DP **Lettenmaier**. Detection time for plausible changes in annual precipitation, evapotranspiration, and streamflow in three Mississippi river sub-basins. *Climatic Change* 72,1-2(2005)17-36.

Zorita E, **Gonzalez-Rouco** JF, **von Storch** H, **Montavez** JP y F **Valero**. Natural and anthropogenic modes of surface temperature variations in the last thousand years. *Geophysical Research Letters* 32,8(2005)L08707.

Zwiers FW y H **von Storch**. On the role of statistics in climate research. *International Journal of Climatology* 24,6(2004)665-680.

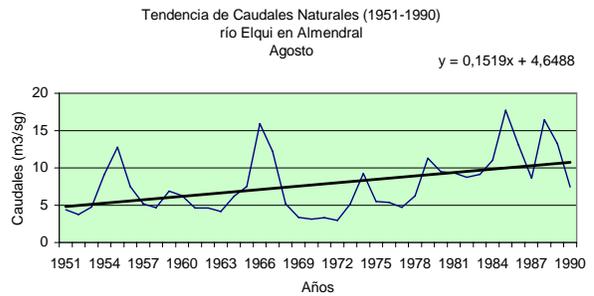
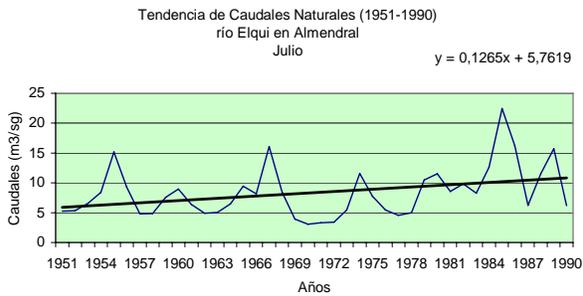
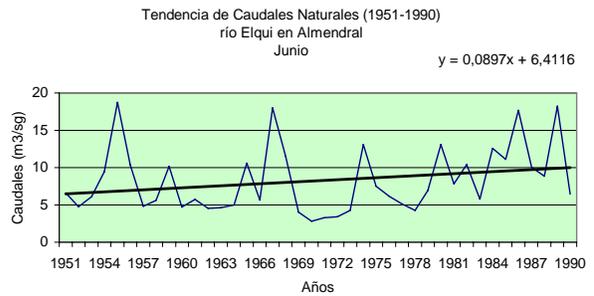
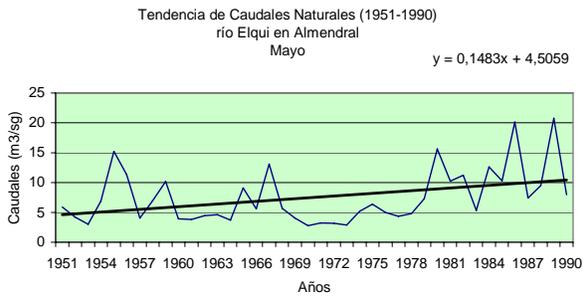
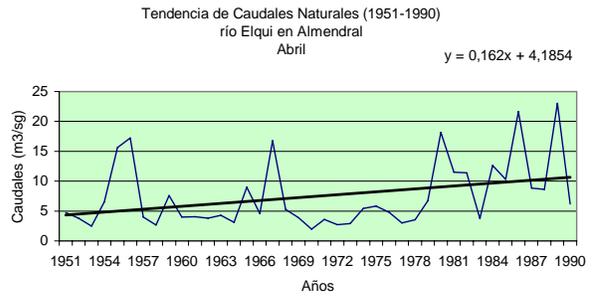
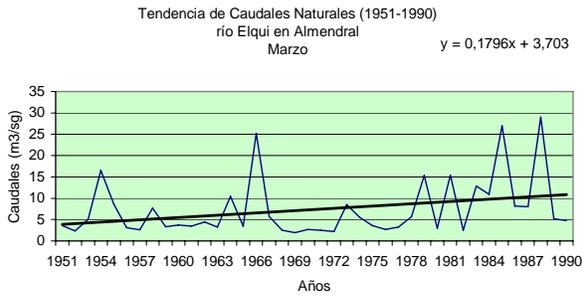
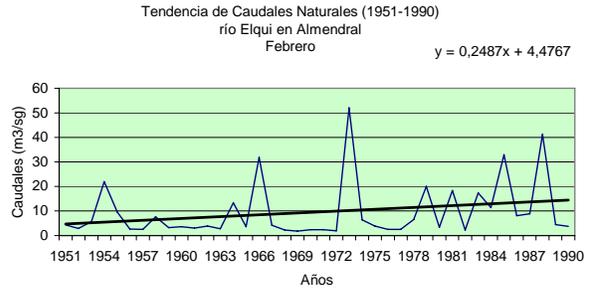
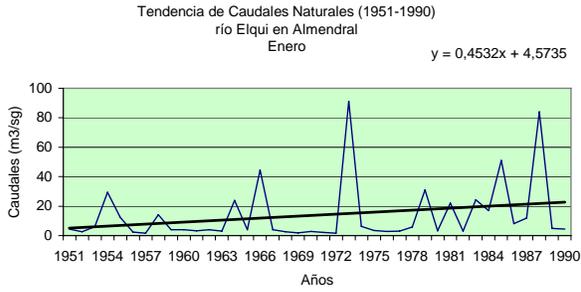
INDICE DE ANEXO

Regresiones Lineales Mensuales y Anuales por Cuenca y Subcuenca

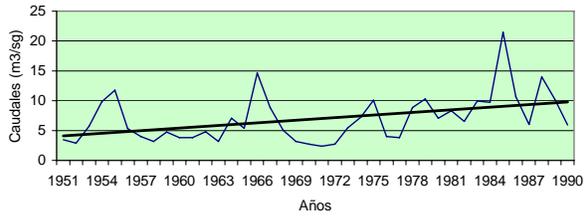
1. Cuenca del río Elqui	120
1.1. Río Elqui en Almendral	
1.2. Río Elqui en Algarrobal	
1.3. Río Claro en Rivadavia	
1.4. Río Turbio en Varillar	
1.5. Río La Laguna en salida Embalse La Laguna	
2. Cuenca del río Limarí	130
2.1. Río Limarí en Panamericana	
2.2. Río Hurtado en entrada Embalse Recoleta	
2.3. Río Hurtado en Angostura de Pangué	
2.4. Río Hurtado en San Agustín	
2.5. Río Grande en Puntilla San Juan	
2.6. Río Rapel en Junta	
2.7. Río Los Molles en Ojos de Agua	
2.8. Río Mostazal en Cuestecita	
2.9. Río Grande en Cuyano	
2.10. Río Tascadero en Desembocadura	
2.11. Río Grande en Las Ramadas	
2.12. Río Guatulame en El Tome	
2.13. Río Cogotí en entrada Embalse Cogotí	
2.14. Río Cogotí en Cogotí 18	
2.15. Río Pama en entrada Embalse Cogotí	
2.16. Río Punitaqui en Chalinga	
3. Cuenca del río Choapa	162
3.1. Río Choapa aguas arriba Estero La Canela	
3.2. Río Illapel en Huintil	
3.3. Río Illapel en Las Burras	
3.4. Río Choapa en Puente Negro	
3.5. Estero Camisas en Desembocadura	
3.6. Río Choapa en Salamanca	
3.7. Río Cuncumén antes de Bocatoma de Canales	
3.8. Río Choapa en Cuncumén	

1. CUENCA DEL RIO ELQUI

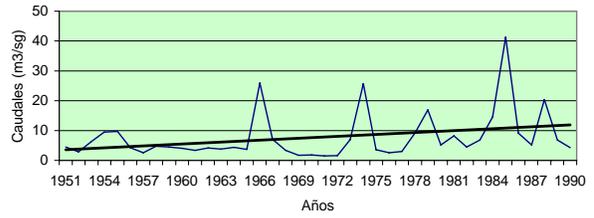
1.1. Río Elqui en Almendral



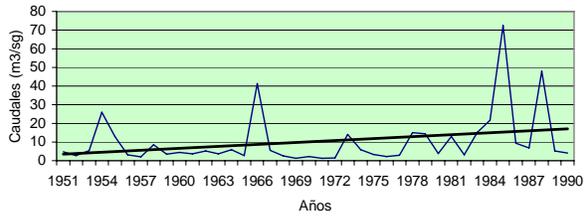
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
río Elqui en Almendral
Septiembre



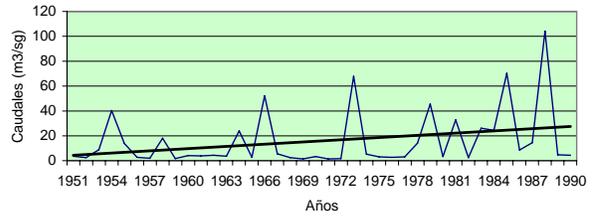
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
río Elqui en Almendral
Octubre



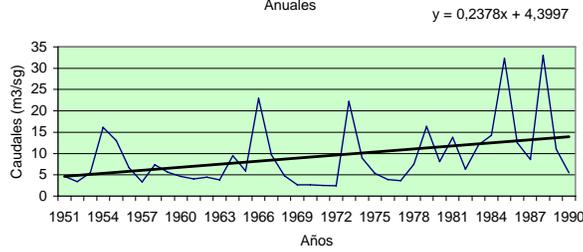
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
río Elqui en Almendral
Noviembre



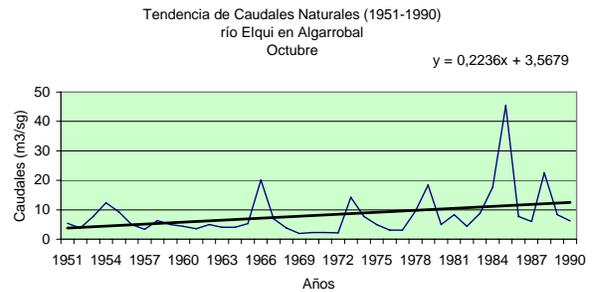
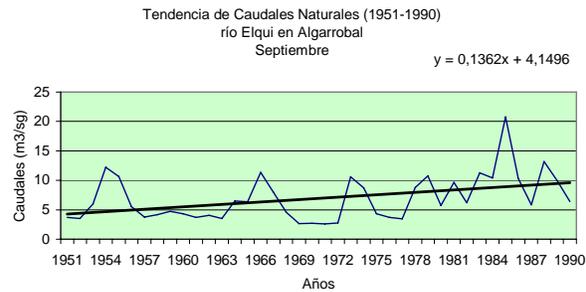
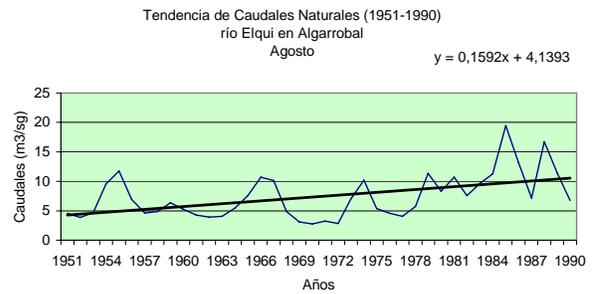
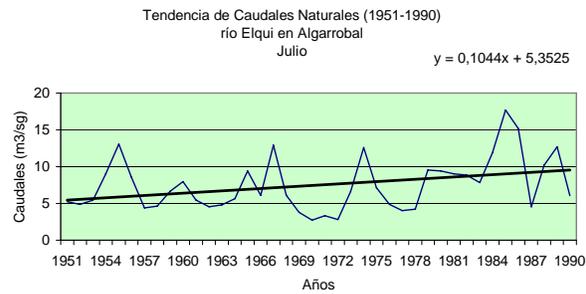
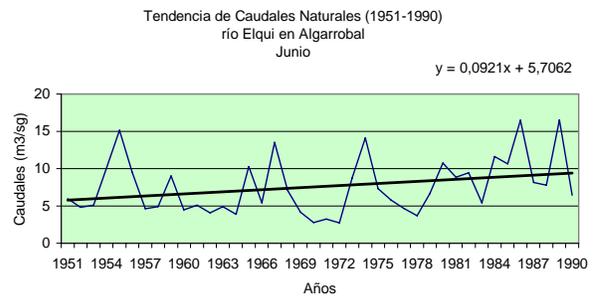
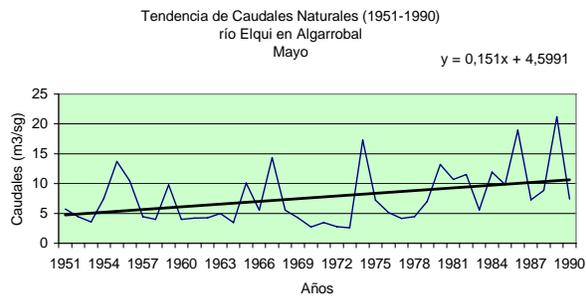
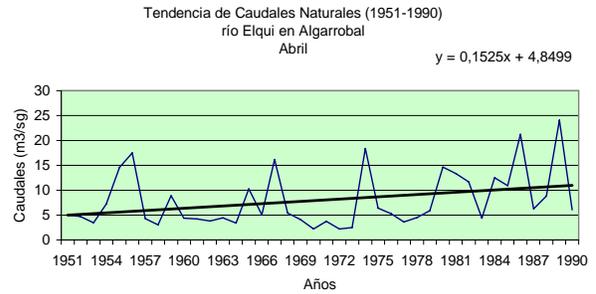
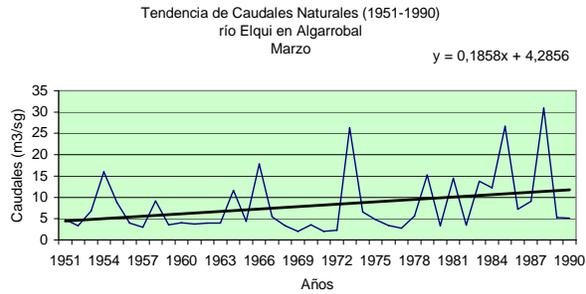
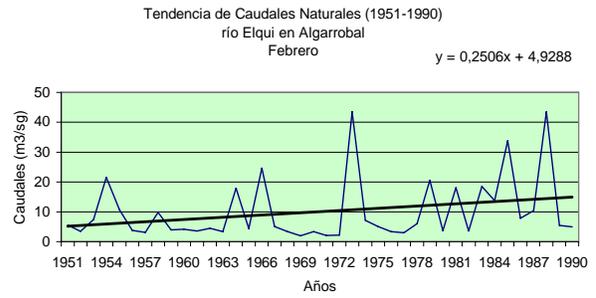
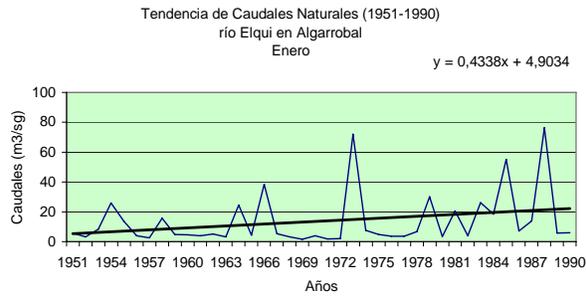
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
río Elqui en Almendral
Diciembre



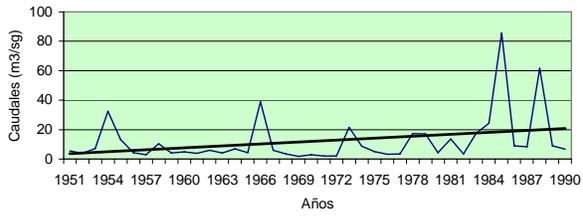
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
río Elqui en Almendral
Anuales



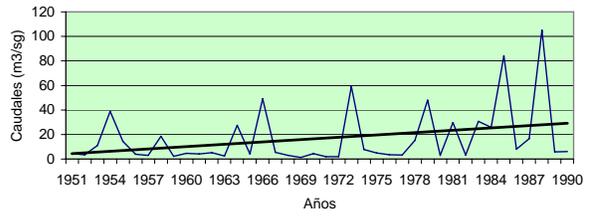
1.2. Río Elqui en Algarrobal



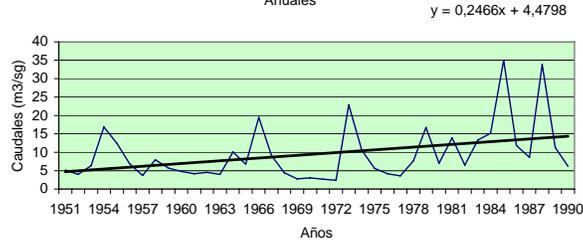
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Elqui en Algarrobal
 Noviembre



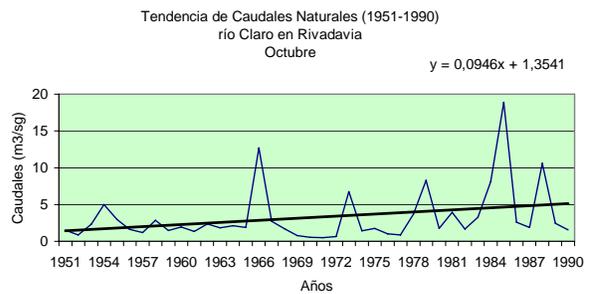
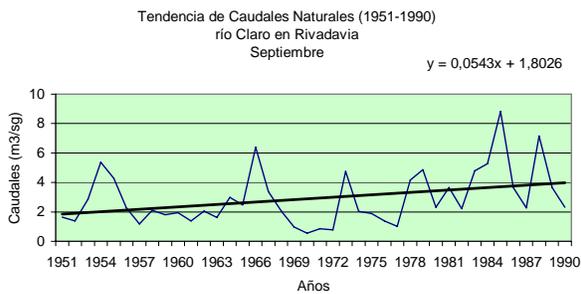
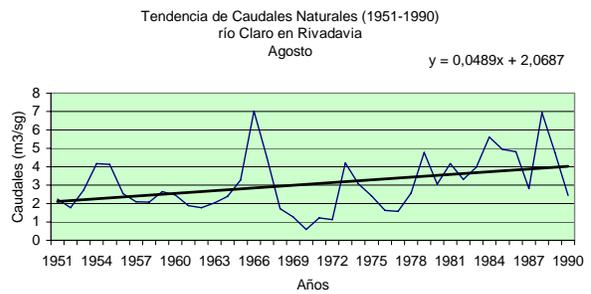
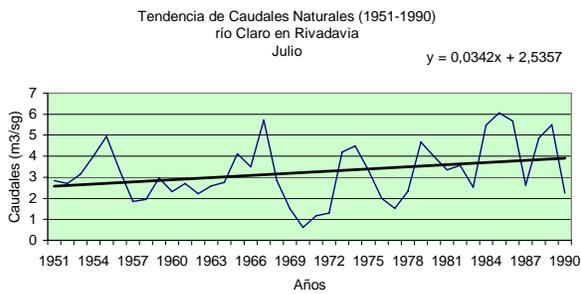
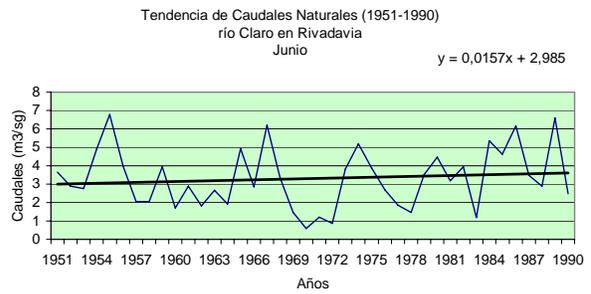
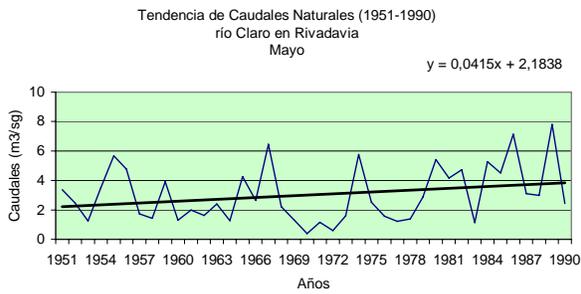
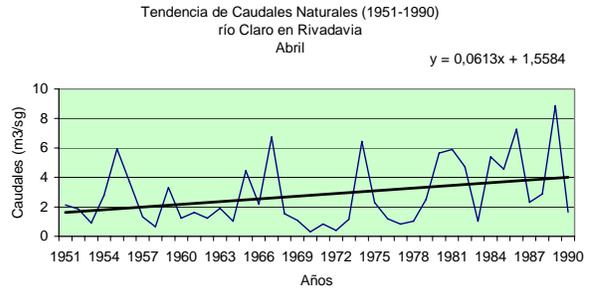
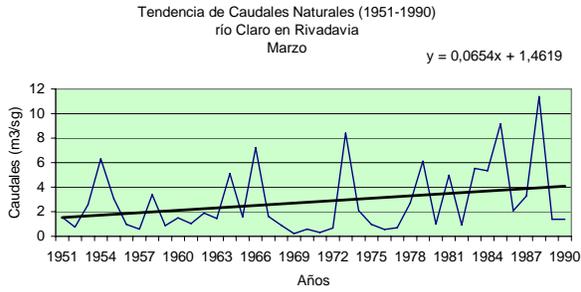
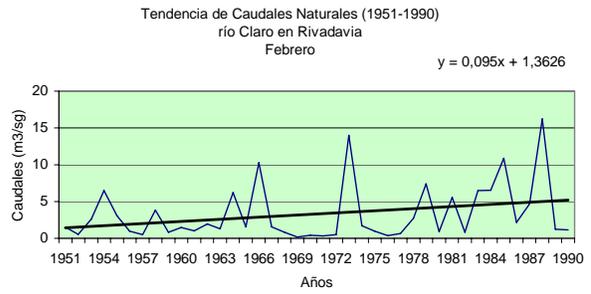
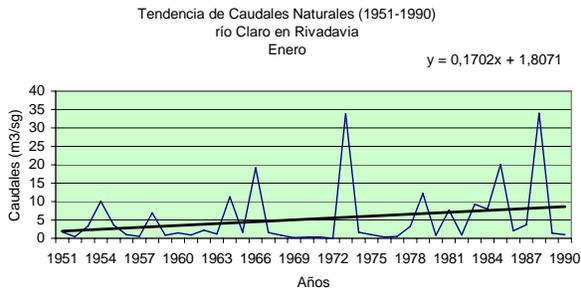
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Elqui en Algarrobal
 Diciembre



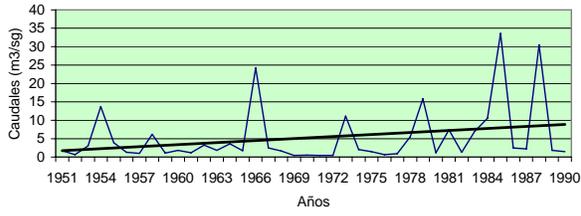
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Elqui en Algarrobal
 Anuales



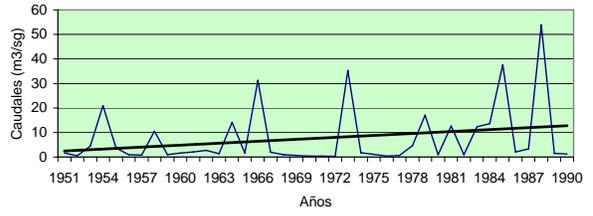
1.3. Río Claro en Rivadavia



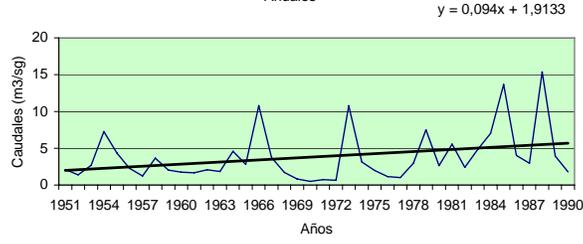
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Claro en Rivadavia
 Noviembre



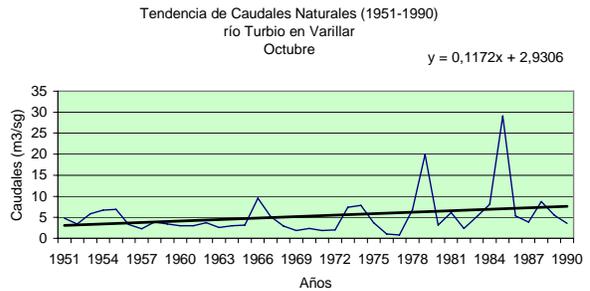
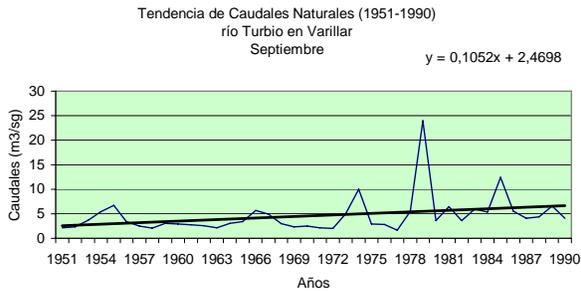
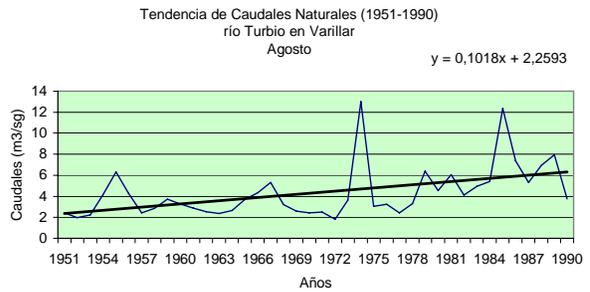
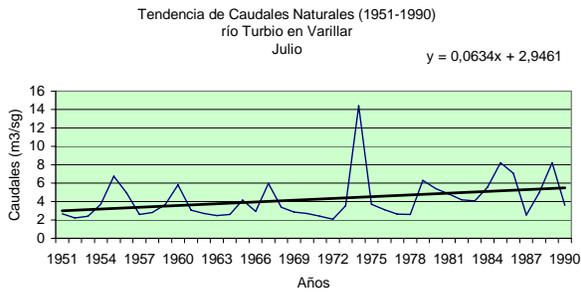
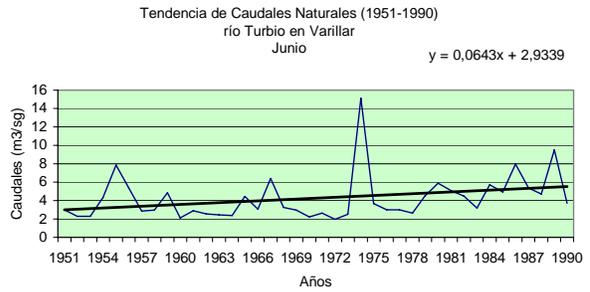
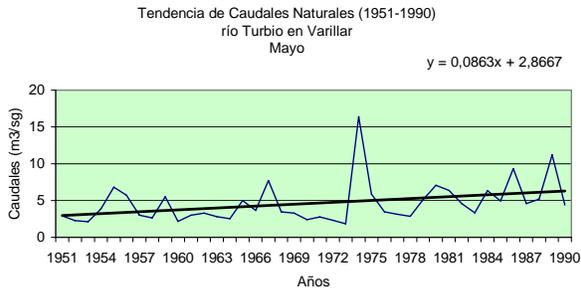
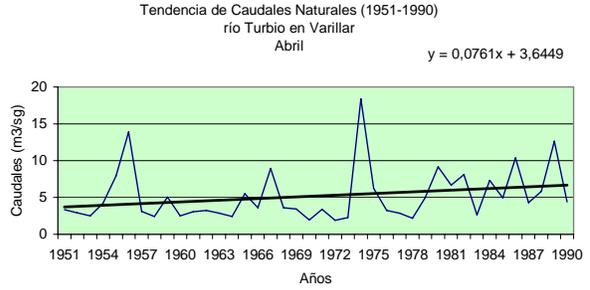
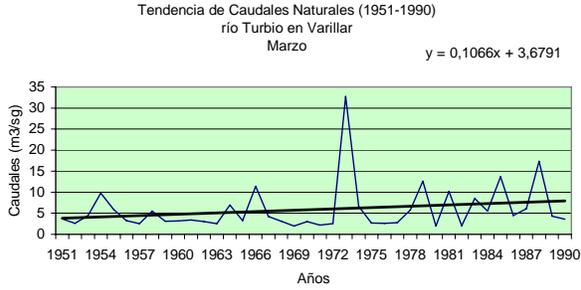
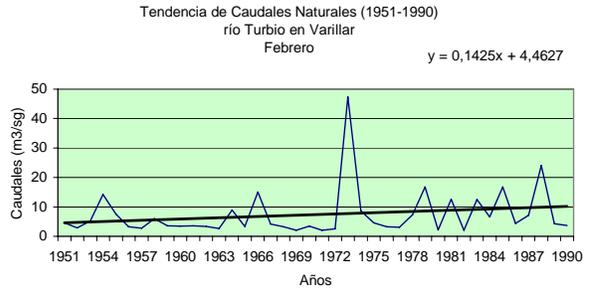
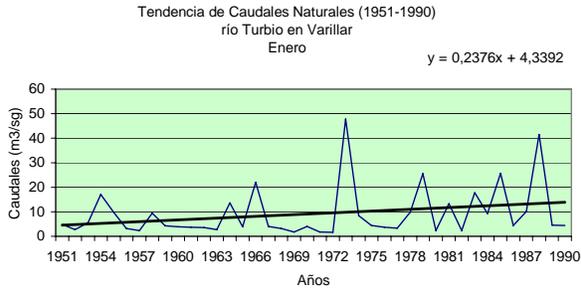
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Claro en Rivadavia
 Diciembre



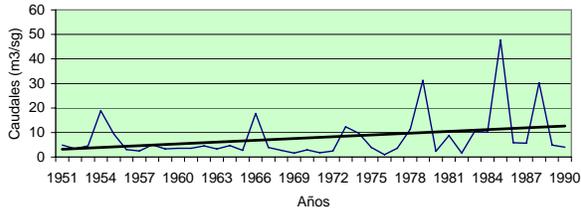
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Claro en Rivadavia
 Anuales



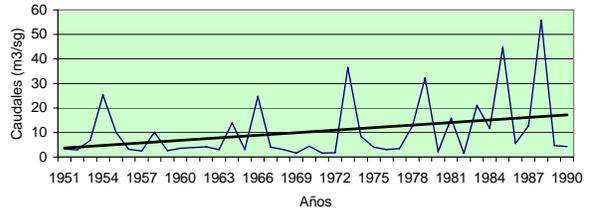
1.4. Río Turbio en Varillar



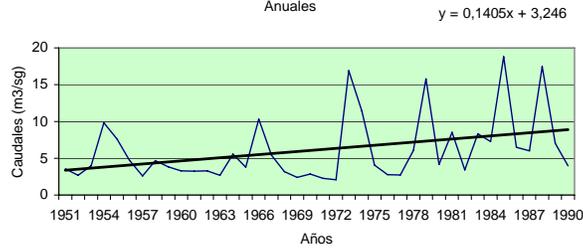
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Turbio en Varillar
 Noviembre



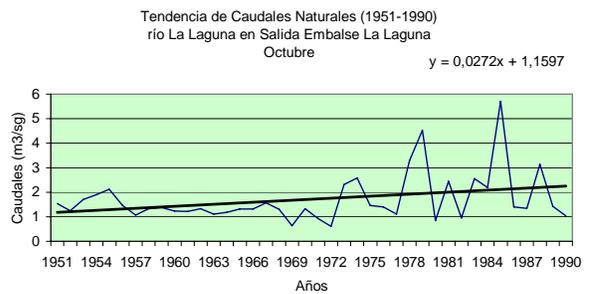
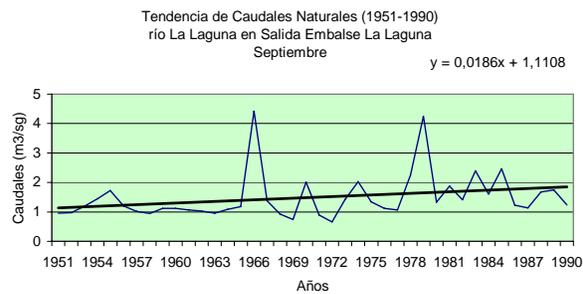
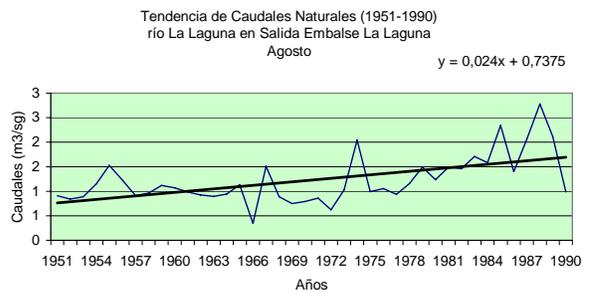
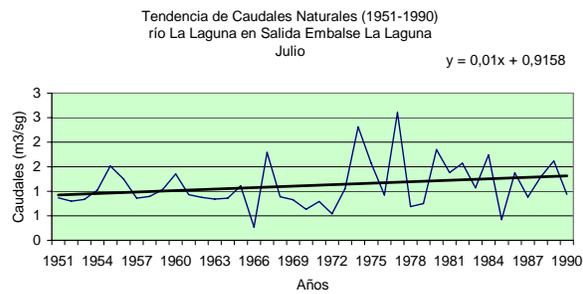
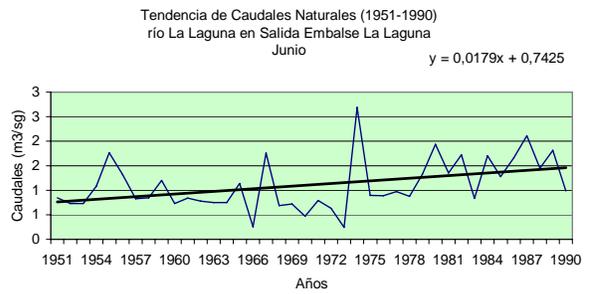
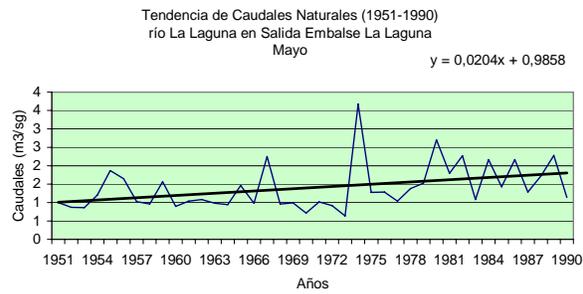
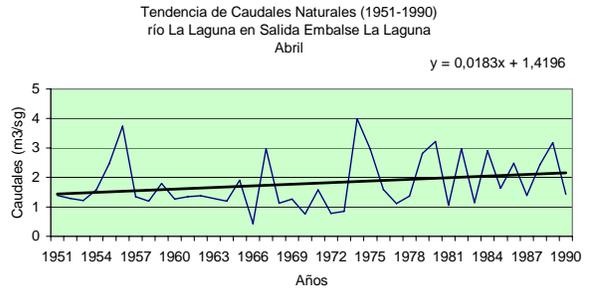
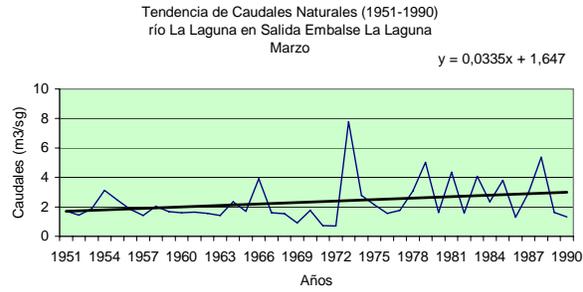
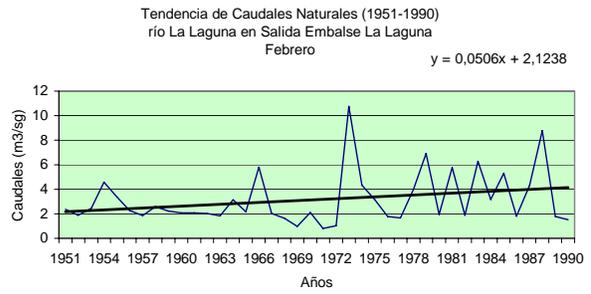
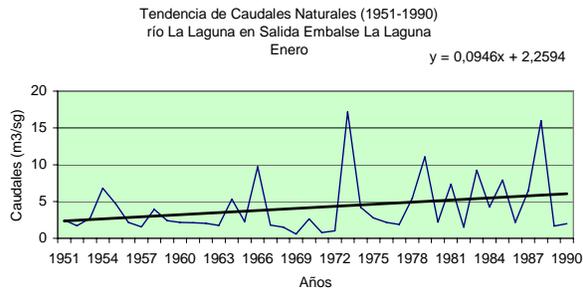
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Turbio en Varillar
 Diciembre



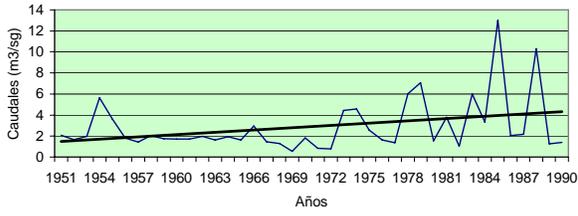
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Turbio en Varillar
 Anuales



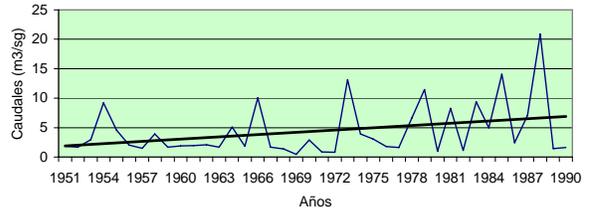
1.5. Río La Laguna en salida Embalse La Laguna



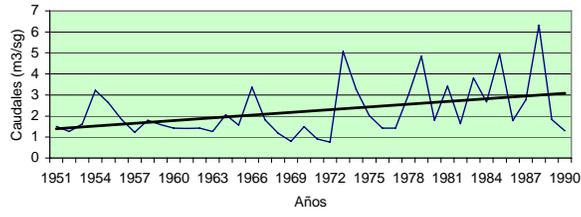
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río La Laguna en Salida Embalse La Laguna
 Noviembre



Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río La Laguna en Salida Embalse La Laguna
 Diciembre

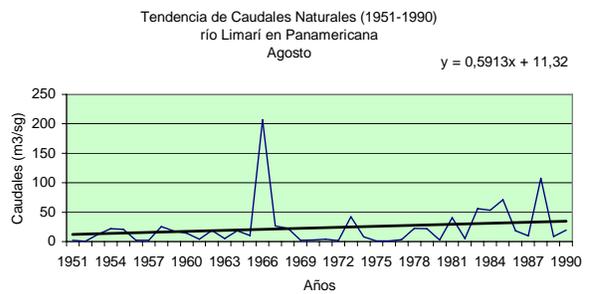
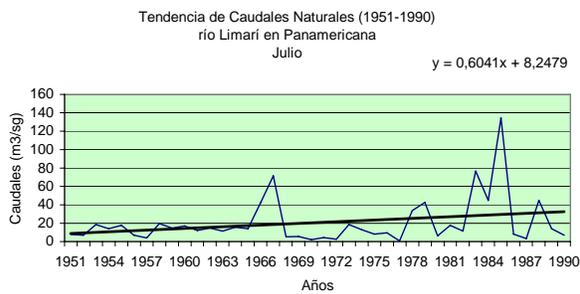
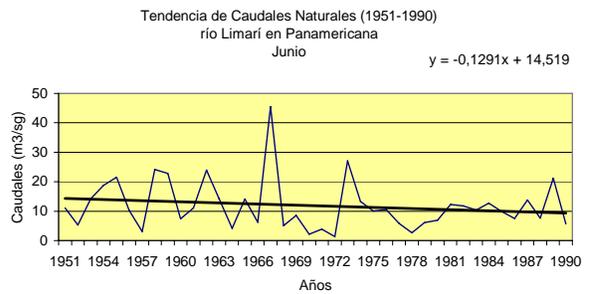
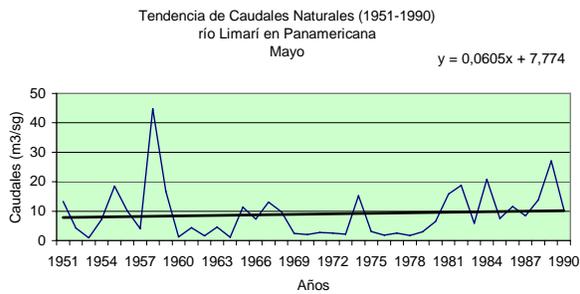
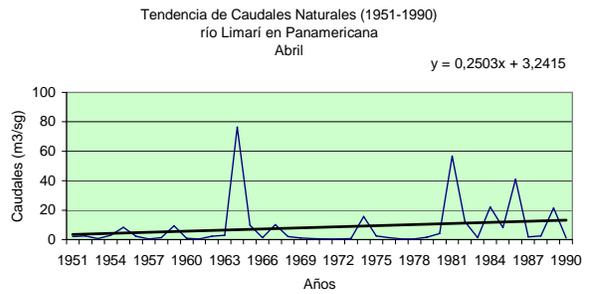
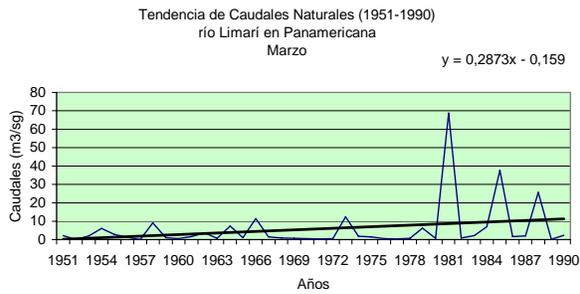
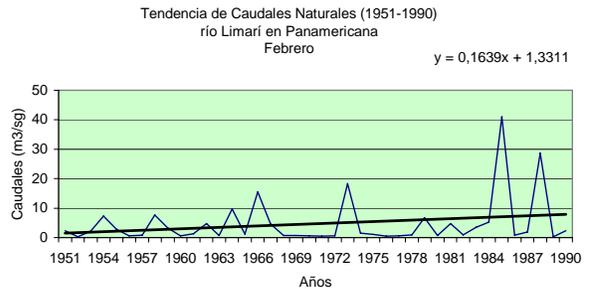
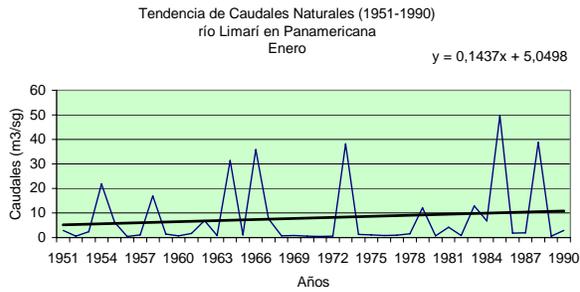


Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río La Laguna en Salida Embalse La Laguna
 Anuales

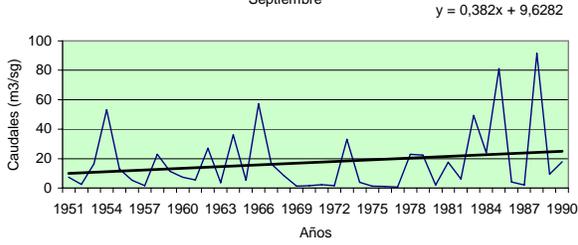


2. CUENCA DEL RIO LIMARI

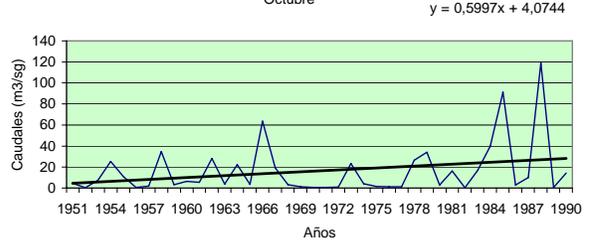
2.1. Río Limarí en Panamericana



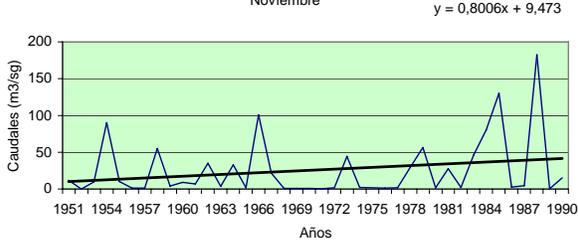
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Limarí en Panamericana
 Septiembre



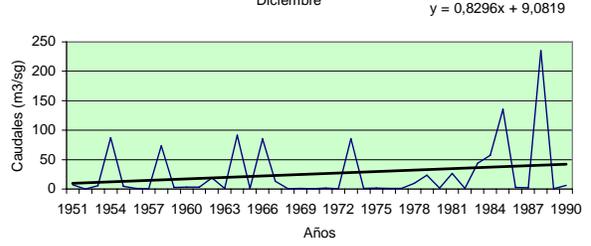
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Limarí en Panamericana
 Octubre



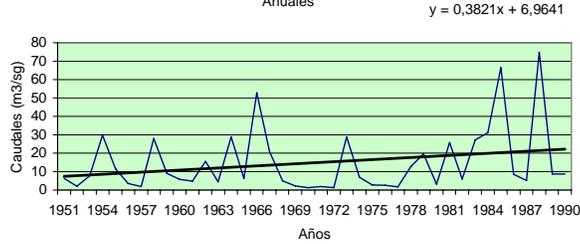
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Limarí en Panamericana
 Noviembre



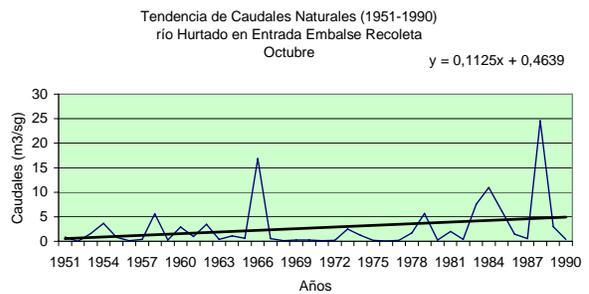
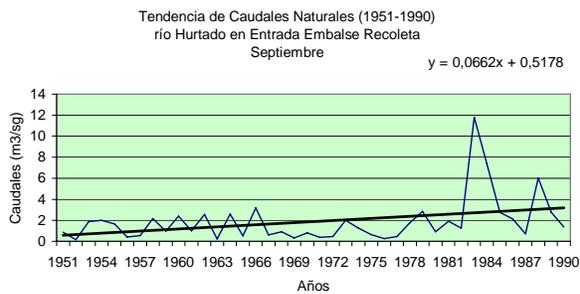
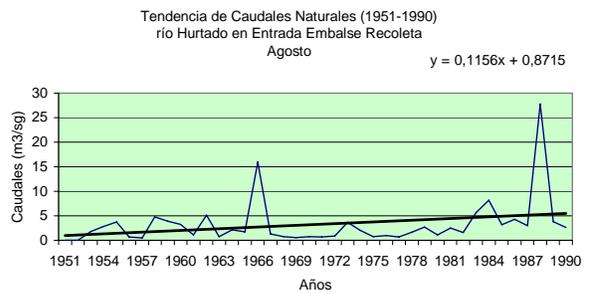
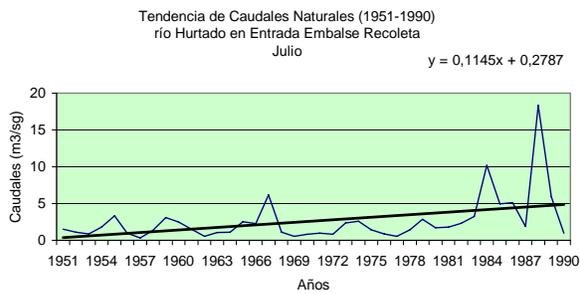
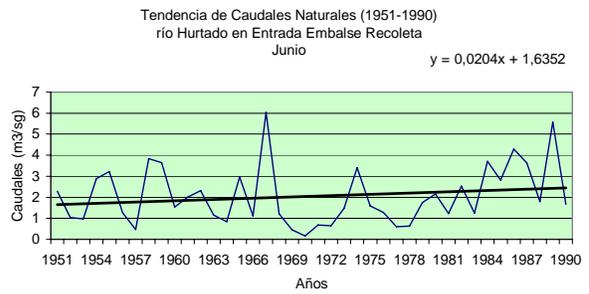
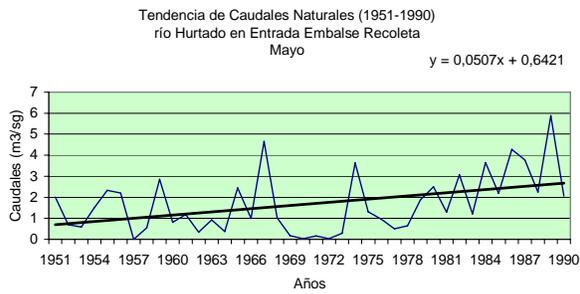
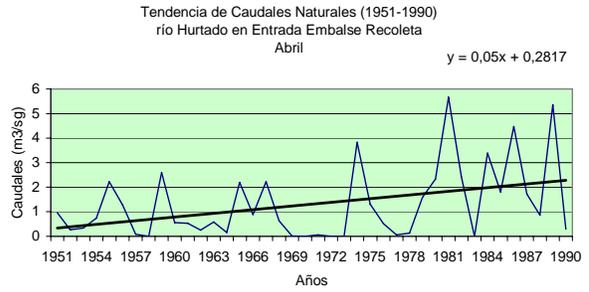
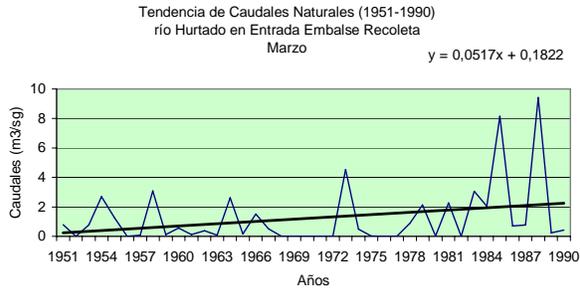
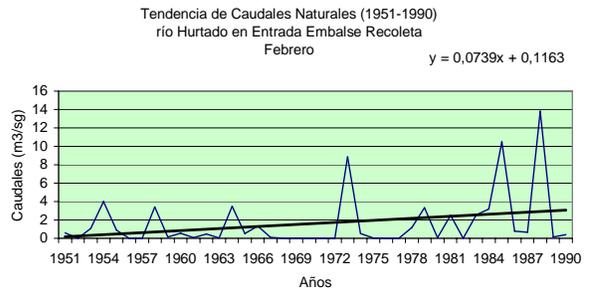
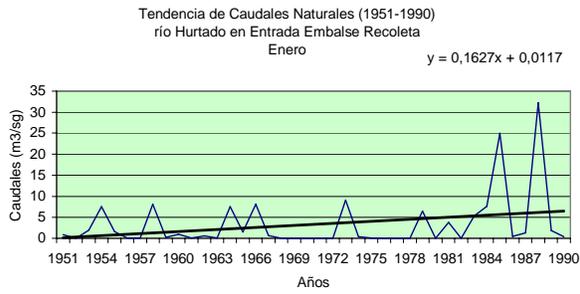
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Limarí en Panamericana
 Diciembre



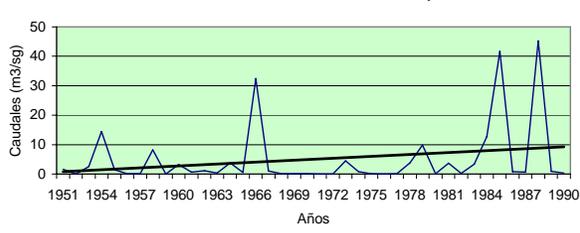
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Limarí en Panamericana
 Anuales



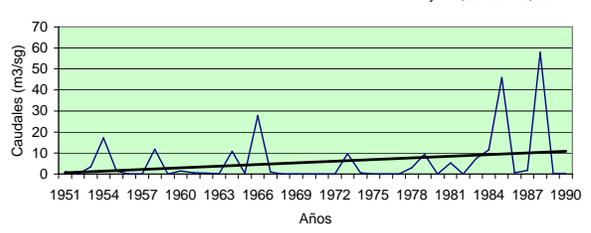
2.2. Río Hurtado en entrada Embalse Recoleta



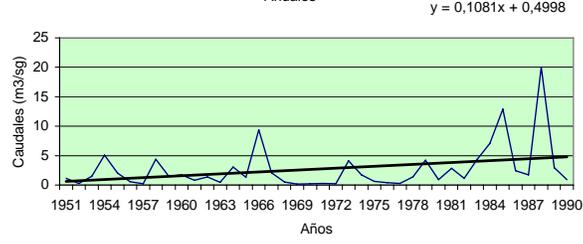
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Hurtado en Entrada Embalse Recoleta
 Noviembre



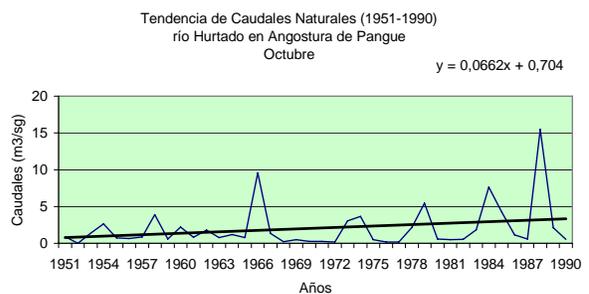
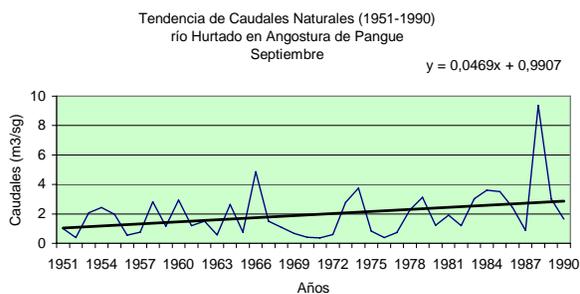
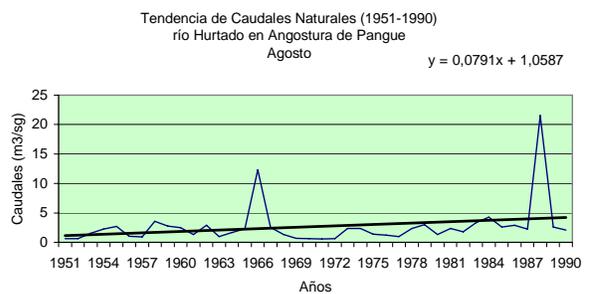
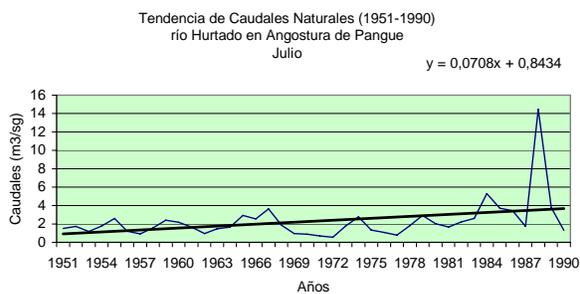
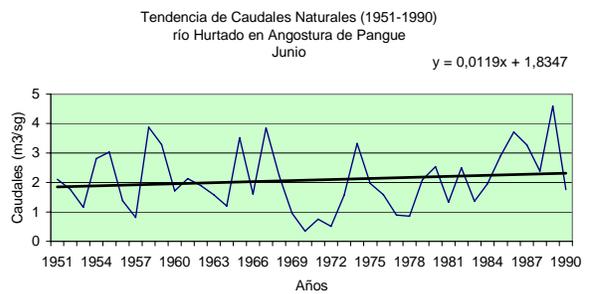
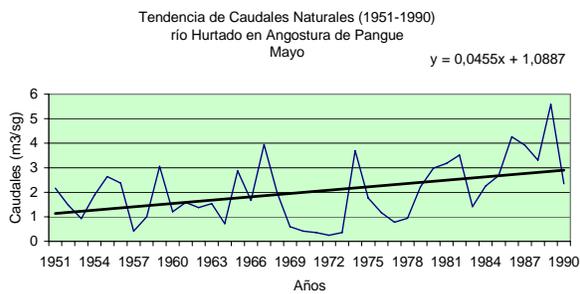
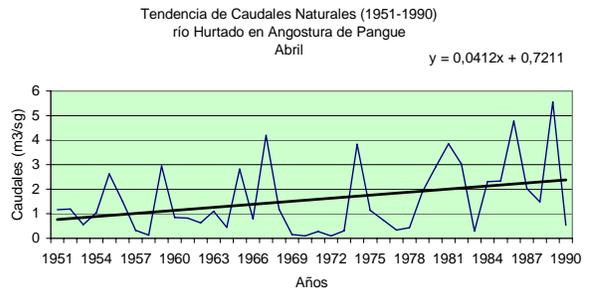
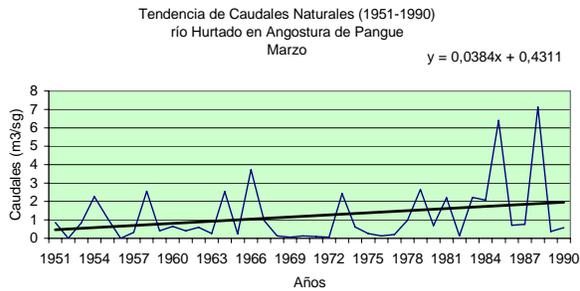
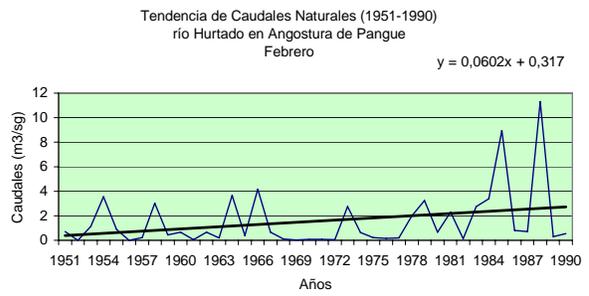
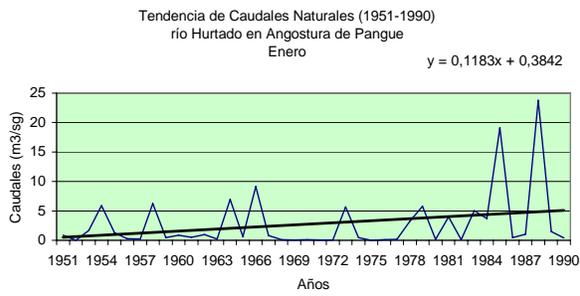
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Hurtado en Entrada Embalse Recoleta
 Diciembre



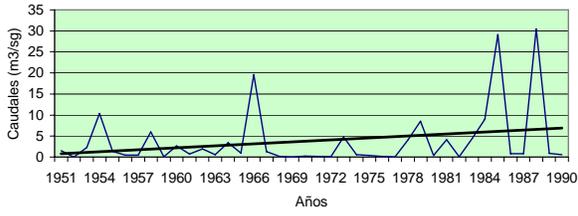
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Hurtado en Entrada Embalse Recoleta
 Anuales



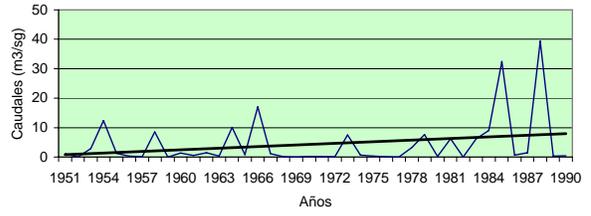
2.3. Río Hurtado en Angostura de Pangue



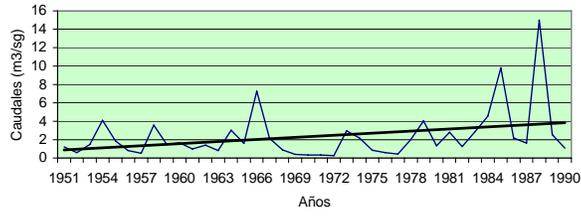
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Hurtado en Angostura de Pangué
 Noviembre



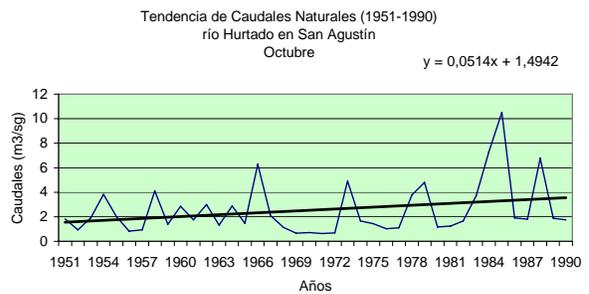
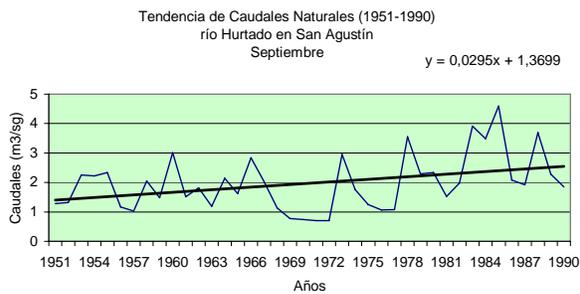
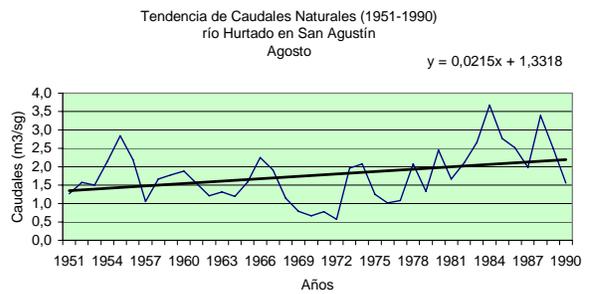
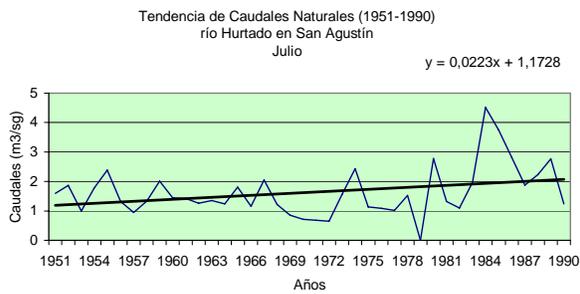
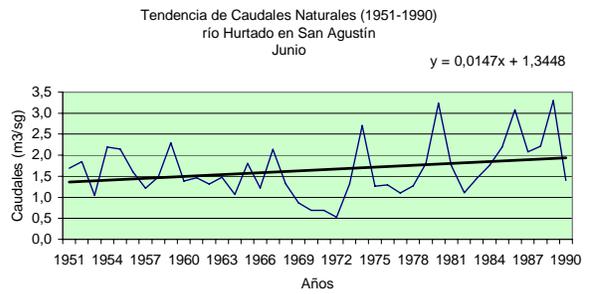
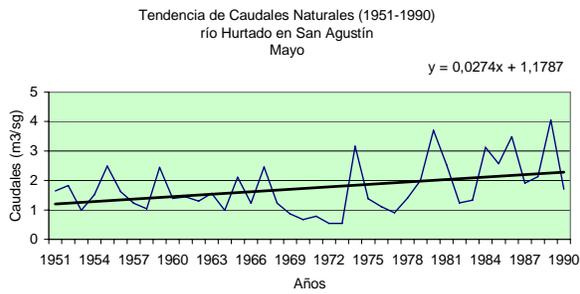
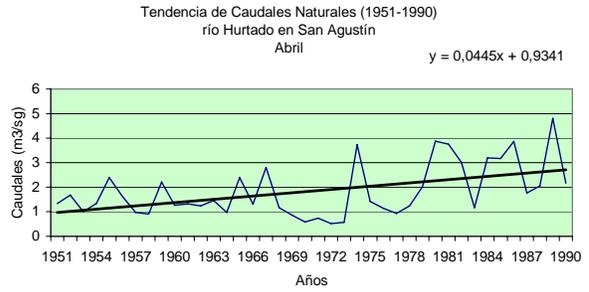
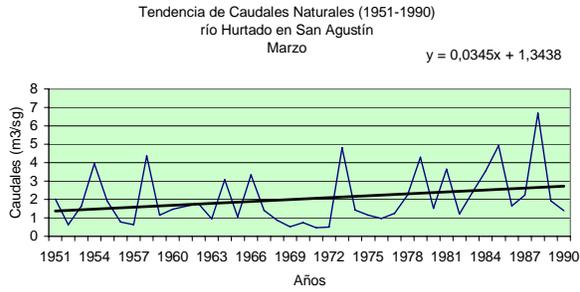
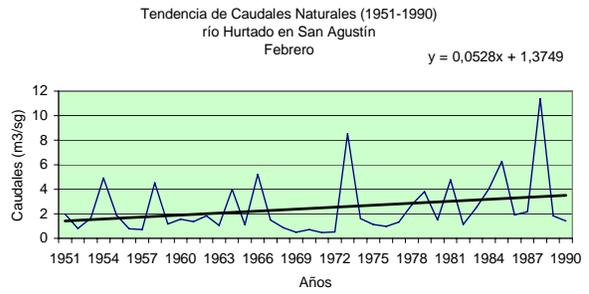
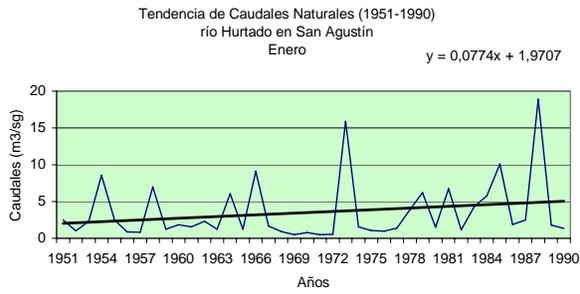
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Hurtado en Angostura de Pangué
 Diciembre



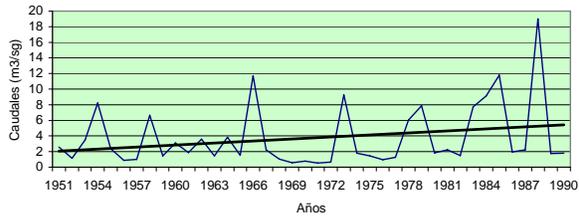
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Hurtado en Angostura de Pangué
 Anuales



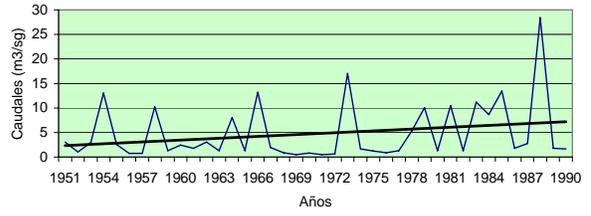
2.4. Río Hurtado en San Agustín



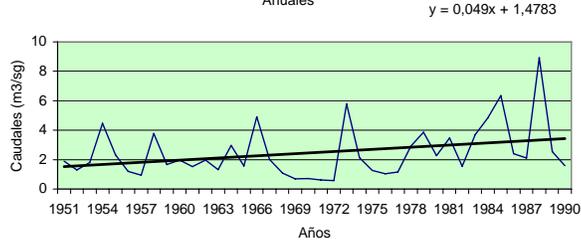
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Hurtado en San Agustín
 Noviembre



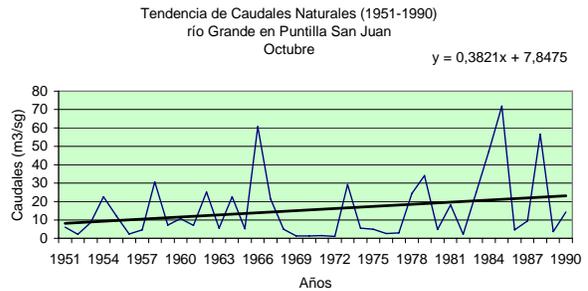
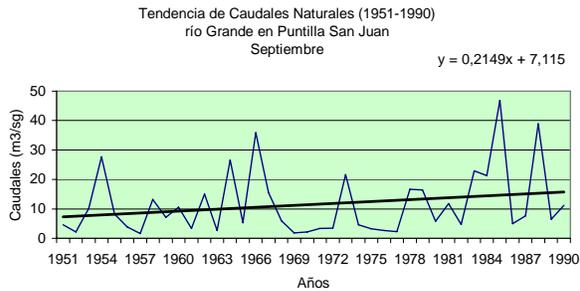
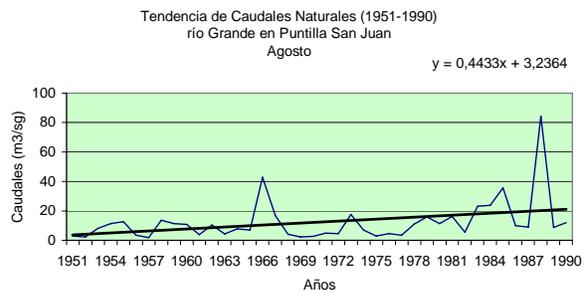
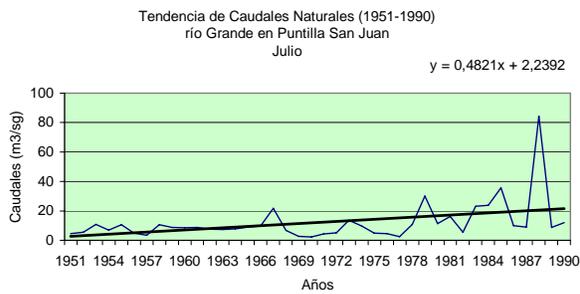
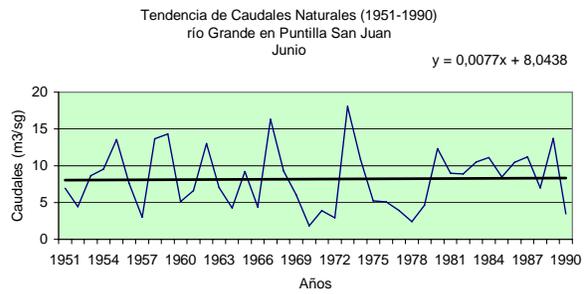
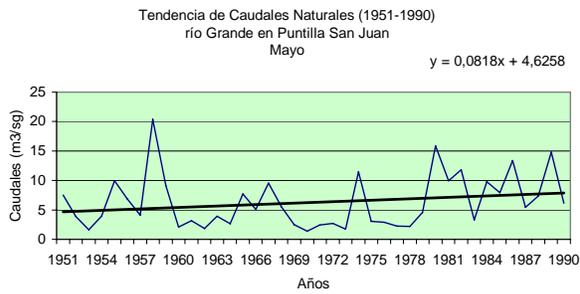
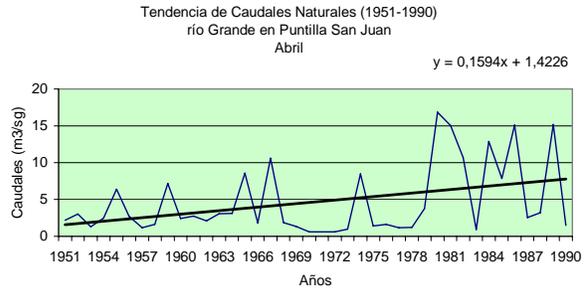
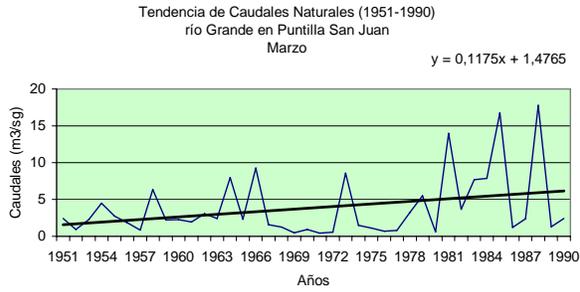
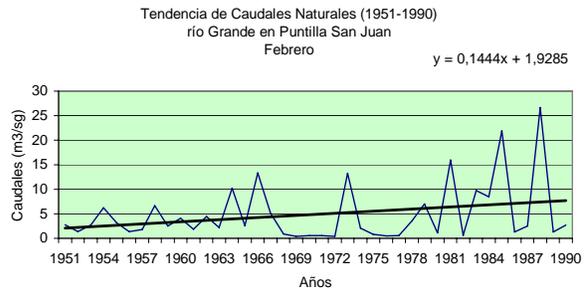
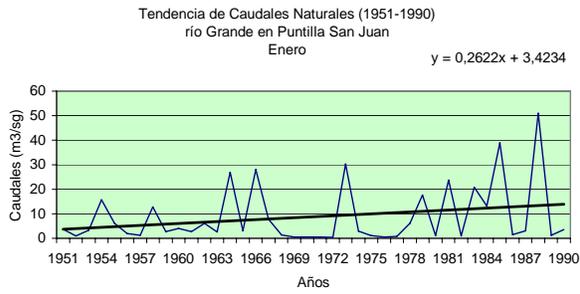
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Hurtado en San Agustín
 Diciembre



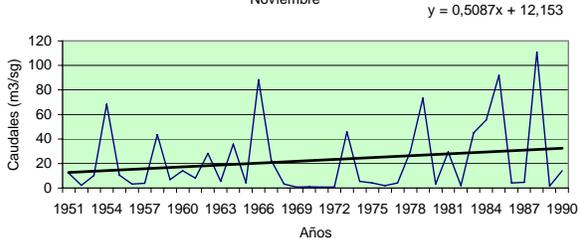
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Hurtado en San Agustín
 Anuales



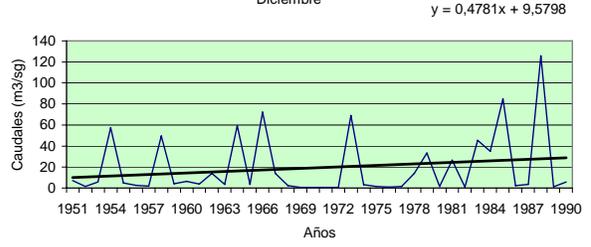
2.5. Río Grande en Puntilla San Juan



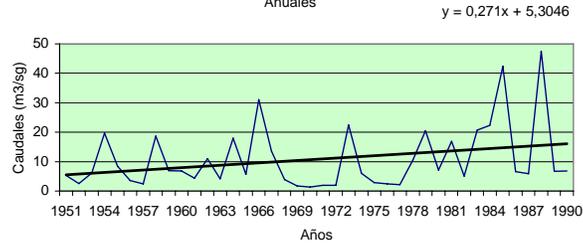
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Grande en Puntilla San Juan
 Noviembre



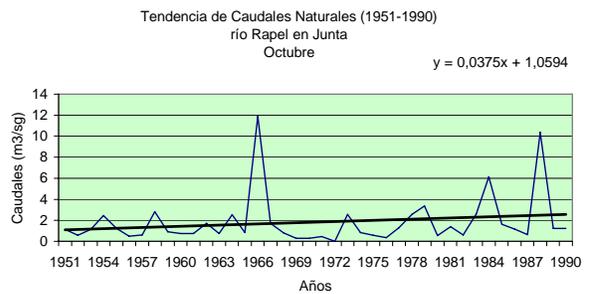
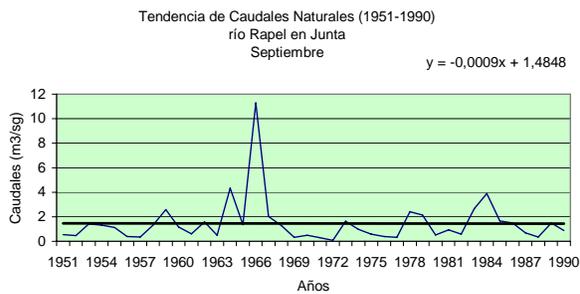
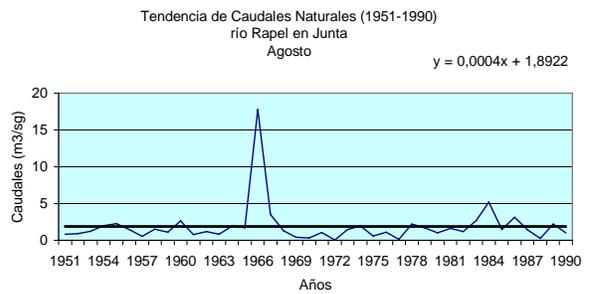
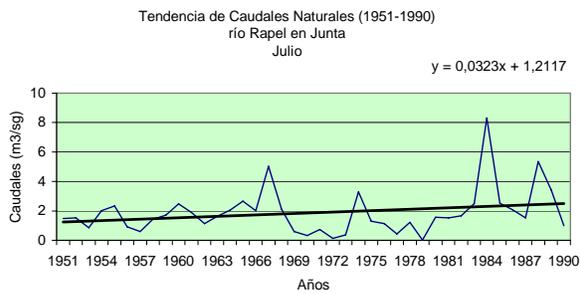
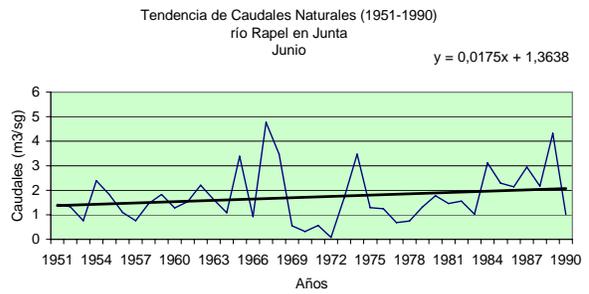
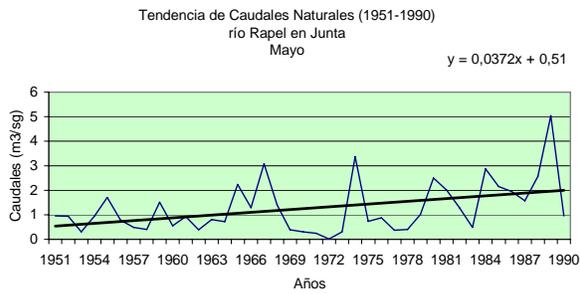
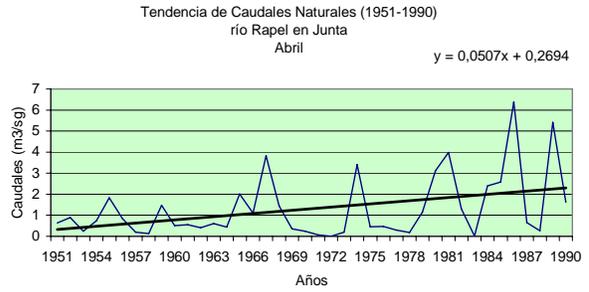
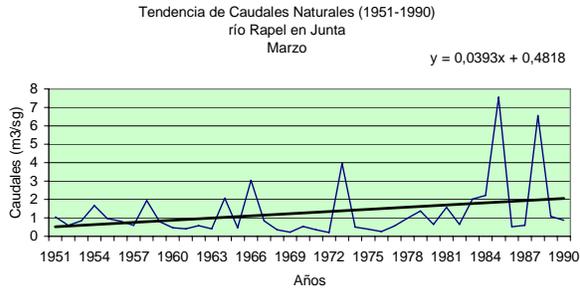
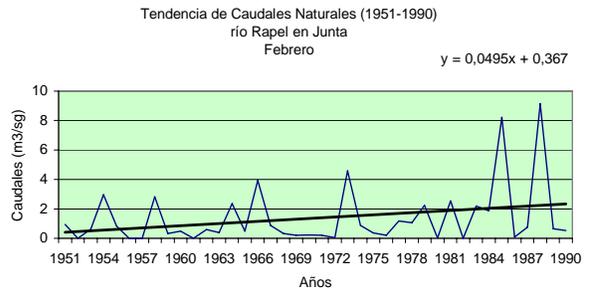
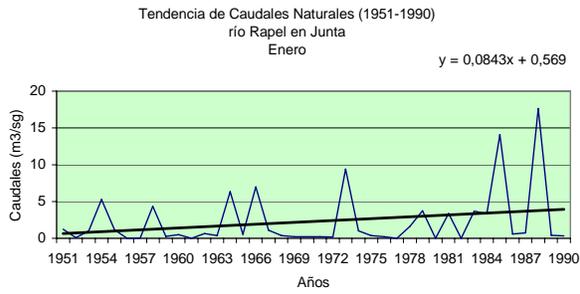
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Grande en Puntilla San Juan
 Diciembre



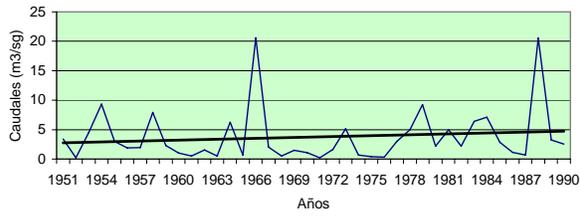
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Grande en Puntilla San Juan
 Anuales



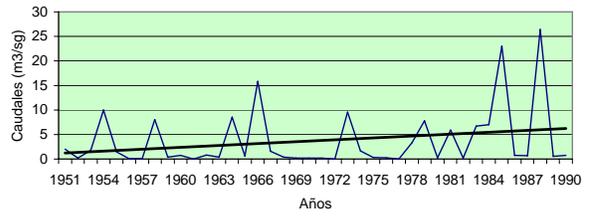
2.6. Río Rapel en Junta



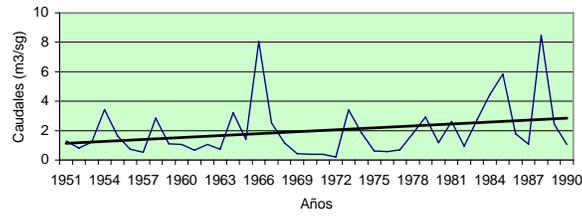
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Rapel en Junta
 Noviembre



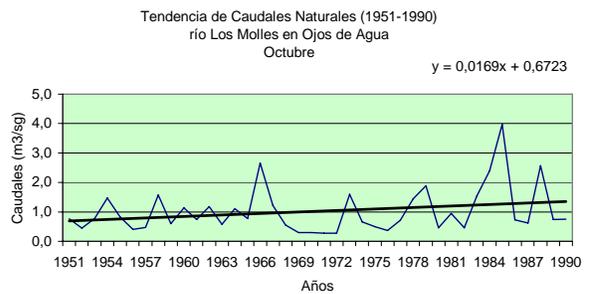
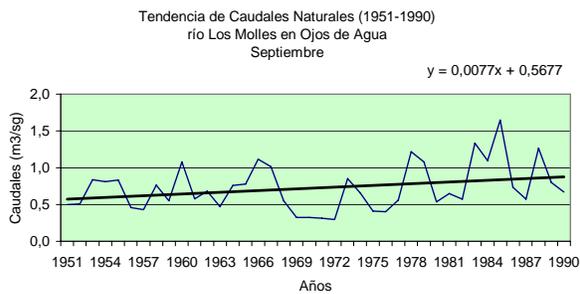
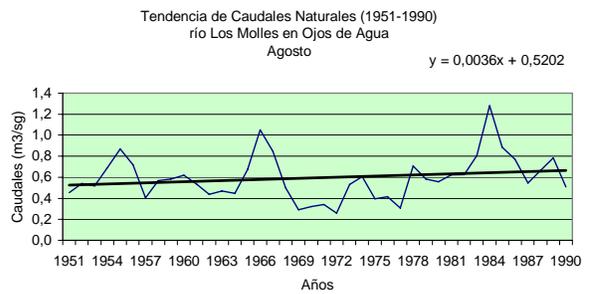
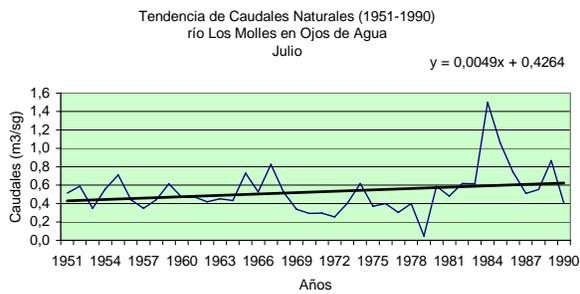
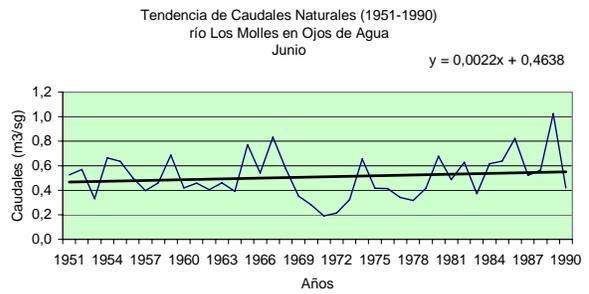
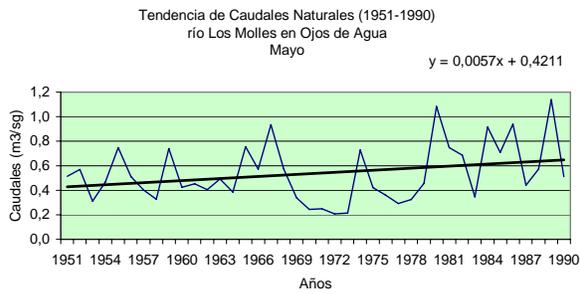
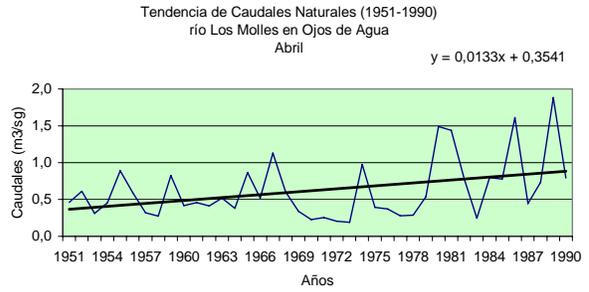
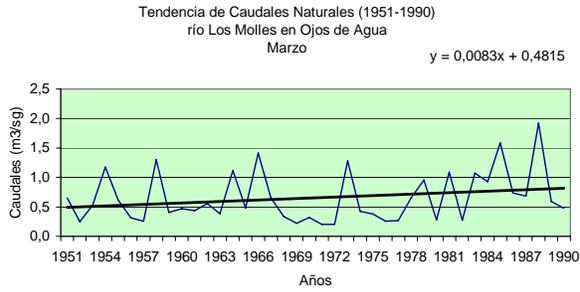
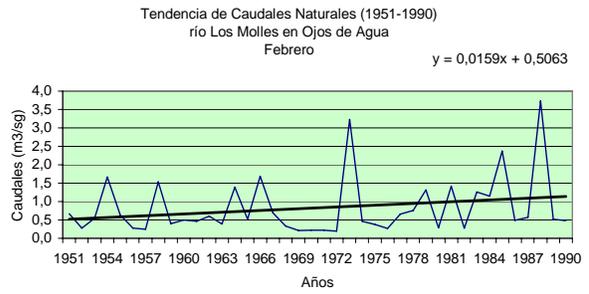
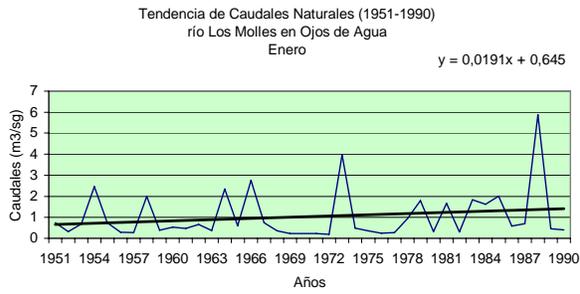
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Rapel en Junta
 Diciembre



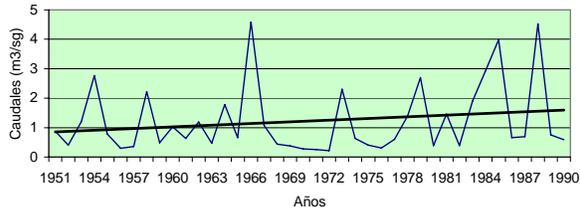
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Rapel en Junta
 Anuales



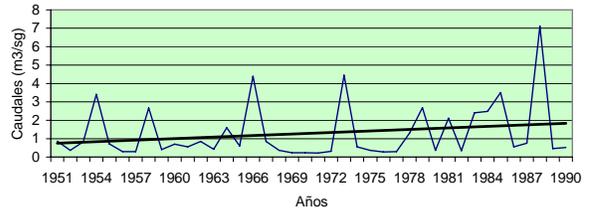
2.7. Río Los Molles en Ojos de Agua



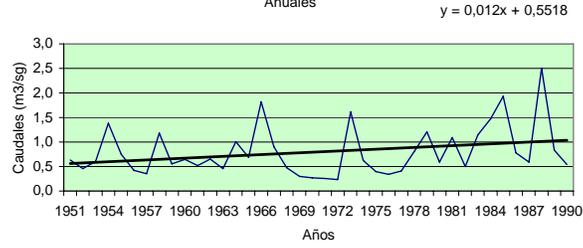
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
río Los Molles en Ojos de Agua
Noviembre



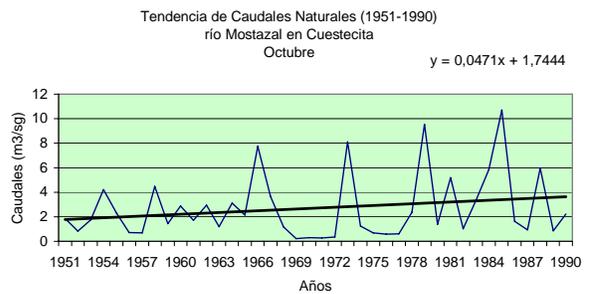
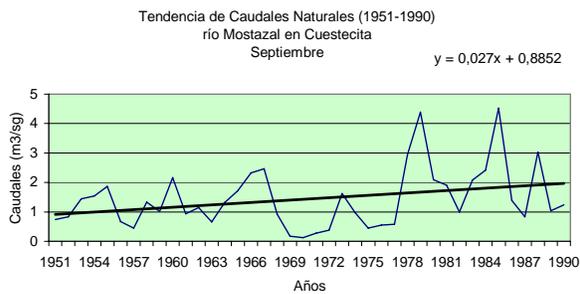
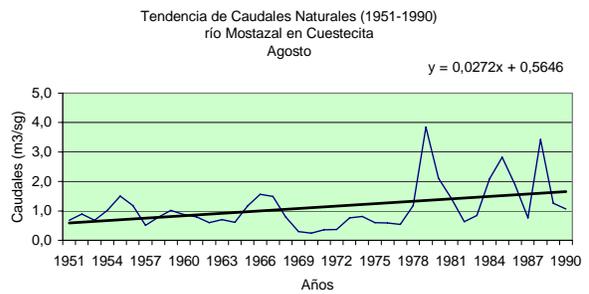
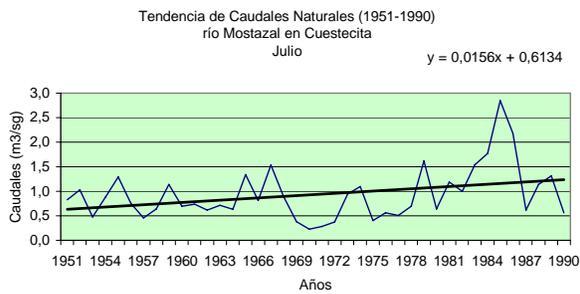
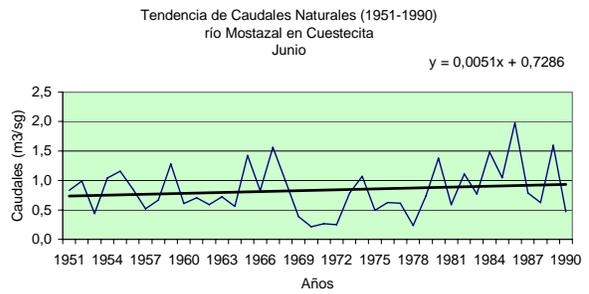
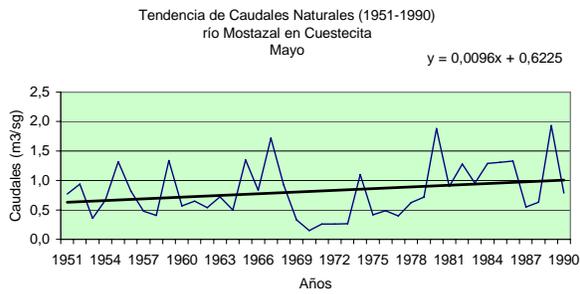
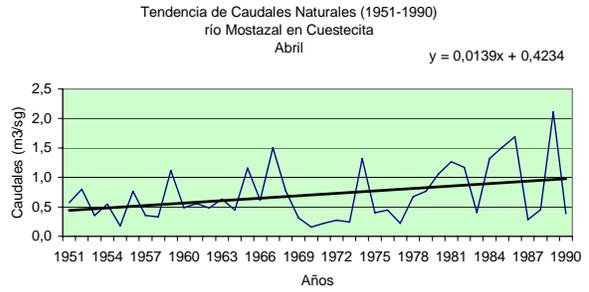
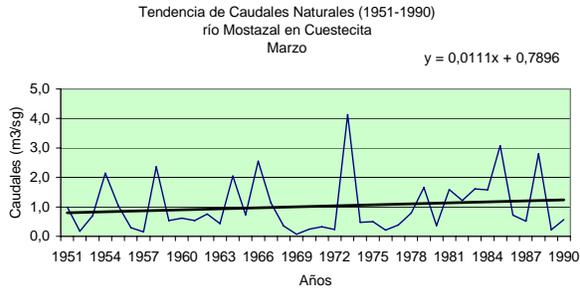
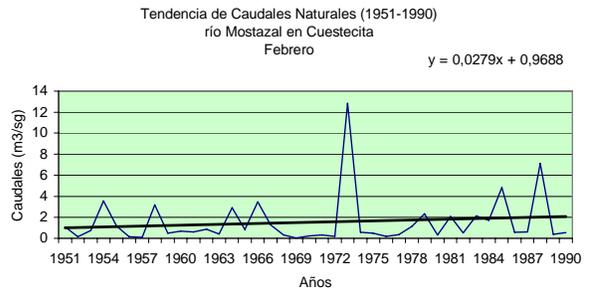
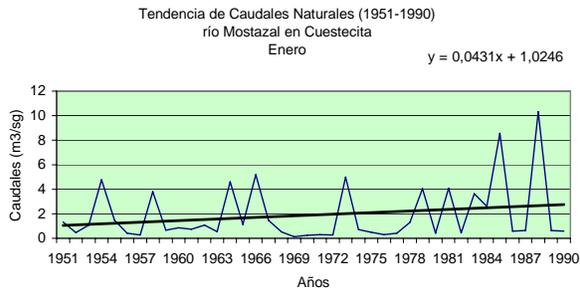
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
río Los Molles en Ojos de Agua
Diciembre



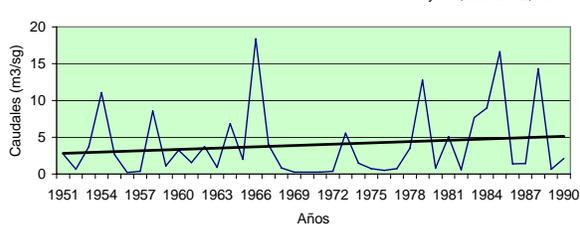
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
río Los Molles en Ojos de Agua
Anuales



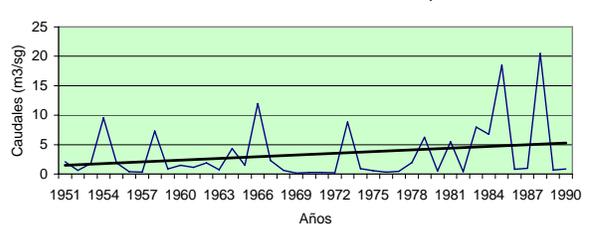
2.8. Río Mostazal en Cuestecita



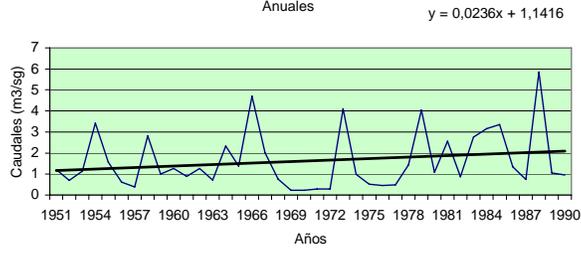
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Mostazal en Cuestecita
 Noviembre



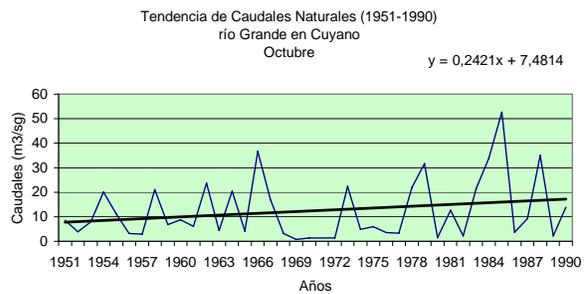
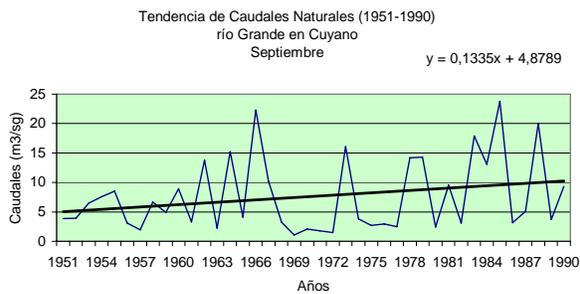
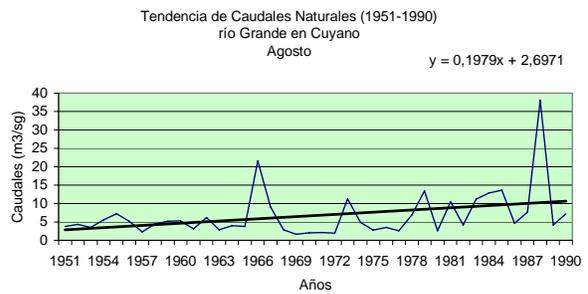
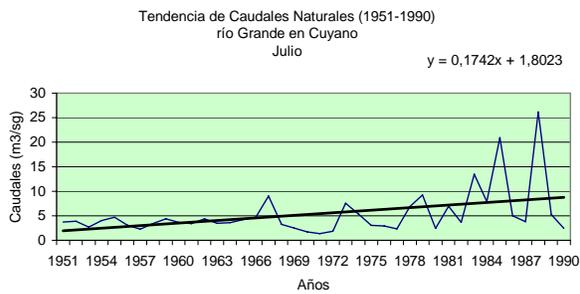
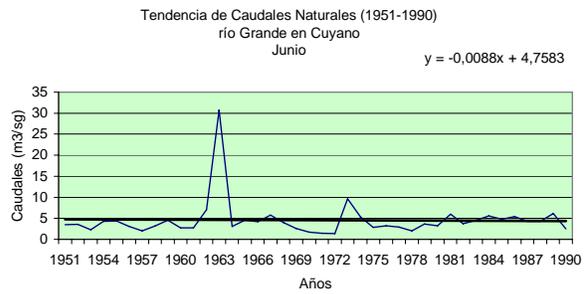
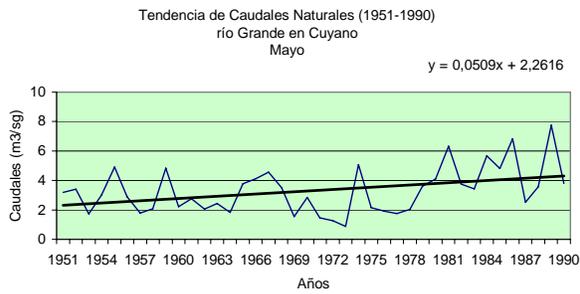
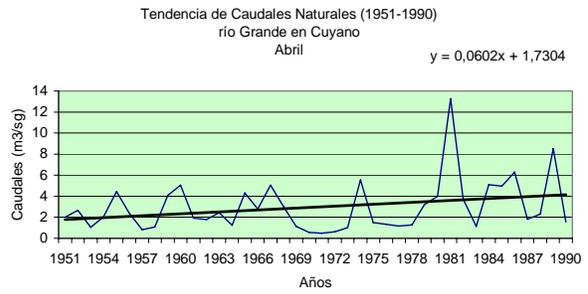
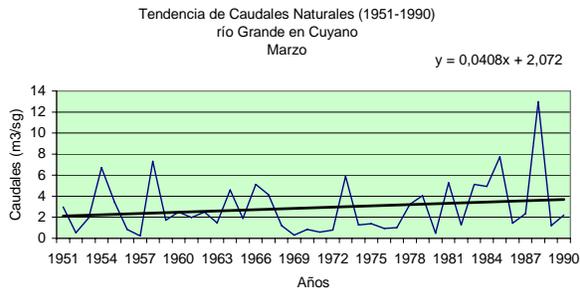
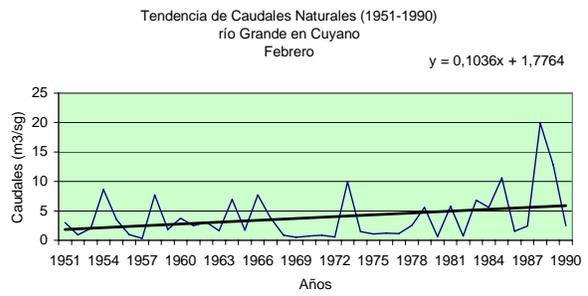
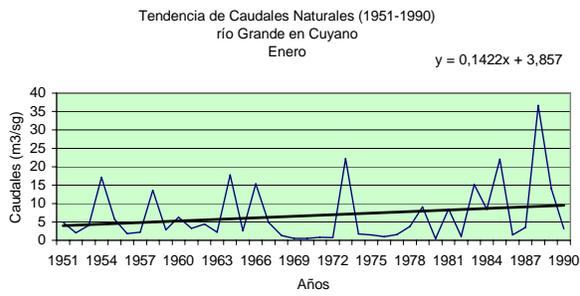
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Mostazal en Cuestecita
 Diciembre



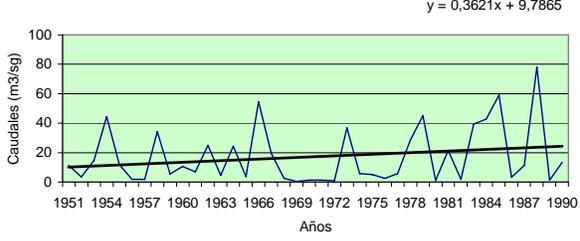
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Mostazal en Cuestecita
 Anuales



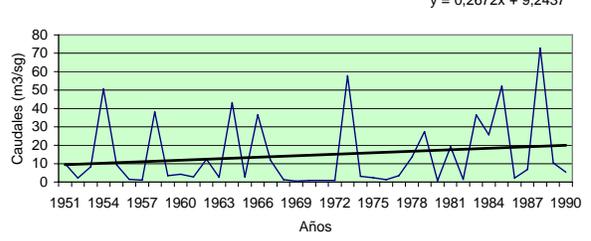
2.9. Río Grande en Cuyano



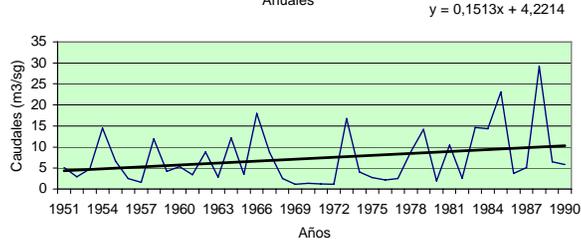
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Grande en Cuyano
 Noviembre



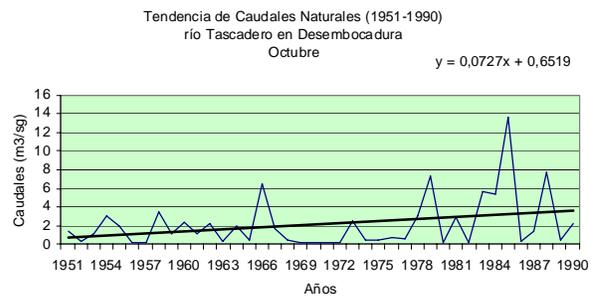
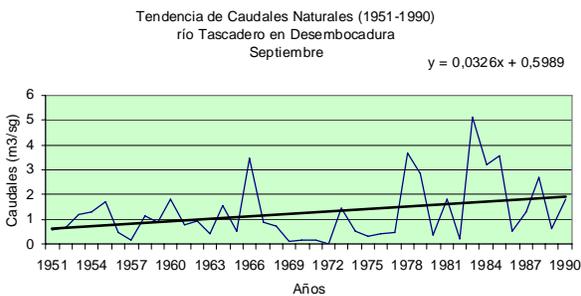
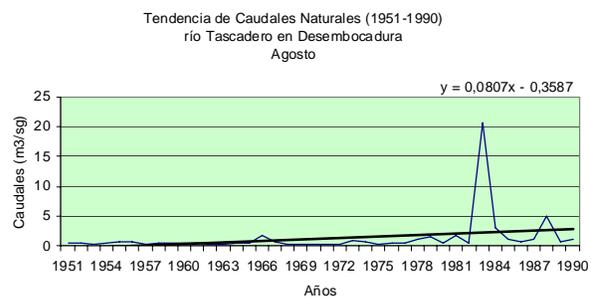
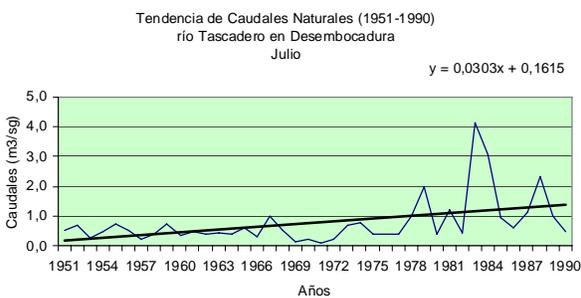
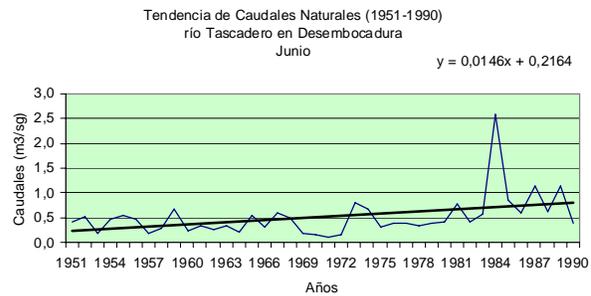
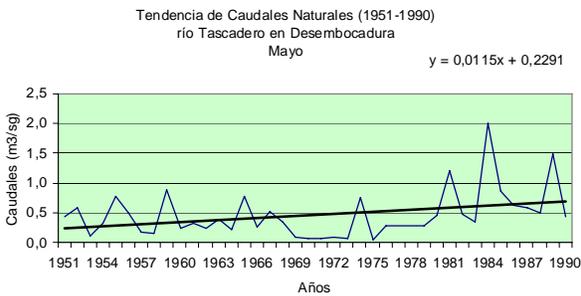
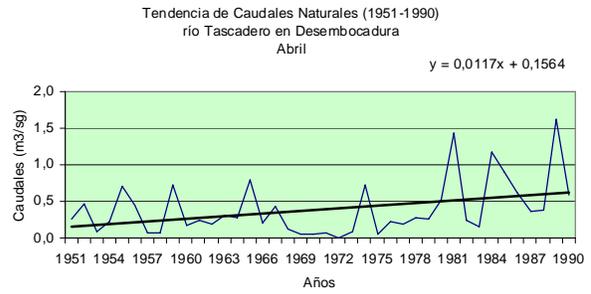
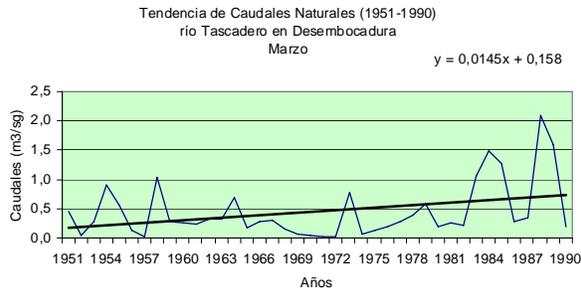
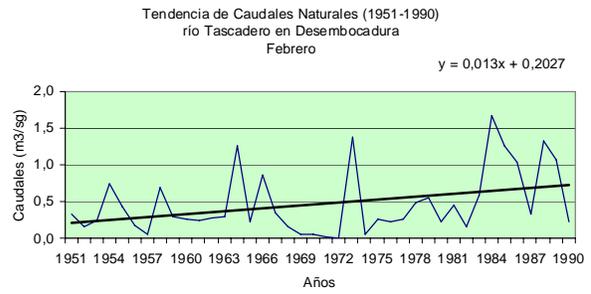
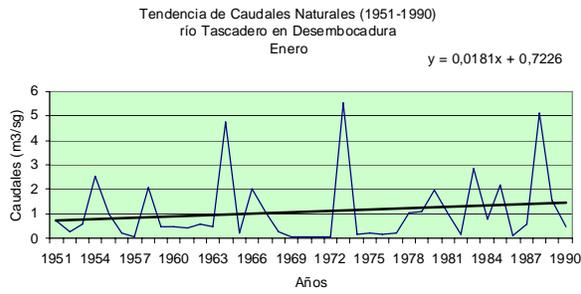
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Grande en Cuyano
 Diciembre



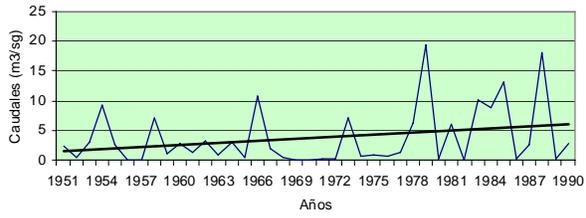
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Grande en Cuyano
 Anuales



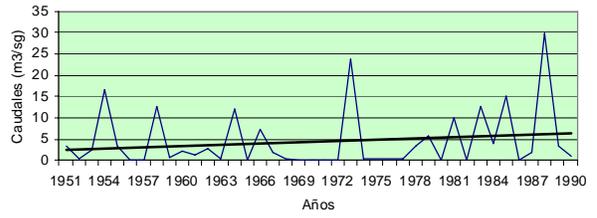
2.10. Río Tascadero en Desembocadura



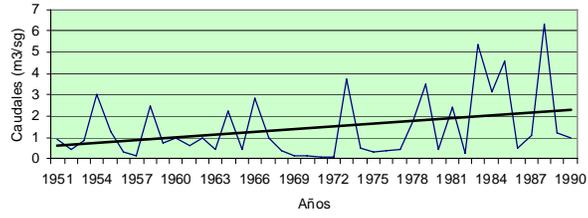
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Tascadero en Desembocadura
 Noviembre



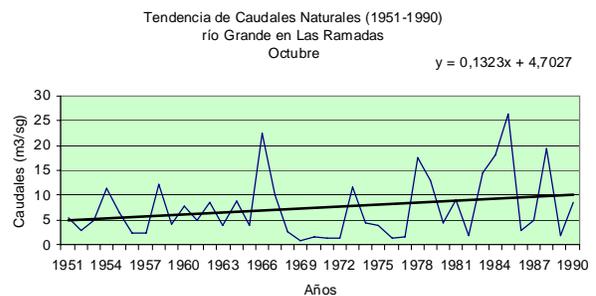
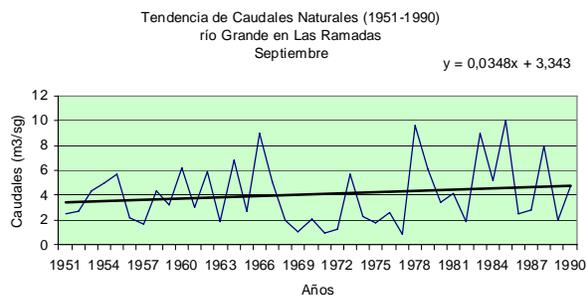
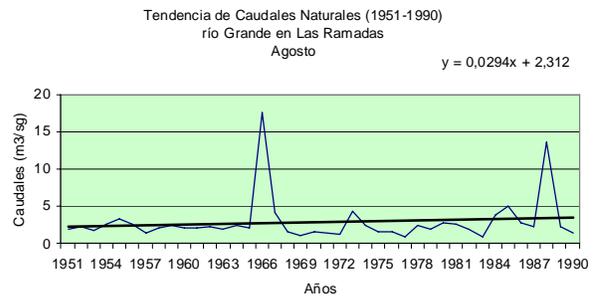
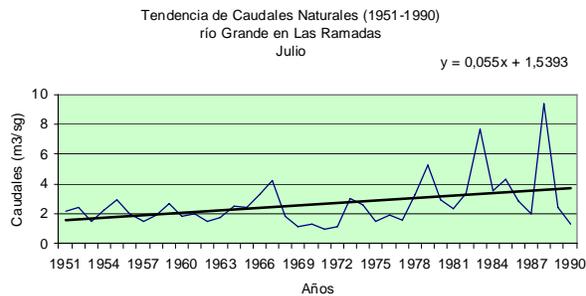
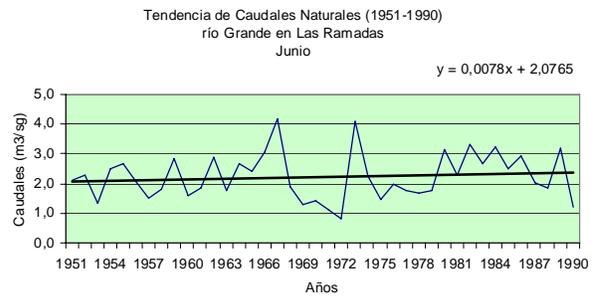
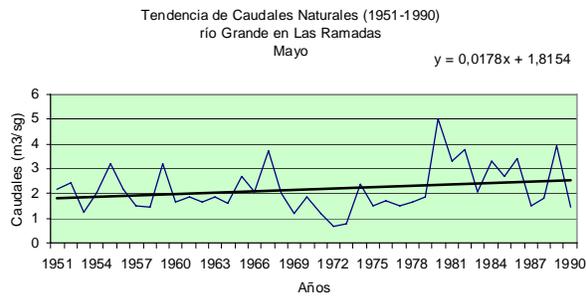
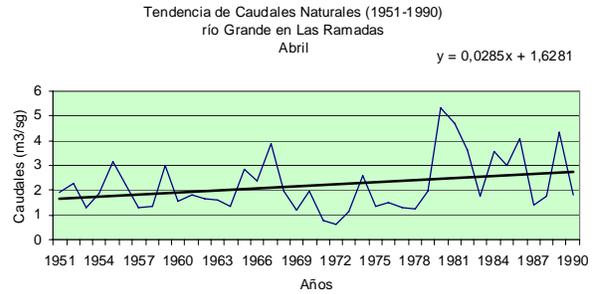
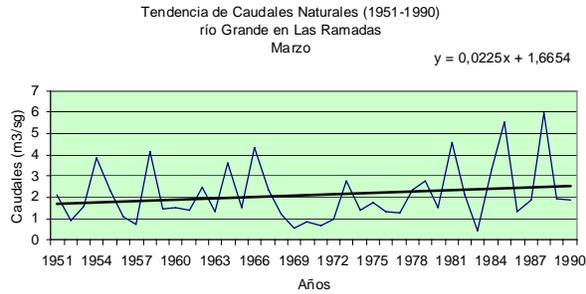
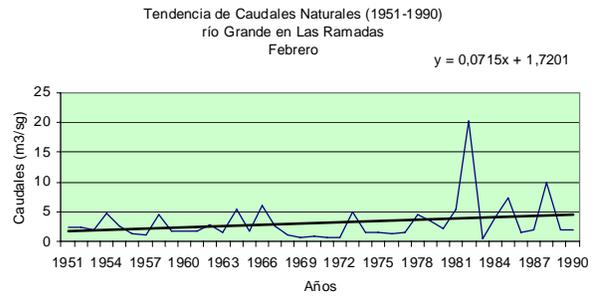
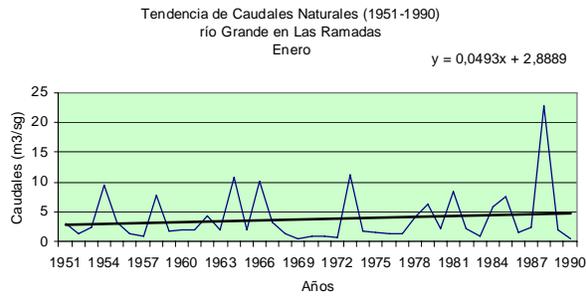
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Tascadero en Desembocadura
 Diciembre



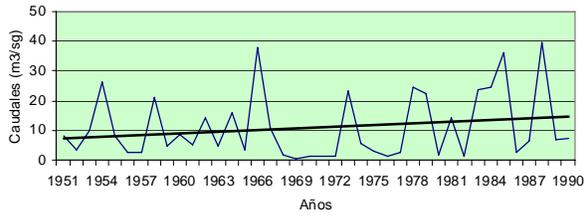
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Tascadero en Desembocadura
 Anuales



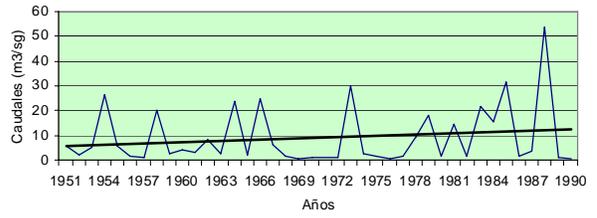
2.11. Río Grande en Las Ramadas



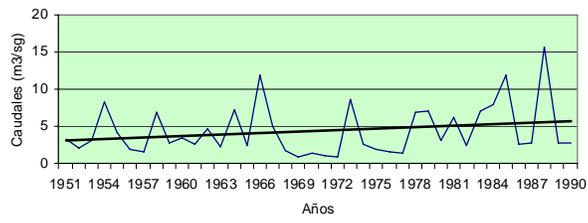
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Grande en Las Ramadas
 Noviembre



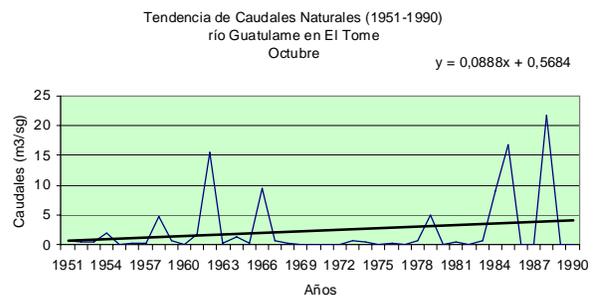
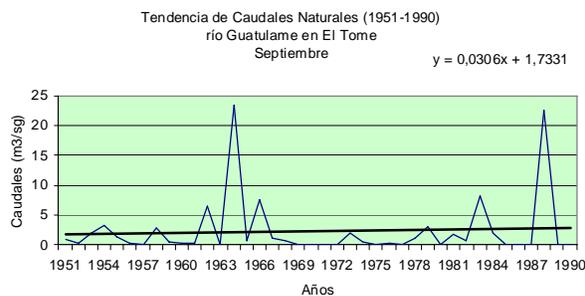
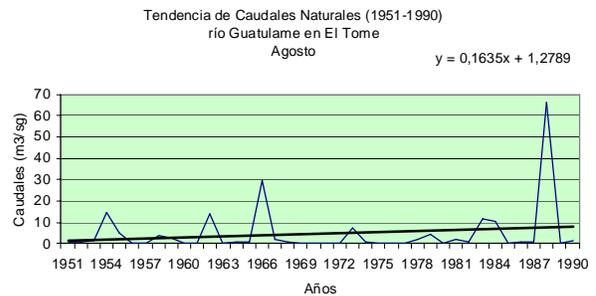
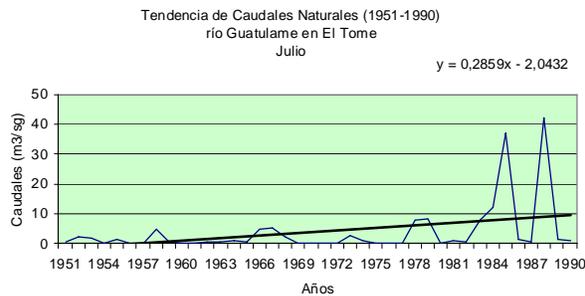
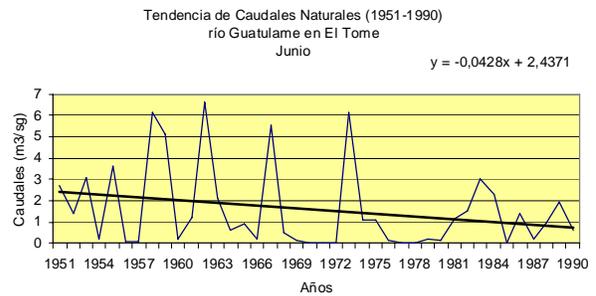
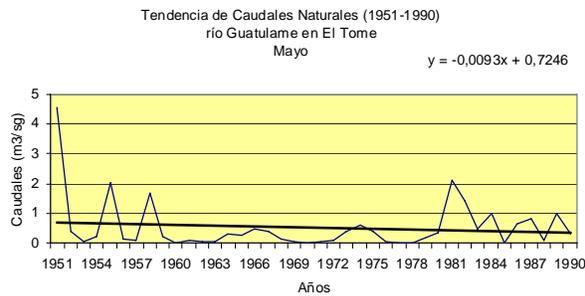
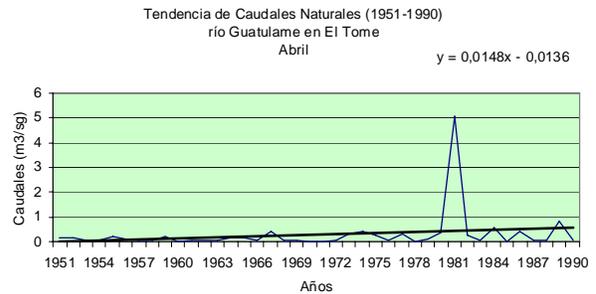
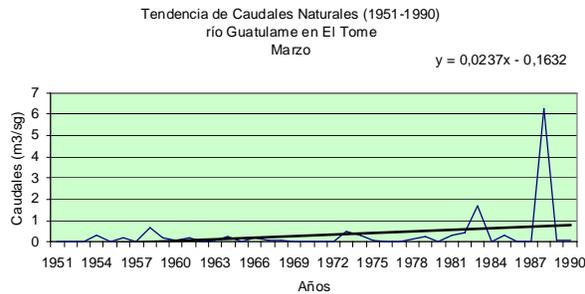
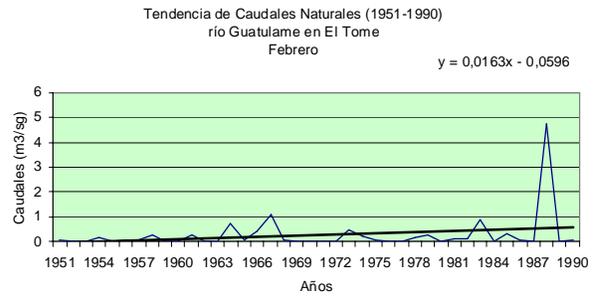
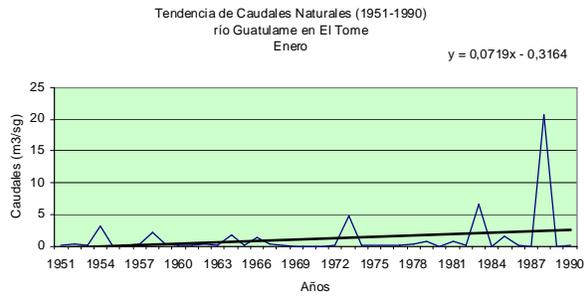
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Grande en Las Ramadas
 Diciembre



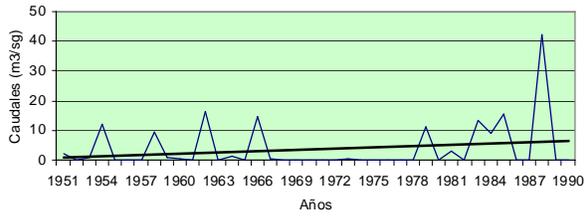
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Grande en Las Ramadas
 Anuales



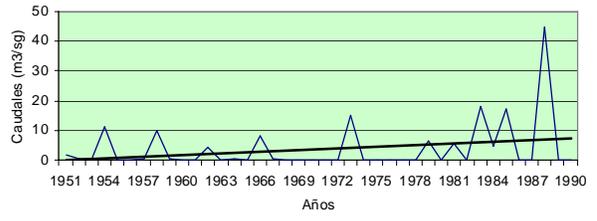
2.12. Río Guatulame en El Tome



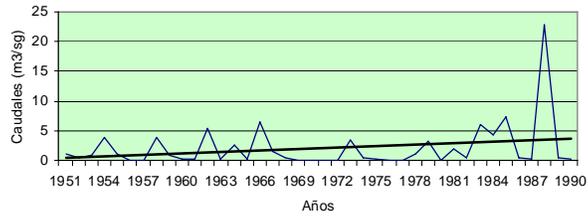
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
río Guatulame en El Tome
Noviembre



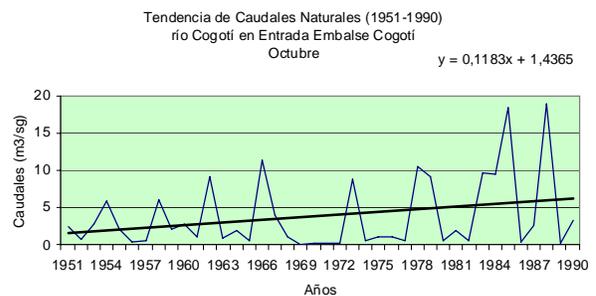
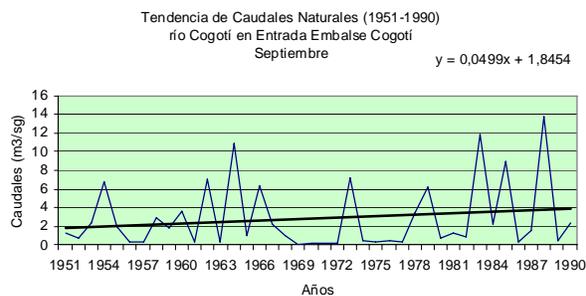
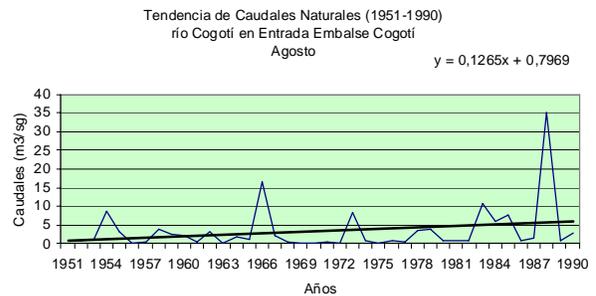
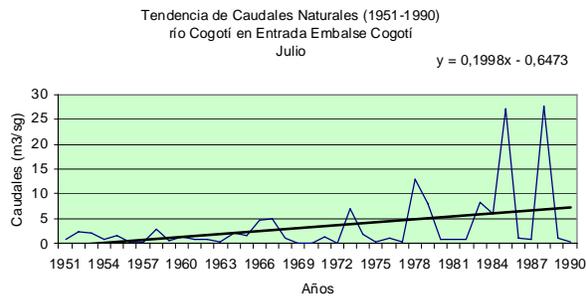
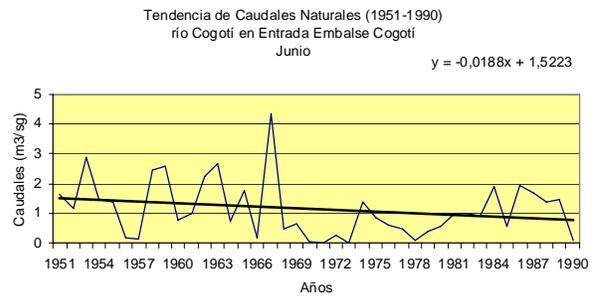
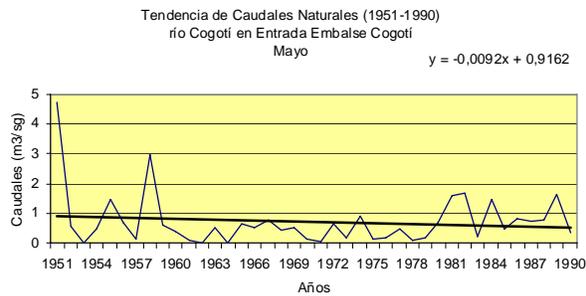
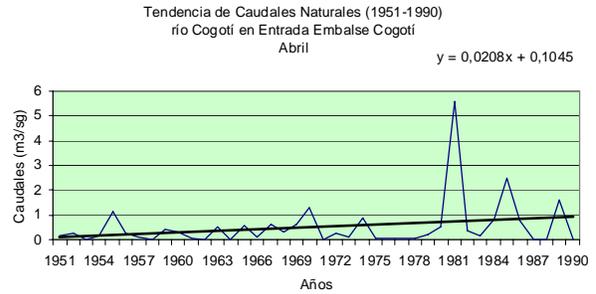
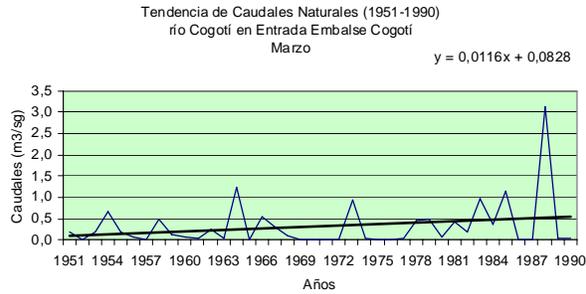
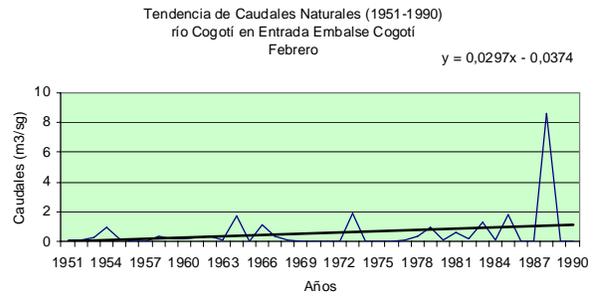
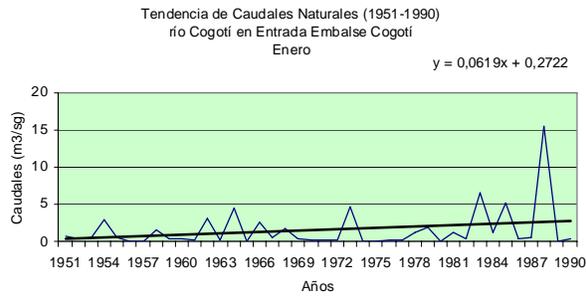
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
río Guatulame en El Tome
Diciembre



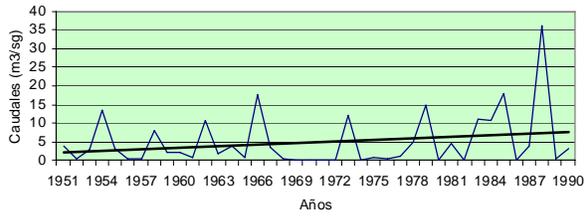
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
río Guatulame en El Tome
Anuales



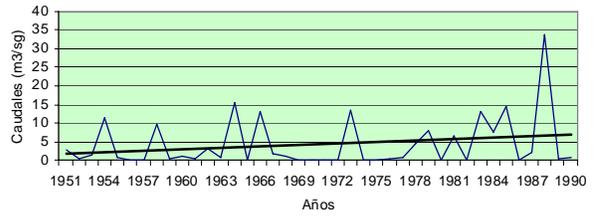
2.13. Río Cogotí en entrada Embalse Cogotí



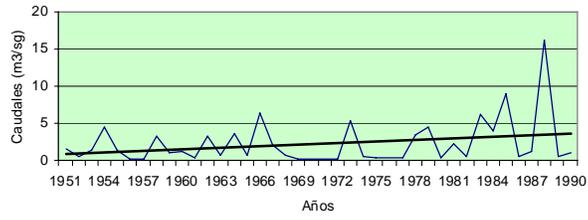
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Cogotí en Entrada Embalse Cogotí
 Noviembre



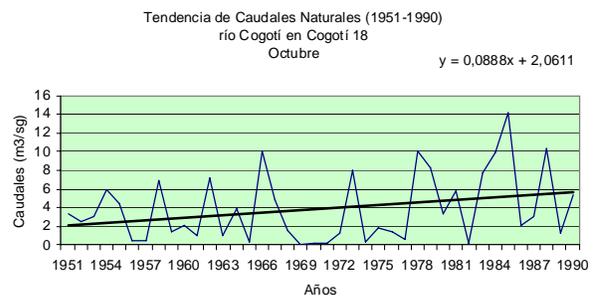
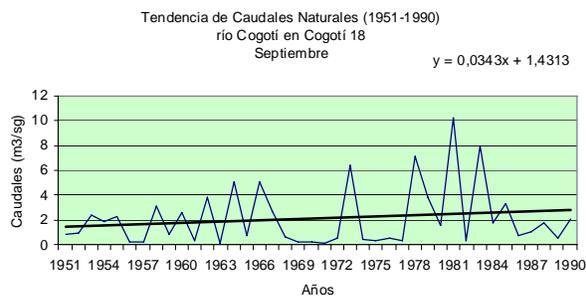
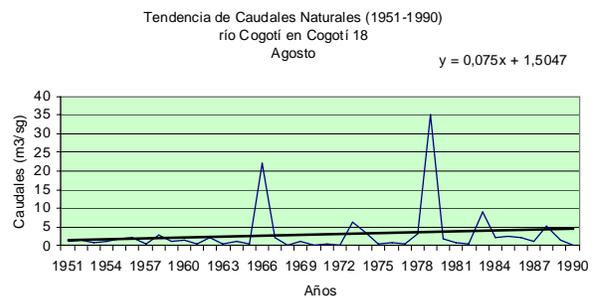
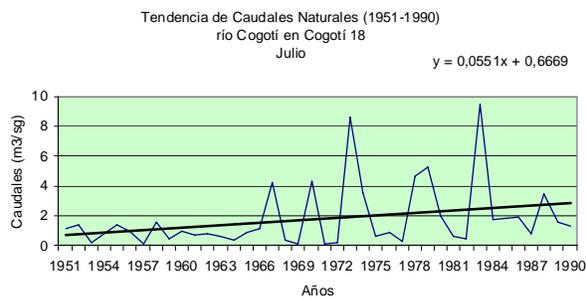
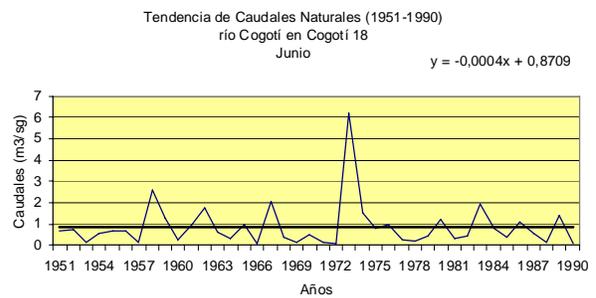
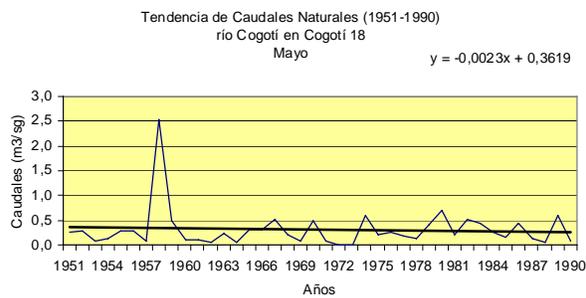
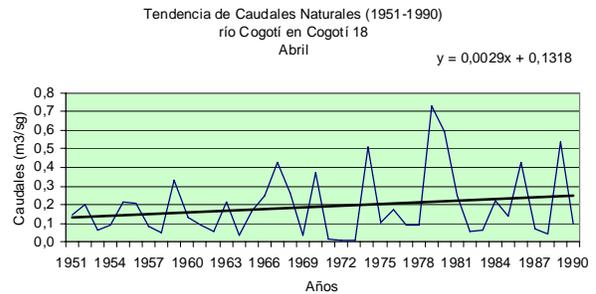
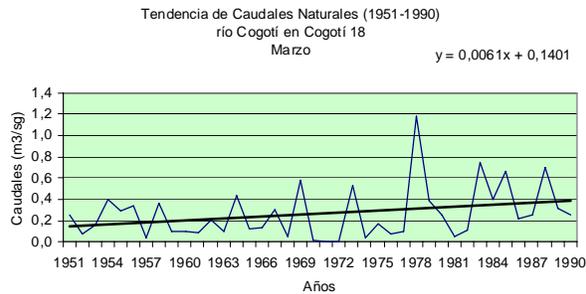
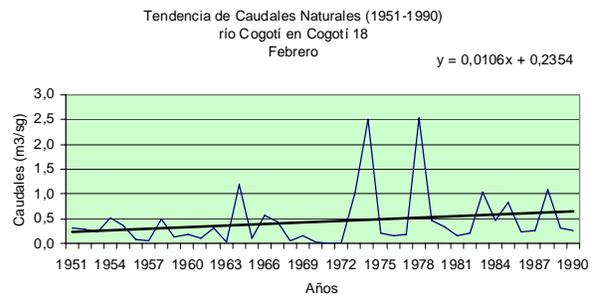
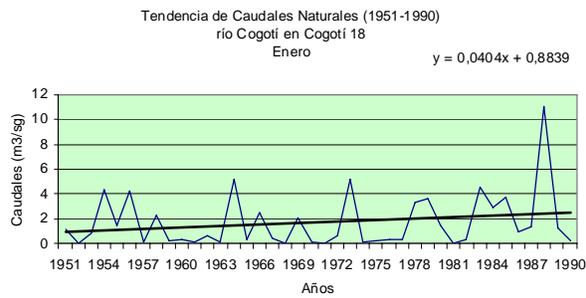
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Cogotí en Entrada Embalse Cogotí
 Diciembre



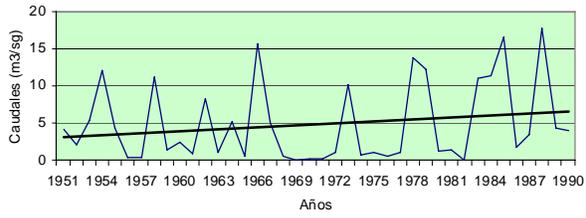
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Cogotí en Entrada Embalse Cogotí
 Anuales



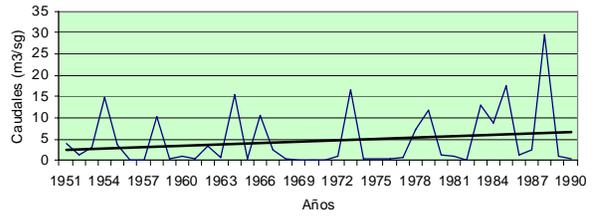
2.14. Río Cogotí en Cogotí 18



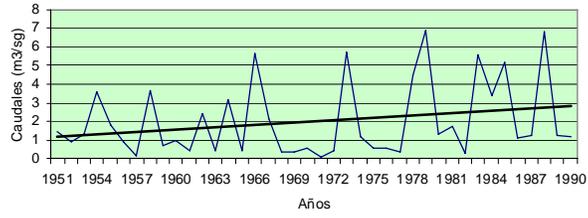
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Cogotí en Cogotí 18
 Noviembre



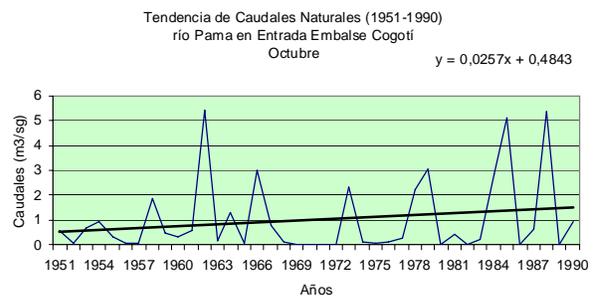
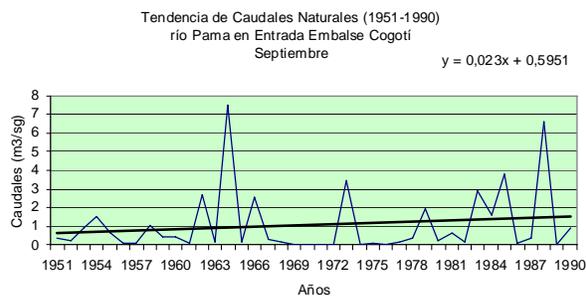
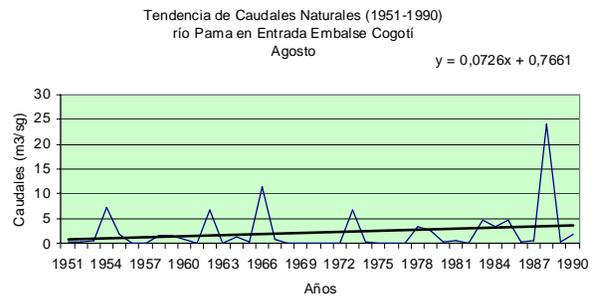
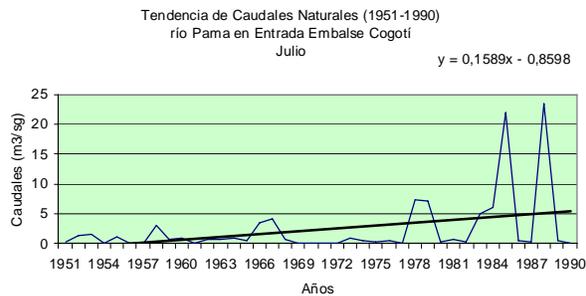
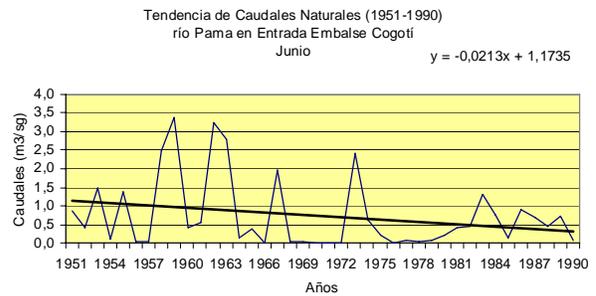
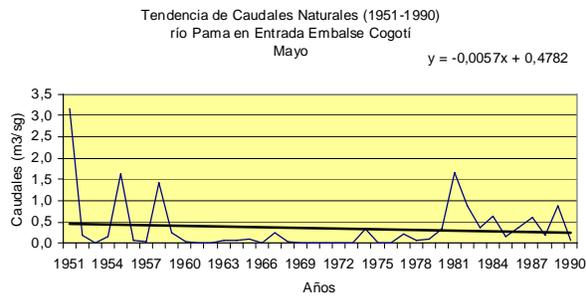
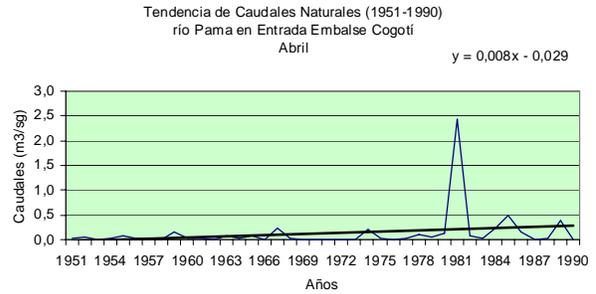
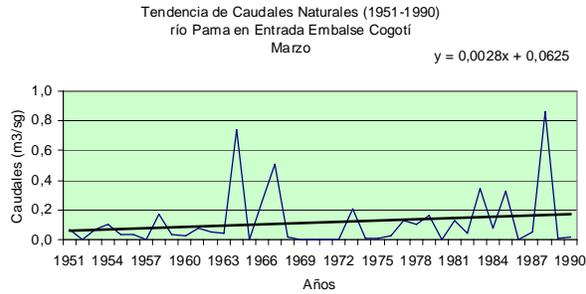
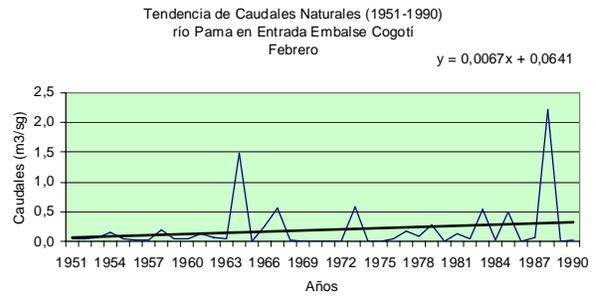
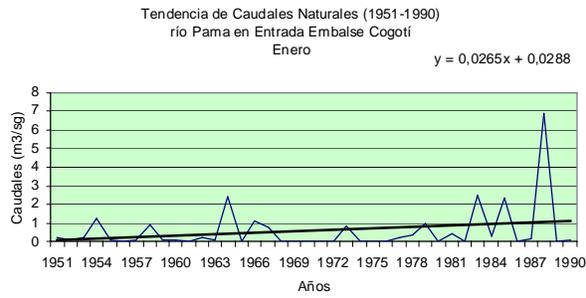
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Cogotí en Cogotí 18
 Diciembre



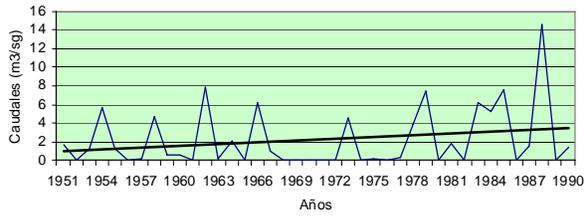
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Cogotí en Cogotí 18
 Anuales



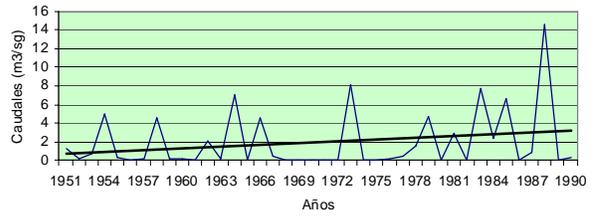
2.15. Río Pama en entrada Embalse



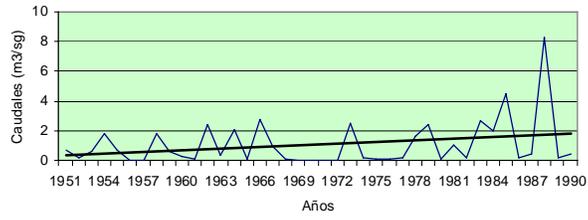
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Pama en Entrada Embalse Cogotí
 Noviembre



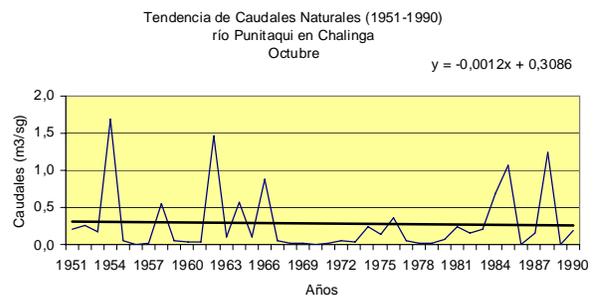
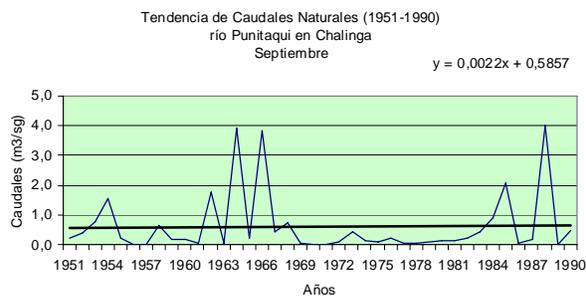
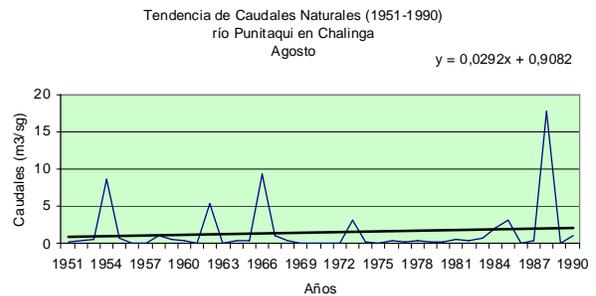
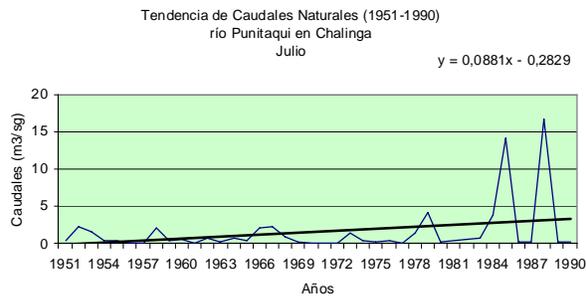
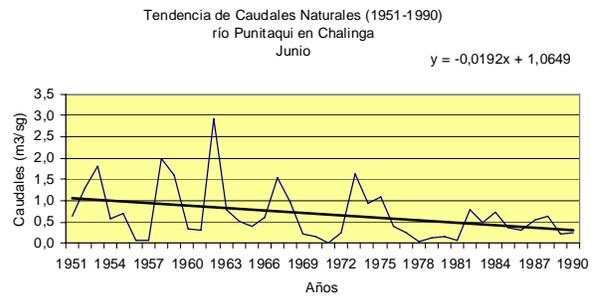
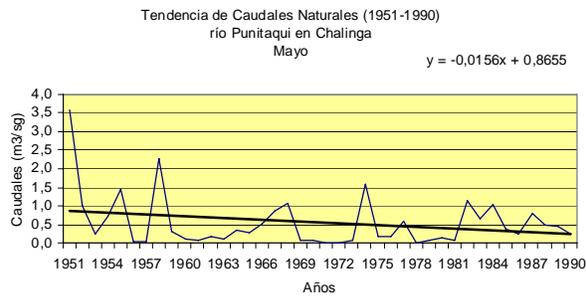
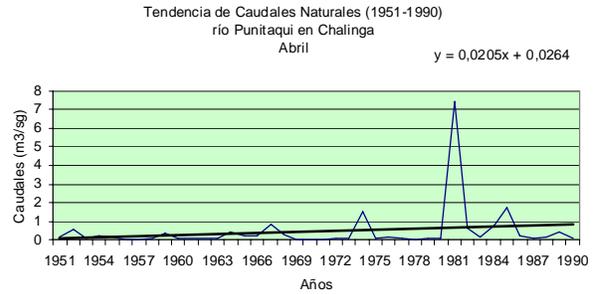
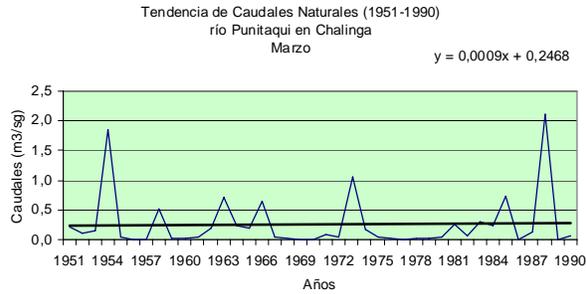
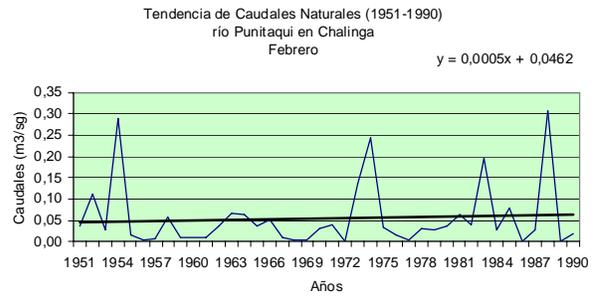
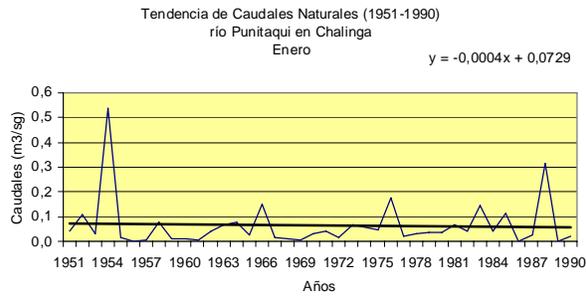
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Pama en Entrada Embalse Cogotí
 Diciembre



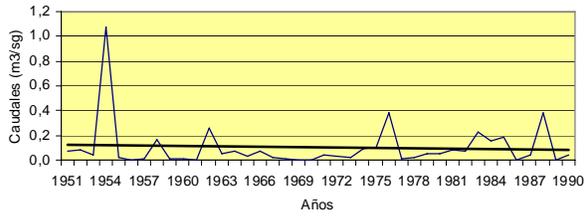
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Pama en Entrada Embalse Cogotí
 Anuales



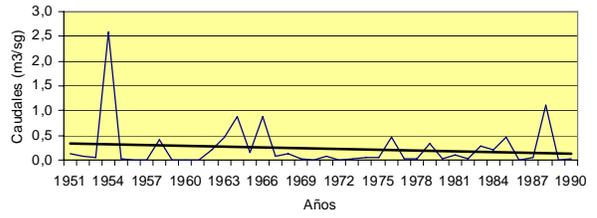
2.16. Río Punitaqui en Chalinga



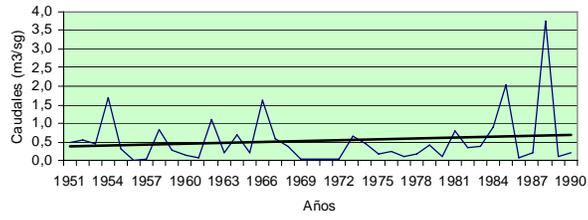
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Punitaqui en Chalinga
 Noviembre



Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Punitaqui en Chalinga
 Diciembre

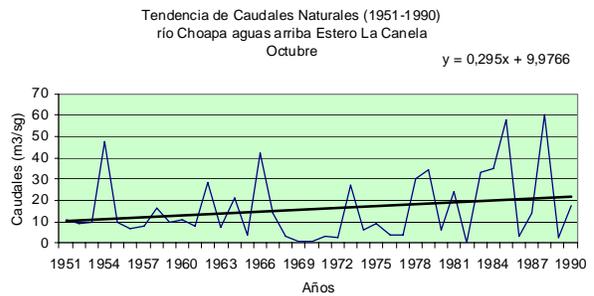
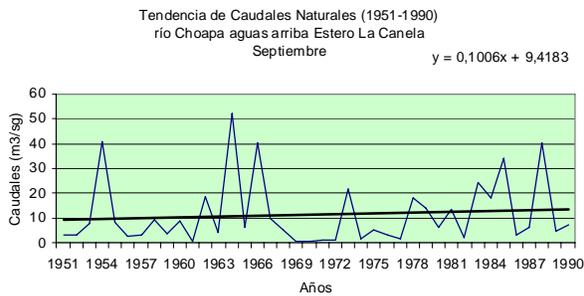
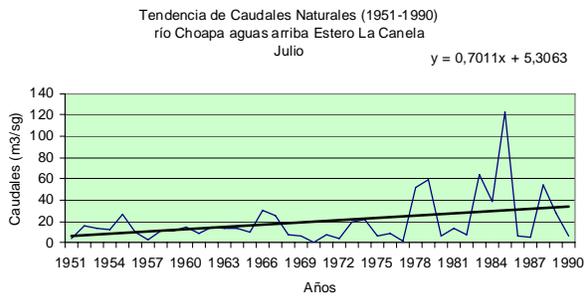
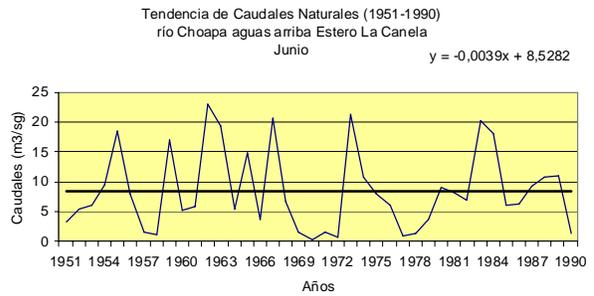
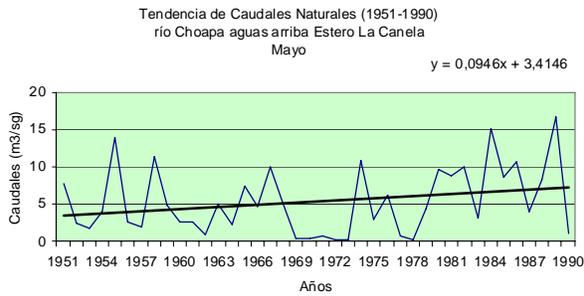
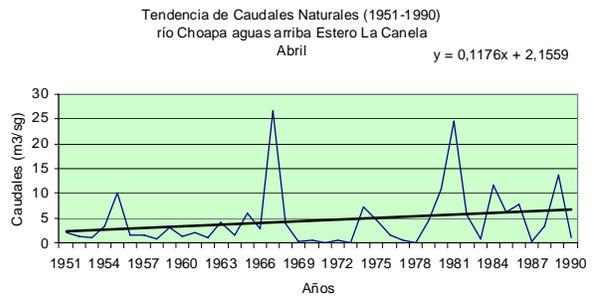
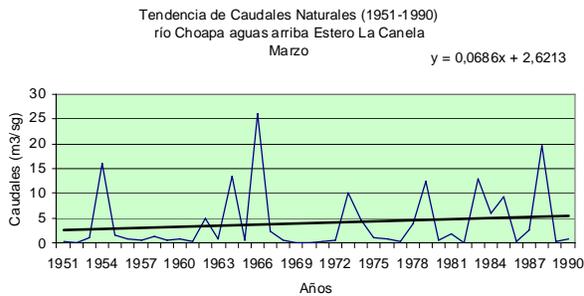
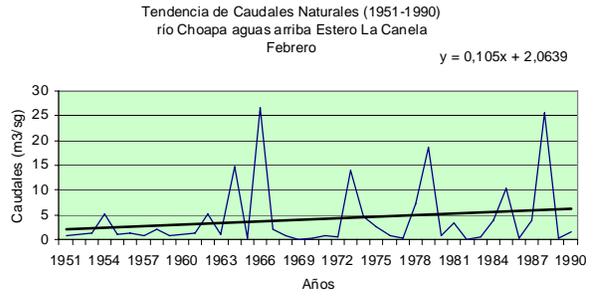
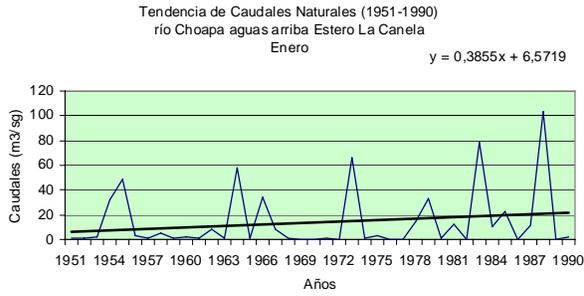


Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Punitaqui en Chalinga
 Anuales



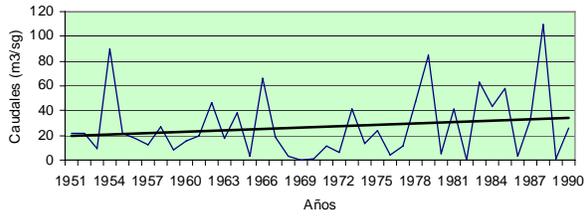
3. CUENCA DEL RIO CHOAPA

3.1. Río Choapa aguas arriba Estero La Canela



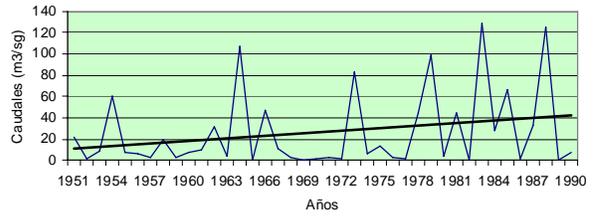
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Choapa aguas arriba Estero La Canela
 Noviembre

$$y = 0,3777x + 19,625$$



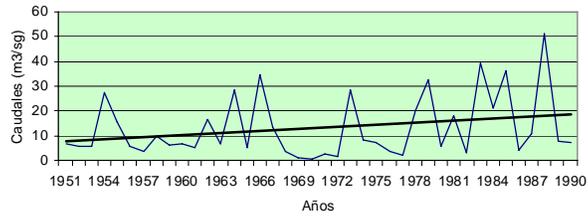
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Choapa aguas arriba Estero La Canela
 Diciembre

$$y = 0,8021x + 9,7805$$

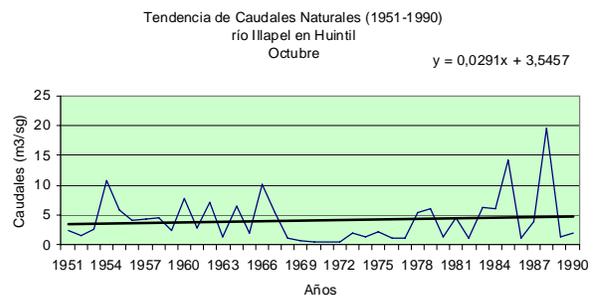
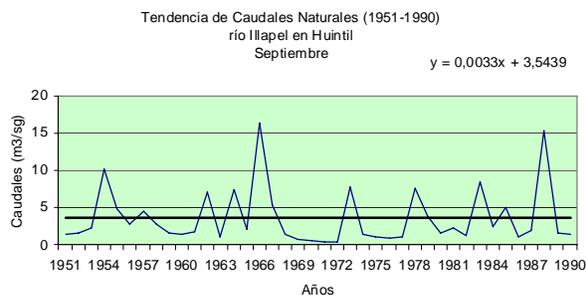
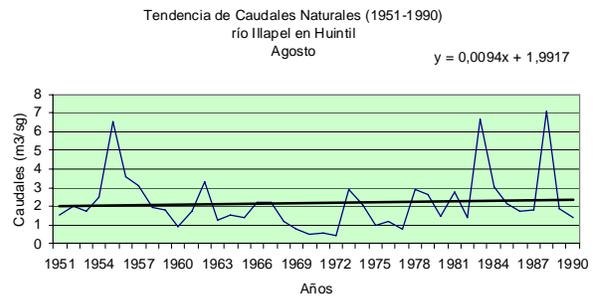
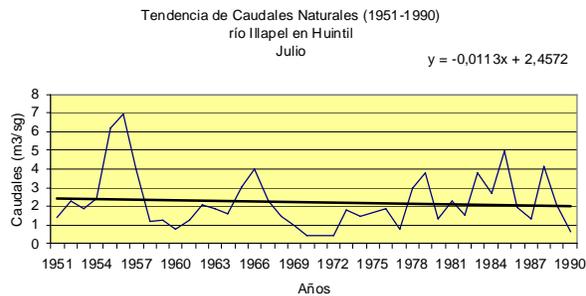
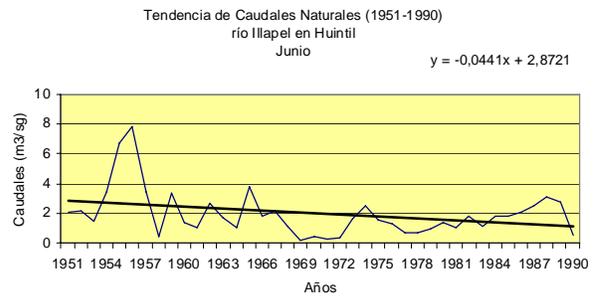
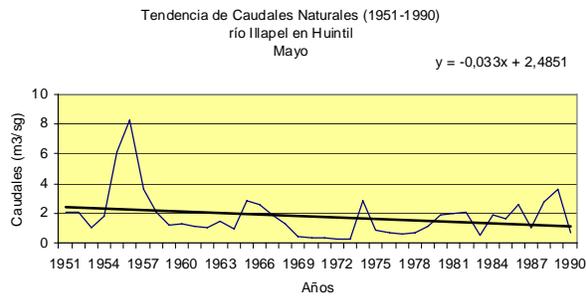
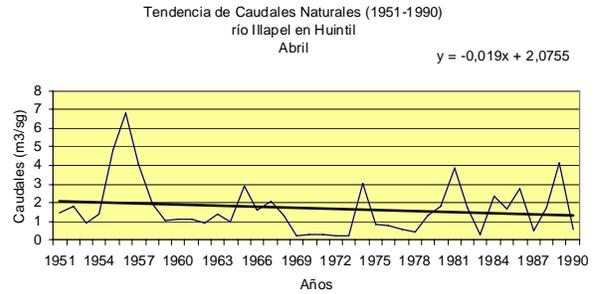
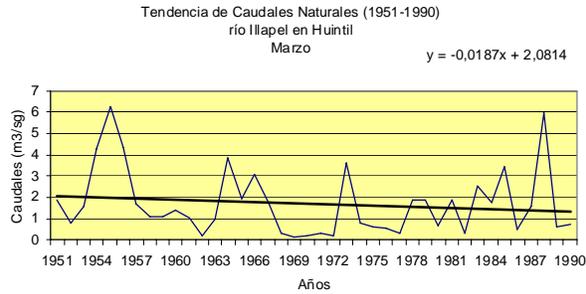
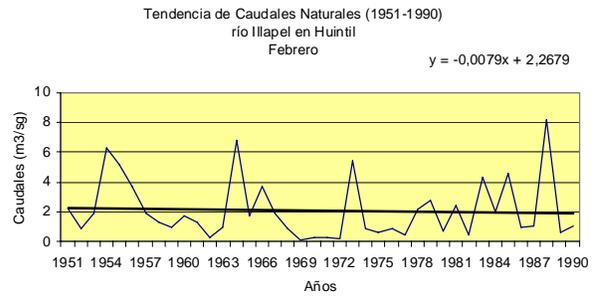
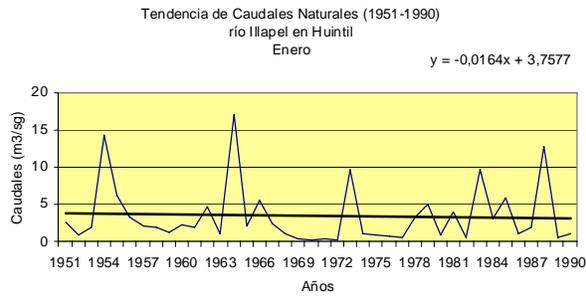


Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Choapa aguas arriba Estero La Canela
 Anuales

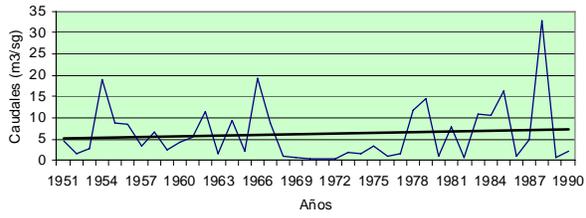
$$y = 0,2761x + 7,4238$$



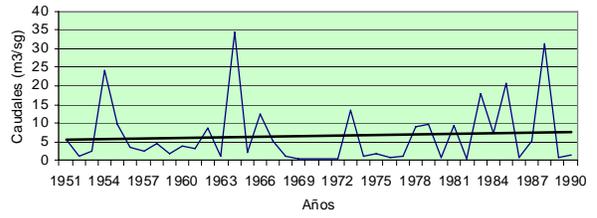
3.2. Río Illapel en Huintil



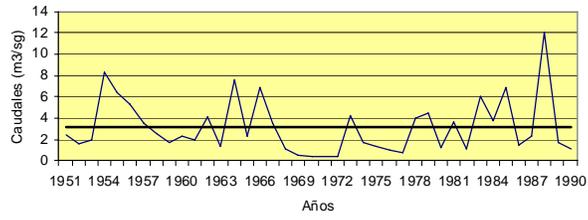
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Illapel en Huintil
 Noviembre



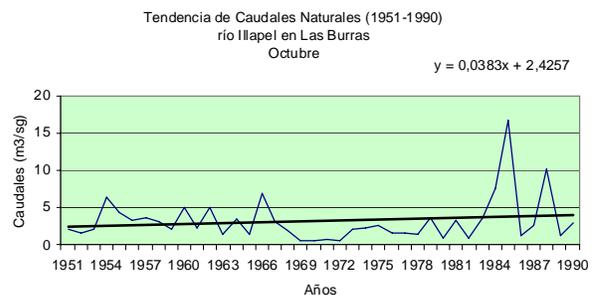
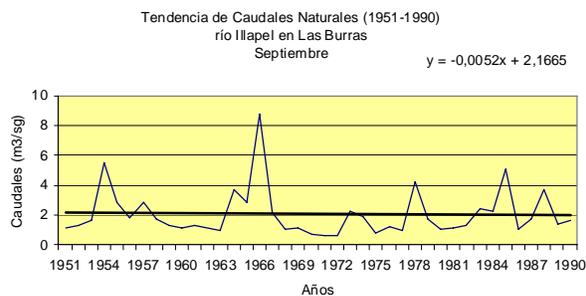
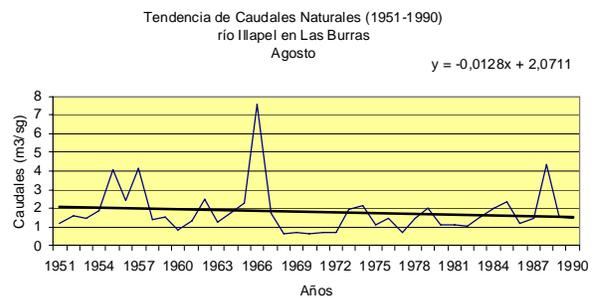
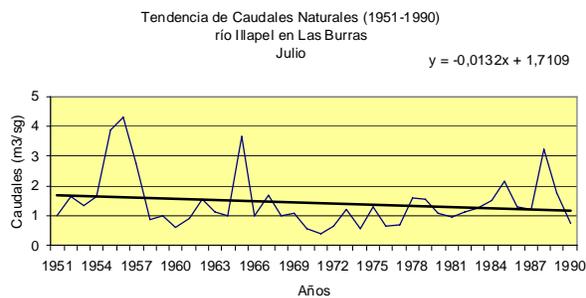
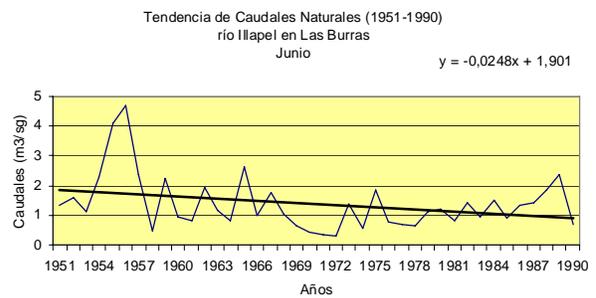
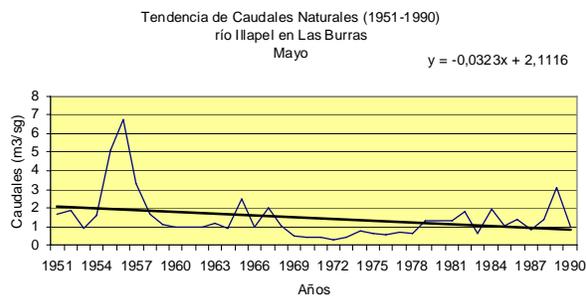
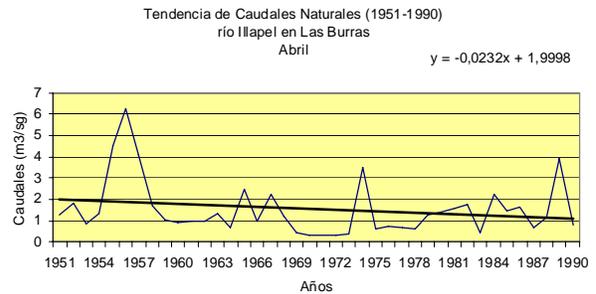
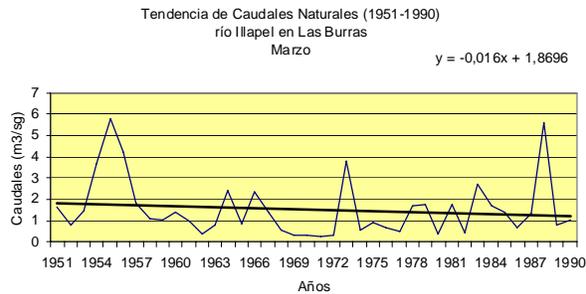
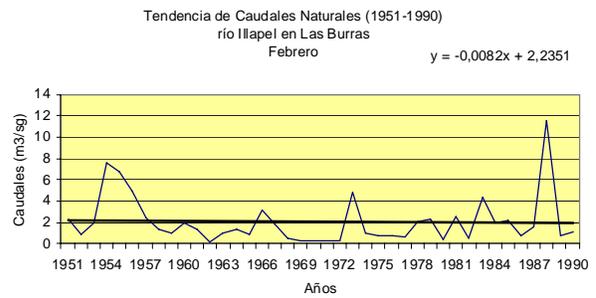
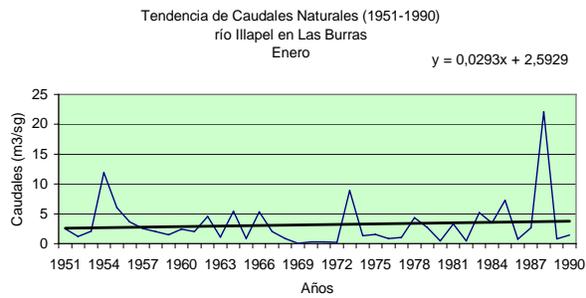
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Illapel en Huintil
 Diciembre



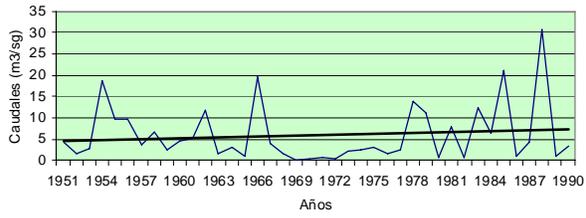
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Illapel en Huintil
 Anuales



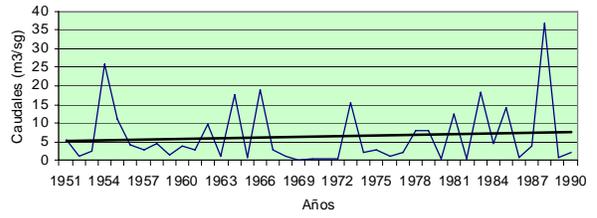
3.3. Río Illapel en Las Burras



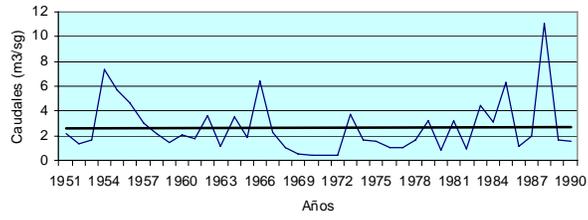
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Illapel en Las Burras
 Noviembre



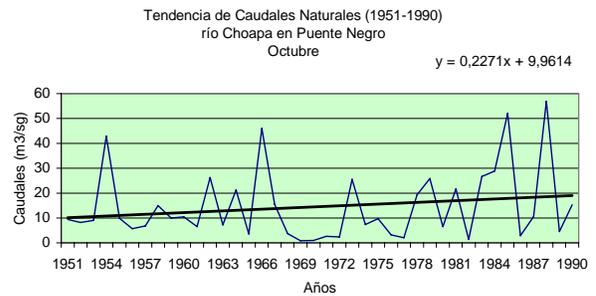
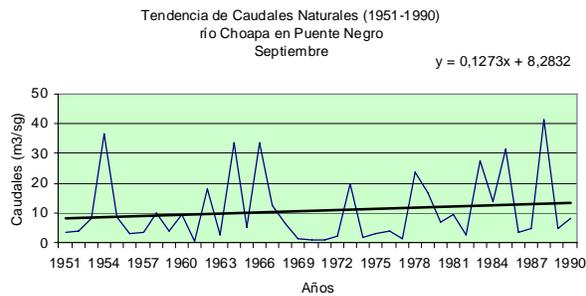
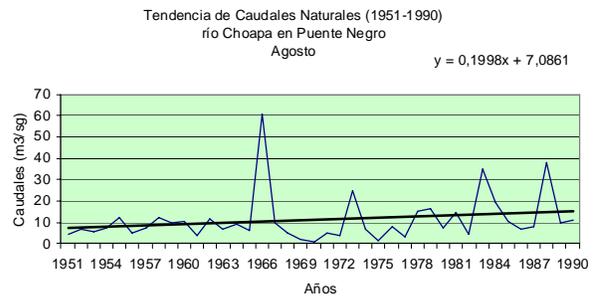
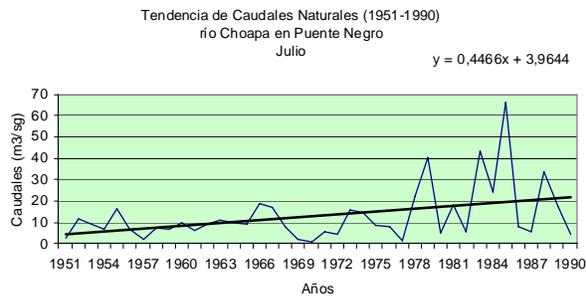
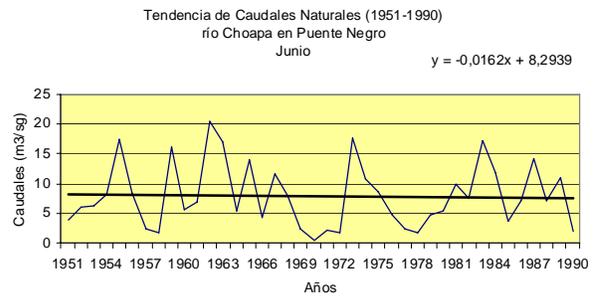
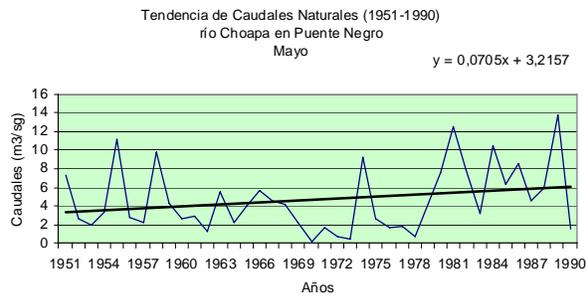
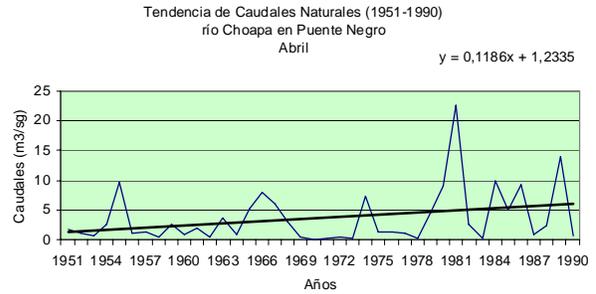
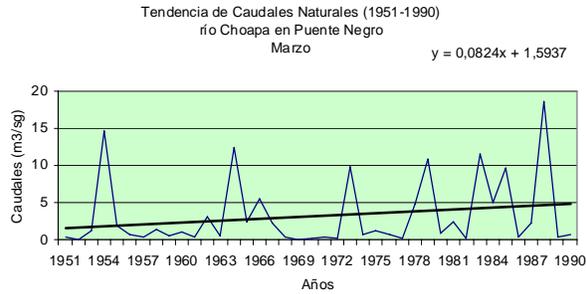
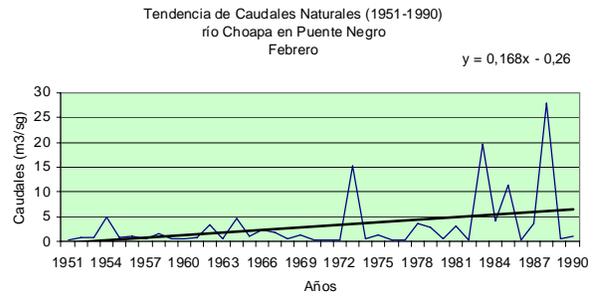
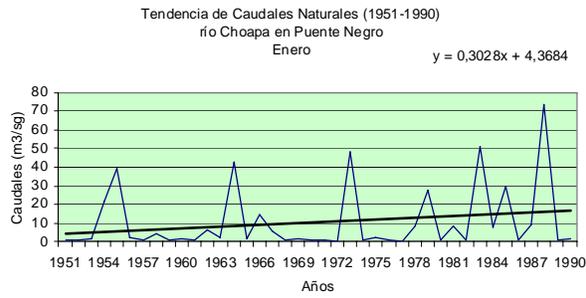
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Illapel en Las Burras
 Diciembre



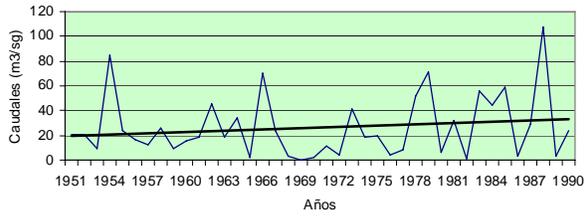
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Illapel en Las Burras
 Anuales



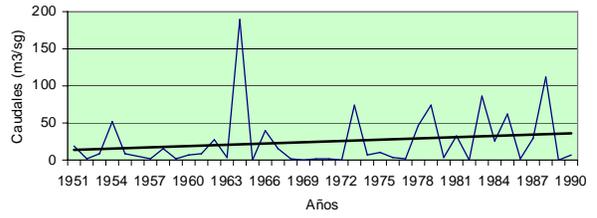
3.4. Río Choapa en Puente Negro



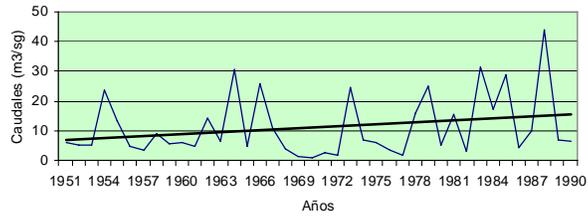
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Choapa en Puente Negro
 Noviembre



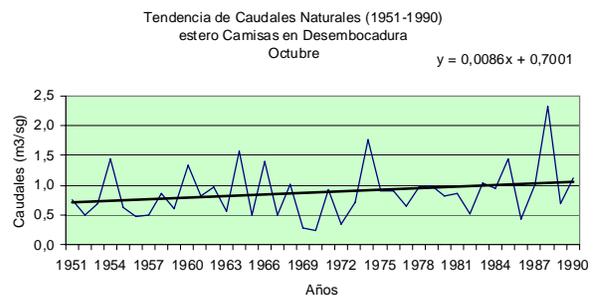
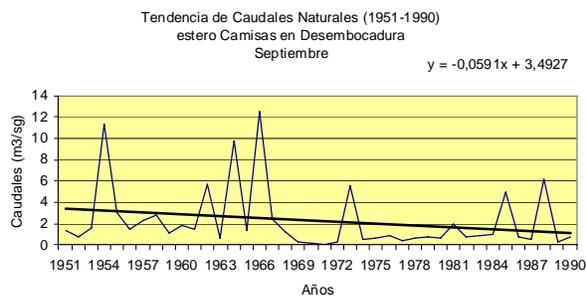
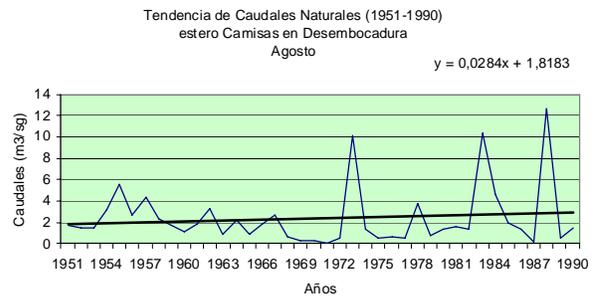
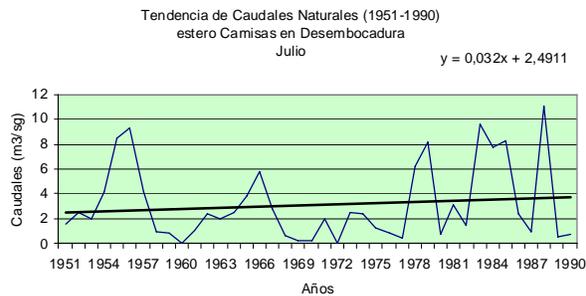
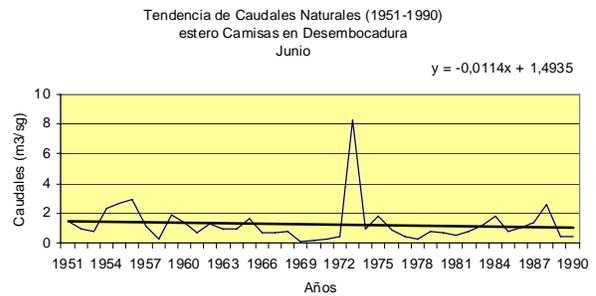
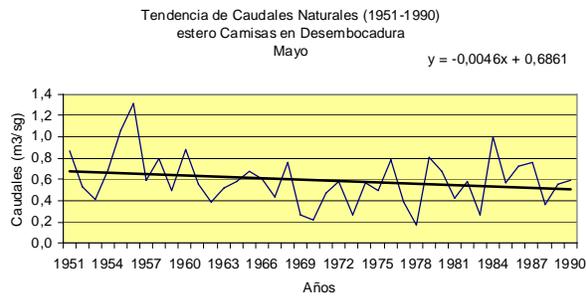
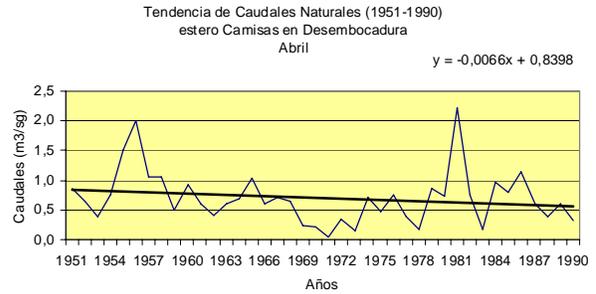
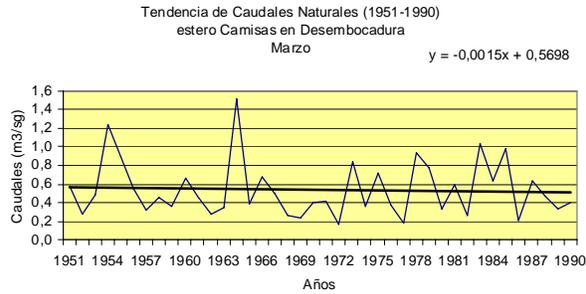
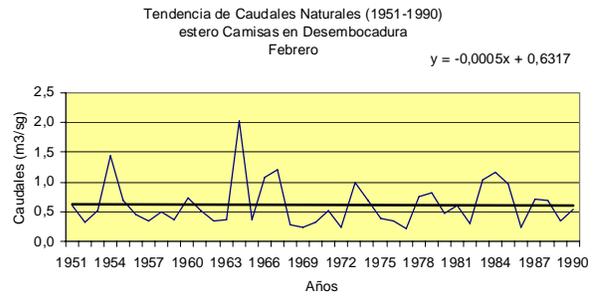
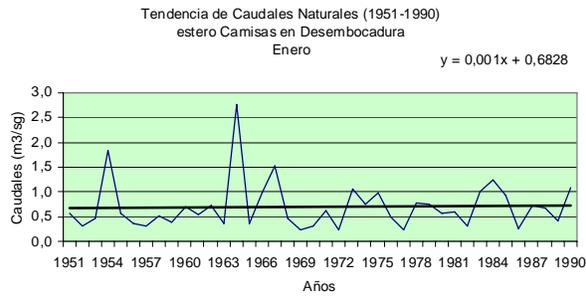
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Choapa en Puente Negro
 Diciembre



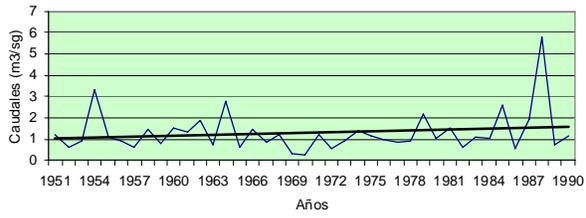
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Choapa en Puente Negro
 Anuales



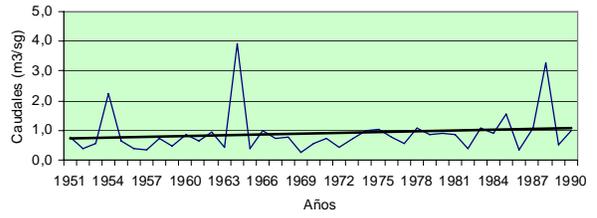
3.5. Estero Camisas en Desembocadura



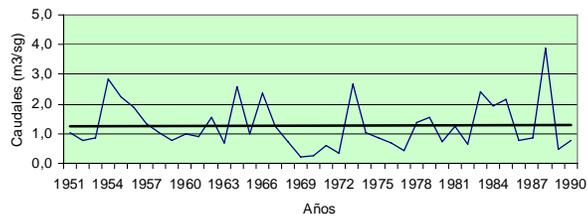
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 estero Camisas en Desembocadura
 Noviembre



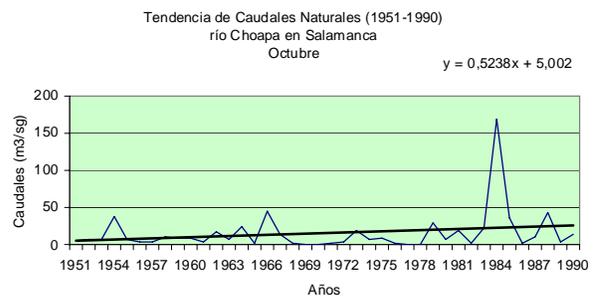
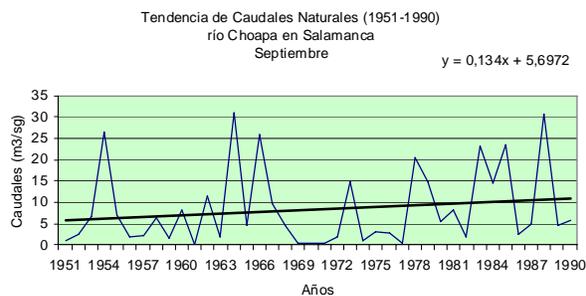
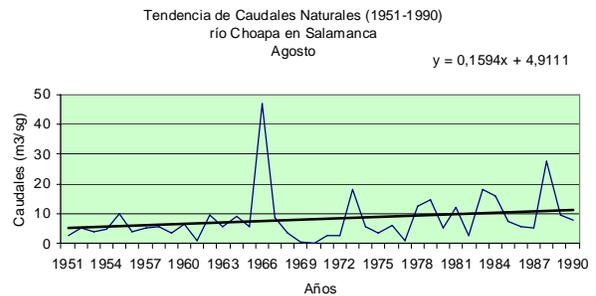
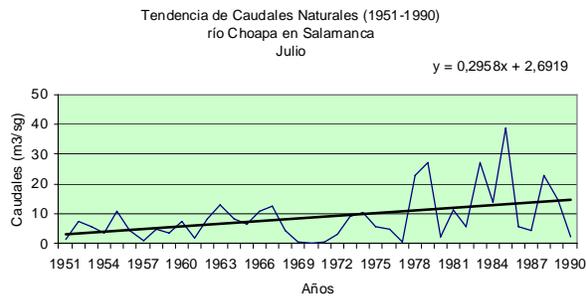
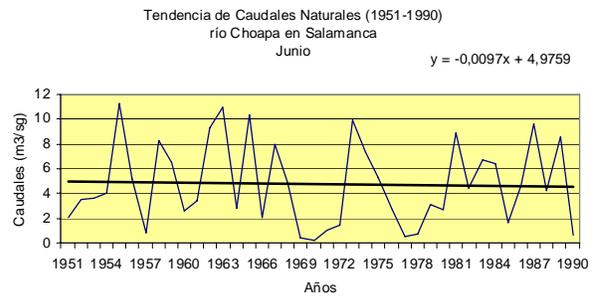
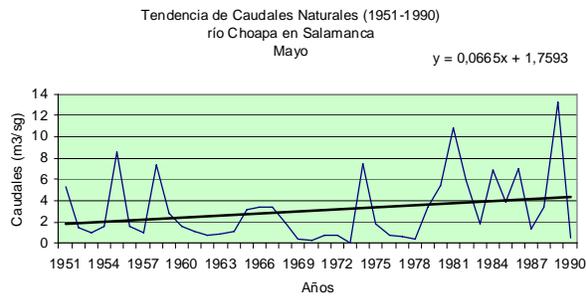
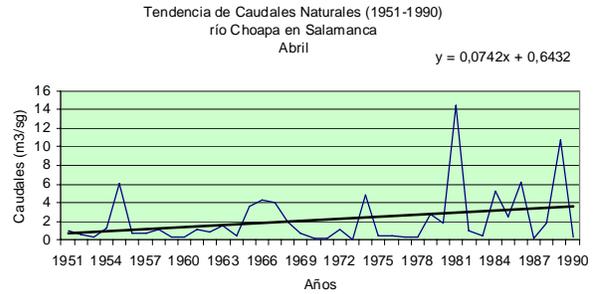
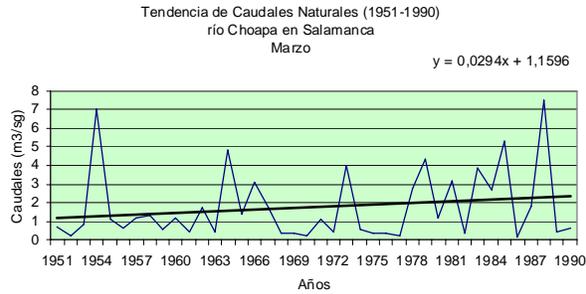
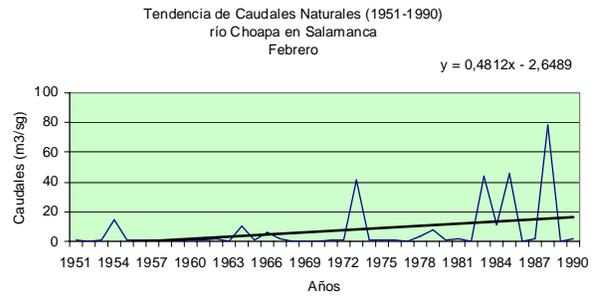
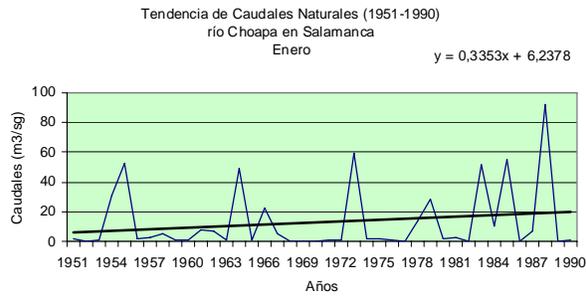
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 estero Camisas en Desembocadura
 Diciembre



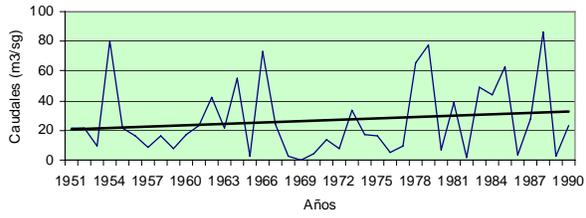
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 estero Camisas en Desembocadura
 Anuales



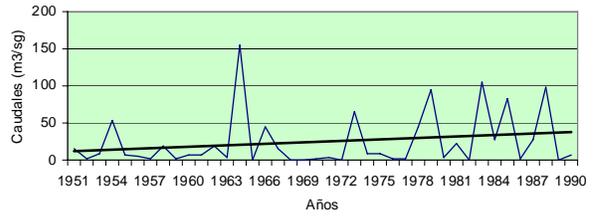
3.6. Río Choapa en Salamanca



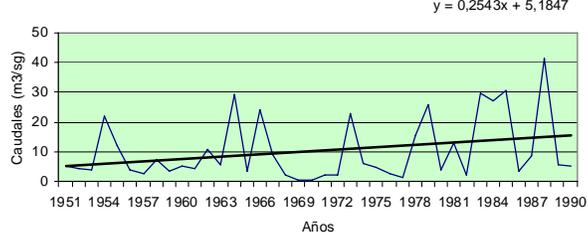
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Choapa en Salamanca
 Noviembre



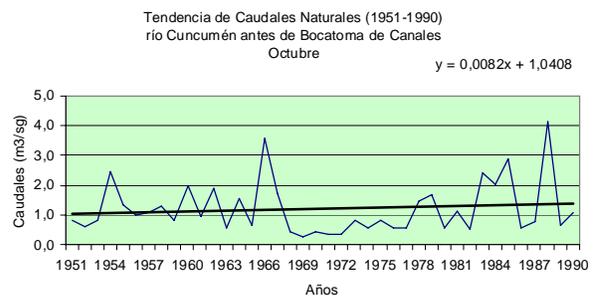
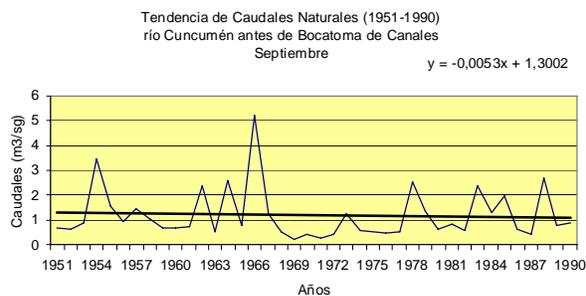
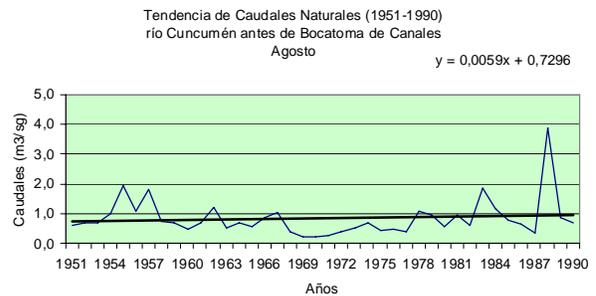
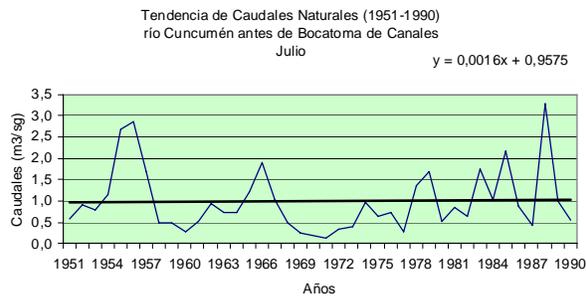
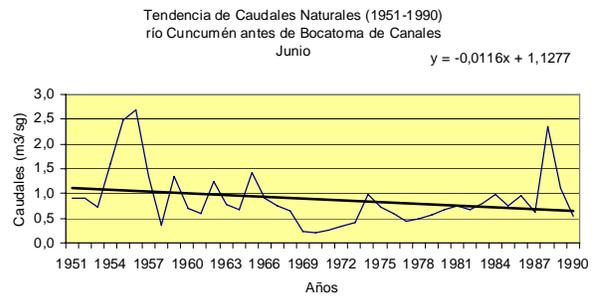
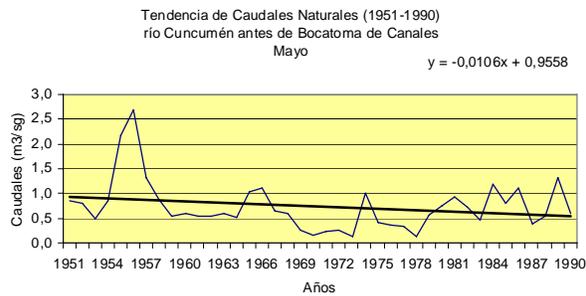
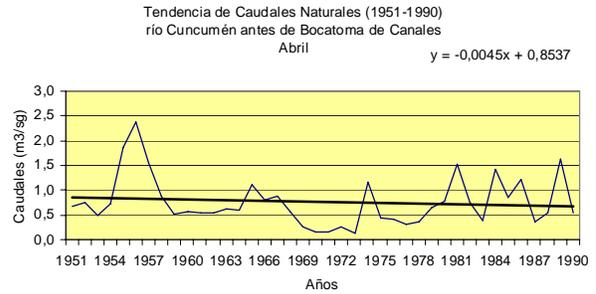
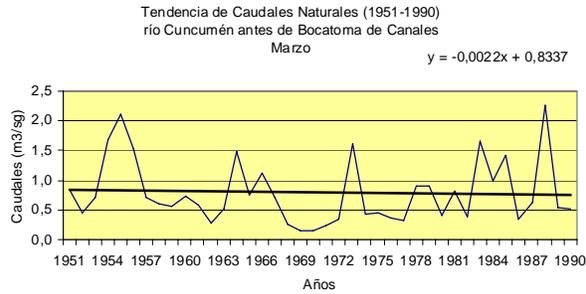
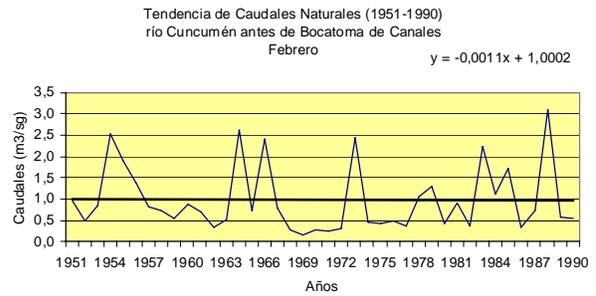
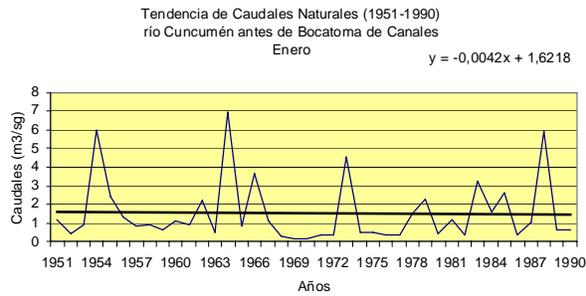
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Choapa en Salamanca
 Diciembre



Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Choapa en Salamanca
 Anuales

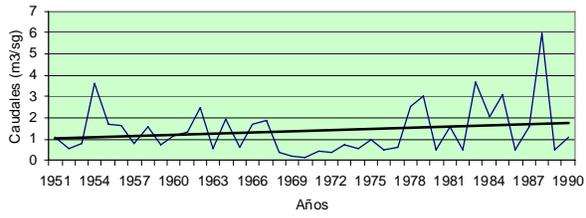


3.7. Río Cuncumén antes de Bocatoma de Canales



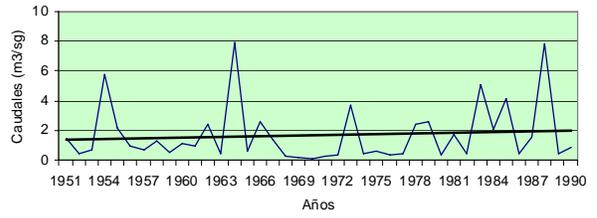
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Cuncumén antes de Bocatoma de Canales
 Noviembre

$$y = 0,0184x + 1,0186$$



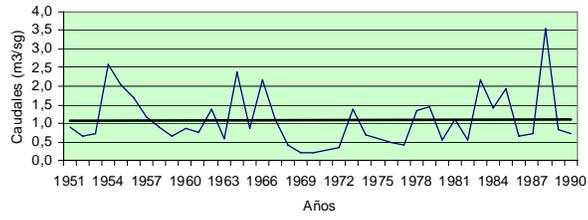
Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Cuncumén antes de Bocatoma de Canales
 Diciembre

$$y = 0,0166x + 1,3725$$

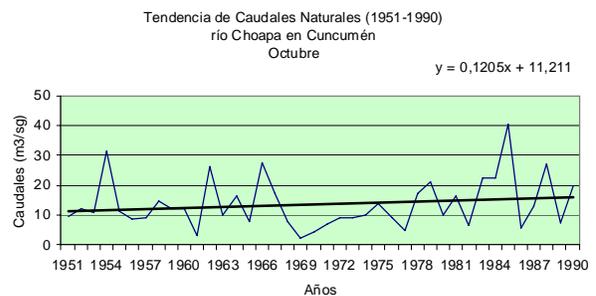
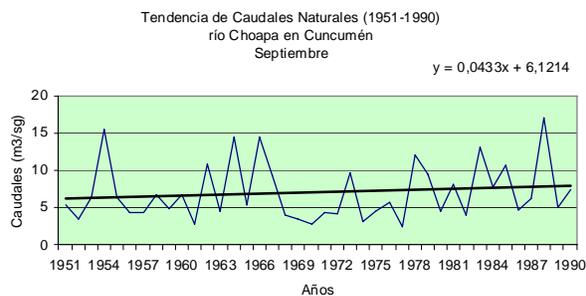
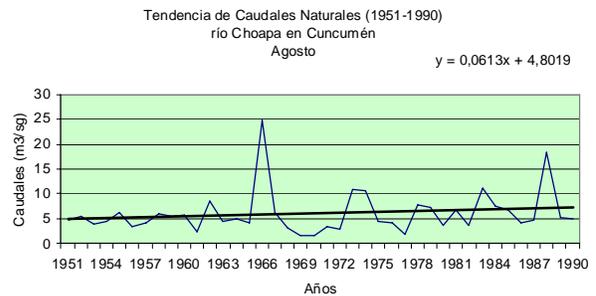
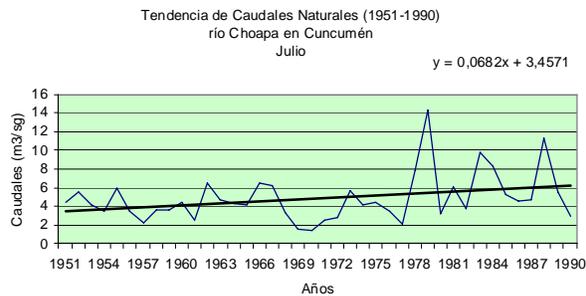
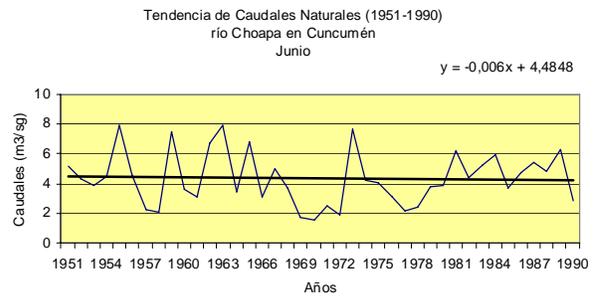
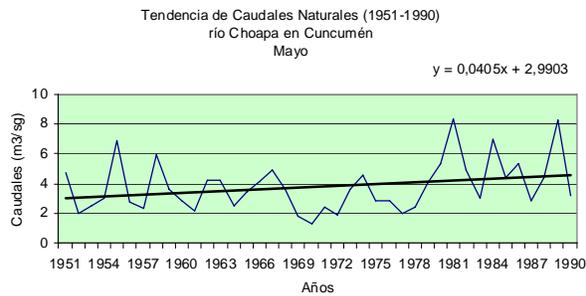
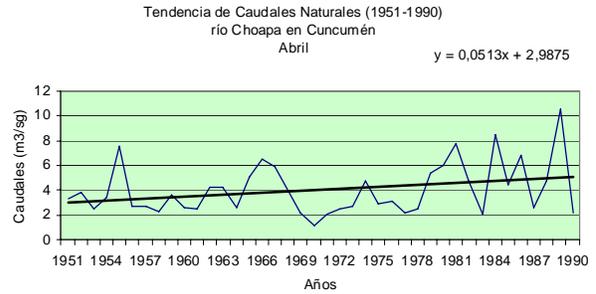
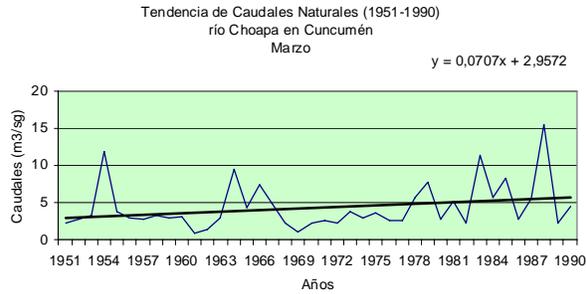
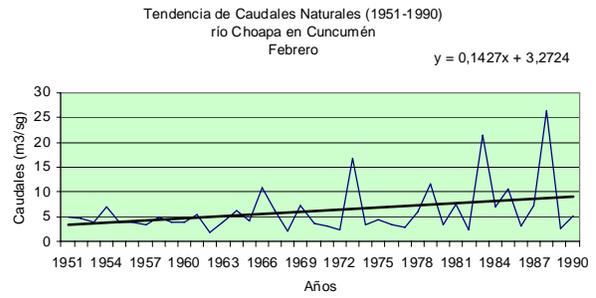
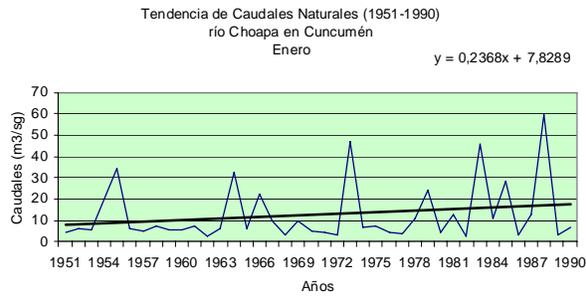


Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Cuncumén antes de Bocatoma de Canales
 Anuales

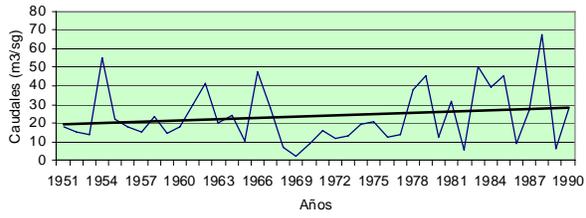
$$y = 0,001x + 1,0677$$



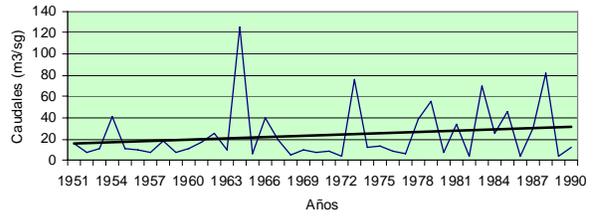
3.8. Río Choapa en Cuncumén



Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Choapa en Cuncumén
 Noviembre



Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Choapa en Cuncumén
 Diciembre



Tendencia de Caudales Naturales (1951-1990)
 río Choapa en Cuncumén
 Anuales

