CNR-0431_V2

"ESTUDIO ANÁLISIS IMPACTO DE LA SEQUÍA EN SECTOR AGROPECUARIO EN CHIILE"

INFORME FINAL

SANTIAGO, ABRIL DE 2014



"ESTUDIO ANÁLISIS IMPACTO DE LA SEQUÍA EN SECTOR AGROPECUARIO EN CHILE"

INFORME FINAL

SANTIAGO, ABRIL DE 2014

CNR
Ministerio de Agricultura
Gobierno de Chile

INFORME FINAL

"ESTUDIO ANÁLISIS IMPACTO DE LA SEQUÍA EN SECTOR AGROPECUARIO EN CHILE"



Estudio Elaborado por:

EMG Consultores S.A.

ÍNDICE

1. PRESENTACIÓN *5*

2. ANTECEDENTES GENERALES *7*

2.1 INTRODUCCIÓN **7**

2.2 DEFINICIÓN SEQUÍA **9**

2.3 ÁMBITO TERRITORIAL DE OCURRENCIA DE LA SEQUÍA EN CHILE **13**

2.4 CENTROS ACADÉMICOS ORIENTADOS AL ESTUDIO DEL RECURSO HÍDRICO **18**

3. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES PARA LA CONSIDERACIÓN DE LA SEQUÍA *20*

3.1 ANÁLISIS PAÍSES DE REFERENCIA **21**

3.1.1 España 21

3.1.2 Australia 24

3.1.3 Canadá 26

3.1.4 Estados Unidos 26

3.2 MODELOS USADOS A NIVEL INTERNACIONAL **27**

3.2.1 Modelo Input-Output 29

3.2.2 Modelo Equilibrio General Computable 29

3.2.3 Modelo Econométrico 31

3.2.4 Modelo FAO 35

4. INSTITUCIONALIDAD NACIONAL *39*

4.1 INSTITUCIONALIDAD PARA ENFRENTAR SEQUÍAS **42**

4.2 DECLARACIÓN ZONA DE ESCASEZ. LÍNEA HIDROLÓGICA **45**

4.3 DECLARACIÓN EMERGENCIA AGRÍCOLA. LÍNEA AGROPECUARIA **46**

4.4 DECLARACIÓN DE CATÁSTROFE **50**

4.5 DECLARACIÓN DE EMERGENCIA-SEQUÍA APR **51**

4.6 LA SITUACIÓN DE SEQUÍA EN LA PROVINCIA DE PETORCA **51**

4.7 PROGRAMAS DESARROLLADOS EN LA PROVINCIA DE PETORCA **53**

4.7.1 Programa Gestión Hídrica Petorca 54

4.7.2 Programas de Apoyo para la Sustentabilidad de la Pequeña Agricultura 55

4.7.3 Mesa Regional del Agua Ampliada 55

4.7.4 Bono Plan Sequía 57

5. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LIGUA *58*

5.1 SISTEMA FÍSICO NATURAL **58**

5.1.1 Localización y Características Morfológicas 58
5.1.2 Hidrogeología 59
5.1.3 Suelos 61
5.1.4 Infraestructura de Riego 61
5.1.5 Clima 61
5.2 SISTEMAS HUMANOS 66
5.2.1 Asentamientos Humanos 66
5.2.2 Actividades Económicas 66
5.2.3 Usos del Suelo 67
5.2.4 Uso Agrícola 67
5.2.5 Uso Forestal 67
5.2.6 Uso Urbano 68
5.3 SOCIO ECONOMÍA 68
5.4 AGRO PRODUCCIÓN 69
5.4.1 Producción Frutícola 71
5.4.2 Cultivos Anuales 73
5.4.3 Ganadería 74
5.4.4 Praderas 74
5.4.5 Cultivos Forestales 75
6. DESARROLLO DE UN MODELO PARA LA ESTIMACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO PRIVADO 79
6.1 METODOLOGÍA 79
6.2 DESCRIPCIÓN DEL MODELO AGRONÓMICO DE PÉRDIDAS EN PRODUCTIVIDAD 80
6.3 ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA DE INGRESO DE PRODUCTORES 86
6.3.1 Análisis de Imágenes Satelitales 87
6.3.2 Metodología para la Estimación de Pérdidas en Ingresos de Productores 90
6.3.3 Imposibilidad de Medir Efecto en Masa Ganadera 91
6.4 ESTIMACIÓN DE PÉRDIDAS EN INGRESOS DE LOS PRODUCTORES 93
7. ESTIMACIÓN DEL GASTO PÚBLICO POR SEQUÍAS 98
8. DESARROLLO PLAN DE ACCIÓN 104
REFERENCIAS 110
ANEXO 1: CLIMAS DE CHILE 116
ANEXO 2: PRINCIPALES ESTUDIOS EN CAMBIO CLIMÁTICO 119

ANEXO 3: INDICADORES DE SEQUÍA *120*

ANEXO 4: COMPARATIVO INDICADORES *138*

ANEXO 5: PARÁMETROS DETERMINACIÓN AÑOS SECOS *140*

ANEXO 6: PERÍODOS ESTUDIADOS CON REGISTROS DE SEQUÍAS *141*

ANEXO 7: PLANO N° 1 ..... *149*

ANEXO 8: ACTORES ENTREVISTADOS *150*

ANEXO 9: RESPALDOS JURÍDICOS PARA ENFRENTAR SEQUÍA *151*

ANEXO 10: DECLARACIÓN ZONA DE ESCASEZ *154*

ANEXO 11: PROCEDIMIENTO PARA LA DECLARACIÓN DE EMERGENCIAS AGRÍCOLAS. *156*

ANEXO 12: COMISIÓN ASESORA NACIONAL DE EMERGENCIAS AGRÍCOLAS Y GESTIÓN DEL RIESGO AGROCLIMÁTICO EN EL MINISTERIO DE AGRICULTURA *158*

ANEXO 13: CREA UNIDAD NACIONAL DE EMERGENCIAS AGRÍCOLAS Y DE GESTIÓN DEL RIESGO AGROCLIMÁTICO *163*

ANEXO 14: INTEGRANTES MESA DEL AGUA AMPLIADA *165*

ANEXO 15: CLASIFICACIÓN DE SEQUÍAS RESPECTO DEL PORCENTAJE DE LA PRECIPITACIÓN NORMAL *166*

ANEXO 16: METODOLOGÍA CLIMÁTICA *167*

ANEXO 17: TABLAS DE RENDIMIENTO POR ESPECIE Y COMUNA *171*

ANEXO 18: SHAPE SUPERFICIE REGADA RÍOS PETORCA Y LIGUA *183*

ANEXO 19: MINUTA DE ENCUESTA DE SEQUIA CUENCA DEL RIO LIGUA *184*

ANEXO 20: MEMORIA DE CÁLCULO *186*

1. PRESENTACIÓN

El presente documento corresponde al Informe Final del estudio: *"Análisis Impacto de la Sequía en Sector Agropecuario en Chile"*, encargado a EMG Consultores por la Comisión Nacional de Riego, CNR.

De acuerdo a los Términos de Referencia, el Objetivo General del estudio es: "*Determinar para una cuenca piloto los impactos económicos que producen las sequías, estimando las pérdidas productivas y el gasto incurrido por las instituciones del Estado para hacer frente a los daños provocados en el sector agropecuario*", para lo cual se considera necesario el cumplimiento de los siguientes Objetivos Específicos:

1. Estimar los impactos económicos para el sector agropecuario en una cuenca piloto asociado a la escasez de agua para el sector agropecuario.

2. Desarrollar metodologías que permitan estimar los impactos económicos públicos y privados provocados por las sequías.

3. Aplicar la metodología desarrollada para estimar los impactos económicos públicos y privados en una cuenca o territorio piloto.

4. Identificar, analizar y proponer un Plan de Acción para la cuenca piloto en estudio, que contenga, medidas de prevención y mitigación de las sequías sobre la agricultura, y que permita reducir su impacto económico a nivel de cuenca, y que sea replicable a otras cuencas.

Considerando los resultados esperados con el desarrollo de esta consultoría, la metodología seguida para obtener dichos resultados se estructuró sobre la base de colectar y analizar, información y antecedentes relevantes y actualizados, desde fuentes primarias y secundarias.

El documento, además de esta Presentación, que corresponde al primer capítulo, posee siete capítulos adicionales.

En el segundo Capítulo, *Antecedentes Generales*, se enfoca el fenómeno de la sequía en un contexto de mayor amplitud, como es el del cambio climático. En este capítulo, se aporta información sobre los tipos de sequía como también, del ámbito territorial de ocurrencia de la sequía en nuestro país. De igual forma, se analizan las instituciones académicas nacionales que desarrollan trabajos en la perspectiva de una mejor gestión hídrica.

El tercer capítulo, *Experiencias Internacionales para la Consideración de la Sequía*, se ha dividido en dos partes, analizándose en la primera de ellas, la experiencia de España, Australia, Canadá y Estados Unidos, para abordar el fenómeno de la sequía, en tanto que en la segunda parte, se presenta los principales modelos económicos existentes para estimar las pérdidas derivadas de restricciones hídricas (Modelo Input-Output **¡Error! Marcador no definido.**Modelo Equilibrio General Computable, y Modelo Econométrico). De igual forma, se presenta el Modelo de la FAO para la determinación de impactos debido a fenómenos de sequía.

En el cuarto capítulo, *Institucionalidad Nacional*, se analiza, en detalle, la institucionalidad existente (ámbitos de responsabilidad y funciones), como también, los instrumentos vigentes (tanto legales como de fomento) susceptibles de ser usados en la perspectiva de responder de manera integral al fenómeno de la sequía.

En el capítulo quinto, *Descripción de la Cuenca del Río Ligua*, se aborda la descripción de la cuenca sobre la cual se desarrolla la estimación de las pérdidas privadas, esto es, la cuenca de la Ligua. Para esos efectos, se informa sobre diversas características de interés tales como el clima, la hidrogeología, los usos del suelo, y la agro producción, entre los principales.

El sexto capítulo, *Desarrollo de un Modelo para la Estimación del Impacto Económico Privado*, presenta un modelo para la estimación del efecto de la sequía en la pérdida de ingreso de los productores, para lo cual, en primera instancia se describe un modelo agronómico de pérdidas en productividad, a partir del cual, sobre la base de precios de productos obtenidos de ODEPA, se estiman las pérdidas, las que se calculan por comuna (La Ligua Cabildo y Petorca), por tipo de productor (INDAP y Otros Productores), por cultivo (Palto, Naranjo, Limones, Olivos y Almendro), y, finalmente, por tipo de mercado de venta (mercado nacional y mercado externo).

El séptimo capítulo, *Estimación del Gasto Público por Sequía*, presenta la información acumulada referida al gasto público derivado del fenómeno de la sequía, considerando diversas agencias públicas comprometidas en la cuenca del río Ligua (INDAP, SAG, DOH, Gobernación, CNR y MINAGRI).

Finalmente, en el capítulo ocho, *Desarrollo Plan de Acción*, se presenta un conjunto de elementos a considerar en la perspectiva de desarrollar un plan contra la sequía, complementando las medidas ya existentes, ejecutadas por diversos agentes públicos y privados. Para efectos de la presentación, se consideran Medidas de Emergencia, Tácticas, Estratégicas y Transversales.

El documento se complementa con veinte *Anexos*, los que profundizan los antecedentes aportados en el texto.

La bibliografía utilizada durante el desarrollo de esta consultoría, se presenta en el punto Referencias.

2. ANTECEDENTES GENERALES

2.1 INTRODUCCIÓN

Sin lugar a dudas, el mundo se encuentra en una encrucijada. Como nunca antes en la historia humana, desde la última glaciación, la civilización enfrenta un fenómeno de alteración climática[1] que pone en riesgo la permanencia, en el largo plazo, de las diversas formas de organización económico-social existentes en la actualidad.

A nivel mundial, sucesivamente, desde la emisión del Primer Informe de Cambio Climático, el año 1990, hasta la reciente publicación, en Septiembre de 2013 del Quinto Informe de Evaluación (del Grupo de Trabajo I), la evidencia acumulada sobre las alteraciones climáticas, y sus consecuencias sobre el medio ambiente, resulta francamente irrefutable. La comunidad científica dispone de una certeza rara vez alcanzada en materias tan controversiales (IPCC, 2013).

La relevancia del fenómeno para nuestro país, está suficientemente acreditada en diversas publicaciones.

En el documento "Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI", se concluye que: "*... en cuanto a la pluviometría bajo el escenario A2, de manera simplificada se señala que a excepción de la región altiplánica en verano y el extremo austral en invierno dominan las disminuciones. Por otro lado, cabe notar que en la estación invernal todo el territorio nacional comprendido entre 30 y 40°S ve disminuidas sus precipitaciones. La pérdida también se extiende al período estival por todo el territorio comprendido entre 38 y 50°S y aún más al norte por el sector andino*", (Universidad de Chile, 2006).

De igual forma, el estudio "Gestión del Riesgo de Sequía y otros eventos climáticos extremos en Chile. Estudio Piloto sobre la Vulnerabilidad y la Gestión Local del Riesgo", Meza *et al* (2010), proyecta que la condición de episodios climáticos extremos tenderá a agudizarse como resultado del cambio global del clima, proyectando al 2040, escenarios en los "*... que se intensificará la aridez en la zona norte, avanzará el desierto hacia el sur, y reducciones hídricas en la zona central. El aumento de la temperatura previsto y su impacto sobre las precipitaciones y recursos hídricos, sumado al aumento creciente de la demanda de agua hace presumir un mayor riesgo de sequía en el futuro*".

En la investigación "El Cambio Climático en el Sector Silvoagropecuario de Chile", (FIA, 2010), se explicita que "*De acuerdo a las últimas proyecciones científicas y la opinión generalizada de la comunidad académica, se puede afirmar con muy alta probabilidad que el cambio climático afectará al país. Hacia el año 2040, se pronostica que la temperatura superficial se elevará en todo el país, con magnitudes de entre 2 °C a 3 °C, dependiendo de la latitud. La mayor intensificación del aumento de temperatura se daría entre las regiones de Coquimbo y*

[1] La comunidad científica refiere a esta alteración como Cambio Climático, definido por el IPCC como "*una importante variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más). El cambio climático se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes antropogénicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras*".

O'Higgins, con un aumento de entre 2,7 °C y 3 °C, mientras que en las mismas regiones, la disminución de las lluvias podría llegar a reducirse entre 20% a 25%. En general, se observa una gradiente de aumento de la temperatura y disminución de la lluvia desde la Región de Arica y Parinacota por el norte hacia el centro del país, entre las regiones de Coquimbo y O'Higgins, desde donde la gradiente tiende a reducirse hacia el sur".

Cabe hacer notar que Chile, debido a su condición geográfica asociada a la oscilación climática del sur (Niño y Niña), está expuesto a la ocurrencia de fenómenos climáticos adversos, entre ellos de sequía, que además, tienen ocurrencia periódica[2]. De hecho, en los últimos 500 años Chile presenta un 23% de los años con algún grado de sequía (Arrese, 2008a), el fenómeno del cambio climático, como se ha expuesto, tenderá a extremar estos eventos.

Tanto a nivel mundial, como a escala nacional, el escenario que emerge de la constatación de la variabilidad climática, ha obligado a tomar diversas acciones. Prueba de ello es la existencia de convenciones internacionales orientadas a prevenir y combatir las consecuencias de los fenómenos climáticos, tales como la Convención de Lucha contra la Desertificación y Sequía, de la Organización de Naciones Unidas, ONU, y la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, que reflejan la relevancia del tema climático, y sus efectos a nivel global.

No distinta es la situación en Chile, que al ser considerado como uno de los países con alta vulnerabilidad climática, ha venido, desde comienzos de la década del 2000, desarrollando estudios, modificaciones legales, estructuras institucionales y políticas orientadas a mitigar y adaptarse a los efectos de las alteraciones climáticas, entre los que destacan:

i. Ratificación de la Convención sobre Cambio Climático (1994)
ii. Creación del Comité Nacional Asesor Sobre Cambio Global (1996)
iii. Desarrollo de los Lineamientos Estratégicos en Materia de Cambio Climático (1998)
iv. Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático (2000)
v. Ratificación del Protocolo de Kyoto (2002)
vi. Promoción del Mecanismo de Desarrollo Limpio (2003)
vii. Estrategia Nacional de Cambio Climático (2006)
viii. Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (2008)
ix. Desarrollo de diversos estudios en cambio climático como apoyo a la toma de decisión[3].

Del conjunto de iniciativas conviene destacar, por su carácter globalizante, la Estrategia Nacional de Cambio Climático, donde se advierte que "*Chile es un país social, económica y ambientalmente vulnerable al cambio climático, pues cumple con la tipificación de vulnerabilidad contemplada en el artículo 4.8 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, al poseer zonas costeras bajas; zonas áridas y semiáridas; áreas susceptibles a la deforestación o erosión, a los desastres naturales, a la sequía y la desertificación; áreas urbanas altamente contaminadas, y ecosistemas frágiles*"

[2] Para un detalle de los tipos de climas existentes en Chile, ver *Anexo 1: Climas de Chile.*

[3] Un listado comprensivo de los estudios desarrollados, se reporta en *Anexo 2: Principales Estudios en Cambio Climático.*

Se menciona en la Estrategia que "... *los cambios observados y proyectados de la temperatura superficial de la atmósfera y de los patrones de precipitación, generarán consecuencias ambientales, sociales y económicas de diversa índole. Por ejemplo, numerosas especies vegetales y animales, debilitadas ya por la contaminación y la pérdida de hábitat, no sobrevivirán los próximos 100 años*", lo cual, además de menoscabar la diversidad biológica del país, reducirá la base material de recursos naturales sobre la cual se asienta la estrategia de desarrollo nacional.

2.2 DEFINICIÓN SEQUÍA

Al considerar la sequía, en su condición de restricción hídrica, es posible diferenciar entre diversos tipos, cuyas definiciones se presentan seguidamente.

Sequía Meteorológica

El Diccionario de Meteorología, J. Catalá (1986) se refiere a la sequía como, "*La ausencia prolongada o notable déficit de precipitación, con la consiguiente sequedad; existen diversos grados de sequía que, en orden de importancia decreciente suelen ser: absoluta, parcial e intervalo o período de sequía*".

La Organización Meteorológica Mundial WPC (1986) a petición del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, define, "*Se dice que hay sequía en una región si la precipitación anual es inferior al 60% de la normal durante más de dos años consecutivos en más del 50% de la superficie de la región*".

El Glosario Hidrológico Internacional WMO, (2012a) define la sequía como "*Ausencia prolongada, marcada deficiencia o pobre distribución de la precipitación*".

Como resumen, se puede plantear que la sequía meteorológica especifica el grado de déficit de precipitación respecto al umbral que indica las condiciones de normalidad (por ejemplo, el promedio) durante un período de tiempo, y la duración del período con precipitación mermada. La definición de sequía meteorológica está vinculada a una región específica, ya que las condiciones atmosféricas que producen déficit de precipitación son muy variables de una región a otra. Además de la disminución de la precipitación en relación con los valores normales, la sequía meteorológica también puede implicar temperaturas más altas, vientos de fuerte intensidad, humedad relativa baja, incremento de la evapotranspiración, menor cobertura de nubes y mayor insolación; todo ello puede traducirse, finalmente, en reducciones en las tasas de infiltración, menor escorrentía, reducción en la percolación profunda y menor recarga de las aguas subterráneas. En general, el indicador primario de disponibilidad de agua es la precipitación.

Sequía Agronómica

Es necesario distinguir entre agricultura de secano y de riego. La sequía agronómica, para el caso de la agricultura de secano, es el déficit de humedad de la tierra subsiguiente a una sequía meteorológica y que produce impactos negativos en la producción de la cosecha y/o en el crecimiento de vegetación natural. La sequía agronómica, en el caso de la agricultura de regadío, es la escasez de agua para abastecer a los sistemas de irrigación debido a la sequía en las aguas superficiales o subterráneas que abastecen el uso agrícola.

Profundizando en el mismo concepto, la sequía agronómica puede definirse como déficit de humedad en el suelo para satisfacer las necesidades de crecimiento de un cultivo determinado en cualquiera de sus fases de crecimiento. Dado que la demanda hídrica es diferente para cada cultivo, e incluso puede variar a lo largo del crecimiento de una misma planta, ello dificulta establecer umbrales de sequía válidos para un territorio determinado. Por lo tanto, para determinar una sequía agronómica -y sus impactos potenciales- se recurre a agrupar cultivos que tengan demandas hídricas similares.

Sequía Hidrológica

Se refiere a la disminución en la alimentación de los sistemas hidrológicos superficiales y subterráneos. Las sequías hidrológicas normalmente presentan un desfase con las sequías meteorológicas y agronómicas, porque el déficit de precipitación tarda más en manifestarse en los componentes del sistema hidrológico. Pueden utilizarse como indicadores: umbrales en el flujo de ríos, en niveles en lagos, embalses y niveles piezométricos en acuíferos.

El Glosario Hidrológico Internacional, WMO (2012b) define la sequía hidrológica como "U*n período de clima anormalmente seco, lo suficientemente prolongado para ocasionar una disminución apreciable en el caudal de los ríos, nivel de los lagos y/o un agotamiento de la humedad del suelo y un descenso de los niveles de agua subterránea por debajo de sus valores normales*".

En una secuencia temporal, el fenómeno integral de sequía se manifiesta, primeramente, como una sequía meteorológica, que tiende a afectar en primer lugar a la agricultura de secano como una primera forma de sequía agronómica y luego, si la escasez hídrica persiste en el tiempo, se transforma en una sequía hidrológica que, a su vez, se manifestará como una sequía agronómica para la agricultura de riego.

A nivel internacional existe un conjunto de aproximaciones metodológicas para la determinación de la sequía, la mayoría de las cuales han sido utilizadas en Chile ya sea como mecanismo legal (% de precipitación normal), o en estudios académicos de utilización y adaptación a las condiciones del país.

En *Anexo 3: Indicadores de Sequía,* se entrega una explicación detallada de los indicadores y las metodologías utilizadas para su estimación. En *Anexo 4: Comparativo Indicadores,* se resumen las ventajas y desventajas del uso de distintas metodologías.

Uno de los sectores en los cuales la variabilidad climática hará sentir sus efectos en Chile, será el agrícola -en especial, por la restricción hídrica, estimada en las más importantes zonas de producción-, pues al ser la agricultura el principal sector usuario de agua en el país, la disminución en la oferta hídrica tendrá importantes efectos sobre el nivel de actividad sectorial[4].

[4] Por otro lado, resulta evidente que si Chile persiste en su afán de transformarse en una potencia agroalimentaria, Ministerio Agricultura (2012), debe incrementar la superficie bajo riego, mejorar su eficiencia en el uso del recurso y asegurar su abastecimiento hídrico.

De acuerdo a la literatura, (Aldunce P, González M. 2009), los efectos de la sequía en el sector silvoagropecuario son variados, dependiendo de la localidad, rubro de producción y la severidad de la sequía observada.

Las consecuencias sobre los rendimientos de los cultivos estarán en función del momento en el que el déficit se produzca y de su duración. La Unidad de Emergencia Agrícola (UEA 2004) identifica distintos efectos e impactos de la sequía en la agricultura chilena, tales como mengua de la productividad agrícola, problemas en el ganado como pérdida de peso, aborto y muerte, y disminución de las cotas de agua en los embalses.

Como se sabe, la estación de otoño en Chile va de marzo a junio, en estos meses es cuando se siembran los cultivos de invierno, por lo que la presencia de lluvias es vital para lograr su germinación, recuperar la humedad del suelo y restablecer los niveles de agua en los embalses. La primavera en Chile (septiembre a diciembre) corresponde a la época de floración de muchas especies, la cosecha de los cultivos de invierno y la siembra de cultivos de primavera y verano, por lo que una sequía en esta época impactará el rendimiento de lo cultivado, generando problemas de germinación, aumentando la necesidad de agua para los cultivos, y afectando la acumulación de agua.

Para la agricultura, especialmente aquella que depende de las precipitaciones, como la de secano, la distribución de las lluvias es más decisiva que la cantidad de agua precipitada, ya que un año que presenta disminución estadística del agua precipitada puede ser beneficioso si la distribución de esta precipitación coincide con los distintos momentos de demanda de agua de los cultivos. La irregularidad de las precipitaciones, tanto en su distribución como en la cantidad total de precipitaciones, es más problemática en las zonas áridas, (Badilla y Cuadrado 1977a). En la agricultura de secano el impacto de las sequías es directo e inmediato, sobre todo, en aquellos cultivos estacionales o de ciclo corto. La falta de lluvias y combinada con el aumento de la evapotranspiración implican un intenso estrés hídrico para la actividad agrícola, (Molina, 2000a).

En Chile las zonas de cultivos de secano son las primeras en experimentar los cambios que se producen por una sequía, limitando la posibilidad de sembrar o provocando la pérdida de cultivos. Los efectos de la reducción de las lluvias en secano disminuyen gradualmente hacia el sur del país, y pierden su importancia desde la ciudad de Concepción (36° 47' de latitud sur) al sur, (Badilla y Cuadrado, 1977b).

En la agricultura de riego, es posible manejar el recurso hídrico en tiempo y cantidad, realizando un uso del agua en el momento y cantidades necesarios, para lo cual se utilizan los embalses como principal infraestructura de reserva de agua. Así, es posible planificar la actividad agrícola otorgándole estabilidad a este rubro. Sin embargo, el impacto de las sequías en la agricultura de riego puede presentarse con un efecto difuso en el tiempo, debido al carácter interanual de los embalses, es decir, el primer año en que se presenta una sequía normalmente no producirá efectos negativos. Sin embargo, si la sequía se mantiene por un período mayor, puede producir una situación de agotamiento del recurso hídrico, al no existir una recuperación en los embalses, (Molina 2000b).

Donoso *et al*, (1999) expresan que las sequías en Chile afectan negativamente las cosechas, ganadería, industrias producción hidroenergética, entre otras actividades, lo cual deriva en un

incremento de los precios y disminución de las actividades económicas. A los efectos anteriores se suman los llamados efectos secundarios de índole ambiental, como por ejemplo, incendios forestales, deterioro de la calidad visual del paisaje, incremento en la concentración de contaminantes y su consecuente degradación de la calidad del agua.

En el siguiente *Cuadro*, se presenta un listado de los impactos producidos por las sequías, clasificados según sean de tipo económico, social o ambiental.

Cuadro 1: Impactos de la sequía

Económicos	Sociales	Ambientales
Impactos en la productividad agrícola y forestal	Impactos en la higiene y salud personal y pública	Erosión de suelos
Impactos en la productividad ganadera	Incremento de tasas de desempleo	Incendios forestales
Impactos en la producción hidroenergética	Deterioro o pérdida de espacios para recreación	Degradación de la calidad del agua debido a concentración de contaminantes
Impactos en los costos de tratamiento y provisión de agua potable	Incremento de los índices de morbilidad y mortalidad	Deterioro de la calidad visual del paisaje
Impactos en las actividades industriales y comercial		Efecto sobre la flora y fauna autóctona
		Proceso de desertificación
		Disminución de los caudales bajo los mínimos ecológicos

Fuente: Tomado de Aldunce P, González M., (2009).

La historia reciente en nuestro país, reconoce la ocurrencia de sequías acaecidas en diversas fechas, siendo recordada, probablemente, la del año 1968[5], como una de las de mayor severidad por los impactos generados en la agricultura, en relación a diversas variables, como por ejemplo: área geográfica afectada (desde Copiapó a Concepción, siete regiones administrativas comprometidas); pérdidas físicas en producción (65% de la producción promedio anual, en la siembra de cereales y hortalizas, y 45%; de pérdida en la masa ganadera); disminución en la superficie de riego (decreció en un 40%); desempleo en la actividad agrícola (afectó directamente a 225 mil personas), estimándose, en definitiva, un costo de US$ mil millones, (Arrese, 2008b), por las pérdidas generadas en el sector agrícola.

En los últimos años, debido a la restricción hídrica, se ha debido declarar, en diversas regiones, zonas de especial cuidado en esta materia, tal como se presenta en el siguiente *Cuadro*:

[5] En *Anexo 5: Parámetros Determinación Años Secos*, se presenta una tabla resumen de los períodos estudiados en Chile con registros de sequía.

Cuadro 2: Estadística de declaración de Zona de Emergencia Agrícola por Sequía

Región	2008	2010	2011	2012	2013	Total
Atacama	7			2		9
Coquimbo	15	15	15	16	15	76
Araucanía	32			11		43
Los Lagos	30					30
Los Ríos	12					12
Valparaíso	27		23	36	17	103
Biobío	46					46
General Carlos Ibáñez del Campo	7					7
Bernardo O'Higgins	16			25	3	44
Maule	21		17	13		51
Metropolitana de Santiago	9			9	3	16
Total general	217	15	55	112	38	437

Fuente: Tomado de Núñez *et al* (2013a).

En *Anexo 6: Períodos Estudiados con Registros de Sequías,* se presenta un cuadro que aporta información sobre los efectos, impactos y daños en la agricultura y medio rural producto de las sequías en el territorio chileno, detallando información de la fecha de ocurrencia del evento, el lugar afectado, la descripción de las principales características y daños, y las fuentes de información.

Han sido estos acontecimientos los que han llevado a desplegar un conjunto de acciones, tanto en el ámbito público como privado, tendientes a precaver al país de las pérdidas que los procesos de sequía importan.

Desde el sector Público se han desarrollado diversas iniciativas, partiendo por la generación de una institucionalidad *ad hoc*, que se describe en este Informe Final con mayor detalle en el punto sobre Institucionalidad Nacional, sin dejar de mencionar la formulación de políticas, tales como la Política Nacional de Recursos Hídricos y la Política de Riego y Drenaje, como asimismo, el otorgamiento de incentivos a las obras de riego.

2.3 Ámbito Territorial de Ocurrencia de la Sequía en Chile

El territorio de Chile Central con clima mediterráneo, presenta dos subtipos de clima, a saber: clima mediterráneo semi árido (Región de Valparaíso y Región Metropolitana), y clima mediterráneo sub húmedo (parte sur de la Región del Libertador Bernardo O´Higgins, Región del Maule y parte norte de la Región del Biobío (Di Castri F., Hajek E., 1976).

En la carta 1:500.000 "Cuencas Hidrográficas Fuente y Distribución espacial del Recurso Hídrico en Chile Central de Clima Mediterráneo" (Ver *Anexo 7: Plano N° 1*), se presenta las cuencas, la red hidrográfica y los principales valles que ilustran el desarrollo de los terrenos regados. En este espacio territorial el recurso hídrico se desarrolla en tres tipos de cuencas hidrográficas:

a) Cuencas hidrográficas principales, cuyos ríos reciben un caudal que, principalmente, proviene del aporte nival que se produce en la Cordillera Andina. Por consiguiente, el límite oriental del país es el nacimiento de estas cuencas. Todas tienen un desarrollo de ríos ritrónicos que desembocan en el océano pacífico.

b) Cuencas hidrográficas que se generan desde las cumbres de los cordones montañosos del Batolito Central. Su flujo hídrico es esencialmente pluvial con un mínimo aporte nival. La mayor parte de ellas nacen en la vertiente occidental y desembocan en el Océano Pacífico, aunque algunas nacen en la cara oriental del batolito y generan cauces secundarios, que alimentan los ríos principales. Estas cuencas cuentan, generalmente, con valles de secano interior.

c) Cuencas costeras que nacen desde las cumbres de la Cordillera de la Costa cuyo flujo es, únicamente, de origen pluvial, principalmente estacional y que desembocan en el Océano Pacífico. Son numerosas cuencas pequeñas, en comparación con las anteriores, que no presentan desarrollo para regadío en los escasos espacios de suelos aptos para cultivar, que contienen.

Para entender el funcionamiento de la utilización del recurso hídrico es necesario considerar las grandes formaciones morfológicas que ocurren en el territorio de Chile central. En primer lugar, la Cordillera Andina y en particular, su vertiente occidental, es parte de nuestro territorio, y por su altitud -que implica bajas temperaturas particularmente invernales-, almacena como nieve y hielo la amplia precipitación invernal, ésta se incrementa en magnitud a medida que la altitud se proyecta sobre los 2.000 mil m.s.n.m., y hasta las cumbres divisorias que llegan aproximadamente los 5 a 6 mil m.s.n.m. Como la precipitación en este clima mediterráneo se incrementa de norte a sur, este depósito nival experimenta un gran aumento de volumen en tanto se encuentra en las cuencas en secuencia de norte a sur, y por consiguiente, los caudales de los ríos experimentan el mismo fenómeno.

El fenómeno de derretimiento nival, que comienza en primavera y que sigue durante todo el verano, se encausa en las numerosas quebradas captadoras y conductoras que se albergan en el pie de monte de la pre cordillera, para confluir en su llegada al valle en distintos cauces principales. En este punto comienza la utilización masiva del recurso hídrico, principalmente, por la canalización para regadío, aunque en algunos casos hay combinaciones de uso hídrico para regadío y generación de energía eléctrica.

El regadío se encuentra ampliamente desarrollado mediante extensas redes de canales matrices que salen de esta primera sección de los cauces, si bien existen captaciones en segundas y terceras secciones, la mayor parte, y el gran volumen del uso para regadío, se establece en estas primeras secciones de los ríos principales.

En algunos casos se cuenta con embalses con importantes capacidades para regular y almacenar el flujo hídrico en esta primera sección, como son el Colbún en el río Maule, el Bullileo y el Digua en el río Ñuble (cuenca de Itata).

Con ello se logra abastecer con regadío, prácticamente, la totalidad de los suelos planos y semi planos que existen en los valles transversales de Petorca, Ligua y Aconcagua, y la casi totalidad de los suelos disponibles en los valles del Llano Central que terminan en la contención de las

estribaciones del Batolito Central, como son valles del Maipo, Rapel (Cachapoal, Tinguiririca), Mataquito (Claro, Lontué) y Maule. En la cuenca de Itata (Río Ñuble) en que desaparece la barrera del Batolito Central, la plenitud del regadío, se proyecta en similar forma hasta el encuentro de las estribaciones de la Cordillera de la Costa.

En las cuencas de más al norte, como son La Ligua, Petorca y Aconcagua, las características de la morfología del terreno presenta cadenas montañosas en sentido Este - Oeste, sin interrupciones, por lo que los planos de inundación (o valles regados) presentan un ancho regular a lo largo de los valles, hasta casi su desembocadura. Ello acusa una notable diferencia con el resto de las cuencas principales (Maipo, Rapel, Mataquito, Maule e Itata).

En el caso de La Ligua, Petorca y Aconcagua, las cuencas están enmarcadas por cadenas montañosas que se orientan de oriente a poniente, permitiendo el desarrollo de un valle de forma uniforme en su amplitud, desde el contrafuerte andino, hasta prácticamente el océano, lográndose desde el punto de vista hídrico una recarga del acuífero libre y la utilización de derrames y reutilización aceptablemente uniforme a lo largo del valle y ríos principales (ello independiente de que existan sectores con un alto impacto de sequía, por una inadecuada o excesivo otorgamiento de derechos de extracción a lo largo del valle, particularmente, en las cuencas de La Ligua y Petorca que cuentan con una dotación hídrica relativa de mucho menor volumen). En la cuenca del Aconcagua, el valle sufre estrechamientos menores (sector de Llay Llay y Catemu) pero que conservan una homogeneidad de los terrenos de valles regados hasta, prácticamente, su desembocadura.

Esto permite una expresión de la agricultura que se realiza en estas cuencas que tiene una amplia variabilidad, de acuerdo a los agro climas que se generan a lo largo del valle, en dirección oriente - poniente, lográndose en los sectores de climas más benignos una gran superficie de cultivo de carácter sub tropical, que por su gran valor asociado ha experimentado un enorme crecimiento en las últimas décadas (plantaciones de paltos y cítricos). Debido a su retorno económico, estos negocios de alta rentabilidad agrícola han presionado intensamente las distintas formas de obtención del recurso hídrico en estos sectores del valle.

Desde la Región Metropolitana (cuenca del río Maipo) hacia el sur, el espacio en que se desarrolla el regadío, es totalmente diferente al de las cuencas anteriormente descritas.

La presencia de tres cadenas montañosas longitudinales de norte a sur, que se expresan a lo largo de todo el resto del territorio de Chile central, como son la Cordillera Andina, el Batolito Central y la Cordillera de la Costa, condiciona en gran medida el desarrollo de los terrenos regados. El Llano Central, formado por el relleno aluvial y glacial, está contenido en su límite occidental por las estribaciones del Batolito Central, cuyo efecto de barrera tiene cierta discontinuidad, permitiendo así el atravieso de los cauces principales de los ríos. Por consiguiente, todos los suelos aptos logran regarse, prácticamente sin restricciones, mediante riego gravitacional, en todas las cuencas (suelos planos y semi planos). Pero en los sectores de los atraviesos del Batolito Central los cauces principales confluyen en sectores más estrechos, teniendo desde ahí en adelante, una escasa distribución en amplitud del recurso para regadío, llegando en gran parte del flujo hídrico, particularmente más al sur, a desembocar en el océano. Solo en parte de algunos de estos cauces principales, existen embalses que permiten una regulación y distribución del recurso hídrico a los valles que se presentan al poniente del Batolito Central y que se desarrollan

antes de llegar a la Cordillera de la Costa. La excepción la constituye el embalse Convento Viejo, que cumple con este objetivo al allegar regadío al valle de Lolol.

Una vez que se continúa hacia el oeste, existen valles de menor amplitud que se encuentran dotados de regadío por estar en los márgenes del cauce principal, en este sector de la macro zona del secano interior, como son: los sectores de Melipilla, Pomaire y Cuncumén en el Maipo.

El río Cachapoal, afluente del Rapel, presenta una amplia cobertura de regadío en el Llano Central, y una vez que cruza el batolito, en los sectores ribereños de Peumo, Llallahuquen y las Cabras en el Rapel. El río Tinguiririca, que después de dotar ampliamente el regadío del Llano Central, mantiene un regular abastecimiento de los sectores de Nancagua, Santa Cruz y en parte, Peralillo.

En Mataquito, la gran cobertura para regadío proviene del afluente río Lontué, y en menor grado, del Teno, pero una vez que se cruza el Batolito, el regadío solo se logra en las escasas terrazas fluviales del Mataquito.

En la cuenca del Maule, la amplísima red de canales matrices que nace del mismo río, como de sus numerosos y caudalosos afluentes de la cuenca sur, como son los ríos Putagan, Longaví, Perquilauquén y Achibueno, proveen el recurso para, prácticamente, todo el Llano Central, hasta el sector más bajo, o colector de drenaje, que constituye el eje Perquilauquen - Loncomilla, que corre de sur a norte. Hacia el poniente de este eje, en el plano de inundación, prácticamente no existe desarrollo de regadío desde estos ríos nivales. El río Maule, desde la recepción del Loncomilla (sector final del Batolito Central) hasta su desembocadura, solo provee de riego en escasos sectores aledaños al cauce.

En la cuenca del río Itata, el río Ñuble, principal afluente del Itata, complementa el regadío de la mayor parte del Llano Central, con los ríos nivales de Cato, Chillán, Larqui y Diguillín. En este último, se localizan los embalses de cabecera de Digua y Bullileo. Por consiguiente, existe una cobertura amplia de regadío para el Llano Central hasta la confluencia del Ñuble con el Itata.

Hay que resaltar que los cauces principales presentan un muy desigual nivel de desarrollo y utilización del recurso para regadío en su recorrido oriente - poniente, presentando un gran desarrollo en su primera sección del Llano Central y una desigual, y bajo desarrollo, después de su atravieso del Batolito Central, o desde el sector más bajo de drenaje longitudinal del Llano Central.

Cuencas secundarias que nacen desde las cumbres del Batolito Central

El Batolito Central es una cadena montañosa discontinua, cuya altitud puede llegar a los 1.500 m.s.n.m. Entre esta cadena, y la cordillera de la costa propiamente tal, se generan numerosos planos o valles de secano interior. En estos valles de secano interior se localizan varias cuencas secundarias de esteros de mediana magnitud, cuyo origen del recurso son las cumbres occidentales de este Batolito Central. Estas cuencas y sus respectivos esteros tienen el cauce principal con desembocadura en el Océano Pacífico, aunque la mayor parte de ellos solo cuentan con un recurso de origen pluvial estacional y que en el sector norte, presenta condiciones de cauce seco en la temporada estival.

Estas cuencas de secano interior comprenden:

a) Estero Casablanca en la Región de Valparaíso.

b) Estero el Yali en la Región Metropolitana.

c) Estero Nilahue y san Pedro de Alcántara en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins.

d) Estero Patacón en la Región del Maule.

Los valles que se ubican en las cuencas de estos esteros y ríos, cuentan con un recurso hídrico muy limitado para fines de regadío. Solo en algunos casos se han hecho obras de regadío que permiten traspasar recursos desde las primeras secciones de los cauces de las cuencas principales, como son el embalse de Convento Viejo, para proveer de regadío a los valles de Lolol.

Por otra parte, sectores de las cuencas principales convergentes desde las estribaciones del Batolito Central hacia el poniente, han sido habilitadas con regadío mediante el cruce de canales a través de túneles en el Batolito Central, que han permitido regar partes importantes de valles, como son, el canal Las Mercedes en Curacaví (cuenca estero Pangue) y el canal Mallarauco, en el valle del mismo nombre. Un caso similar, lo constituye el Canal Lircay del valle de Pencahue, en la cuenca del río Maule.

En todos los demás casos, los recursos hídricos son netamente de origen pluvial y se aprovechan con la construcción de embalses de mediana magnitud, para un aprovechamiento para regadío gravitacional, que es insuficiente para dotar con regadío a los terrenos con aptitud agrícola. En los valles en que las condiciones climáticas permiten cultivos de mayor rentabilidad, como en la cuenca del estero Casablanca, los recursos superficiales (embalses La Vinilla y Lo Ovalle), deben ser complementados por una amplia red de extracción de recursos subterráneos mediante pozos profundos, para lograr así, el mantenimiento de los cultivos vitícola que requieren un sistema de regadío durante todo el período de déficit hídrico. En la cuenca del Yali, los recursos son, mayoritariamente, extraídos de la napa subterránea mediante pozos someros y profundos, y para una agricultura de plantaciones más bien limitada.

Ríos que nacen hacia el oriente desde la cumbre de la Cordillera de la Costa

En los casos de los valles de secano interior, se observa una situación distinta hacia el sur de la cuenca del río Maule, ya que una vez que se ha cruzado éste, el Batolito Central tiende a desaparecer, dejando el Llano Central en su mayor amplitud del territorio, tan solo limitado al poniente por la genuina Cordillera de la Costa, que en este sector adquiere su mayor altitud (superior a 800 m.s.n.m.).

Desde allí nacen los ríos Purapel y el río Cauquenes en la cuenca del Maule

La cuenca del río Cauquenes, en la Región del Maule, está inserta en un extenso valle de secano interior, con vertiente hacia el oriente y desembocando en los afluentes del Maule, el río Perquilauquen

En el caso de Cauquenes, se cuenta con un Embalse de cabecera (Tutuvén), que embalsa los recursos pluviales que vierten desde la cumbre, hacia la vertiente oriental. La disponibilidad del

recurso, de origen exclusivamente pluvial, es insuficiente para tener un desarrollo del regadío de esta cuenca secundaria. El desarrollo de captaciones del recurso subterráneo es, asimismo, muy limitado.

Este es utilizado principalmente para los sectores de plantaciones de vides aledañas a las ciudades y se encuentra escasamente complementado con recursos subterráneos.

En el caso del río Purapel, de similares características al anterior, su recurso pluvial es aún más limitado, y prácticamente, no presenta desarrolla para regadío.

En la cuenca del Itata, los ríos que presentan vertiente desde la Cordillera de la Costa con drenaje hacia el río Itata, son el río Changaral y el río Lonquén, presentando escaso desarrollo para regadío en los sectores de Ninhue y Portezuelo. En este sector existe un muy limitado desarrollo de pozos para captación desde el acuífero subterráneo.

Como conclusión, es posible estimar que la vulnerabilidad de los terrenos, ante un fenómeno de sequía, ocasionado por precipitaciones inferiores a la normal anual, (sequía meteorológica) tendrá un efecto mucho más pronunciado en todos los sectores que cuentan con recursos exclusivamente pluviales. En las cuencas de esos ríos y esteros que no cuentan con una dotación para regadío suficiente, tampoco existe en ellos una recarga sustancial de los acuíferos de origen pluvial, de forma que los recursos subterráneos experimentan, asimismo, una vulnerabilidad. La mayor parte de este territorio está en los valles de secano interior y no presenta transferencias desde los ríos nivales principales.

Existe asimismo, una alta vulnerabilidad a la sequía en las cuencas de Ligua y Petorca, dada la precipitación media que se recepciona en las cuencas (280 mm anuales) que permite un limitado embalsamiento del recurso pluvial, solo pequeños embalses de carácter privado. Asimismo, debe considerarse que ambas cuencas tienen una penetración en la Cordillera Andina tan solo hasta las estribaciones de ésta, con una limitada altitud y sólo en su punto más elevado alcanzan hasta 4.000 m.s.n.m., presentando un muy restringido depósito nival de altura. Esto provoca que el flujo del derretimiento nival dure un periodo inferior al largo requerido para el regadío de especies perennes, y que, por consiguiente, requiere ser embalsado si se precisa disponibilidad durante todo el período de déficit hídrico.

Tal como se planteó previamente, la condición climática de ambas cuencas que presentan una ausencia de heladas en el sector occidental (agroclimas con influencia marítima) ha permitido cultivo de especies frutales de origen subtropical que presentan una posibilidad de retorno elevado. Ello ha llevado al desarrollo de plantaciones frutales de este tipo en gran parte de estos sectores, de tal forma que la vulnerabilidad natural impuesta por el clima se ha expresado, además, en una presión económica.

2.4 Centros Académicos Orientados al Estudio del Recurso Hídrico

La expresión de la sequía en el ámbito territorial, como se presentara en el punto precedente, ha incidido en la creación de centros de estudio cuyas líneas de investigación se acoplan a las demandas por nuevos conocimientos en estas materias, lo que ha permitido acumular cierta

experiencia a nivel nacional sobre la gestión de los recursos hídricos, como también, de impactos de la sequía en el sector agropecuario. Entre estos Centros, cabe destacar:

1. Centro de Investigación y Desarrollo en Recursos Hídricos (CIDERH, 2013), al alero de la Universidad Arturo Prat, cuya misión, ha sido definida como la de "*Generar y difundir conocimiento científico sobre los recursos hídricos en zonas áridas, a través de un equipo multidisciplinario de investigadores, vinculado a redes nacionales e internacionales; que apoye la toma de decisiones y la formulación de políticas públicas regionales respecto al agua y que, a su vez, contribuya al desarrollo y transferencia de soluciones tecnológicas innovadoras para abordar desafíos estratégicos de la región y de sus sectores productivos, vinculados a un uso eficiente y sustentable de los recursos hídricos*". En la actualidad el eje central del Centro se articula en dos líneas de investigación, la "Gestión Integrada de Recursos Hídricos" e "Innovación Tecnológica de Sistemas Acuosos".

2. Centro de Recursos Hídricos para la Agricultura y Minería (WARCAM, 2013), de la Universidad de Concepción[6]. El Centro se ha planteado el logro de tres objetivos principales: *i)* desarrollar investigación científica y tecnológica para encontrar nuevos recursos hídricos, optimizar su consumo y proveer normas para regular la interacción con los diferentes actores, *ii)* entrenar investigadores, a niveles de pregrado, post grado y postdoctorado, para suplir la escasez de recursos humanos en el país, *iii)* crear redes con instituciones de investigación, nacionales e internacionales y con el sector público y privado del país para beneficiarse de la investigación cooperativa y de la transferencia de tecnología.

3. División de Recursos Hídricos y Medio Ambiente de la Universidad de Chile (U. Chile, 2013) que, además de investigación en recursos hídricos, ha desarrollado un programa de magister cuyo objetivo es la formación avanzada de especialistas en temas tales como análisis y gestión de sistemas de recursos hídricos, hidrología, hidráulica fundamental y fluvial, procesos de transporte en aguas superficiales y subterráneas, y análisis de sistemas ambientales acuáticos.

4. Centro de Gestión y Tecnología del Agua (CEGT, 2013), creado por la Universidad de la Frontera, con la visión de "*Ser un referente regional y nacional en investigación y desarrollo tecnológico para la gestión sustentable del agua*", y orientado a contribuir en la generación de información que permita proponer soluciones integrales y sustentables en todo el ciclo del agua, abordando aspectos técnicos como el diseño de sistemas de abastecimiento y saneamiento de agua de bajo costo, así como otros orientados a una gestión sustentable y manejo integrado de recursos hídricos en micro/macro cuencas y acuíferos, bajo un enfoque holístico multidisciplinario.

5. Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe, (CAZALAC, 2013), cuya Misión describe al Centro como "*Una organización coordinadora/articuladora de acciones científicas y tecnológicas orientada hacia un manejo sustentable de los recursos hídricos en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de América Latina y El Caribe*".

---

[6] Participan, además, las Universidades de Talca y la Del Desarrollo.

6. Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas, (CEAZA, 2013) cuyo objetivo principal es "*Estudiar el impacto de las oscilaciones climáticas sobre el ciclo hidrológico y la productividad biológica en las zonas áridas del norte-centro de Chile, centrado en la IV Región de Coquimbo*".

7. Centro de Investigación Tecnológica del Agua y el Desierto, (CEITSAZA, 2013), que se ha impuesto la Misión de "*Ser un referente con reconocimiento nacional e internacional en investigación, formación de competencias y desarrollo de soluciones tecnológicas innovadoras, para la gestión sustentable y eficiente del recurso hídrico en zonas de extrema aridez*".

8. Centro del Desierto de Atacama, (CDA, 2013) dependiente de la Pontificia Universidad Católica de Chile, fue creado con el fin de realizar investigación de excelencia en ciencia y tecnología para el desarrollo integral de las zonas áridas y semiáridas del norte del país, siendo su Misión "*Promover y facilitar iniciativas multidisciplinarias en programas de investigación científica y tecnológica. Realizar labores de extensión acerca del conocimiento del desierto y semidesierto para promover su valorización y el desarrollo regional*".

Como se ha visto en este capítulo, Chile es parte de la comunidad de naciones que experimentará diversas alteraciones climáticas, algunas de ellas catalogadas como extremas. Ante tamaño desafío el país está en una etapa de transición, definiendo legislaciones, suscribiendo tratados internacionales y desarrollando estudios, que permitan una mejor mitigación y adaptación al cambio climático y, en especial, a los eventos de sequía que comprometen severamente la actividad del sector silvoagropecuario.

3. EXPERIENCIAS INTERNACIONALES PARA LA CONSIDERACIÓN DE LA SEQUÍA

En relación a la experiencia internacional, se relevan dos aspectos. Aquellos que dicen relación *i)* con la institucionalidad y políticas aplicadas en España, Australia Canadá y Estados Unidos de

Norteamérica; y *ii)* aquellos relativos al uso de modelos *ad- hoc*, para determinar los impactos económicos de la sequía.

3.1 ANÁLISIS PAÍSES DE REFERENCIA

3.1.1 España

La Constitución española describe las competencias exclusivas del Estado y aquellas que las Comunidades Autónomas pueden asumir, lo cual hace una diferencia notable con Chile, al ser este último una república unitaria. En términos de la gestión del agua, diversas instituciones participan, tanto nacionales como de las Comunidades Autónomas, pero, correspóndele al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, una mayor competencia para enfrentar los fenómenos derivados de restricciones hídricas.

De acuerdo a lo informado por dicho Ministerio: "*La sequía supone una anomalía transitoria, más o menos prolongada, caracterizada por un periodo de tiempo con valores de las precipitaciones inferiores a los normales en el área. La causa inicial de toda sequía es la escasez de precipitaciones (sequía meteorológica) lo que deriva en una insuficiencia de recursos hídricos (sequía hidrológica) necesarios para abastecer la demanda existente*". El Estado español distingue cuatro tipos de sequía: meteorológica, hidrológica, agrícola o hidroedáfica y socioeconómica:

En España la gestión de las sequías se ha abordado como situación de crisis, mediante medidas de emergencia para hacerle frente, enfoque que se ilustra en el texto refundido de la Ley de Aguas, que ante situaciones de sequía extraordinaria prevé la adopción de medidas para la superación de dichas situaciones. Estas medidas llevan implícitas la declaración de utilidad pública de las obras, sondeos y estudios necesarios para desarrollarlos, a efectos de la ocupación temporal y expropiación forzosa de bienes y derechos, así como la urgente necesidad de la ocupación, Estrela Teodoro (2006) y están basadas en diversos cuerpos legales, tales como:

- ✓ Ley de Aguas, en su art. 58, prevé en circunstancias de sequías extraordinarias la adopción por parte del Gobierno de las medidas que sean precisas para la superación de dichas situaciones, en relación con la utilización del dominio público hidráulico.
- ✓ Reales Decretos-Ley de medidas excepcionales urgentes: Estas medidas llevan implícitas la declaración de utilidad públicas de las obras, sondeos y estudios necesarios para desarrollarlos, a efectos de la ocupación temporal y expropiación forzosa de bienes y derechos, así como la urgente necesidad de la ocupación.
- ✓ Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, estableció en su artículo 27 las bases de la gestión planificada de sequías.

Las principales herramientas con las que cuenta la administración general del Estado para la planificación y gestión de sequías son[7]:

[7] Este punto está basado en Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2013).

1. Planes Especiales de Sequía de los Organismos de Cuenca[8].

El objetivo general de los Planes Especiales de Sequía (PES) es, según lo establecido en el artículo 27.1 de la Ley 10/2001, minimizar los aspectos ambientales, económicos y sociales de eventuales situaciones de sequía, el cual se persigue a través de los siguientes objetivos específicos, todos ellos en el marco de un desarrollo sostenible:

i) Garantizar la disponibilidad de agua requerida para asegurar la salud y la vida de la población.

ii) Evitar o minimizar los efectos negativos de la sequía sobre el estado ecológico de las masas de agua, en especial sobre el régimen de caudales ecológicos, evitando, en todo caso, efectos permanentes sobre el mismo.

iii) Minimizar los efectos negativos sobre el abastecimiento urbano.

iv) Minimizar los efectos negativos sobre las actividades económicas, según la priorización de usos establecidos en la legislación de aguas y en los planes hidrológicos.

A su vez, para alcanzar los objetivos específicos se plantean los siguientes Objetivos Instrumentales u Operativos:

i) Definir mecanismos para la previsión y detección de la presentación de situaciones de sequía.

ii) Fijar umbrales para la determinación del agravamiento de las situaciones de sequía (fases de gravedad progresiva).

iii) Definir las medidas para conseguir los objetivos específicos en cada fase de las situaciones de sequía.

iv) Asegurar la transparencia y participación pública en el desarrollo de los planes.

A la fecha, se han desarrollado (y están en vigor) Planes Especiales de Sequía por los siguientes Organismos de cuenca de España:

- Demarcación hidrográfica del Cantábrico.
- Demarcación hidrográfica del Miño-Sil.
- Demarcación hidrográfica del Duero.
- Demarcación hidrográfica del Tajo.
- Demarcación hidrográfica del Guadiana.
- Demarcación hidrográfica del Guadalquivir.
- Demarcación hidrográfica del Segura.
- Demarcación hidrográfica del Júcar.
- Demarcación hidrográfica del Ebro.

Cabe señalar que los Organismos de Cuenca (con la denominación de Confederaciones Hidrográficas, creadas en el año 1926), se definen en la Ley de Aguas, como entidades de Derecho Público con personalidad jurídica propia y distinta del Estado, adscritas a efectos

[8] Existen guías para la redacción de Planes Especiales de Actuación en situación de Alerta y Eventual Sequía, desarrollados por la Dirección General del Agua.

administrativos al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, a través de la Dirección General del Agua, como organismo autónomo con plena autonomía funcional. Las Confederaciones Hidrográficas desempeñan un importante papel en la planificación hidrológica, gestión de recursos y aprovechamientos, protección del dominio público hidráulico, concesiones de derechos de uso privativo del agua, control de calidad del agua, proyecto y ejecución de nuevas infraestructuras hidráulicas, programas de seguridad de presas, bancos de datos, entre otros.

2. Sistemas de Indicadores de Estado Hidrológico

Les corresponde a los organismos de cuenca desarrollar sistemas de indicadores hidrológicos que permiten, en cierta forma, prever situaciones de sequía y valorar la gravedad con que se presentan.

El sistema de indicadores es de carácter hidrológico, es decir, tiene por finalidad caracterizar la sequía hidrológica, pues su interés práctico radica en su funcionalidad como instrumento de ayuda a la toma de decisiones relativas a la gestión de los recursos hídricos de la cuenca.

El esquema metodológico empleado para la selección y análisis de los indicadores es el siguiente:

- Definición de las unidades de demanda.
- Selección del indicador más representativo de la evolución de la oferta de recursos existente en cada una de las unidades de demanda.
- Recopilación de las series hidrológicas temporales asociadas a cada uno de los indicadores.
- Ponderación de los distintos indicadores para conseguir resultados numéricos representativos de la situación de la sequía en cada una de los sistemas de explotación de la cuenca.
- Seguimiento continuo de la evolución de los indicadores.

Los sistemas de indicadores están formados por puntos de control distribuidos por los respectivos ámbitos territoriales de los organismos de cuenca que incluyen la siguiente información:

- Volumen almacenado en embalses superficiales.
- Niveles piezométricos en acuíferos.
- Aportaciones fluviales en estaciones de aforo.
- Pluviometría en estaciones representativas.
- Reservas de agua almacenadas en forma de nieve, en aquellas zonas donde resulten significativas en relación con la disponibilidad del recurso.

A partir de los valores de los indicadores en los puntos de control, en cada organismo de cuenca se obtienen, por diversos procedimientos de agregación, unos valores medios representativos de cada uno de los sistemas de explotación que conforman su ámbito territorial.

Los indicadores adoptan valores comprendidos entre 0 y 1, correspondiendo los valores bajos a situaciones de sequía y el valor de 0,5 a la situación media.

Mediante la ponderación del valor del indicador en cada zona o sistema (teniendo en cuenta la importancia de la demanda atendida) se obtiene el valor del indicador global.

Estos indicadores clasifican los estados hidrológicos de los sistemas de explotación de recursos hídricos en cuatro categorías:

Cuadro 3: Clasificación de los estados hidrológicos

Riesgo de restricciones	Estado hidrológico
Muy Bajo - Bajo	Normalidad
Medio	Prealerta
Alto	Alerta
Muy Alto	Emergencia

Fuente: Tomado de Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

3. Planes de Emergencia de Abastecimientos Urbanos

La Ley 10/2001, de 5 de julio, del Plan Hidrológico Nacional, dispone que las Administraciones públicas responsables de sistemas de abastecimiento urbano que atienda, singular o mancomunadamente, a una población igual o superior a 20.000 habitantes deberán disponer de una Plan de Emergencia ante situaciones de sequía. Dichos Planes, que serán informados por el Organismo de cuenca o Administración hidráulica correspondiente, deberán tener en cuenta las reglas y medidas previstas en los Planes especiales de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía, y deberán encontrarse operativos en el plazo máximo de cuatro años.

En la actualidad, se han desarrollado planes de emergencia en Madrid y algunos municipios de Málaga, Sevilla y Barcelona.

3.1.2 Australia

Australia ha enfrentado diversas y severas sequías a lo largo de su historia, Australian Bureau of Statistics (2013), en virtud de lo cual, el año 1992, se desarrolló un Programa Nacional de Sequía[9]. Luego de años de aplicación, el gobierno australiano sometió a una triple evaluación dicho Programa, a saber: económica, de impacto social, y climática, resultado de lo cual se ha consensuado una reforma que privilegia un enfoque de manejo del riesgo, antes que la gestión de crisis, en la cual se amparaba el Programa previamente, abandonando de esta forma, el esquema de combate a la sequía a través del esquema denominado Circunstancias Especiales.

Las reformas al Programa Nacional de Sequía, se dan un contexto específico, pues se entienden y forman parte del Plan del Gobierno de Australia para la agricultura. Las medidas están diseñadas

[9] El Programa es un esfuerzo conjunto del States & Territory Goverments, que incluye los gobiernos de: Australian Capital Territory, New South Wales, Northern Territory, Queensland, South Australia, Tasmania, Victoria, Western Australia, y a los gobiernos locales.

para alentar a los agricultores a planificar para el futuro y manejar los riesgos de mejor manera, incluyendo los riesgos de la sequía.

En este contexto, el Programa plantea como objetivo ayudar a los agricultores a prepararse y manejar de mejor forma los efectos de la sequía, y de otros desafíos, antes de esperar la manifestación de una crisis para tomar medidas. Se espera que el Programa -diseñado para desarrollar un sector agrícola más productivo, ayude a las empresas agrícolas a tomar decisiones informadas y a la vez, capturar oportunidades futuras-, esté totalmente implementado en Julio de 2014.

El Programa incluye:

- Subsidio a los hogares agrícola

Ofrecerá a los agricultores elegibles que están experimentando dificultades financieras, ayuda y apoyo para mejorar su situación financiera a largo plazo, a través de un subsidio pagado quincenalmente. De igual forma, se proporcionará a los beneficiarios una Tarjeta de Beneficios de Salud. Se estima que los beneficiarios podrán acceder a un máximo de tres años de pago.

- Depósitos de gestión agrícola y medidas tributarias

Los Depósitos de gestión agrícola constituyen un esquema que ayuda a los productores del agro a ser autosuficientes y que puedan mejorar la gestión de sus ingresos debido a la variabilidad del clima y a los cambios del mercado.

- Un enfoque nacional para la formación (y entrenamiento) de empresas agrícolas

Consiste en un nuevo enfoque nacional para la formación de empresas agrícolas, el que se basará en el desarrollo de un conjunto de habilidades para la puesta en marcha, de uno o más negocios agrícolas. Estas habilidades son un grupo orientado para el desarrollo de competencias, que se aportan a través de la formación profesional y el sistema de formación.

- Un enfoque coordinado y de colaboración para la ayuda social

A partir de un trabajo en equipo de los servicios de apoyo social, a objeto que las personas tengan acceso a los servicios sociales de apoyo cuando los necesitan.

- Herramientas y tecnologías para una toma de decisiones de los agricultores, informada

Se trata de proveer herramientas y tecnologías disponibles para apoyar a los agricultores con la toma de decisiones relacionadas con el clima, a través de diversa agencias, tales como la Oficina de Meteorología, y el Programa de Gestión de Variabilidad Climática.

Cabe señalar que en forma adicional, existen en Australia otros dispositivos que van en auxilio de los productores antes situaciones de emergencia creadas por fenómenos de restricción hídrica, entre ellos se cuenta:

Esquema de Depósito para la gestión agrícola: que ayuda a los productores agrícolas a gestionar sus finanzas de mejor manera durante una sequía. Si ellos han depositado dinero, en períodos de

altos ingresos, entonces aprovechar este dinero en los años que los ingresos decrecen durante las sequías.

El Servicio de Asesoría Financiera Rural: también está disponible para los agricultores en graves dificultades financieras en tiempos de sequía. Su objetivo es proporcionar información y apoyo a las personas de las zonas rurales de Australia.

3.1.3 Canadá

En Canadá existe un programa que entrega información, la que es permanentemente actualizada, acerca de las condiciones del clima relevantes para la agricultura. Esta información se considera extremadamente importante, dado que sin esos antecedentes es difícil tomar decisiones pertinentes ante la presencia de eventos de sequía o inundaciones, lo que puede incidir en la generación de impactos adversos muy significativos en la agricultura. Existe un sitio web donde es posible acceder a información sobre la condición de tiempo y clima, comparando la condición actual con la de una situación normal. Los usuarios pueden ver dónde y cómo los eventos climáticos están afectando al sector agropecuario, ver predicciones para los productos sectoriales, y aprender formas de mitigar y adaptarse a los impactos del clima y del tiempo en la producción agropecuaria.

La agricultura canadiense se desarrolla bajo la influencia de sus robustos programas de fortalecimiento de la producción: AgriInvest, AgriStability, AgrInnovation, AgriCompetitiveness, AgriMarketing, Agri-Food Trade Service, AgriInsurance, etc., todos los cuales contribuyen a entregar a los actores de la agricultura y de la agroindustria, mecanismos de apoyo al financiamiento, competitividad, inversión, abatimiento de gases invernadero, innovación, servicios de comercio, seguros, comercialización, programas de recuperación de desastres, cobertura de riesgos e información.

En este marco, el programa de Sequía (Drought Watch) cumple un papel secundario, probablemente explicado por no existir a la fecha, en Canadá, problemas graves de provisión de agua.

3.1.4 Estados Unidos

La acción del gobierno norteamericano en relación a la grave situación de sequía que afecta las zonas agropecuarias más productivas, es clara, enérgica y significativa. La prioridad política es claramente atender a las necesidades de todos los afectados por la sequía, más allá de los programas ya existentes que se están aplicando para mitigar los efectos del déficit hídrico.

En febrero de 2014, el Presidente Barak Obama señaló que: "las comunidades californianas sufren el impacto de una de las peores sequías en un siglo y casi el 99% del estado está más seco de lo normal. Las reservas también están bajo mínimos. California es la mayor economía del país y nuestro mayor productor de agricultura, así que esto afecta a todos los americanos. El cambio climático provocará que las sequías y los desastres naturales sean más duros y costosos de aquí en adelante. El planeta se va a seguir calentando y hay que anticiparse y prepararse a estos problemas con nuevos planes e infraestructuras" (Obama 2014).

El Departamento de Agricultura Federal calificó como áreas de desastre natural, debido a la sequía, a 27 de los 58 condados de California y áreas importantes de otros 10 condados. Consecuentemente, anunció un paquete económico que incluye 100 millones de dólares en ayuda para los productores de ganado de California, 60 millones para sus bancos de comida, US$5 millones para proyectos de conservación del agua y US$15 millones para las zonas más impactadas por la sequía, incluidas las regiones del interior. Asimismo, se han reservado US$3 millones para comunidades rurales en California, que sufran escasez de agua potable.

Estos recursos se suman a los originados en la reciente legislación (2013), enfocada hacia dos frentes: asistir a las comunidades afectadas, y a promover financiamiento para mejorar el uso de la oferta de agua disponible. A este efecto, se suscribió una legislación con amplia mayoría en el Senado y en la Asamblea. Esta legislación provee US$687 millones para apoyar programas de mitigación de los efectos de la sequía, incluyendo subsidios para los hogares y alimentos para los trabajadores directamente impactados.

La asignación de fondos se concentra (80%) en incentivar la Conservación del Agua y mejorar la oferta hídrica, proveyendo fondos no reembolsables para proyectos de infraestructura locales o regionales. En especial, se financia proyectos orientados a aumentar la disponibilidad de oferta de agua, a través de proyectos de reinyección de agua en napas subterráneas, de uso de agua reciclada, para cosechar agua de lluvias y tormentas, y para fortalecer la conservación del recurso hídrico. Se añadió, también, refuerzos regulatorios para incentivar estos proyectos.

Se reorientan recursos hacia el mejoramiento en el uso eficiente del agua, ahorro de energía y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de los sistemas de transporte y la gestión del agua a nivel estatal y local.

Se estima que la sequía prolongada en California, ha causado pérdidas por un valor de US$5.000 millones en la agricultura de ese Estado, cuya producción agrícola anual es valorada en US$44.600 millones. California genera la mitad de las frutas y verduras de Estados Unidos. La sequedad afecta, principalmente, al Valle Central, donde un tercio de los empleos está vinculado con la producción agropecuaria.

3.2 Modelos Usados a Nivel Internacional

Existe generalizado consenso en que las estrategias de mitigación y preparación resultan claves a la hora de reducir los riesgos e impactos generados por los fenómenos de sequía. Sin embargo, existen dificultades para la asignación de recursos orientados a mitigar los efectos indeseables de un déficit hídrico debido a la escasa información sobre los costos y beneficios de los programas de mitigación. Esto ha sido identificado como uno de los mayores obstáculos para adoptar estrategias de mitigación (Brenner, 1997).

La sequía afecta a más gente que cualquier desastre natural, es por ello que la cuantificación del impacto económico de una sequía resulte tan necesaria; sin embargo, su paso lento y su, a veces, larga duración, dificultan esta tarea (Wilhite, 2000).

En general, el Análisis Costo-Beneficio es una metodología de extendido uso cuyo propósito es evaluar la factibilidad económica de proyectos que compiten entre sí. En tal sentido, si los

beneficios superan a los costos, el proyecto se considera económicamente aceptable, y por tanto la recomendación es su materialización. En este contexto, una tarea que surge como de primera necesidad es la búsqueda de metodologías que permitan medir los costos de un desastre natural. Los beneficios de los programas de mitigación, en tanto, pueden ser estimados a través de la estimación de costos evitados como consecuencia de las inversiones realizadas.

La literatura establece que los impactos de los desastres naturales, incluyendo sequías, pueden ser directos e indirectos. Se ha propuesto que en la definición de costos directos no sólo se incluya los daños físicos sino, además, las consecuencias debidas a la interrupción de los procesos productivos y el desempleo que esto conlleva. También se redefinen los costos indirectos, como aquellos que surgen de interacciones y transacciones entre industrias y sectores económicos (Cochrane, 1997).

Los efectos directos de la sequía pueden verse tanto en el sector agrícola como en el no-agrícola. En el sector agrícola se evidencian alteraciones en los rendimientos (y, eventualmente, calidad) en diversos rubros (cultivos anuales y permanentes como frutales) y en la masa ganadera, tanto por la carencia de agua para brebaje como por la disminución del rendimiento de las praderas y la mayor incidencia de enfermedades. Las pérdidas en producción inducidas por la sequía causa un *shock* negativo en la oferta, pero el monto de los impactos económicos incurridos y la distribución de pérdidas dependen de la estructura del mercado y la interacción entre oferta y demanda de productos agrícolas.

Cabe considerar que una porción de las pérdidas de los productores es transferida a los consumidores a través de un incremento en los precios: mientras mayor sea dicho aumento mayor será la porción de la pérdida asumida por los consumidores. Inclusive, es factible considerar que algunos agricultores se vean beneficiados por la sequía debido a que los eventuales aumentos de precio compensen la menor producción (o bien, productores de zonas no afectadas por la sequía disfruten de un mayor precio).

Adicionalmente, los agricultores pueden contratar seguros para sus cultivos, lo que compensaría parte de sus pérdidas por la compañía aseguradora, y en algunos países los agricultores tienen el derecho de recibir ayuda directa del gobierno ante desastres de este tipo.

Es un error común igualar las pérdidas de ingreso de agricultores con los impactos económicos de la sequía, lo que puede subestimar o sobrestimar sus efectos. Por esto, es importante cuantificar el impacto global de la sequía, así como identificar las pérdidas enfrentadas por los diferentes actores.

En la revisión bibliográfica realizada se constata que los estudios empíricos usados internacionalmente para medir cuantitativamente el impacto económico de la sequía, utilizan en sus estimaciones, alguna de las metodologías aportadas por los modelos:

i) Input-Output.

ii) Equilibrio General Computable.

iii) Econométrico.

3.2.1 Modelo Input-Output

Los modelos Input-Output (I-O) tratan de describir la interconexión entre las industrias, los hogares y el gobierno dentro de un sector económico. La base de este enfoque es que el ingreso de una industria será el producto de otra industria. Esto permite estudiar la trayectoria de flujos de dinero desde una entidad a la otra.

Este tipo de modelo produce un índice multiplicador, el que mide el efecto o impacto total de un cambio exógeno en la economía. Además, puede predecir y proyectar el impacto total de potenciales implementaciones futuras de políticas. Finalmente, permite evaluar y determinar escenarios específicos.

El programa más utilizado para aplicar modelos de I-O es el programa IMPLAN, el cual permite al usuario acceso a la base de datos para realizar cambios y además una interfaz amigable con fácil acceso y asistencia del usuario.

Uno de los trabajos en este terreno es el desarrollado por McKean y Spencer (2003), donde entre otras consideraciones, exponen que los multiplicadores IMPLAN subestiman los verdaderos efectos inducidos en los sectores de la producción agrícola, a causa de la contabilidad defectuosa de rentas de la propiedad, por lo que plantean un ajuste del programa. Con esto estimaron el impacto económico de la sequía vivida en Colorado, EE.UU. (gran parte de Colorado ya estaba en su cuarto año bajo condición de sequía). Resultado de sus estimaciones señalan que el mercado laboral y los ingresos del sector agrícola se ven altamente afectados por la sequía.

Diersen *et al* (2002), estudiaron los impactos económicos en Dakota del Sur de la sequía del 2002. Estimaron efectos directos sobre cultivos y producción de ganado, junto con los efectos secundarios en la economía del Estado. Ambos efectos fueron computados mediante un modelo de I-O. Su estimación dio como resultado que el impacto económico ascendió a US$1.8 billones.

Al año siguiente, Diersen y Taylor (2003) volvieron a estudiar el caso, teniendo en consideración el mejoramiento de las condiciones de mercado y la ayuda federal directa de US$100 millones provista por el estado. El resultado ahora indicaba que el impacto económico de la sequía del 2002 había sido de US$1.4 billones.

En un estudio para Canadá, Kulshreshtha *et al*, estimaron los costos económicos de las sequías de 2001 y 2002, tanto para la economías regionales como a nivel nacional. Para esto se focalizaron en el impacto agrícola de la sequía, y los impactos secundarios fueron proyectados usando un modelo de I-O. La economía canadiense se regionalizó en cuatro sectores, y a cada uno se les estimó impactos directos e indirectos de la sequía sobre la agricultura y luego, se agregó para la economía completa. Los resultados marcan caídas en el PIB, además de un aumento en el desempleo.

3.2.2 Modelo Equilibrio General Computable

El Modelo de Equilibrio General Computable (EGC) resulta adecuado para estudiar el impacto económico de cambios exógenos (como la puesta en práctica de una política o el acontecimiento de un desastre natural).

Un modelo de equilibrio general capta la interrelación de los distintos sectores de una economía, por lo tanto permite estudiar tanto efectos directos como indirectos de un cambio exógeno.

Su representación es a través de la modelación computacional de una economía compuesta por agentes económicos que se comportan de acuerdo al principio de optimización microeconómica. Es por ello que se les percibe como la contraparte numérica de los modelos de equilibrio general Walrasianos.

La metodología que se utiliza con los modelos de EGC para analizar el impacto económico de políticas o cambios exógenos es la realización de simulaciones. Se pregunta "¿qué hubiese pasado en el año base si hubiese ocurrido el cambio, *ceteris paribus*?" Este tipo de modelos analiza los efectos aislados del cambio ocurrido, lo cual debe ser tomado en cuenta al momento de interpretar los resultados.

Este tipo de modelo es considerado una extensión avanzada del modelo I-O, pues es más sofisticado y flexible, permite la incorporación del efecto de precios y restricciones de recursos, además de la inclusión de elasticidad de ingreso (Rose, 1995). Sin embargo, su implementación es más dificultosa debido a que requiere un rango mayor de información y un nivel mayor de agregación de sectores.

Berrittella *et al,* investiga el rol de los recursos acuarios y la escasez de agua en el contexto del comercio internacional. En éste, se realiza un análisis más cualitativo que cuantitativo. Se estima el impacto de la escasez de agua mediante restricciones en la disponibilidad de aguas subterráneas. La metodología presentada por los autores son simulaciones de distintos casos, y estiman el efecto de la escasez de agua mediante un modelo de EGC, en particular: GTAP (Global Trade Analysis Project), modelo que permite desagregar los efectos en regiones que pueden ser países o grupos de países. A través de la aplicación de este modelo han concluido que las restricciones en la oferta de agua pueden cambiar patrones del comercio en la agricultura y de las aguas virtuales (denominando agua virtual a las aguas que son destinadas a la obtención de productos del agro).

El principal resultado que se obtiene es que a partir de restricciones en la oferta de agua, existen ganadores y perdedores, aún dentro de una misma región, Ello se debe a que debido a las distorsiones del mercado agrícola, restricciones en la oferta de agua podrían mejorar la eficiencia en la asignación. Esta ganancia de bienestar puede compensar las pérdidas. Los autores reconocen limitaciones de sus resultados debido a diversos supuestos y falta de datos, además de que este modelo no permite un análisis regional dentro de un mismo país, por lo que, para el interés del estudio, no es de mucha utilidad.

Otro estudio similar es el desarrollado por Horridge *et al* (2005), quienes estudian el impacto de la sequía de 2002-2003 en Australia. Para ello desarrollan un modelo de EGC al cual denominan TERM (The Enormous Regional Model). Este modelo permite, a diferencia del modelo GTAP, una desagregación en regiones dentro de un país. En el modelo GTAP la suma de déficits de comercio regional debía sumar cero, mientras que TERM permite un déficit nacional de comercio. Así, este modelo permite una estimación del impacto de la sequía dentro de un país, algo que el modelo anterior no permitía.

Los resultados obtenidos muestran que el efecto de la sequía se materializa en la reducción de la producción agrícola en casi todas las regiones, y en promedio la producción agrícola nacional de Australia se ve afectada por una caída de un 30%. Por otra parte, debido al crecimiento laboral que venía experimentando el país, no se puede notar un impacto significativo en este mercado.

3.2.3 Modelo Econométrico

La Econometría es una técnica que aplica métodos matemáticos y estadísticos al análisis de datos económicos, con el objetivo de dotar de una base empírica a una teoría económica, para así refutarla o verificarla.

En primer lugar, se debe contar con una teoría económica válida. Para ello es necesario encontrar su equivalente econométrico (modelo de relaciones matemáticas que describan el comportamiento de los agentes involucrados). Para estimar entonces dicho modelo se necesita de la ecuación resultante del modelo, los datos que ella implica y los supuestos bajo los cuales se construye. Una vez que se tienen dichos elementos, se procede a estimar cuantitativamente las predicciones o implicancias expuestas por la teoría económica propuesta al comienzo. Luego se debe realizar inferencia estadística, lo que indicará si los resultados son o no estadísticamente significativos

Si la respuesta es afirmativa, entonces sólo queda realizar las predicciones pertinentes y las recomendaciones de política asociadas. Si la respuesta es negativa, se deberá revisar posibles errores que se tenga en la parte teórica. Alcalá y Portero (2003), establecen econométricamente una relación entre la producción agrícola de regadío y la disponibilidad de recursos hídricos. Se estima dicha relación variando la hipótesis de recursos hídricos en tres posibles escenarios. Resulta interesante que los resultados no presenten diferencias estadísticamente significativas, lo que hace pensar que los resultados que se puedan obtener para el impacto económico de la sequía pueden ser robustos a la hipótesis de recursos hídricos.

Otro artículo que establece una relación econométrica entre estas variables es el de Abdullahi *et al* (2006). En este estudio se intenta captar el impacto de la sequía sobre la producción de mijo a través de un índice que marca un porcentaje del promedio de lluvia caída en un periodo relativo a una media de largo plazo. Además, se incluye entre los regresores una tendencia (que muestra la elasticidad a cambios tecnológicos), el precio rezagado del mijo y el precio rezagado del sorgo (cultivo que compite con el mijo en el norte de Nigeria). De éstos, sólo las elasticidades del índice de lluvia y el cambio tecnológico resultan estadísticamente significativas. Por lo que los autores recomiendan aumentos en la tecnología para mitigar los efectos de la sequía sobre la producción de mijo.

El estudio del impacto económico de la sequía fuera del sector agrícola no ha sido muy común. Hay una serie de estudios que estiman el monto de dinero que la gente estaría dispuesta a pagar (WTP, willingness to pay) por incrementar la seguridad en la oferta de agua o para evitar restricciones de uso de agua, usando métodos de evaluación contingente Koss y Khawaja (2001), o modelos de selección, Hensher *et al* (2002). Koss y Khawaja estudiaron la valoración del sistema de seguros en 10 distritos acuarios en California. Los encuestados indicaron que ellos estaban dispuestos a pagar, en promedio, entre US$11 y US$17 por mes para evitar restricciones, lo que variaba de acuerdo a la frecuencia y la severidad de la restricción.

Hensher, en tanto, muestra que los consumidores evidencian falta de WTP para evitar la mayoría de los tipos de restricciones inducidas por la sequía. Dada la opción de riego en días alternativos, los encuestados parecen preferir ajustar sus esquemas de riego o tolerar fuertes restricciones por periodos limitados, que pagar mayores cuentas de agua.

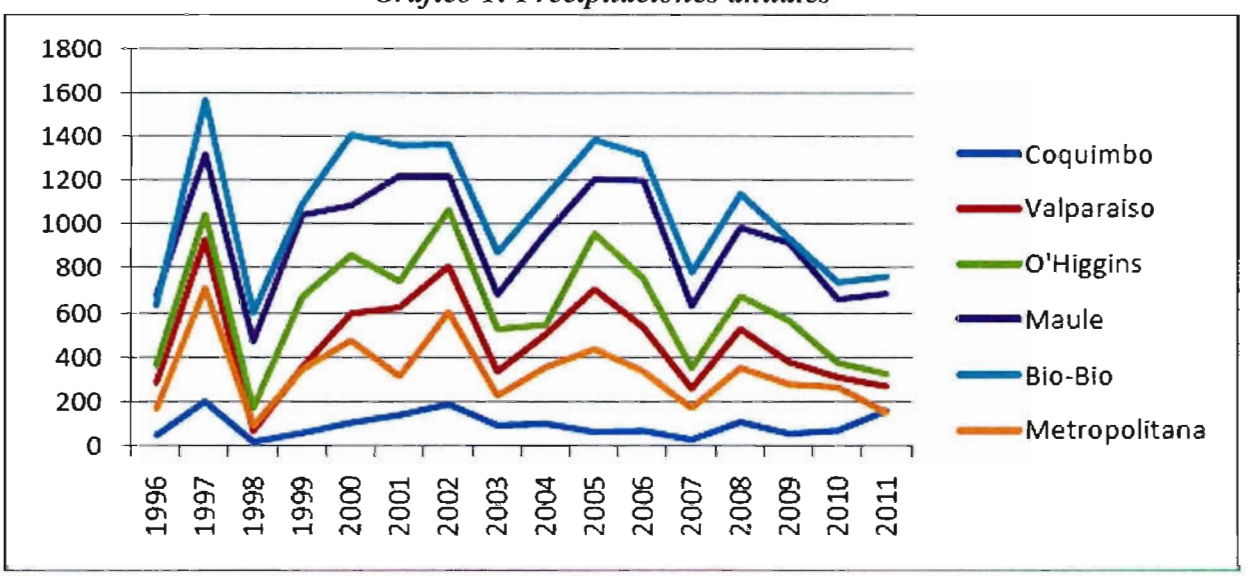
En el marco de este estudio, se ha probado la relación estadística entre un indicador de oferta hídrica y distintos agregados económicos del sector agropecuario. El planteamiento de un modelo con este objetivo enfrenta una restricción de información. En efecto, por las características agro-geoclimáticas de nuestro país, así como por la heterogeneidad tecnológica y empresarial, no existe una situación de sequía a lo largo del territorio, sino un conjunto diverso de situaciones hídricas y agrícolas.

Un ejemplo de esta situación es que en una situación de sequía en el secano costero, la producción y exportación frutícola pueden afectarse, pero no existen estadísticas que muestren a nivel local qué ocurre, por lo que el impacto puede ser absorbido por el desempeño global de las exportaciones frutícolas del país.

Es importante destacar que para la realización de la aplicación econométrica sólo se contó con datos anuales del PIB Agrícola. Sin embargo, a partir de los datos regionales, es posible conformar una estadística más compleja y de mayor riqueza. Adicionalmente, se decidió incluir en el estudio a seis regiones donde el impacto de la sequía sobre la agricultura puede ser más significativo: Coquimbo, Valparaíso, O´Higgins, Maule, Biobío, Metropolitana.

Con el objeto de incorporar una variable determinante de la condición hídrica en las distintas regiones, se utilizó el nivel de precipitaciones anuales de cada región en estudio, de acuerdo a la información de las estaciones meteorológicas instaladas en esas regiones.

Gráfico 1: Precipitaciones anuales



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica presenta las precipitaciones anuales por región, destacándose la diversidad de pluviometría y las fluctuaciones interanuales. Éstas últimas muestran un comportamiento similar

en las seis regiones, con disminuciones agudas que pueden estar asociadas a años de sequía, como lo son 1998, 2003, 2007. El trabajo econométrico consistió en relacionar este indicador con distintas variables macrosectoriales de la agricultura.

La estrategia de estimación debido a la escasez de datos del PIB Silvo-Agropecuario Regional, fue la de datos de panel, puesto que se cuenta con información para las mismas variables de distintas regiones en el tiempo. A su vez, esta particularidad permite aislar todos los efectos que se consideran constantes en el tiempo por medio del uso de efectos fijos, capturando de manera limpia el impacto de las precipitaciones anuales en el PIB Silvo-Agropecuario.

Asimismo se consideró relevante utilizar la variable independiente (pluviometría), rezagada en dos periodos, puesto que existe evidencia de que la sequía tiene un impacto en el segundo año para algunos cultivos, dado que hay cuencas o embalses que pueden mantener niveles aceptables durante al menos un año sin lluvias.

A continuación se presenta estadísticas descriptivas de las cifras a utilizar en la estimación con el fin de tener en cuenta la métrica al momento de interpretar los parámetros. En el caso de la segunda variable macroeconómica de interés, el desempleo, se cuenta con datos a nivel nacional, regional, y por sector económico. Por esto, se aplica el modelo a nivel regional por sector económico y sin sector económico, con el fin de evaluar si existe algún efecto más claro una vez que vemos el sector agrícola en particular.

Estadística Descriptiva 1: PIB

Variable	Obs	Media	Std. Dev.	Min	Max
PIB Silvo-Agropecuario	48	188.534,9	71.472,75	54.940	351.069
Precipitaciones Anuales	48	621	436	18	1.565

Nota 1: PIB Medido en Millones de dolares (1996)

Nota 2: Precipitaciones Anuales entre la IV y VII Región

Estadística Descriptiva 2: Desempleo Regional

Variable	Obs	Media	Std. Dev.	Min	Max
Desempleo Regional	48	8,9	2,6	3,6	15
Precipitaciones Anuales	48	612	416	18	1.406,4

Nota 1: Desempleo Regional medido en variación % anual. (1998-2008)
Nota 2: Precipitaciones Anuales entre la IV y VII Región

Estadística Descriptiva 3: Desempleo Regional Sectorial

Variable	Obs	Media	Std. Dev.	Min	Max
Desempleo Regional Sectorial	90	5,8	2,13	2,2	10,9
Precipitaciones Anuales	90	598	411	18	1.565

Nota 1: Desempleo Regional Agrícola medido en variación % anual. (1996-2010)

Nota 2: Precipitaciones Anuales entre la IV y VII Región

La especificación del Modelo aplicado es la siguiente:

$$PIBSECT_{i,t} = \alpha + \beta_1 PA_{i,t} + \beta_2 PA_{i,t-1} + \beta_3 PA_{i,t-2} + u_i + e_{u,t}$$

Donde:

- PIBSECT: Producto Interno Bruto de la agricultura a nivel regional
- PA: precipitación anual
- T: año de medición
- i: representa a las regiones
- ui: representa el efecto fijo que no cambia en el tiempo, y permite aislar el efecto de cualquiera otra variable que no sea precipitaciones asumiendo que esta cambia sólo a través de los individuos y permanece constante en el tiempo.

Similar especificación se utiliza para el resto de las variables macroeconómicas

$$USECT_{i,t} = \alpha + \beta_1 PA_{i,t} + \beta_2 PA_{i,t-1} + \beta_3 PA_{i,t-2} + u_i + e_{u,t}$$

$$U_{i,t} = \alpha + \beta_1 PA_{i,t} + \beta_2 PA_{i,t-1} + \beta_3 PA_{i,t-2} + u_i + e_{u,t}$$

Donde USECT, representa el desempleo sectorial, y U, el nacional, ambos a nivel regional.

Estimación Datos de Panel con efectos Fijos 1

	(1)	(2)	(3)
VARIABLES	PIB Silvo-Agropecuario	Desempleo Regional Agrícola (%)	Desempleo Regional (%)
Precipitación Anual	36,48***	0,00369***	0,00431***
	(11,75)	(0,000873)	(0,00102)
Precipitación Anual (t-1)	66,11***	0,000557	0,000736
	(11,96)	(0,000886)	(0,001000)
Precipitación Anual (t-2)	37,51***	0,00191**	0,00263***
	(10,65)	(0,000817)	(0,000951)
Constante	105,753***	2,323**	4,147***
	(15,965)	(1,138)	(1,426)
Media	188.534,9	5,8	8,9
Observaciones	36	78	66
R^2	0,561	0,248	0,299
Numero de Regiones	6	6	6

Nota 1: Errores estándar en paréntesis

Los resultados obtenidos a partir del modelo econométrico indican que las precipitaciones anuales en el caso del PIB sectorial, tienen el signo esperado, es decir a mayor nivel de lluvias, se genera una mayor actividad económica en el sector agrícola.

Cabe notar que el mayor efecto está asociado a las lluvias del período anterior. El ajuste de la regresión (R^2) es lo suficientemente alto, lo que indica que parte importante de la variabilidad del PIB, es explicado por la variabilidad de las precipitaciones. Por último, se observa que todas las variables son significativas al 1%, lo que permite concluir que el parámetro obtenido es robusto.

En el caso de la relación entre la pluviometría y el desempleo, no se obtuvo el signo esperado: a mayor nivel de precipitaciones, aumenta el desempleo tanto a nivel sectorial como a nivel general no hay una explicación económica evidente para interpretar este resultado. Parte de la explicación puede estar en las estadísticas sectoriales que no consideran la estacionalidad propia del sector agrícola.

En todo caso, el modelo permite contar con una visión robusta acerca del impacto de la pluviometría en el desempeño de la agricultura, que opera en ambos sentidos: a mejor oferta hídrica mejor desempeño de la agricultura y viceversa. Esto es el resultado es básico como fundamento de todo esfuerzo de política en fortalecer los sistemas que aseguren la provisión de agua como insumo principal de la agricultura nacional.

3.2.4 Modelo FAO

Finalmente, en esta revisión internacional, resulta interesante analizar el Modelo de la FAO, su marco conceptual y metodología seguida en el estudio desarrollado en dos zonas de secano en el Norte Chico y en el Valle Central, las comunas Combarbalá y La Estrella, Litueche, Lolol, Marchigue, Pichilemu, Navidad, Paredones y Pumanque. Este Modelo se basa principalmente en las publicaciones de Baas *et al* (2008), que corresponde a un enfoque desarrollado por FAO, que usa el marco de los sistemas de vida sustentable para determinar la vulnerabilidad a eventos climáticos extremos.

El modelo propone como objetivos:

- Apoyar la caracterización de las condiciones de vulnerabilidad a la sequía, en sus dimensiones social, ambiental, económica , incluyendo capacidades para enfrentar el fenómeno
- Desarrollar criterios para la evaluación y seguimiento de impactos de la sequía en el ámbito rural
- Apoyar la incorporación del concepto de gestión de riesgo en diversos ámbitos del sector rural.

El modelo parte con un diagnóstico de los factores que determinan la vulnerabilidad de un territorio a verse afectado por la sequía y de las capacidades que tienen las poblaciones y la sociedad para enfrentar el problema, para que a partir de ese análisis, se sustente la priorización de las acciones institucionales tanto de contingencia como de prevención y mitigación del fenómeno del cambio climático.

Los conceptos usados en el estudio provienen, principalmente, de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de Naciones Unidas (EIRD), la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), las Guías para la Gestión de la Sequía de la

Comisión Europea (Comisión Europea, sin fecha), así como, de los enfoques desarrollados por la propia FAO.

Entre los principales conceptos del modelo es necesario considerar:

Riesgo: combinación de la probabilidad que se produzca un evento y sus consecuencias negativas, provocando daños sociales, ambientales, y económicos, como por ejemplo, la muerte o lesiones de personas, daños a las propiedades, medios de subsistencia, interrupción de actividad económica, deterioro ambiental entre otros. El riesgo depende de la confluencia de factores de amenaza y factores de vulnerabilidad y se puede representar de la siguiente forma:

Riesgo= Vulnerabilidad x Amenaza

Amenaza/Peligro: un fenómeno, sustancia actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Vulnerabilidad: características y circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza. Los diversos aspectos de la vulnerabilidad surgen de factores físicos, sociales, económicos y ambientales.

La evaluación de riesgo implica establecer las características cuantitativas y cualitativas del riesgo, y de los factores que lo determinan, así como sus consecuencias físicas, sociales, económicas y ambientales. El modelo sugiere los siguientes pasos para una evaluación sistemática del riesgo:

- Identificar la naturaleza, ubicación, intensidad y probabilidad de una amenaza
- Determinar la existencia y el grado de vulnerabilidad y exposición a esas amenazas
- Definir las capacidades y los recursos que se dispone para enfrentar o manejar las amenazas
- Determinar el grado de riesgo aceptable.

El modelo aborda el tema de la sequía utilizando "*el enfoque de Sistema de Vida Sustentable (SVS) en la Gestión de Riesgos por Desastres Naturales, GRD*", para el análisis de la vulnerabilidad desarrollado por dicha institución.

"El enfoque SVS revisa integralmente el contexto de vulnerabilidad mediante el diagnóstico de las dinámicas y restricciones (activos) de los medios de vida para lidiar con las amenazas naturales. El enfoque SVS sitúa a la familia y su sistema de vida como eje central para evaluar la vulnerabilidad frente a los desastres naturales de modo de diseñar estrategias de prevención y mitigación de desastres", Meza Laura *et al* (2010).

El siguiente *Diagrama 1* representa los elementos del modelo de análisis:

Diagrama 1: Elementos del modelo de análisis

Definición del factor riesgo	
Amenaza	**Vulnerabilidad y Capacidades**
Establece la ubicación geográfica, intensidad y probabilidades	**Establece la susceptibilidad y capacidades**
Estima el nivel de riesgo	
Evalúa el riesgo	
Análisis socioeconómico de costo/beneficio **Definición de prioridades** **Establecimiento del nivel de riesgo aceptable** **Elaboración de escenarios y medidas**	

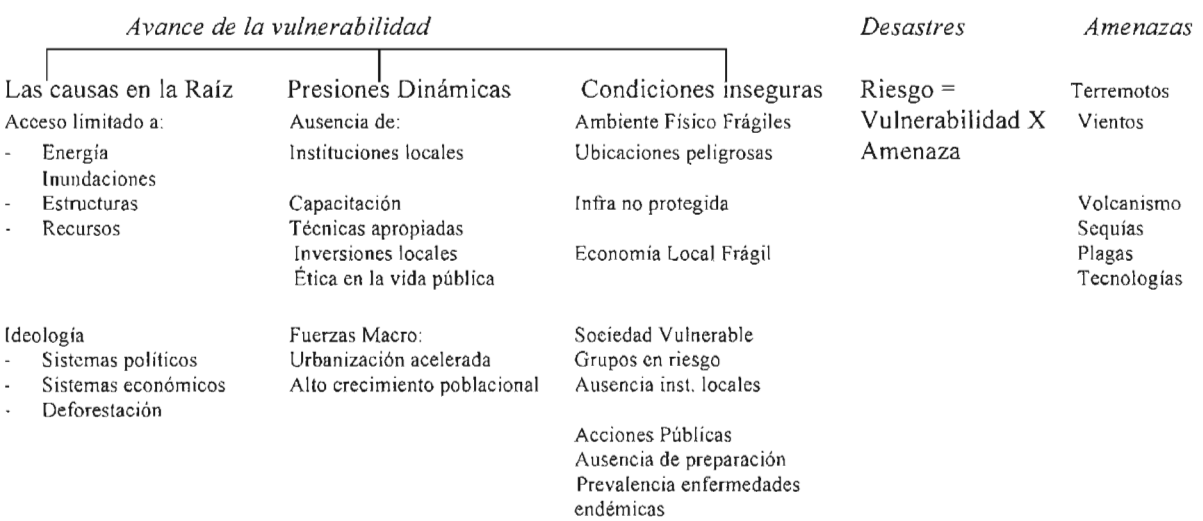
Fuente: Tomado de Laura Meza, *et al.*

El análisis de vulnerabilidad se complementa a través del estudio del vínculo entre la amenaza y sus impactos, las estrategias para enfrentar los mismos, y el desarrollo de instrumentos y políticas para la GRD.

La aproximación presenta un marco práctico para la organización y recopilación de información sobre el capital natural, físico, ambiental, humano y financiero que dispone una familia (y/o comunidad) y que determina la condición de vulnerabilidad frente a un determinado fenómeno climático. El marco propuesto por la FAO incluye una disección de las estrategias que posee un sistema para hacer frente a un determinado desastre natural. De este modo el enfoque analiza la resiliencia del sistema social, a través del diagnóstico de las estrategias para enfrentar un desastre natural. Entre ellas se distinguen las instituciones, leyes, políticas y las prácticas locales que fortalecen, o por el contrario, debilitan al sistema para hacer frente a un desastre como la sequía.

La siguiente *Figura*, muestra el riesgo como resultante de la confluencia entre la ocurrencia de amenaza y la condición de vulnerabilidad a esa amenaza:

Figura1: Riesgos y amenazas



El modelo, como se ha dicho, se basa en la metodología de análisis desarrollada por la FAO, centrado en la vulnerabilidad de los sistemas de vida rurales para determinar el riesgo frente a eventos climáticos extremos.

Las preguntas que intenta responder este análisis son: ¿Cuál es el estado actual de la sociedad respecto a la sequía?, ¿Qué factores determinan la vulnerabilidad de esa comunidad hoy?, ¿Qué tan exitosos son los esfuerzos para adaptarse a la variabilidad climática y riesgos actuales, Meza Laura *et al* (2010)?

Para el desarrollo del modelo propuesto por FAO, a objeto de la medición de impactos, se propicia el levantamiento de una encuesta a la población potencialmente vulnerable a los problemas de sequía y/o escasez de agua.

4. INSTITUCIONALIDAD NACIONAL

El presente capítulo describe y analiza la institucionalidad con que Chile se dotado para dar cuenta de los eventos de restricción hídrica, indicando las instituciones e instancias comprometidas, las responsabilidades y roles de los organismos públicos participantes, como también, los respaldos legales e instrumentos disponibles para actuar[10].

Los fenómenos de sequía se refieren a períodos de escasez hídrica donde las demandas para la población y para el sistema productivo, no pueden ser adecuadamente satisfechas. Se ha identificado y discutido precedentemente los tres tipos de sequía más comunes que interpretan la carencia de agua: sequías meteorológicas, hidrológicas y agrícolas. Las definiciones referidas son relevantes para poder analizar en un contexto amplio la sequía, pues se podría diferenciar entre los primeros dos tipos de sequía y la tercera, dado que la sequía agrícola contempla la inversión estructural asociada a la planificación de las actividades agroproductivas, mientras que las dos primeras se refieren tanto a la ocurrencia de precipitaciones como a la respuesta en escorrentía de ella.

Desde un punto de vista hidrológico son normales las variaciones temporales de los eventos climáticos y es así que los registros de sequías se encuentran asociados a la historia de nuestro país (ver *Anexo 6*, para mayor detalle). Sin embargo, ha aumentado la percepción de ocurrencia de los eventos de sequía en las últimas décadas y se prevé que se intensifiquen en Chile Central para el futuro próximo, razones para ello se amparan en la menor disponibilidad proyectada de precipitaciones debido al Cambio Climático, como se expresara en el capítulo 1.

Previo a la descripción de la institucionalidad existente para enfrentar las sequías, se presenta, en forma resumida en el *Cuadro 4*, los instrumentos jurídicos para declarar, en Chile, algún estado de excepción (UNEA 2012).

El ordenamiento jurídico de Chile contempla distintos mecanismos que establecen flexibilidades para dar respuesta a momentos de crisis a objeto de mantener y resguardar el orden público y el funcionamiento normal del país. Estos se agrupan en las siguientes categorías:

i) Condiciones y mecanismos especiales considerados en la Constitución Política de la República y en la Ley de Sismos y Catástrofes.

ii) Condiciones y mecanismos especiales considerados en leyes orgánicas de instituciones no ministeriales.

iii) Condiciones y mecanismos especiales considerados en leyes orgánicas de instituciones del sector público agropecuario.

iv) Condiciones y mecanismos especiales considerados en otras leyes.

v) Condiciones y mecanismos especiales considerados en la Ley de Presupuesto.

[10] Para el acopio de información, además de la revisión bibliográfica, se realizaron entrevistas a actores seleccionados, cuyo detalle se presenta en *Anexo 8: Actores Entrevistados*.

En el mencionado *Cuadro 4* se señala, además, los instrumentos principales que el Estado puede emplear para transferir hacia las personas y organizaciones productivas afectadas por sequías. De esta forma, en el sector agropecuario, las Leyes de INDAP, SAG/SIRSD y 18.450 son parte de los instrumentos más empleados para apoyar a los agricultores.

El Estado dispone de las Leyes Orgánicas del Ministerio del Interior: de la ONEMI y del GORE, para poder materializar en forma expedita soluciones de alta necesidad, como por ejemplo compra, de agua potable y su transporte, compra de estanques para acumular agua a nivel doméstico, actividades de alta relevancia para prevenir la ocurrencia de emergencias sanitarias.

Las actividades de apoyo deben respaldarse en estados de excepción, que para situaciones de sequía, son las que declara el Ministerio de Obras Públicas, de Escasez Hídrica y Emergencia de APR; el Ministerio de Agricultura, de Emergencia Agrícola; y el Ministerio de Interior, de Catástrofe.

Cuadro 4: Principales mecanismos de apoyo al sector agrícola bajo medidas de excepción

Condiciones y mecanismos especiales considerados en la Constitución Política de la República y en la Ley de Sismos y Catástrofes	**Condiciones y mecanismos especiales considerados en Leyes Orgánicas de instituciones no ministeriales**	**Condiciones y mecanismos especiales considerados en Leyes Orgánicas de instituciones del sector público agropecuario habiéndose decretado Emergencia Agrícola**	**Condiciones y mecanismos especiales considerados en otras leyes**	**Condiciones y mecanismos especiales considerados en la Ley de Presupuesto 2012**
1. Estados de excepción a. Estado de asamblea b. Estado de sitio c. Estado de emergencia d. Estado de Catástrofe 2. Ley Sismos y Catástrofes • Declarar zonas catástrofe, señalando comunas afectadas por DS. del PdeR. Art.1. • Dictar normas de excepción al Estatuto administrativo, y leyes orgánicas de servicios públicos, autónomos y semifiscales por D.S del PdeR. Art.3 • Instituciones públicas otorgan préstamos o asistencia técnica a damnificados sin sujeción a normas legales por D.S del PdeR. Art.15	1. Ley Orgánica Ministerio del Interior y Seguridad Pública • Secretaría de Min Interior a cargo de funciones relativas a la atención de situaciones especiales y de emergencia. • Funciones más específicas en casos de emergencias son efectuadas por Oficina Nacional de Emergencias del Min Interior, Gobiernos Regionales y Municipalidades. 1. Ley orgánica ONEMI a. Situación de Emergencia • Faculta a Director de la Onemi a disponer, mediante resolución fundada, y por el tiempo necesario la adopción de algunas medidas. b. Estado preventivo de catástrofe • Aplica en casos en que informes técnicos determinen zona del país amenazada con riesgo inminente por alguna catástrofe natural o causada por el hombre. Declaración por D.S del PdeR. 2. Ley orgánica sobre GORE • Intendente y Gobernador Provincial adoptan todas las medidas necesarias para prevenir y enfrentar situaciones de emergencia o catástrofe. • Gobierno Regional desarrolla programas de prevención y protección a. Recursos de Emergencia en el FNDR 3. Ley Orgánica Constitucional de Municipalidades	1. Ley orgánica INDAP • Otorgar subsidios para atender situaciones de emergencia en el sector rural. Art. 3. N°5 • Director Nacional tendrá funciones y atribuciones otorgando facilidades crediticias. 2. Ley SIRSD • Excepcionalmente, en casos de emergencia agrícola o catástrofe declaradas, este servicio podrá otorgar incentivos pertinentes directamente, a quienes tengan la calidad de pequeños productores agrícolas. 3. Ley SAG • Director Nacional tiene atribución de disponer del pago de indemnizaciones a propietarios de bienes o productos sanos que haya sido necesario sacrificar como también por restricciones de predios rústicos, previa autorización de los Ministerios de Agricultura y Hacienda. Art. 7. Letra J. 4. Ley 18450 • CNR llamará separadamente a concursos definidos en atención a circunstancias calificadas.	1. Ley Contratos y Prestación Servicios a. Emergencia, urgencia o imprevisto • Autoriza trato directo con proveedores en caso de emergencia, urgencia o imprevisto, calificados mediante la resolución fundada del jefe superior de la entidad contratante.	1. Subsecretaria de Agricultura a. Emergencias Agrícolas • Para financiar gastos no previstos causados por fenómenos climáticos y/o catástrofes naturales y/o situaciones de emergencia que afecten a productores agrícolas y habitantes rurales, definidos por resolución fundada del Ministerio de Agricultura. Glosa 06 2. INDAP a. Emergencias Gastos asociados a esta asignación podrán extenderse hasta Octubre. Glosa 10 b. Considerar hasta 4% del gasto total, identificado en cada decreto presupuestario 3. SAG a. Emergencias Sanitarias 4. Subsecretaría Interior a. Situaciones de Emergencia: • Transferencias corrientes a otras identidades públicas. Glosa 5 • Transferencia de capital a otras entidades públicas. Glosa 5 5. SUBDERE a. Provisión del FNDR. Glosa 11 b. Programa de mejoramiento urbano y equipamiento comunal. Glosa 6 6. ONEMI a. Transferencias corrientes al sector privado. Glosa 5

Fuente: Elaboración propia en base a Estudio General de Condiciones de Excepción y Emergencia, UNEA 2012.

4.1 INSTITUCIONALIDAD PARA ENFRENTAR SEQUÍAS

Es conveniente indicar que el estatus legal que se le ha conferido al recurso agua, según lo indicado en la Constitución Política de la República, es de derecho de propiedad según se indica en el artículo 19 N° 24 inciso final, en los siguientes términos "*Los derechos de los particulares sobre las aguas reconocidos o constituidos en conformidad a la ley, otorgarían a sus titulares la propiedad sobre ellos*". Aspecto que predomina, dado su rango jurídico, sobre el Código de Aguas[11] que Indica en Art. 5° "*Las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas, en conformidad a las disposiciones del presente código*".

El rango de derecho de propiedad se asocia al hecho que el actual Código de Aguas no contempla en casos de escasez prioridades de un uso sobre otro, a lo más, la redistribución entre los tenedores de derechos de agua de los montos existentes. Esta situación impacta sobre aquellos usuarios de aguas superficiales con menos derechos de agua y comunidades de agua potable rural, APR, donde los montos de agua a los que podrían acceder son exiguos para cubrir sus necesidades mínimas.

En el caso de usuarios de aguas subterráneas, esta situación es más crítica pues no se estipula redistribución alguna en períodos de carencia, quedando muchos usuarios sin acceder al recurso hídrico, como el caso de algunos APR de las comunas de La Ligua, Cabildo y Petorca, que tanto en la presente temporada (2013), como en años anteriores, sus pozos están secos.[12]

Se constata que la institucionalidad existente en el Estado para enfrentar el fenómeno de la sequía, se construye a partir de dos mecanismos de entrada a los sistemas de emergencias, uno que se origina según análisis hidrológicos, cuya base está en informes emitidos por la DGA; y otro, de acuerdo a impactos en el sector agropecuario, por informes emitidos por el INIA. No obstante, ambos mecanismos contemplan diversas instancias posteriores de decisión político-técnicas antes de ser declarada la emergencia.

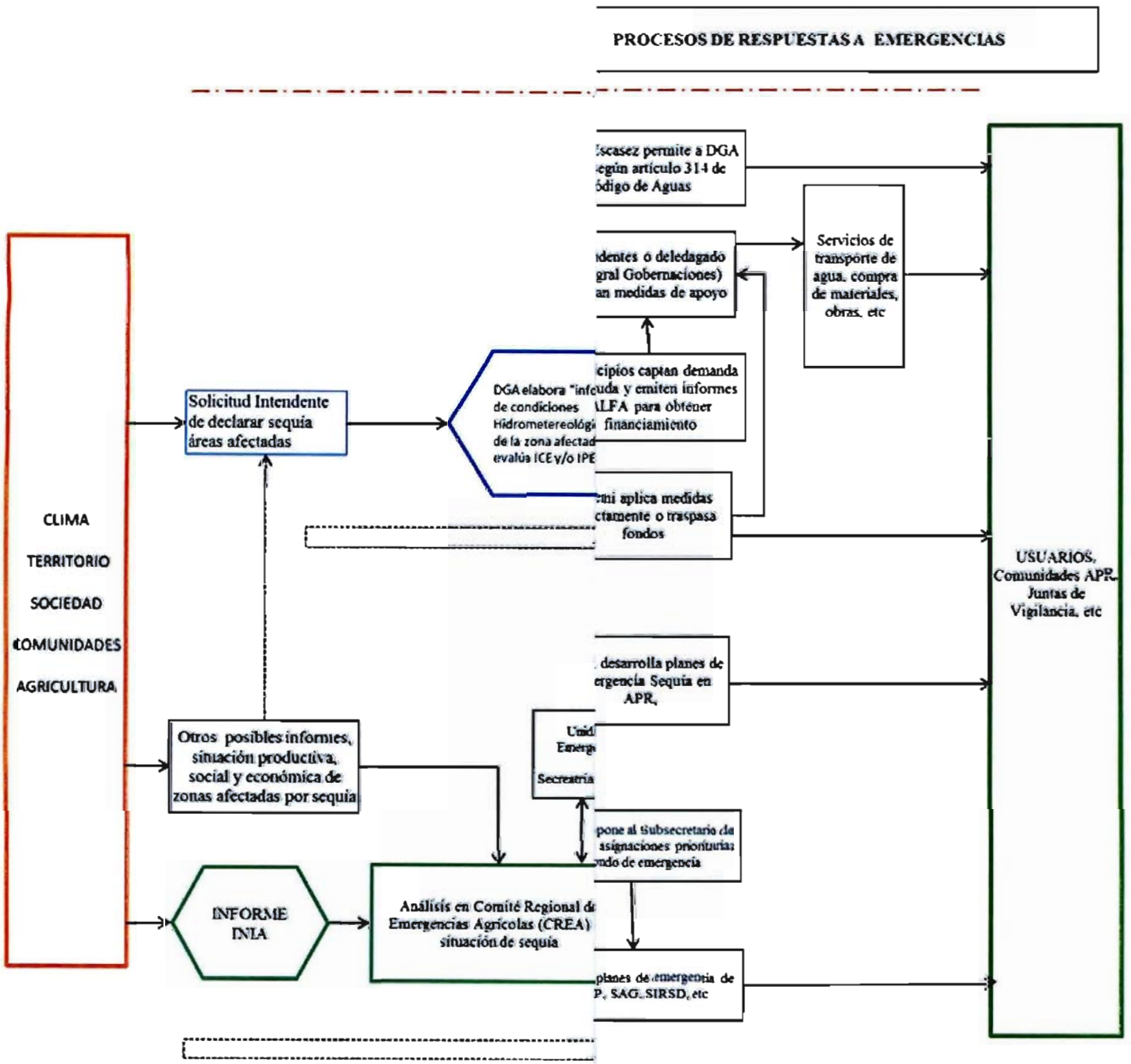
En forma resumida, se puede indicar que existen diversas instancias para calificar los estados de excepción debido a las sequías, e instancias operativas para entregar las ayudas paliativas que se activan luego de establecerse legalmente la emergencia y/o catástrofe.

Se presenta a continuación los procesos y decisiones involucrados en cada caso, cuya estructura institucional se describe en el *Diagrama 2*, en el cual se señala la etapa de establecimiento para las declaraciones de excepción, y las actividades relacionadas con la respuesta a las emergencias.

---

[11] Código de Aguas, aprobado mediante Decreto con Fuerza de Ley N°1.122 de 13 de agosto de 1981, modificado por Ley N° 20.017 de 26.06.2005 y Ley N° 20.099 de 15.06.2006

[12] Comunicación personal Sr. Manuel Hernández, Jefe Oficina Agrícola Municipalidad de La Ligua.


PROCESOS DE RESPUESTAS A EMERGENCIAS
Escasez permite a DGA según artículo 314 de Código de Aguas
Servicios de transporte de agua, compra de materiales, obras, etc
Intendentes o deledagado Gral Gobernaciones) dan medidas de apoyo
Municipios captan demanda afectada y emiten informes ALFA para obtener financiamiento
DGA elabora "informe de condiciones Hidrometereológicas de la zona afectada evalúa ICE y/o IPE
Solicitud Intendente de declarar sequía áreas afectadas
Municipio aplica medidas directamente o traspasa fondos
CLIMA
TERRITORIO
SOCIEDAD
COMUNIDADES
AGRICULTURA
USUARIOS, Comunidades APR, Juntas de Vigilancia, etc
Municipio desarrolla planes de Emergencia Sequía en APR,
Otros posibles informes, situación productiva, social y económica de zonas afectadas por sequía
Unidad Emergencia
Secretaria
Propone al Subsecretario de asignaciones prioritarias Fondo de emergencia
INFORME INIA
Análisis en Comité Regional de Emergencias Agrícolas (CREA) situación de sequía
Planes de emergencia de APR, SAG, SIRSD, etc

La instancia de mayor nivel jerárquico nacional relacionada con las sequías, es la **Comisión Asesora del Presidente de la República para la Sequía**, regulada por el DS N° 941[13] de 26.11.2010 (se incluye texto en *Anexo 9: Respaldos Jurídicos para Enfrentar la Sequía*) de la Subsecretaría del Interior. Esta Comisión está presidida por el Subsecretario del Interior y la componen, además:

- Subsecretario de Obras Públicas (primer reemplazante del Presidente).
- Subsecretario de Agricultura (segundo reemplazante del Presidente).
- Subsecretario de Energía.
- Director de Presupuesto.
- Director Nacional de Obras Hidráulicas.
- Director General de Aguas.
- Superintendente de Servicios Sanitarios.

Las funciones de la Comisión Asesora Presidencial son:

a) Recabar la información relacionada con la situación hídrica del territorio nacional y del fenómeno de la sequía en años anteriores, de forma de monitorear de manera continua la situación, pronosticar su eventual desarrollo, evaluar sus consecuencias y proponer al Gobierno todas las medidas administrativas y económicas que deban ser adoptadas. Para estos efectos, los organismos de la administración centralizada y descentralizada del Estado proporcionarán la información que posean y que les sea requerida por la Comisión.

b) Identificar los principales problemas que contribuyen a la extensión o agravamiento de la sequía.

c) Estudiar, analizar y proponer medidas preventivas y/o paliativas que contrarresten, detengan o aminoren el proceso de sequía, así como, aquellas estrategias cuya aplicación inmediata permita obtener dichos objetivos

d) Proponer acciones de coordinación para los distintos organismos del sector público con competencia en materias relacionadas con la sequía, a fin de facilitar la solución integral de los problemas asociados a dicho fenómeno.

e) Sugerir las reformas legales y reglamentarias necesarias para adecuar dichas normas a los requerimientos que imponen las situaciones de sequía grave o prolongada,

f) Formular proposiciones para el fortalecimiento de los programas implementados por los distintos Ministerios y servicios públicos para la superación de situaciones de emergencia derivadas de la sequía, así como, las medidas conducentes a su ejecución y al cumplimiento de sus objetivos.

[13] EL DS 941 reemplazó al DS N° 306 de 1996 realizado con el mismo fin, donde antes la Comisión estaba presidida por el Ministro de Agricultura y 16 miembros de ministerios y servicios sectoriales.

La Comisión Asesora Presidencial ha tenido un rol de coordinar respuestas ante eventos de emergencia de sequía, de acuerdo a sus atribuciones de los puntos c) y d), teniendo el potencial de generar estrategias y realizar propuestas legales y proponer fortalecimientos de programas, aspectos pendientes de realizar.

4.2 Declaración Zona de Escasez. Línea Hidrológica

Ante la carencia de agua, tanto meteorológica como en escorrentías superficiales y subterráneas, el Código de Agua contempla en su artículo 314, que "*El Presidente de la República, a petición o con informe de la Dirección General de Aguas, podrá, en épocas de extraordinaria sequía, declarar* ***Zonas de Escasez*** *por períodos máximos de seis meses, no prorrogables*".

Esta declaración se realiza en base a los criterios establecidos en la Resolución DGA N° 1674 de 12.06.2012 que establece nuevos criterios (dado que reemplaza la Resolución 39 de 9.02.1984 anterior) para calificar épocas de extraordinaria sequía. Para eso se establecieron dos indicadores que pueden ser usados indistintamente, el Índice de Precipitación Estandarizada, IPE; y el Índice de Caudales Estandarizados, ICE, para los cuales se prescriben valores mínimos de cumplimiento según zonas del país[14].

A solicitud del Intendente de la región afectada, y habiendo ya la Dirección General de Aguas elaborado un informe hidrometeorológico que califica la región afectada de escasez según los índices IPE o ICE, el Ministro de Obras Públicas en virtud del artículo 314 del Código de Aguas en representación del Presidente de la República emite un Decreto, estableciendo una zona de escasez (Ver ejemplo en *Anexo 10: Declaración Zona de Escasez* Decreto 289 de 11.10.2013 que declara la Zona de Escasez de la Provincia de Petorca).

La declaración de zona de escasez permite a la DGA ejercer una serie de funciones excepcionales tales como:

- De no haber acuerdo entre los usuarios para redistribuir las aguas, la Dirección General de Aguas podrá hacerlo respecto de las disponibles en las fuentes naturales, para reducir al mínimo los daños generales derivados de la sequía. Para realizarlo, podrá suspender las atribuciones de las Juntas de Vigilancia, como también, los seccionamientos de las corrientes naturales que estén comprendidas dentro de la zona de escasez.

- Además, la DGA podrá autorizar extracciones de aguas superficiales o subterráneas desde cualquier punto sin necesidad de constituir derechos de aprovechamiento de aguas, acción de cumplimiento inmediato sin esperar la toma de razón del trámite.

[14] Por ejemplo, para decretar zona de escasez en la Región de Valparaíso las precipitaciones acumuladas a contar de abril, de modo que quede comprendido a lo menos abril-agosto tengan un IPE menor o igual a -0,84 o que los caudales medios acumulados de los últimos 3 meses consecutivos tengan un ICE de -0,84.

Además de las atribuciones que la DGA puede ejercer como resultado de la declaración de zona de escasez, se activan una serie de instrumentos de cooperación al ser declarada la zona en una de las modalidades de excepción, siendo lo más común, que se decrete **Zona de Catástrofe**, lo que se realiza con un Decreto Supremo firmado por el Presidente de la República y el Ministro del Interior según lo indicado en la Ley 16282 de 1965, que Fija Disposiciones para Casos de Sismos o Catástrofes. Este decreto posibilita el traspaso de recursos desde la Subsecretaría del Interior o desde la ONEMI, a Intendencias y/o Gobernaciones para mitigar los efectos de la sequía, contratándose servicios, o actuando directamente, principalmente para proveer agua potable a las zonas más críticas.

4.3 Declaración Emergencia Agrícola. Línea Agropecuaria

Ante situaciones de falta de agua que afecten al sector agropecuario, el Ministerio de Agricultura ha creado una serie de dispositivos de organización, análisis y respuesta a la emergencia. El instrumento principal que posibilita la distribución de recursos a los afectados es la declaración de **Emergencia Agrícola (EA)** mediante Decreto firmado por el Ministro de Agricultura, según el procedimiento especificado en ORD N° 85[15] (Ver *Anexo 11: Procedimiento para la Declaración de Emergencias Agrícolas)*, cuyos pasos se visualizan en el *Diagrama 1*, señalados con procesos y tomas de decisiones en la primera fila de dicho diagrama.

Los pasos para decretar la emergencia agrícola son:

i) Informe técnico a cargo de INIA que contenga:
   - Datos meteorológicos zona afectada
   - Mapas con indicadores agrometeorológicos
   - Informe situación agrometeorológica por región y por rubros
   - Recomendaciones técnicas para enfrentar la sequía

ii) Uso del NDVI.
   - La institucionalidad considera el análisis del NDVI (Desviación Normalizada del Índice de Vegetación) como elemento referencial para la toma de decisiones para declarar emergencias, lo que se incluye en los informes agrometeorológicos que el INIA desarrolla, principalmente en el primer nivel decisional que corresponde al informe que elaboran los SEREMIS de Agricultura de cada región afectada, luego en las instancias siguientes, Intendencias y Ministro de Agricultura se incluyen otros aspectos socio-económicos de las zonas comprometidas con los déficit hídricos.
   - Actualmente, la UNEA se encuentra analizando la elaboración de índices integrados de sequía, que consideran, además del NDVI, los aspectos hidrológicos, disponibilidad de agua en el suelo y aspectos socio-económicos.
   - Se encuentra en desarrollo por medio de COMSA (Comité de Seguro Agrícola) la utilización de NDVI en la estimación de los riesgos agrícolas y las coberturas y primas

[15] ORD. N° 85 de MINAGRI de 27.01.2009. Procedimiento para la declaración de emergencias agrícolas.

asociadas de las empresas de seguros involucradas en el programa. Este programa tiene como objetivo la contratación de seguro que cubran los riesgos climáticos (sequías, heladas, lluvias, granizo, etc.) que pueden afectar su producción.

iii) Otros informes de apoyo al análisis del problema.

iv) Discusión de informe en Comisión Regional de Emergencias Agrícolas y Gestión de Riesgo Agroclimático (CREA) que genera análisis para asesorar al SEREMI de Agricultura para rechazar o aceptar la declaración de Emergencia Agrícola.

v) De ser evaluado por el SEREMI la necesidad de establecer EA, éste oficia al Intendente para que evalúe solicitar la emergencia de los territorios afectados. El Intendente puede citar al Comité Operativo Regional de Emergencias[16], e incluir a otros participantes atingentes, donde se evaluará la situación.

vi) Intendente Regional evalúa presentación y decide si enviarla al Ministro de Agricultura

vii) Ministro de Agricultura en consulta con Comité Técnico de la CNEA[17], toma decisión de declarar o no EA, de ser aceptada, se promulga una Resolución Exenta.

La CNEA, en el Ministerio de Agricultura, así como la instancia regional, se crean con el ORD. N° 81 de MINAGRI de 23.01.2009 (ver en *Anexo 12: Comisión Asesora Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Agroclimático en el Ministerio de Agricultura*). Componen la CNEA el Ministro, Subsecretario y Jefes superiores de todos los servicios públicos del MINAGRI y a nivel Regional, los símiles.

Además, se crea por Res. Exenta N° 54 de MINAGRI de 25.02.2009 (ver *Anexo 13: Crea Unidad Nacional de Emergencias Agrícolas y de Gestión del Riesgo Agroclimático),* la Unidad Nacional de Emergencias Agrícolas y de Gestión del Riesgo Agroclimático, UNEA, cuyo encargado nacional es el Secretario Ejecutivo de CNEA, siendo sus principales funciones las siguientes:

- Actuar como unidad funcional y Secretaría Ejecutiva de la Comisión Asesora Nacional de Emergencias Agrícolas.
- Implementar las medidas y decisiones adoptadas por la Comisión Asesora Nacional de Emergencias Agrícolas.
- Implementar un sistema de información pública agrometeorológica y sobre riesgos y alertas tempranas de emergencias agrícolas.
- Proponer planes ministeriales, con adaptación regional, para la reducción de los riesgos y daños causados por las emergencias agrícolas.
- Gestionar el procedimiento de declaración de emergencias agrícolas.

---

[16] Gobernador Provincial, Integrantes Comandante Regimiento, Representante Servicio Salud, Representante Carabineros de Chile, Representante Cuerpo de Bomberos, Dirección Provincial de Vialidad, Jefe Provincial de Protección Civil, otros organismos pertinentes, según la naturaleza de la emergencia.

[17] CNEA, Comisión Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Agroclimático.

- Coordinar, realizar el seguimiento, apoyar y evaluar la aplicación de políticas, estrategias y medidas destinadas a gestionar el riesgo agroclimático y de las emergencias agrícolas, especialmente a nivel regional.
- Mantener coordinación con los organismos del Estado y del sector privado vinculados a su campo de acción.
- Presentar a la Comisión Asesora Nacional el Plan de Trabajo Anual y su presupuesto y encargarse de su implementación, una vez aprobado.
- Constituir y coordinar instancias especiales en los niveles nacional y regional para el tratamiento de temáticas específicas propias de su competencia.

Estas instancias estructuran el Sistema Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Climático, orientado tanto a responder las necesidades urgentes e inmediatas de los eventos de sequías, como a generar planes tendientes a desarrollar adaptación agrícola frente a eventos climáticos que, dado el análisis de su recurrencia e intensidad, son más de carácter estructural que transitorio, hablándose ya de procesos de aridización de los territorios, más que eventos de sequía (Núñez *et al*, 2013b). En este Sistema, la UNEA con funcionarios y encargados nivel nacional y en cada una de las regiones, funciona como articulador para el cumplimiento de las funciones establecidas en el ORD 81, donde se indica que las finalidades de la CNEA son:

- Apoyar la gestión ministerial en emergencias agrícolas y gestión del riesgo.
- Promover la incorporación del riesgo agroclimático en gestión de agronegocios.
- Apoyar la evaluación riesgo agroclimático.
- Promover medidas de disminución del riesgo general y predial.
- Colaborar en la mitigación del daño y en la forma de enfrentar las emergencias.
- Favorecer la generación de sistemas de información y soporte de decisiones.

En relación a lo anterior, el MINAGRI ha creado y adoptado un sistema de gestión de riesgos agroclimáticos, que se ha traducido en delinear planes de adaptación de los diversos instrumentos con los que cuenta dicho Ministerio, para trabajar de manera continua con los agricultores, preparándolos para eventuales contingencias agroclimáticas.

De esta manera, se han establecido cuatro escenarios (normal, alerta, emergencia y catástrofe) en los cuales los instrumentos de los diversos servicios operan continuamente, pero enfatizando diferentes aspectos. En el siguiente *Cuadro*, se presenta un resumen de los instrumentos disponibles en los Servicios Públicos del Ministerio de Agricultura y su pertinencia relacionada con el nivel de riesgo de la condición de emergencia.

Para hacer operativa la respuesta ante la EA decretada, se propone a nivel regional, desde el CREA, planes de acción donde se priorizan las acciones requeridas y las estimaciones de gastos, donde se evalúan los instrumentos públicos a través de los cuales se busca enfrentar dichas necesidades. Luego de acordado a nivel regional y central las acciones a desarrollar, los recursos son traspasados a los servicios que gestionan los instrumentos priorizados de manera que se implementen las acciones correspondientes para su oportuna inversión en los territorios afectados.

A nivel regional se evalúan las disponibilidades de recursos del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (5% del FNDR establecido en el art. 77 de la Ley N°19.175), los que una vez decididos por el GORE, se transfieren a los Servicios Públicos para su operación. Por ejemplo, en el año 2012 el GORE traspasa a INDAP recursos para apoyo de ganadería afectada y apoyos en mejoras de riego.

A nivel de la Subsecretaría de Agricultura, se ha creado una nueva Glosa y Asignación Presupuestaria, que permite apoyar el Sistema de Emergencia y poder transferir recursos tanto a instituciones públicas como privadas.

Cuadro 5: Instrumentos públicos disponibles para enfrentar riesgos agroclimáticos y su pertinencia respecto del nivel de riesgo

Institución/Instrumento	Nivel de Riesgo/Emergencia			
	1	2	3	4
	Normal	Alerta	Emergencia	Catástrofe
INDAP				
Programa de Riego Asociativo	x	x	x	x
Programa de Riego y Drenaje Intrapredial (PRI)	x	x	x	x
Bono Legal de Aguas	x	x	x	x
Estudios de Riego y Drenaje	x	x	x	x
Programa de Desarrollo de Inversiones (PDI)	x	x	x	x
Praderas Suplementarias y Recursos Forrajeros	x	x	x	x
Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios (SIRSD Sustentable)	x	x	x	x
Servicio de Asesoría Técnica (SAT)	x	x		
Programa de Desarrollo Local (PRODESAL)	x	x		
SIRSD Sustentable - Prácticas de Emergencias			x	x
Programa de Obras Menores de Riego (PROMR)		x	x	x
Bono de Emergencia Agrícola			x	x
Bono de Reconstrucción Productiva			x	x
Bono de Rehabilitación Productiva			x	x
Bono de Compensación				x
Créditos de Corto y Largo Plazo	x	x	x	x
Crédito de Enlace de Riego (fondo rotatorio)	x	x	x	x
Crédito de Reconstrucción				x
Medidas de Apoyo a deuda crediticia (prórrogas y renegociaciones)		x	x	

Institución/Instrumento	Nivel de Riesgo/Emergencia			
	1	2	3	4
	Normal	Alerta	Emergencia	Catástrofe
Créditos de emergencia y medidas de apoyo a la deuda (crédito y asistencia técnica a medianos agricultores, condonación total o parcial de intereses, otros)				x
SAG				
Sistema de Incentivos para la Sustentabilidad Agroambiental de los Suelos Agropecuarios (SIRSD Sustentable)	x	x	x	x
SIRSD Sustentable - Prácticas de Emergencias			x	x
CNR				
Concursos de la Ley 18.450 (calendario normal)	x			
Concursos de la Ley 18.450 (extraordinarios de emergencias)		x	x	
CONAF				
DL 701 Fomento Forestal	x			
Seguro Forestal (POLI09043)		x	x	
Ley 20.283 Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal	x	x	x	x
Programa de Empleo por Emergencia Agrícola (PEEA)		x	x	
COMSA				
Seguro Agrícola	x	x	x	x
Subsecretaría (Glosa 05)				
Bono de Emergencia Agrícola				x
Bono de Reconstrucción Productiva				x
Bono de Rehabilitación Productiva				x

Fuente: MINAGRI (2011).

4.4 Declaración de Catástrofe

De acuerdo a Ley16.282, en períodos de sequía se han decretado Zonas de Catástrofe en reiteradas oportunidades, decisiones tomadas dentro de la Comisión Asesora del Presidente de la República, lo que permite la transferencia de recursos desde la Subsecretaría del Interior, ONEMI, Intendencias (o Gobernaciones Provinciales) a otros Servicios Públicos.

4.5 Declaración de Emergencia-Sequía APR

Ante la carencia de agua en zonas afectadas de sequía que comprometen Sistemas de Agua Potable Rural, donde el responsable de ello ante el país es la Dirección de Obras Hidráulicas, DOH, del Ministerio de Obras Públicas, MOP, el Ministro de Obras Públicas emite Decretos de Emergencia de APR, basados, entre otros argumentos, en los Decretos de Escasez Hídrica, con los cuales la DOH realiza acciones de mejoramiento de los sistemas a cuenta de fondos de emergencia que han sido incluidos para este propósito en los presupuestos anuales. Estas acciones se pueden realizar sin esperar la total tramitación ante Contraloría.

De igual forma, la DOH puede ejecutar actividades de mejoramiento de los sistemas de APR con fondos transferidos desde los FNDR, tanto para estos propósitos, como para mejoramiento de sistemas de riego.

4.6 La Situación de Sequía en la Provincia de Petorca

El fenómeno de sequía declarado que afecta al país, ha tenido en la región de Valparaíso una de sus expresiones extremas. A nivel de macrozonas, desde el año 2010 se registra un déficit de precipitaciones en gran parte del territorio nacional, principalmente en la zona comprendida entre las regiones de Coquimbo y de Biobío, registrándose hasta un 60% de déficit pluviométrico, DMC (2012a).

Como consecuencia de esta situación, entre enero y abril del año 2011, se declaró en situación de Emergencia Agrícola por Déficit Hídrico, a la totalidad de las comunas de la Región de Coquimbo, a 23 de las 36 comunas de la Región de Valparaíso, y a 14 de las 30 comunas de la Región del Maule.

Durante el año 2012 y hasta la fecha, han sido declaradas en Emergencia Agrícola 11 comunas de la Región de La Araucanía y 22 de la Región de O'Higgins, con lo cual el número de comunas afectadas por sequía sobrepasa las 80 a nivel nacional.

Esta situación de emergencia hídrica se ha visto agravada especialmente en tres áreas de la región de Valparaíso, específicamente en las comunas de Petorca, Cabildo y La Ligua, las cuales fueron declaradas Zona de Catástrofe el 29 de febrero de 2012[18].

De acuerdo con la Dirección Meteorológica de Chile, el déficit anual en las precipitaciones alcanzó en 2011, un de 60% en algunas localidades de la Región de Valparaíso. Esto sumado al descenso en los caudales de los ríos Aconcagua y Maipo, y la aún más crítica situación de los ríos La Ligua y Petorca cuyos caudales en cabecera son extremadamente bajos, han puesto a la Región de Valparaíso en una situación de riesgo para el desarrollo normal de la agricultura, INIA (2012).

[18] Gobierno declara zona de catástrofe en tres comunas de provincia de Petorca por grave sequía. El Mostrador 29 de febrero de 2012.

Debido a esta situación, en el mes de febrero de 2011 fueron declaradas en Emergencia Agrícola por Déficit Hídrico las siguientes comunas:

- Provincia de Petorca: La Ligua, Cabildo, Papudo (sector Pullally), Petorca y Zapallar (sector Catapilco).
- Provincia de Quillota: Nogales.
- Provincia de San Felipe: Putaendo.

Posteriormente, en el mes de Marzo de 2011, se sumaron 16 comunas más a la emergencia agrícola por falta de agua:

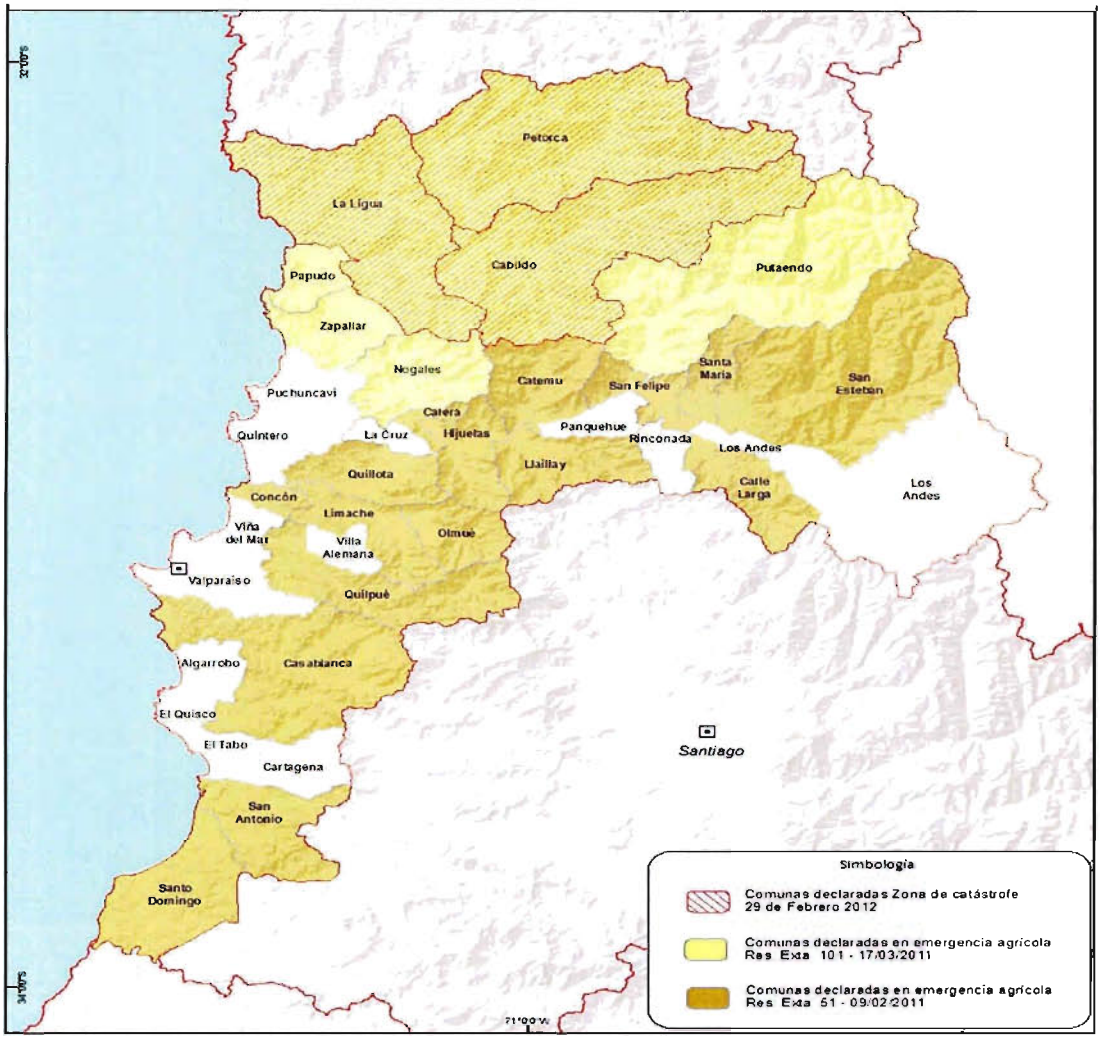
- Provincia de Los Andes: San Esteban y Calle Larga
- Provincia de San Felipe: Santa María, San Felipe, Catemu y LlayLlay
- Provincia de Quillota: Hijuelas, La calera y Quillota
- Provincia de Marga Marga: Limache, Quilpué y Olmué
- Provincia de Valparaíso: Casablanca y Concón
- Provincia de San Antonio: San Antonio y Santo Domingo

Las condiciones de sequía se han mantenido en el país debido al fenómeno de La Niña, DMC (2012b), y en algunas áreas del territorio la situación se ha vio agudizada como es el caso de las comunas de La Ligua, Petorca y Cabildo, las cuales fueron declaradas zona de catástrofe el 29 de febrero de 2012[19].

En el siguiente *Mapa* se muestra las comunas declaradas Zona de Catástrofe en la Región de Valparaíso:

[19]Declaran zona de catástrofe a tres comunas en peor sequía de la V Región en 40 años. La Tercera 01 de marzo 2012.

Mapa 1: Zonas de Emergencia por restricción hídrica



Fuente: Biblioteca del Congreso Nacional (2012).

En atención a la situación de la Provincia, se han desarrollado diversas iniciativas para palear los efectos de la restricción hídrica, como se presenta a continuación.

4.7 Programas Desarrollados en la Provincia de Petorca

Dadas las condiciones de extrema gravedad que reviste la sequía en la Región de Valparaíso, en el mes de febrero de 2011 fueron declaradas bajo emergencia agrícola por déficit hídrico las comunas de La Ligua, Cabildo, Papudo (sector Pullally), Petorca y Zapallar (sector Catapilco[20]), (además de otras comunas en dicha Región). Posteriormente, las comunas de La Ligua, Petorca y Cabildo, fueron declaradas Zona de Catástrofe[21].

[20] Ministerio de Agricultura, Resolución exenta N°51/9-2-2011.

[21] La declaración de zona de catástrofe, como se manifestara en el capítulo de Institucionalidad, es una facultad del presidente de la República llevada a cabo bajo la ley N°16.282, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado ha sido fijado por el Decreto N°104 del Ministerio del Interior de 1977.

El área cubierta por las tres comunas declaradas Zona de Catástrofe corresponde a 4.140,9 kms^2 y se encuentra emplazada en el territorio comprendido por las cuencas del río Ligua, el río Petorca y la cuenca costera Quilimarí-Petorca en menor medida. La principal actividad económica desarrollada en la Provincia de Petorca es la agrícola y ganadera, la cual se desarrolla justamente en torno a los valles de los ríos Petorca y La Ligua (Chile Estudios, 2009).

Al tenor de esta realidad es que en la Región se han desarrollado ciertas iniciativas tendientes a contrarrestar los efectos de la sequía.

4.7.1 Programa Gestión Hídrica Petorca

El Programa se levanta en el contexto de una aguda restricción hídrica, que está limitando el desarrollo sustentable en la Provincia de Petorca, con el propósito de favorecer una adecuada gestión hídrica.

El Programa aportará soluciones a un problema histórico para la Provincia de Petorca, que cuenta, con características de clima y edafológicas para un mayor desarrollo agrícola, pero que ha visto en: la escasez del recurso hídrico; la inexistencia de Juntas de Vigilancias en sus Ríos; el desconocimiento en cultivos con menor requerimiento hídrico; la falta de una cultura de aprovechamiento del recurso y la disgregación de la información existente en distintos organismos; una dificultad sostenida para transformar la provincia y, especialmente, a sus pequeños productores en un actor relevante para la economía regional.

El principal objetivo de Programa es el diseño, equipamiento, puesta en marcha y ejecución progresiva de un sistema de validación, capacitación y transferencia tecnológica que promueva un mejoramiento de la gestión hídrica de la Provincia de Petorca, basado en el mejoramiento de la accesibilidad a la información hídrica de la Provincia, mejoramiento en las condiciones de manejo del recurso hídrico y validación e incorporación de especies de bajo requerimiento hídrico.

Se estima que durante el desarrollo del Programa se generarán los siguientes productos:

- Generación de un Centro de Documentación para atender a agricultores y un soporte virtual para su consulta mediante Internet.
- Elaboración de un manual que contenga las principales recomendaciones de manejo para la zona. Además, se desarrollará, al menos, 20 cartillas divulgativas y 2 videos promocionales.
- Capacitación de mil agricultores, y al menos, 30 organizaciones de usuarios de agua (OUA).
- Validación de, al menos, 10 alternativas de cultivos para la zona, que cumplan los requisitos establecidos como rentables y de bajo requerimiento hídrico.
- Establecimiento de una red de estaciones meteorológicas para la obtención de información agroclimática relevante.

Establecimiento de los fundamentos, las coordinaciones necesarias y marco teórico y regulatorio para la creación de una institucionalidad pública-privada en la Provincia de Petorca que vele por una gestión hídrica eficaz y eficiente, luego de finalizado el Programa.

El Programa se desarrolla con recursos provenientes del Fondo Nacional de Desarrollo Regional, FNDR, aprobados por el Gobierno Regional, por un monto de alrededor de ochocientos millones de pesos y un período de ejecución de treinta y seis meses. El organismo ejecutor es la Secretaría Regional Ministerial de Agricultura, quien ha adjudicado parte de la ejecución de éste, a la Facultad de Agronomía de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

4.7.2 Programas de Apoyo para la Sustentabilidad de la Pequeña Agricultura

El Programa busca la ejecución de un conjunto de inversiones que tienda a mejorar la infraestructura y las capacidades de los agricultores para enfrentar y combatir las consecuencias de las sequías, fenómeno cada vez más frecuente y grave en la región, producto de la desertificación y del cambio climático (en reemplazo de los tradicionales programas de entrega de forrajes, ya que estos últimos han mostrado ser soluciones de corto plazo y que no dan respuesta al problema de fondo).

Se busca priorizar la inversión en infraestructura y equipamiento de los predios afectados por restricción hídrica, que les permita mejorar sus capacidades de captar u obtener aguas de riego y hacer más eficiente su uso.

En lo que a gestión hídrica se refiere, el Programa contempla la siguiente iniciativa:

- Fomento al riego extrapredial de pequeños productores agrícolas, a objeto de de hacer más eficiente y dar seguridad de agua de riego en el contexto de la permanente sequía, a través del desarrollo de obras de riego de carácter extrapredial, los que en algunos casos no son posibles financiar mediante los programas normales de INDAP, fundamentalmente porque se ha priorizado soluciones en la eficiencia en la conducción del agua (Fuente-Predio) por sobre la seguridad de almacenaje. Se considera el financiamiento de obras asociativas extraprediales preferentemente en lo que refiere a pozos y acumuladores.

El Programa se desarrolla con recursos provenientes del GORE Valparaíso y contempla un financiamiento de ochocientos millones de pesos, y será ejecutado por INDAP.

4.7.3 Mesa Regional del Agua Ampliada

Esta instancia surge como una necesidad de organizar el ordenamiento del recurso hídrico de la Región de Valparaíso, debido a la dispersión de la información disponible entre las distintas entidades públicas y privadas; la falta de articulación de la información de la situación hídrica de la región y la carencia de una "Cultura en el Uso del Agua".

En este contexto, la Mesa Regional del Agua Ampliada, tiene como objetivo principal el gestionar permanentemente el desarrollo de la estrategia y ejecución del Plan Hídrico Regional, en forma integral, considerando todos los sectores involucrados en la utilización del recurso hídrico.

Para su funcionamiento, la Mesa Regional, se subdividió en cuatro Comisiones Temáticas, las cuales son instancias de complementariedad constituidas por los actores relevantes, ya sean públicos, privados o académicos, cuya pertinencia sectorial y territorio en la gestión y administración del recurso hídrico contribuirán al logro de las funciones señaladas.

Las cuatro comisiones temáticas, y sus objetivos a mejorar, son:

1. Sequía y Consumo Humano.
    - 1.1 Asegurar acceso al recurso hídrico a toda la Región de Valparaíso, tanto consumo humano como productivo.
    - 1.2 Garantizar la cantidad y calidad de las aguas, mediante la fiscalización.
    - 1.3 Medidas de apoyo a la agricultura
2. Infraestructura y Organización de Usuarios de Aguas
    - 2.1 Déficit de obras de acumulación de agua.
    - 2.2 Deficiente conducción y distribución de agua.
    - 2.3 Falta tecnificación de riego.
    - 2.4 Deficiente conocimiento en la situación legal Regional de las Comunidades de Agua y sus usuarios.
    - 2.5 Ordenamiento de la futura administración de distintas fuentes de abastecimiento (superficial y subterránea).
    - 2.6 INDAP y CNR solo dan beneficios a agricultores con derechos de agua regularizados y/o perfeccionados.
    - 2.7 Fiscalización en la distribución y extracción de aguas a nivel local y general.
3. Estudios, Inversión y Financiamiento
    - 3.1 Dispersión de la información existente respecto del recurso hídrico regional.
    - 3.2 Cambio Climático.
    - 3.3 Menor disponibilidad de agua.
    - 3.4 Financiamiento a proyectos, programas y estudios a realizar en la región.
    - 3.5 Consolidar y buscar vías de financiamiento de proyectos, programas y estudios necesarios a realizar, considerando aspectos técnicos, económicos y sociales.
4. Educación y Difusión
    - 4.1 Falta de conciencia del déficit hídrico en la ciudadanía urbana y rural de la región de Valparaíso.
    - 4.2 Falta de compromiso en la implementación de tecnologías para el uso más eficiente del recurso hídrico (público y privado).

La Mesa Regional está integrada por un conjunto de organizaciones, tanto públicas como privadas y académicas, todos, con interés en el tema hídrico (En *Anexo 14: Integrantes mesa del agua ampliada,* se presenta el listado de participantes).

4.7.4 Bono Plan Sequía

El Bono Plan Sequía, es un beneficio del Gobierno, implementado a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Social y consiste en la entrega por una vez de un monto de $40 mil por grupo familiar y un incremento de $ 7.500 por cada integrante del grupo familiar declarado en la Ficha de Protección Social al 5 de junio de 2013, cualquiera sea su edad.

Este bono extraordinario busca apoyar y entregar alivio a las familias de los sectores rurales de la Provincia de Petorca que se han visto afectadas por la situación de déficit hídrico que ha impactado a la Región en los últimos años.

Para acceder al Bono Plan Sequía se exigió el cumplimiento de cuatro requisitos:

1. Vivir en la zona rural de la Región de Valparaíso declarada en zona de catástrofe según Decreto Supremo N°133 con fecha de publicación 25-02-2013.

2. Tener Ficha de Protección Social actualizada al 5 de junio de 2013.

3. Tener un puntaje máximo de 11.734 puntos en la Ficha de Protección Social.

4. No haber recibido el bono Fondo de Apoyo Inicial de INDAP ni el bono para compra de forraje GORE al 14 de junio de 2013.

El soporte jurídico que autorizó a la Subsecretaría de Agricultura para entregar este incentivo es el Decreto Supremo N°133 con fecha de publicación 25-02-2013, que declara a la Provincia de Petorca en situación de Catástrofe por déficit hídrico (para lo cual se modificó la Glosa 07 de la partida 13, Capítulo 01, Programa 01, subtítulo 24, ítem 01, asignación 369 "Emergencias Agrícolas").

El pago del Bono Plan Sequía se realizó directamente en las localidades de todas las comunas de la Provincia de Petorca, a través de una sucursal móvil y según un calendario de pago definido (Septiembre 2013).

5. DESCRIPCIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LIGUA[22]

La medición del impacto económico de la sequía, requiere -al menos- del análisis desde dos dimensiones; i) la metodología, que debe ser lo suficientemente "comprensiva" para poder ser aplicada en diferentes tipos de territorio, vale decir, rescatar principios generales -un modelo- que pueda ser replicado, y; ii) un territorio, con todas sus complejidades, que pueda ser representado mediante un número acotado de variables.

La caracterización que se presenta en esta sección, tiene como objeto formular un método de registro de información que permita un seguimiento de los impactos ocasionados por situaciones de déficit hídrico.

5.1 Sistema Físico Natural

5.1.1 Localización y Características Morfológicas

La cuenca hidrográfica del río Ligua, perteneciente a la Región de Valparaíso, se encuentra situada entre las coordenadas UTM Norte: 6.385.000 a 6.430.000 y las coordenadas UTM Este: 270.000 a 370.000.

Cubre una extensión aproximada de 3.037 km^2. Limita al norte con la cuenca del río Petorca y por el sur con la del río Aconcagua. La hoya de este valle se desarrolla en su mayor extensión con la dirección aproximadamente NE-SW y su longitud es de orden de 90 km, en dicho sentido, con lo cual resulta un ancho promedio inferior a 23 km. Por esta razón, los tributarios, los cuales son numerosos, tienen necesariamente recorridos cortos, en especial dentro de la vertiente Norte del valle donde también se presentan los afluentes propios del río Petorca.

Se inicia a 4.100 m.s.n.m con el nombre de río Alicahue y en el sector medio de la cuenca se junta con el Estero los Ángeles. Algunos kilómetros aguas arriba del pueblo de Cabildo pasa a denominarse río Ligua. Finalmente, desemboca en el mar en el sector denominado Las Salinas de Pullallay, después de 90 km. de recorrido.

El sistema hidrológico del río Ligua lo integran el estero Los Ángeles, las quebradas la Patagua y del Pobre de la ciudad de la Ligua y el estero Jaururo, en las cercanías del cruce con la carretera Panamericana.

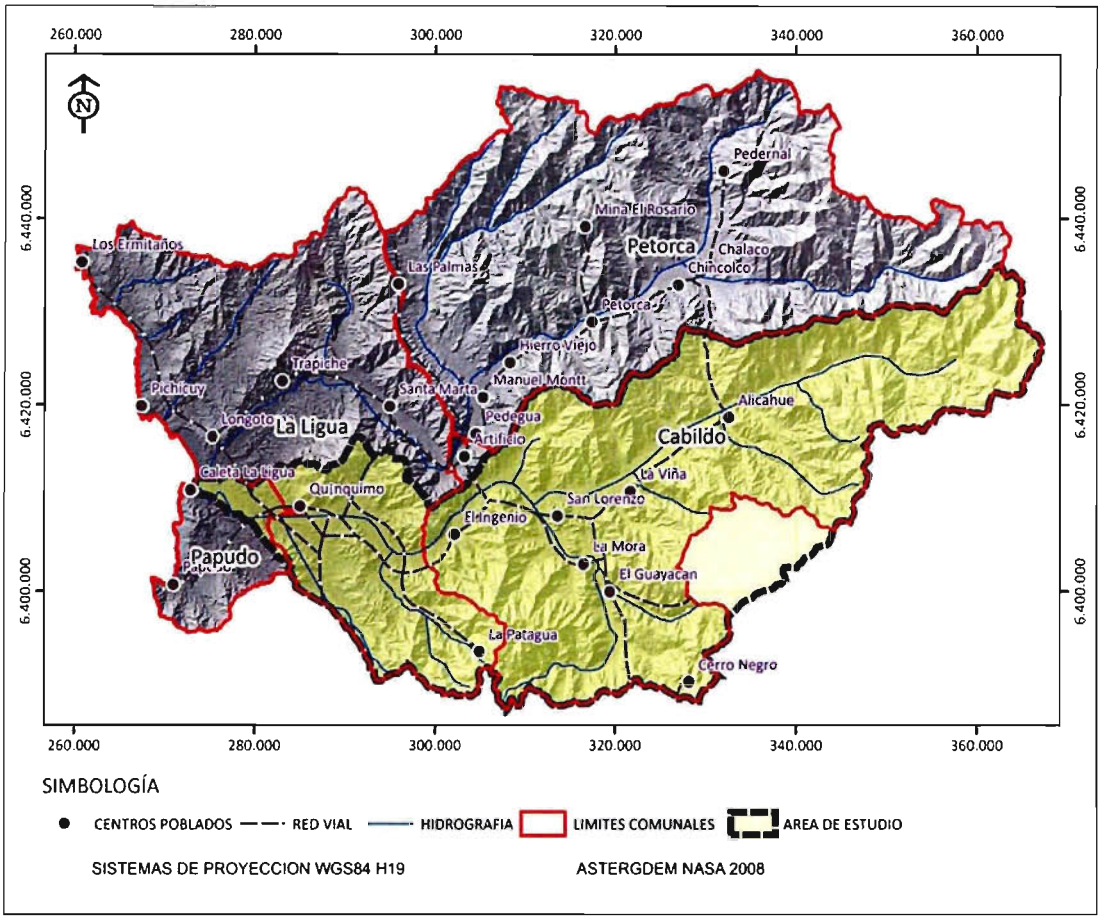
Dicho río escurre por un valle que es típico de los valles transversales de la zona central de Chile. Este cauce limita al norte con el valle del río Petorca y al sur, con el valle del río Aconcagua, el último de los valles transversales.

En el siguiente *Mapa* se puede ver los principales cauces de la cuenca.

---

[22] Este punto está basado en DGA (2004, 2006, 2013).

Mapa 2: Cuenca Río Ligua



Fuente: Elaboración propia sobre base cartográfica IGM

5.1.2 Hidrogeología

A lo largo del valle se han reconocido dos tipos de acuíferos, uno de características libres y otro de tipo confinado. El primer acuífero se extiende a lo largo de todo el valle, corresponde al relleno más superficial, está compuesto por material granular, gravas y arenas y presenta una estructura y ubicación tal, que permite una gran interacción con los eventuales flujos superficiales del cauce, posee espesor variable en el valle de 10 a 30 metros, aproximadamente.

El acuífero confinado se encuentra, aproximadamente, desde la localidad de La Ligua y hacia la carretera Panamericana. Esta unidad queda en evidencia a partir de la estratigrafía de los sondajes de esta zona, los que muestran la presencia de estratos de arcilla y limos, que confinan rellenos granulares más profundos, situación constatada en la surgencia de algunos pozos perforados de este sector. De acuerdo a dichos sondajes se ha reconocido una potencia superior a 30 metros para este acuífero, ubicado a partir de los 25 a 30 metros de profundidad.

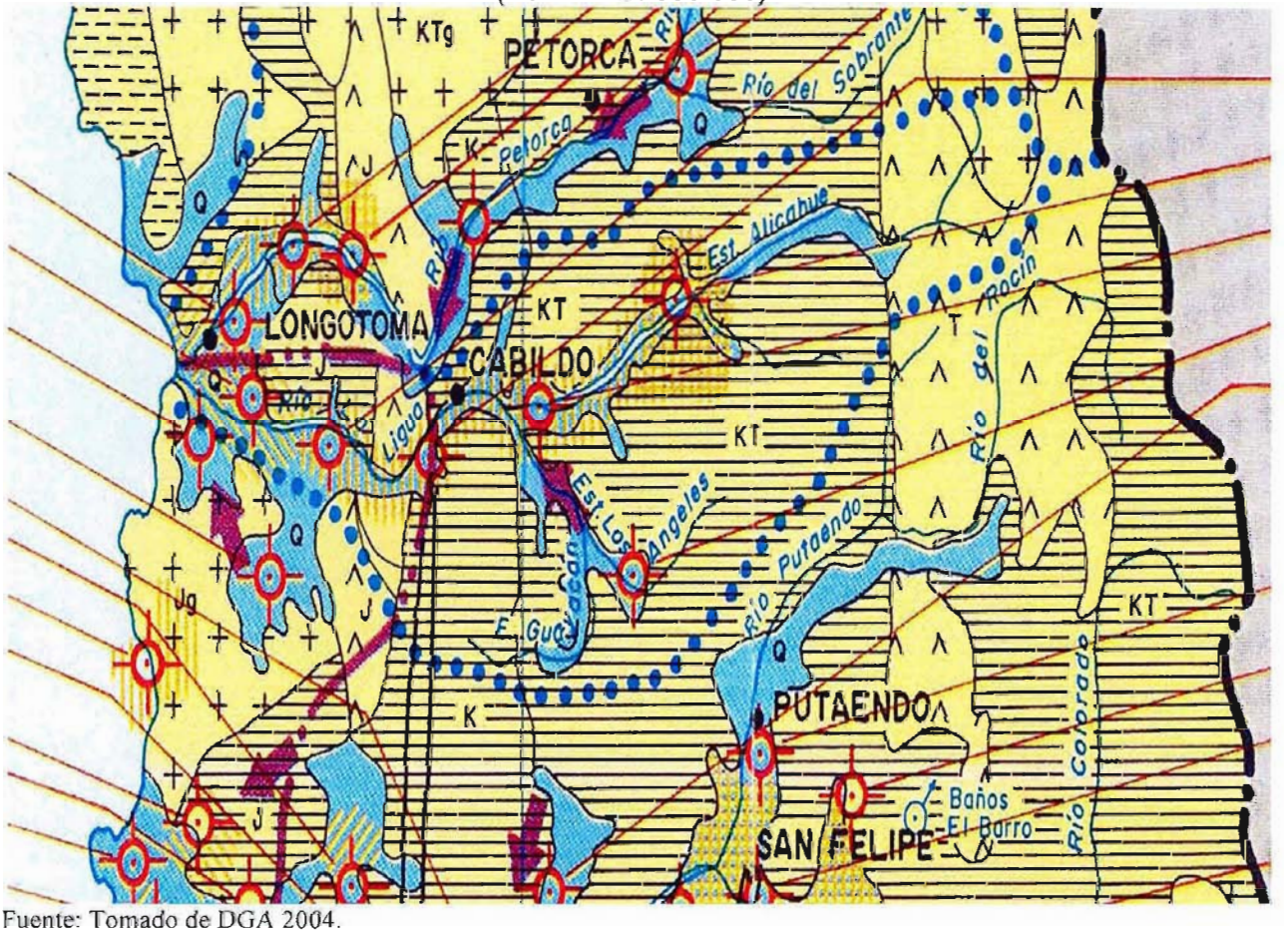
La hidrogeología de la cuenca según las características de permeabilidad de la roca, se puede describir del siguiente modo:

Al poniente de la cordillera de Los Andes se encuentra mayoritariamente terrenos con baja permeabilidad y un área de menor dimensión con alta permeabilidad ubicada en el sector alto del estero Alicahue y otra en el sector de estero Los Ángeles. La cordillera de la costa presenta una muy baja permeabilidad.

La depresión intermedia presenta valles con permeabilidades mayores en las cercanías del cauce del río, en el borde costero presenta una alta permeabilidad de roca. El movimiento del acuífero es en sentido del movimiento del cauce principal del río.

En el siguiente *Mapa*, obtenido desde el Mapa Hidrogeológico de Chile de la DGA, se representa las características hidrogeológicas generales de la cuenca del río Ligua.

Mapa 3: Características Hidrogeológicas de la Cuenca del río Ligua (Escala 1:1.000.000)



Fuente: Tomado de DGA 2004.

5.1.3 Suelos

La cuenca del río Ligua posee unidades taxonómicas similares a las del Valle del Aconcagua. Estas unidades corresponden básicamente a suelos anfisoles, inceptisoles y mollisoles que son característicos de la Región de Valparaíso. A continuación, en el siguiente *Cuadro*, se describe las principales características que presentan estas unidades.

Cuadro 6: Unidades Taxonómicas presentes en la cuenca del río Ligua

Tipo	Zona	Características
Alfisoles	Se presentan en sectores costeros	Suelos con buen grado de evolución. En la vertiente poniente de la Cordillera de la Costa estos suelos se han desarrollado directamente a partir de roca granítica, presentando un fuerte incremento del contenido de arcilla en profundidad.
Inceptisoles	Situados preferentemente en la costa	Suelos de desarrollo incipiente que forman inclusiones en toda la región V, generalmente son derivados de terrazas marinas altas y de relieve plano a ligeramente inclinado, de colores pardo rojizos.
Mollisoles	Ubicados en el valle central	Suelos aluviales, en la zona que comprende a la región de Valparaíso alcanzan un desarrollo moderado. Cabe mencionar que sobre estos suelos se desarrolla la mayor parte de la agricultura de riego de la zona.

Fuente: Tomado de DGA 2004.

Otra característica de los suelos presentes en la cuenca, es la presencia de suelos de terrazas remanentes, que constituyen los mejores suelos de la zona y se caracterizan por presentar perfiles profundos, bien desarrollados, de texturas medias a finas, de buena estructura y planos suavemente ondulados. Las características anteriores, permiten un buen desarrollo radicular y buena retención de humedad, los que se encuentran localizados en la zona del valle.

5.1.4 Infraestructura de Riego

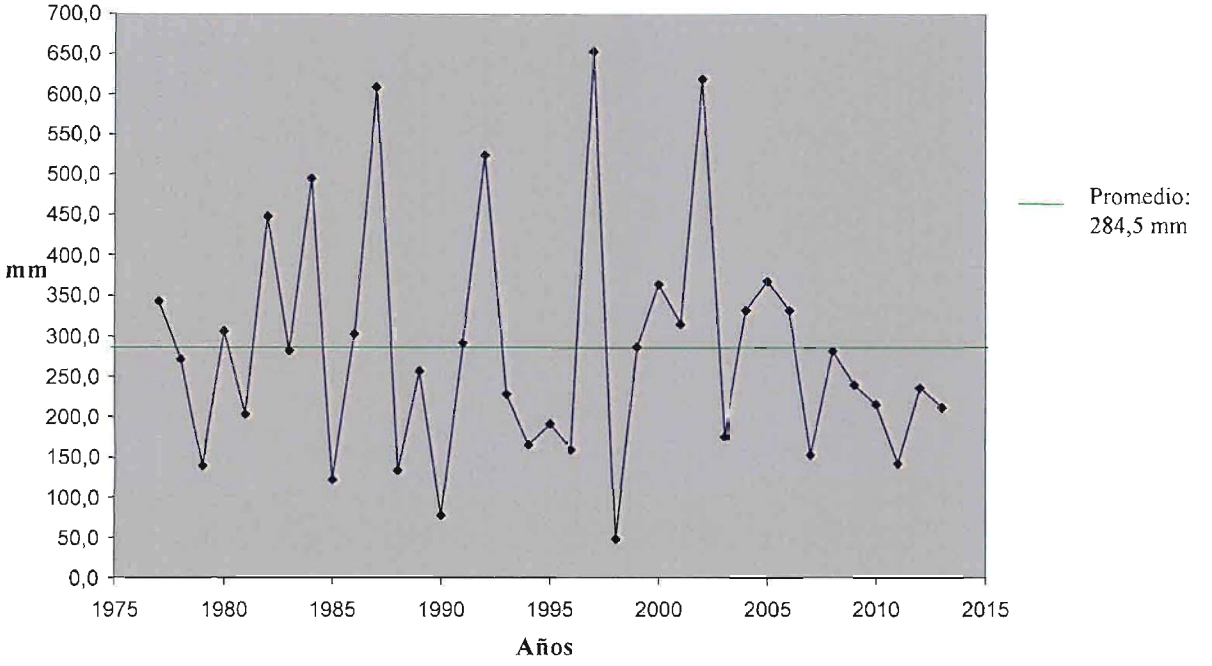
La infraestructura de riego de la cuenca está formada por 190 canales, con una longitud de 246,2 km., 46 embalses menores y 8 mayores, de ella se sirven 1.906 usuarios para una superficie regada de 7.441, ha., existiendo 36 Comunidades de Agua.

5.1.5 Clima

La cuenca del río Ligua, presenta en general un clima de tipo mediterráneo con estación seca prolongada, con sectores del centro y norte de la cuenca que pueden variar a un clima estepario semiárido.

En las *Figuras 2* y 3 y en el *Gráfico 2*, se presenta la precipitación anual, la anomalía pluviométrica y la ocurrencia y tipos de sequía, existentes en el sector central de la cuenca, donde hay mayor actividad agropecuaria.

Figura 2: Precipitación anual (mm). La Ligua

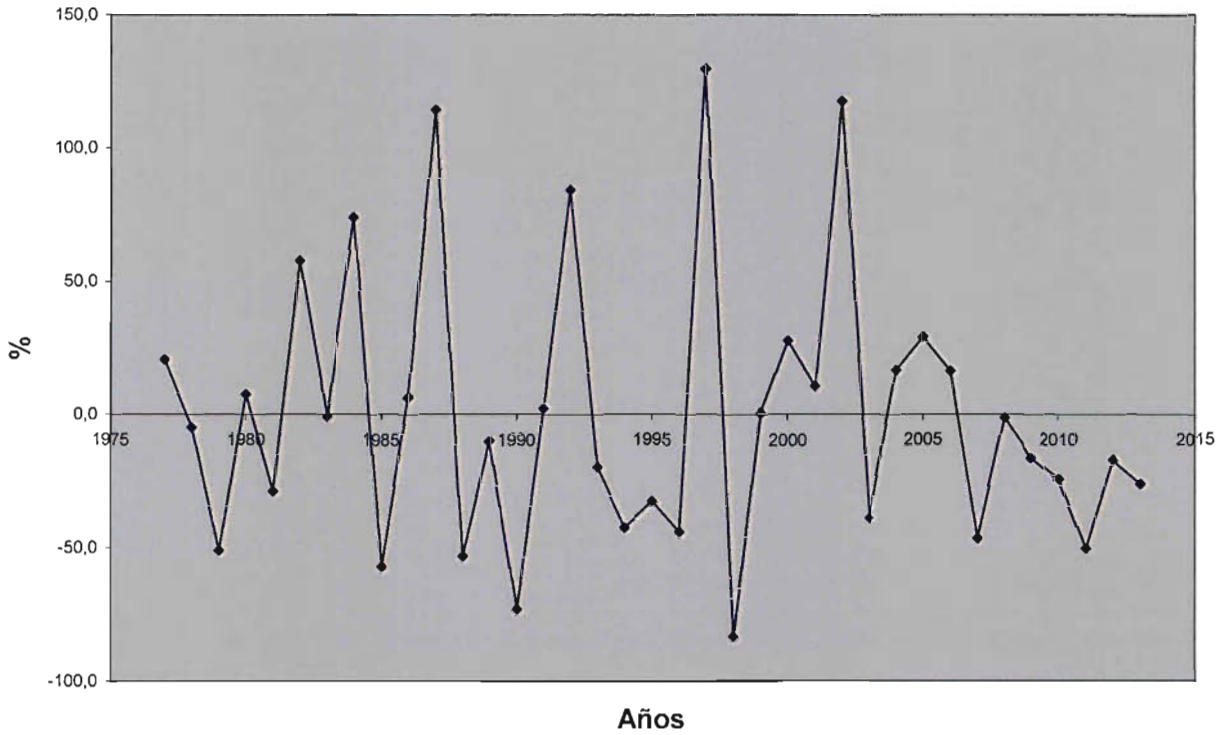


Fuente: Elaboración propia sobre la base de DMCh.

Los datos de la *Figura 3*, muestran que las precipitaciones anuales tiene una amplia fluctuación respecto del promedio, equivalente a 284,5 mm. Existen muchos años secos, así como otros tantos, lluviosos.

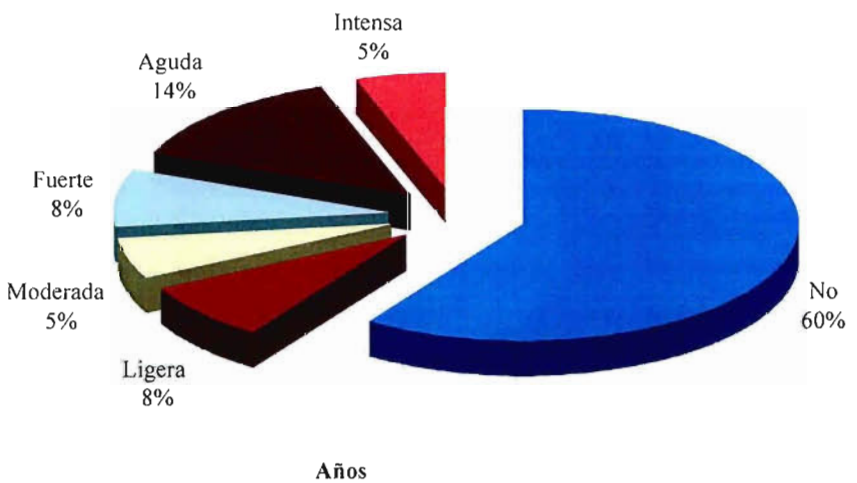
Asimismo, es posible notar que los últimos seis años han sido secos, presentando anomalías (porcentaje de la precipitación normal) que superan el 10%, llegando incluso a sobrepasar el 50% (ver *Grafico 2*). Estas anomalías, (en sentido negativo), constituyen las llamadas sequías. De acuerdo a la definición dada por la Federación Española de Ciencias y Tecnología (http://www.fecyt.es/especiales/sequia/indices.htm, (Ver *Anexo 15: Clasificación de Sequías*), los 37 años observados de precipitación anual, pueden clasificarse en que el 60% de los años no son sequías, el 14 % son sequías agudas (la precipitación es 50-60% menor que la precipitación normal), mientras que el 5% son intensas (la precipitación es alrededor de un 60% menor que la precipitación normal (284,5 mm) (*Gráfico 2*).

Figura 3: Anomalías pluviométricas (%). La Ligua



Fuente: Elaboración propia sobre la base de DMCh.

Gráfico 2: Ocurrencia y tipos de sequía. La Ligua



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta los valores promedio mensuales para un año normal, de precipitación, temperatura, radiación solar, humedad relativa y evapotranspiración (*Cuadros 7 a 10*).

Los valores de tales parámetros han sido obtenidos por simulación en función de datos de estaciones meteorológicas, la orografía del territorio y la cercanía del mar, para una malla de puntos equidistantes a 1x1 km, distribuida a través de todo el territorio comunal (Cazanga, 2006a) (ver *Anexo 16: Metodología Climática*). Estos valores representan la magnitud más representativa del parámetro en cuestión, para el territorio comunal. Es decir, estos valores son más representativos que los valores de una estación meteorológica cualquiera para explicar el clima de una comuna. Adicionalmente, podemos agregar que otros estudios climáticos regionales disponibles en el país, tales como los Distritos Agroclimáticos de la V Región, de CIREN, el Atlas Agroclimático de Chile, de la Universidad de Chile, o el Atlas Bioclimático de la Universidad de Chile, no poseen una metodología que permita tener mayor resolución que el estudio utilizado en este caso.

Es necesario agregar que los estudios de zonificación de aptitud productiva de CIREN posteriores a 2006, están fundamentados en esta metodología, Cazanga *et al.* (2013), Cazanga R. (2011) y Luebert F. y Pliscoff P. (2012).

Los datos de déficit y de excedente hídrico (*Cuadros 7* a *10*), demuestran que en las comunas de Cabildo, La Ligua, Papudo y Petorca, no es posible hacer agricultura comercial bajo condiciones de secano. Paralelamente, y como un agravante del problema, los datos del *Gráfico 2*, muestran que prácticamente el 50% de los años habrá sequía. Es decir, en esta cuenca la agricultura comercial debe ser necesariamente de riego, empleando métodos con alta tecnología. Sin embargo, la tecnología no basta si la demanda es mayor que la oferta hídrica. Es decir, debe haber una racionalización en el uso del suelo con fines agropecuarios, en función de la disponibilidad de agua. De lo contrario, en cuencas semejantes a la del río Ligua, siempre se estará en condiciones de sequía, aún en años normales, no habiendo agua suficiente para satisfacer la demanda (*Cuadros 7* a *10*):

Cuadro 7: Parámetros climáticos de la comuna de Cabildo

Mes	PP	T°	RS	HR	ETP	PP-ETP	DH	EH
E	0.7	17.7	581.9	55.7	137.8	-137.1	-137.1	
F	1.6	17.1	552.1	56.4	116.8	-115.2	-115.2	
M	2.9	15.4	470.6	58.3	106.3	-103.4	-103.4	
A	13.4	13.0	359.4	61.0	74.1	-60.7	-60.7	
M	48.3	10.7	248.1	63.6	50.0	-1.7	-1.7	
J	70.2	9.0	166.7	65.5	31.7	38.5		38.5
J	75.5	8.4	136.9	66.2	27.0	48.5		48.5
A	52.4	9.0	166.7	65.6	32.7	19.7		19.7
S	18.9	10.7	248.2	63.6	48.4	-29.5	-29.5	
O	9.4	13.1	359.4	61.0	74.4	-65.0	-65.0	
N	5.2	15.4	470.7	58.3	102.9	-97.7	-97.7	
D	1.9	17.1	552.1	56.4	129.3	-127.4	-127.4	
Total Anual	300.4						-319.6	106.6

Fuente: elaboración propia en base a Cazanga (2006).
PP: precipitación mensual (mm).
T°: temperatura del aire promedio mensual (°C).
RS: radiación solar promedio mensual (cal/cm2 día).
HR: humedad relativa del aire (%).
ETP: evapotranspiración potencial mensual (MM) (Ecuación de Turc).
DH: déficit hídrico mensual (mm).
EH: excedente hídrico mensual (mm).

Cuadro 8: Parámetros climáticos de la comuna de La Ligua

Mes	PP	T°	RS	HR	ETP	PP-ETP	DH	EH
E	0.4	20.6	571.4	64.6	144.9	-144.5	-144.5	
F	0.8	19.9	542.5	65.3	136.2	-135.4	-135.4	
M	2.2	18.2	463.6	67.2	113.5	-111.3	-111.3	
A	10.2	15.8	355.9	69.9	83.9	-13.7	-13.7	
M	44.2	13.4	248.1	72.5	56.7	-12.5	-12.5	
J	71.1	11.6	169.3	74.4	38.5	32.6		32.6
J	71.5	11.0	140.4	75.1	32.5	39.0		39.0
A	49.5	11.6	169.3	74.4	38.5	11.0		11.0
S	16.4	13.4	248.1	72.5	56.7	-40.3	-40.3	
O	7.6	15.8	355.9	69.8	83.9	-76.3	-76.3	
N	3.5	18.1	483.6	67.2	113.2	-109.7	-109.7	
D	1.1	19.9	542.5	65.3	136.2	-135.1	-135.1	
Total Anual	278.5						-361.3	82.6

Fuente: elaboración propia en base a Cazanga (2006).
PP: precipitación mensual (mm).
T°: temperatura del aire promedio mensual (°C).
RS: radiación solar promedio mensual (cal/cm2 día).
HR: humedad relativa del aire (%).
ETP: evapotranspiración potencial mensual (MM) (Ecuación de Turc).
DH: déficit hídrico mensual (mm).
EH: excedente hídrico mensual (mm).

Cuadro 9: Parámetros climáticos de la comuna de Papudo

Mes	PP	T°	RS	HR	ETP	PP-ETP	DH	EH
E	0.5	21.5	573.6	68.4	148.0	-147.5	-147.5	
F	0.7	20.8	544.8	69.2	139.3	-138.6	-138.6	
M	2.5	19.1	466.2	71.3	116.5	-114.0	-114.0	
A	11.2	16.7	358.8	74.2	86.8	-75.6	-75.6	
M	50.0	14.3	251.4	77.0	59.3	-9.3	-9.3	
J	80.2	12.6	172.8	79.1	41.0	39.2		39.2
J	79.1	11.9	144.0	79.9	34.6	44.5		44.5
A	55.2	12.6	172.8	79.1	41.0	14.2		14.2
S	18.4	14.3	251.4	77.0	59.3	-40.9	-40.9	
O	8.5	16.7	258.8	74.1	86.6	-78.3	-78.3	
N	3.8	19.1	466.2	71.3	116.5	-112.7	-112.7	
D	1.2	20.8	544.8	69.2	139.3	-138.1	-138.1	
Total Anual	311.3						-370.0	97.9

Fuente: elaboración propia en base a Cazanga (2006).
PP: precipitación mensual (mm).
T°: temperatura del aire promedio mensual (°C).
RS: radiación solar promedio mensual (cal/cm2 día).
HR: humedad relativa del aire (%).
ETP: evapotranspiración potencial mensual (MM) (Ecuación de Turc).
DH: déficit hídrico mensual (mm).
EH: excedente hídrico mensual (mm).

Cuadro 10: Parámetros climáticos de la comuna de Petorca

Mes	PP	T°	RS	HR	ETP	PP-ETP	DH	EH
E	0.5	17.0	579.8	53.5	134.8	-134.3	-134.3	
F	1.3	16.3	550.2	54.1	126.0	-124.7	-124.7	
M	2.6	14.7	469.2	55.7	103.6	-101.0	-101.0	
A	11.9	12.4	358.6	57.9	74.5	-62.6	-62.6	
M	41.6	10.2	248.0	60.0	48.6	-7.0	-7.0	
J	63.1	8.5	167.0	61.6	31.6	31.5		31.5
J	69.3	7.9	137.4	62.2	26.1	43.2		43.2
A	46.4	8.5	167.0	61.6	31.6	14.8		14.8
S	16.9	10.2	248.0	60.0	48.6	-31.7	-31.7	
O	7.9	12.4	358.6	57.8	74.5	-66.6	-66.6	
N	4.2	14.7	469.2	55.7	103.6	-99.4	-99.4	
D	1.5	16.3	550.1	54.0	125.9	-124.4	-124.4	
Total Anual	267.2						-322.1	89.5

Fuente: elaboración propia en base a Cazanga (2006).
PP: precipitación mensual (mm).
T°: temperatura del aire promedio mensual (°C).
RS: radiación solar promedio mensual (cal/cm2 día).
HR: humedad relativa del aire (%).
ETP: evapotranspiración potencial mensual (MM) (Ecuación de Turc).
DH: déficit hídrico mensual (mm).
EH: excedente hídrico mensual (mm).

5.2 SISTEMAS HUMANOS

5.2.1 Asentamientos Humanos

De acuerdo a la división político - administrativa, la cuenca del Río Ligua ocupa una pequeña superficie de la Región de Valparaíso (12,1%). Comprende la Provincia de Petorca, y San Felipe de Aconcagua. A nivel comunal abarca las comunas de La Ligua, Cabildo, Papudo y Putaendo.

La población que abarca la cuenca alcanza al año 2002 a 50.903 habitantes considerando las principales localidades pobladas de la cuenca (ciudad de La Ligua y Cabildo), lo que corresponde al 3,3% del total de la población de la Región.

La localidad que presenta una mayor concentración de población, es la ciudad de La Ligua con 31.987 habitantes, representando un 63% del total de la población de la cuenca.

5.2.2 Actividades Económicas

La principal actividad económica en la cuenca, es la minera que está dada por la explotación de cobre en la ciudad de Cabildo. Las empresas que explotan este mineral son la compañía minera Cerro Negro S.A. (en forma subterránea), y por la minera Las Cenizas S.A. (planta y mina).

Actualmente, la Minera Cerro Negro mantiene su planta de tratamiento de sulfuros con una capacidad de 9.000 toneladas anuales de concentrados de cobre. La producción anual es de 2.400 toneladas de cobre fino.
La minera Las Cenizas es productora de concentrado de cobre y oro. Cuenta con faenas mineras en la ciudad de Cabildo, provincia de Petorca. Anualmente la planta produce 11 mil toneladas de cobre fino, 170 kilos de oro y 3 mil kilos de plata, todos estos productos contenidos en concentrados.

Esto es importante de destacar puesto que la actividad minera "compite" por el uso de los recursos hídricos con la actividad agropecuaria, la segunda en importancia en la cuenca.

5.2.3 Usos del Suelo

La información referente a los usos del suelo en la cuenca se presenta en forma resumida en el siguiente *Cuadro*:

Cuadro 11: Clasificación Usos del suelo cuenca del río Ligua

Cuenca del río La Ligua (Ha)	Usos del suelo	Superficie (Ha)	Superficie de la cuenca destinada para cada uso (%)
198.000	Praderas	2.391	1,2
	Terrenos agrícolas y agricultura de riego	10.729	5,4
	Plantaciones forestales	625	0,3
	Áreas urbanas e industriales	519	0,3
	Minería Industrial	262	0,1
	Bosque nativo y bosque mixto	1.974	1
	Otros Usos*	172.433	87,1
	Áreas sin vegetación	9.067	4,6

Fuente: Tomado de DGA 2004.

5.2.4 Uso Agrícola

El uso agrícola del suelo es el más importante de la cuenca. Los terrenos de uso agrícola, se ubican próximos al río Ligua y comprenden una superficie de 12.860 há. La superficie de terrenos destinados a la rotación de cultivo - pradera comprende 680 há. Los grupos de cultivos predominantes en la cuenca, corresponden a frutales, forrajeras y cereales.

5.2.5 Uso Forestal

El uso de suelo de tipo forestal no es relevante en la cuenca. Las plantaciones de bosque comprenden una superficie de unas 1.776 há. La superficie forestal anterior está constituida principalmente por plantaciones de Pino Radiata y Eucaliptus.

5.2.6 Uso Urbano

Los terrenos destinados a uso urbano alcanzan una superficie de 519 há., la que comprende a ciudades, pueblos y zonas industriales.

Las localidades más importantes según el número de habitantes corresponden a La Ligua y Cabildo, con 38.524 y 21.094 habitantes respectivamente (proyección censo 2012). Estas localidades se emplazan en la zona baja del Valle, entre la confluencia del río Ligua con el estero Los Ángeles hasta la desembocadura.

La superficie destinada a la minería industrial, comprende una superficie de 262 há., equivalentes al 0,1% de la superficie total de la cuenca.

5.3 Socio Economía

Para efectos de la caracterización socio-económica, se presenta un conjunto relevante de variables que dicen relación con aspectos de población, número de empresas por actividad, número de trabajadores por rama de actividad y, finalmente, superficie de las explotaciones:

Cuadro 12: Variables de caracterización socioeconómica

Comuna/Estrato	La Ligua	Cabildo	Papudo	Petorca
Población (2012 proyección)				
Hombre	19.366	10.299	2.995	4.907
Mujer	19.158	10.795	2.480	4.855
Índice Masculinidad	101,0	95,4	113,1	101,0
N° Empresas por Actividad (2011)				
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	558	396	49	164
El Resto	2.251	1.075	300	471
N° Trabajadores por Rama de Actividad (2011)				
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	920	1.509	204	875
El Resto	5.324	3.360	578	1.086
Superficie Explotaciones (% r/comuna) (2007)				
Agropecuaria	79,2	96,2	57,7	85,2
Forestal	20,75	3,7	42,2	14,7

Fuente: Elaboración propia, sobre la base Reportes Estadísticos Comunales 2012.

La información precedente, remite a comunas pequeñas dentro del contexto nacional, con una fuerte vocación agrícola, y de relativa similitud entre las diversas variables usadas en la caracterización.

En relación a la existencia de empresas por actividad, Cabildo emerge como la comuna con mayor porcentaje de trabajadores en el sector agropecuario y forestal. Sin embargo, es Petorca la comuna con mayor proporción de trabajadores prestando servicios en dicho sector, La Ligua, en tanto, presenta el menor número de trabajadores empleados en el mencionado sector agropecuario y forestal, lo cual pudiere ser por efecto de una agricultura de mayor tecnología, que ocupa menor cantidad de trabajadores por unidad de producto.

5.4 AGRO PRODUCCIÓN[23]

La caracterización que se realiza a continuación, tiene como principal objetivo dar una imagen global y cuantificar las principales explotaciones agropecuarias presentes en la provincia de Petorca.

Conforme a los objetivos de la consultoría, esto es, generar un modelo que permita dimensionar las pérdidas privadas de la sequía en la agricultura, se destacan aquellos cultivos o actividades que representan significativamente la actividad agropecuaria de la provincia en términos de su contribución económica. En frutales, se seleccionan palto, cítricos almendros y olivos. En los cultivos se seleccionan maíz, papas y trigo.

Como se ha señalado, el sector agropecuario es la segunda actividad económica de la cuenca, la que se desarrolla en torno a los valles de los ríos de Petorca y La Ligua, produciendo esencialmente paltos, limones, olivos, almendros, y ganado caprino. La actividad agrícola concentra más del 23% de la fuerza laboral ocupada, de acuerdo al INE, seguido del Comercio, con un 18,2% de ocupación (ambas cifras del año 2010).

A continuación, se desarrolla una caracterización agroproductiva de la zona, considerando el total de las explotaciones presentes en las comunas de Petorca, La Ligua, Cabildo y Papudo de la V Región del país, informantes del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal del año 2007, que son las de mayor relevancia agrícola en la Provincia de Petorca; y que corresponden a las categorías de: 1. Agropecuarias con actividad; 2. Forestales; 3. Agropecuarias 'Sin Tierra' y 4. Agropecuarias temporalmente sin actividad.

Para la descripción de la actividad frutícola, se usa el Catastro Frutícola, ODEPA/CIREN 2008, de menor antigüedad que el censo de 2007.

En primer lugar, se presenta la información de superficie por zona agroecológica, donde se advierte que el Secano interior, es el tipo de zona homogénea de mayor frecuencia, con un 35,4% de la superficie, en tanto que la zona Valle, concentra una superficie de 3,4% y se ubica geográficamente, sólo en La Ligua. La comuna con mayor superficie es la de Cabildo con un 36% del total:

Cuadro 13: Superficie por zona agroecológica

Comuna/Zona Agroecológica	La Ligua	Cabildo	Papudo	Petorca	Total
Secano norte chico				1.422	1.422
Valle	441				441
Secano costero	3.952		560		4.512
Secano interior		4.565			4.565
Precordillera		110		1.810	1.920
Total	**4.393**	**4.675**	**560**	**3.232**	**12.860**

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Censo Nacional Agropecuario 2007.

[23] Para la caracterización se utiliza, básicamente, los resultados del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal del año 2007, y, para los frutales se usa la información que entrega el Catastro Frutícola ODEPA/CIREN 2008.

En términos de la superficie por tipo de explotación, el siguiente *Cuadro*, muestra la información a nivel de las comunas analizadas, constatándose que la explotación agropecuaria con actividad es el tipo de explotación de mayor frecuencia con un 90,2%. La Comuna de Cabildo es la de mayor relevancia en términos de superficie de explotaciones agropecuaria con actividad 33,3%, en tanto que Papudo es la comuna que exhibe un menor porcentaje en este ítem, 4,1%:

Cuadro 14: Superficie por tipo de explotación

Comuna/Tipo	La Ligua	Cabildo	Papudo	Petorca	Total
Explotación agropecuaria con actividad	3.996	4.290	536	2.786	11.608
Explotación forestal	184	95	8	74	361
Explotación agropecuaria sin tierra	76	190	8	284	558
Explotación agropecuaria temporalmente sin actividad	137	100	8	88	333
Total	**4.393**	**4.675**	**560**	**3.232**	**12.860**

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Censo Nacional Agropecuario 2007.

Para establecer la superficie por estrato económico, se ha considerado una escala de 10 tramos de Valor Bruto de la Producción, VBP, que se presenta a continuación. Se constata que la mayor superficie se concentra en el primer tramo, esto es, UF 0 a 100 de VBP, con un 35,3%, indicando con ello las precarias condiciones económicas de los agricultores. Cabe considerar que los tres primeros tramos de la escala, concentran el 68,6% de la superficie de las comunas analizadas. En la comuna de La Ligua, se localiza la única superficie con un VBP superior a las UF100 mil, indicando que es en esa comuna donde la explotación agropecuaria alcanza niveles de alta tecnología:

Cuadro15: Superficie por Estrato económico

Comuna/Estrato	La Ligua	Cabildo	Papudo	Petorca	Total
0 - 100 UF	1.281	1.445	260	1.554	4.540
100 - 200 UF	815	845	84	500	2.244
200 - 600 UF	840	635	140	434	2.049
600 - 1.200 UF	393	430	12	118	953
1.200 - 2.400 UF	374	325	8	52	759
2.400 - 10.000 UF	162	395	4	98	659
10.000 - 25.000 UF	44	130	4	28	206
25.000 - 100.000 UF	11	45	4	44	104
Más de 100.000 UF	4				4
Sin VBP determinado	469	425	44	404	1.342
Total general	**4.393**	**4.675**	**560**	**3.232**	**12.860**

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Censo Nacional Agropecuario 2007.

A continuación, se presenta información referida a la superficie (incluye plantación, formación y producción) de aquellos cultivos de mayor relevancia para cada una de las comunas.

Para el cálculo se ha utilizado como área territorial la cuenca del río Ligua, que incluye las comunas de La Ligua, Cabildo y Papudo. Se ha incluido la comuna de Petorca considerando las semejanzas agroclimáticas y de estructura productiva. Asimismo, no se ha considerado la comuna de Putaendo la que, a pesar de que una parte de su territorio efectivamente es tributaria de la cuenca del río Ligua, su participación es marginal.

5.4.1 Producción Frutícola

Como se ha señalado, se han considerado cuatro especies de frutales que, en su conjunto significan en todos los casos porcentajes muy mayoritarios respecto de la superficie plantada total de frutales. Las especies son almendro, palto, cítricos (se incluyen aquí limas, limones, mandarino, naranjo, y pomelos) y olivos.

Cuadro 16: Comuna de Cabildo

Especie	Superficie (hectáreas)	% sobre superficie considerada
Almendro	280,32	4,96
Palto	4.117,04	72,95
Cítrico	1.224,42	21,7
Olivo	21,89	0,39
TOTAL Frutales seleccionados	5.643,67	100
TOTAL Superficie frutal comunal	5.881,64	95,95(*)

Fuente: Elaboración propia en base al Catastro Frutícola, ODEPA/CIREN 2008.
(*) Porcentaje superficie considerada sobre total frutales comunal.

Del *Cuadro* anterior cabe consignar los siguientes antecedentes:

- Dentro de los cítricos, el limonero (que presenta seis variedades), representa el 79,4% del total de la superficie de cítricos, seguido por el naranjo (nueve variedades) con un 15,5 % y con superficies marginales de lima, pomelo y mandarino.
- En el caso de los paltos el catastro entrega once variedades pero la variedad Hass representa el 96,5% del total de las plantaciones.
- Los frutales seleccionados representan un 96% de la superficie frutícola total comunal, vale decir, la muestra que se seleccionó es altamente representativa de la fruticultura provincial.

Cuadro 17: Comuna de La Ligua

Especie	Superficie (hectáreas)	% sobre superficie considerada
Almendro	55,4	1,89
Palto	2.143,28	73,1
Cítrico	390,54	13,3
Olivo	343,42	11,71
TOTAL Frutales seleccionados	2.932,64	100
TOTAL Superficie frutal comunal	3.131,7	93,64 (*)

Fuente: Elaboración propia en base al Catastro Frutícola, ODEPA/CIREN 2008.
(*) Porcentaje superficie considerada sobre total frutales comunal.

A partir de los resultados del *Cuadro* precedente, se puede señalar lo siguiente:

- El Limonero (cuatro variedades) involucra el 37,5% de la superficie de cítricos y, a su vez, los cítricos representan el 13,3% de la superficie total de los frutales considerados.
- El olivo (14 variedades) representa el 11,7% de la superficie total de los frutales considerados.
- El palto (diez variedades) representa el 73,1% de la superficie de frutales, destacando la variedad Hass con un 96,3% de la superficie total de este fruto.
- Las cuatro especies consideradas representan un 96,6 de la superficie total de frutales existentes en la comuna, lo que nuevamente es altamente significativo de la estructura de la fruticultura provincial.

Cuadro 18: Comuna de Petorca

Especie	Superficie (hectáreas)	% sobre superficie considerada
Almendro	5,19	0,17
Palto	2.367,68	79,19
Cítrico	602,18	20,13
Olivo	16,93	0,55
TOTAL Frutales seleccionados	2969,96	100
TOTAL Superficie frutal comunal	3.303,06	89,92 (*)

Fuente: Elaboración propia en base al Catastro Frutícola, ODEPA/CIREN 2008.
(*) Porcentaje superficie considerada sobre total frutales comunal.

- Dentro de los cítricos (lima, limón, naranjo, mandarino, pomelo y tangelo) el naranjo representa el 48% de la superficie, mientras que el limonero llega al 29%.
- En el caso de los paltos (diez variedades) destaca la palta HASS con 79,2% de la superficie de paltos.
- La muestra de frutales seleccionados representa casi el 90% de la superficie de frutales de la provincia.

Cuadro 19: Comuna de Papudo

Especie	Superficie (hectáreas)	% sobre superficie considerada
Almendro	-	-
Palto	2,2	36,67
Cítrico	-	-
Olivo	3,8	63,33
TOTAL Frutales seleccionados	6,0	100
TOTAL Superficie frutal comunal	7,6	83,33(*)

Fuente: Elaboración propia en base al Catastro Frutícola, ODEPA/CIREN 2008.
(*) Porcentaje superficie considerada sobre total frutales comunal.

Como se aprecia en el *Cuadro* precedente, la comuna de Papudo es muy marginal en lo que respecta a su producción frutícola. Aparte de los paltos y olivos sólo figura una superficie muy pequeña -1,6 hectáreas- de nogales, especie que no se consideró en la muestra.

No obstante lo anterior y a pesar de la escasa superficie frutal comunal, la muestra representa un 83,3% de la superficie total dedicada a los rubros seleccionados.

A modo de resumen en lo que respecta a los frutales, se constata que todas las comunas contribuyen al *mix* de productos, salvo Papudo que no exhibe producción de cítricos ni almendros. Considerando la extensión de la superficie de palto, este es el cultivo que presenta la mayor producción, medida en superficie. La comuna de La Ligua, es la de mayor contribución a la producción de estos cultivos principales de la zona.

En el *Cuadro* siguiente, se presentan los rendimientos referidos a los principales cultivos de la zona bajo análisis:

Cuadro 20: Rendimiento por cultivo (volumen producido dividido hectáreas en formación y producción)

Comuna/cultivo	Unidad	La Ligua	Cabildo	Papudo	Petorca	Promedio
Cítricos (1)	Kilo/has	31.630	33.883	30.032	33.493	32.260
Olivo	Kilo/has	2.688	5.745	2.000	5.509	3.986
Palto	Kilo/has	14.172	14.473	13.594	14.592	14.208
Almendro (2)	Kilo/has	1.800	1.800		1.800	1.800

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Censo Nacional Agropecuario 2007.
Notas: (1) Como se explicó antes, bajo la categoría de cítricos se encuentran limones, naranjos, pomelos, limas, y tangerinas. Para los efectos de simplificar el cálculo del valor económico involucrado por existencia de sequía, se utiliza un promedio de rendimientos de limoneros y naranjos.
(2)La producción de almendros en la provincia varía entre 2.500 kg pepas /há y 1.500 kg pepas/há dependiendo de si se cuenta con riego permanente.

5.4.2 Cultivos Anuales

Las superficies y rendimientos para los cultivos anuales se han obtenido del Censo Agropecuario y Forestal, INE 2007.

Cuadro 21: Rendimientos cultivos anuales

Comuna	Maíz (ha)	Rend. qqm/há	Papas (ha)	Rend. qqm/há	Trigo (ha)	Rend. qqm/há
Ligua	2,5	37,60	22,1	79,05	69,00 (*)	19,27
Cabildo	48,20	48,20	726,00	99,35	11,50	22,17
Papudo	-	-	24,00	59,98	6,00	12,7
Petorca	23,5	19,32	19,60	98,16	4,80	22,71
TOTAL	74,2		791,7		91,3	
Rend. Prom.		35,4		84,1		19,2

Fuente: Censo Nacional Agropecuario INE, 2007.
Notas: (*) trigo blanco y candeal.

Como se observa en el *Cuadro* anterior, dentro de los cultivos anuales destaca la papa con un 82,7% del total de los cultivos considerados. Respecto del maíz y el trigo, las superficies indican, por su escasa superficie, que corresponderían, básicamente, a cultivos dedicados principalmente al autoconsumo. Por su parte, la relativamente importante superficie dedicada al cultivo de

papas, puede tener su explicación en que las condiciones agroecológicas de la zona permiten cosechas más tempranas que en el resto del país, lo que se refleja en precios de venta mayores.

5.4.3 Ganadería

En relación al *stock* de ganado, en el próximo *Cuadro*, se presenta datos para el área en estudio. Se observa que Papudo es la comuna con menor masa para todo tipo de ganado, por el contrario, Petorca es la que presenta la mayor masa. El ganado vacuno es el que presenta el mayor número de cabezas, con una mayor concentración en la comuna de Petorca 38,5%. En La Ligua y Cabildo, la masa vacuna se distribuye de manera uniforme:

Cuadro 22: Número de ganado

Comuna/ganado	La Ligua	Cabildo	Papudo	Petorca	Total
Bueyes	17	2	1	45	65
Toros	214	162	23	284	683
Novillos	427	143	7	262	839
Terneros	931	881	144	1.033	2.989
Terneras	718	898	221	1.086	2.923
Vaquillas	776	780	269	1.174	2.999
Vacas	2.443	2.283	535	3.303	8.564
Cabritos	14	320	0	615	949
Cabritas	67	1.615	0	2.619	4.301

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Censo Nacional Agropecuario 2007.

5.4.4 Praderas

En el caso de las praderas se ha optado por agrupar las praderas naturales y a las mejoradas en una sola categoría y se asume que las forrajeras permanentes y de rotación corresponden en su mayoría a alfalfa (considerando que las condiciones agroclimáticas restringen cultivos como avena, trébol y otros semejantes con mayores demandas hídricas):

Cuadro 23: Praderas mejoradas y forrajeras permanentes y de rotación

Comuna	Pradera natural y mejorada (ha)	Forrajera permanente (ha)
La Ligua	67,85	13,75
Cabildo	13,75	52,70
Papudo	54,1	1,00
Petorca	-	30,00

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Censo Nacional Agropecuario 2007.

Como se observa, la masa total de praderas (incluidas natural y mejorada y forrajeras permanentes) es bastante escasa y al compararla con la existencia de masa animal que se muestra en el *Cuadro 22* se hace incoherente para mantener una capacidad de carga como la señalada. La explicación a esto puede deberse a dos razones: i) la existencia de un gran número de pequeñas propiedades, donde cultivos como la alfalfa (y algunas gramíneas) pueden ser menores a una hectárea (y no haber quedado consignadas en el Censo) y el aprovechamiento de los desechos de

cultivo como el maíz y el trigo y; ii) que en el caso del ganado caprino, este se alimenta en forma extensiva en terrenos clasificados como "matorral" en el Censo.

Para un cálculo futuro de los eventuales impactos de la sequía, es importante tener presente las capacidades de carga animal –Unidades Animales / hectárea- por tipo de pradera y/o forrajera. Esto debiera calcularse en relación con la producción de biomasa (medida en kg. materia seca/há.) asociada a distintos escenarios climáticos. No obstante, para el caso de la zona en estudio, que aproximadamente incluye unas 150 mil há., de praderas naturales de secano, no resulta factible estimar la carga animal, a partir de la materia seca, debido a la variabilidad de la cubierta de especies, la condición en la cual estas encuentran, y los múltiples factores asociados a sobretalajeo y sequía. Las praderas de riego, por su parte, constituyen una proporción marginal en el total de los terrenos talajeros y/o productores de forraje en las comunas.

5.4.5 Cultivos Forestales

Los cultivos forestales en la provincia de Petorca corresponden a un *mix* de especies entre las que destacan el Eucaliptus spp, el Pinus radiata, diversas especies de Acacia (muchas veces utilizadas para la forestación de los numerosos relaves existentes en el valle), algunas del género la Casuarina (*Casuarina equisetifolia* L.) esta última utilizada, especialmente, en el borde de los predios para disminuir la contaminación por polvo en suspensión que generan los caminos.

Cuadro 24: Masa forestal explotable

Comuna	Eucaliptus nitens	Eucaliptus globulus	Pinus radiata
La Ligua	123,7	1.328,0	315,1
Cabildo	0,1	-	-
Petorca	3,0	-	-
Papudo	6,5	-	-

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Censo Nacional Agropecuario 2007.

Como se observa, es la comuna de La Ligua la que presenta la mayor masa forestal siendo ésta, en todo caso, una superficie muy reducida en términos de su impacto económico en la provincia.

En el siguiente *Cuadro*, los rendimientos potenciales esperados por cultivo de acuerdo a los parámetros de simulación del modelo agronómico:

Cuadro 25: Rendimiento potencial estimado bajo condiciones agronómicas óptimas (kg producto comercializable/ha)

Especie	Comunas			
	Cabildo	La Ligua	Papudo	Petorca
Palto	15.693	17.109	17.631	15.181
Olivo	11.463	14.926	16.068	10.447
Cítricos	50.338	61.843	58.231	48.162
Almendro	13.132	16.010	16.935	12.160
Maíz	14.105	16.200	16.902	13.343
Papa	46.998	56.619	54.532	44.829
Trigo	9.574	10.023	10.221	9.397
Alfalfa	21.600	22.583	22.977	21.125
Pradera Natural	8.426	9.552	9.935	8.023

Fuente: Elaboración R. Cazanga basada en estimación por simulación.

Como se observa, la simulación entrega rendimientos más o menos similares para todas las comunas y las variaciones se mueven en rangos algo mayores al 10% dependiendo del cultivo aunque pueden llegar hasta ± 30% dependiendo de la comuna y la especie considerada. Esto es particularmente cierto en el caso de los olivos y el maíz, en Petorca. Las variaciones en el rendimiento potencial dan cuenta de las diferenciales condiciones edafoclimáticas de cada comuna.

En el *Cuadro* siguiente se muestran los rendimientos reales promedio, de acuerdo a la información censal.

Cuadro 26: Rendimientos Globales según Censo Kg/há

Especie	Comunas			
	Cabildo	La Ligua	Papudo	Petorca
Palto	15.567	15.931	16.731	15.431
Olivo	6.136	15.634	---	6.280
Limón	35.089	35.706	38.792	37.065
Naranjo	38.231	46.943	---	35.000
Maíz (unidad)	40.000	40.000	40.000	40.000
Papa	9.900	7.855	5.958	9.816
Alfalfa	15.000	15.000	15.000	15.000

Fuente: Elaboración propia basada en Censo 2007.

Las cifras indican que, en general, los resultados de la simulación desarrollada en esta consultoría (Modelo Agronómico) son consistentes con la información censal aún cuando tienden a marcarse mayores diferencias en cultivos como el olivo. Cabe notar que el rendimiento de los paltos, especie por lejos mas importante en su gravitación económica, aparece muy cercano a los resultados modelados, aún cuando La Ligua y Papudo, aparecen bajo sus rendimientos potenciales.

En los otros cultivos, sin embargo, se observa que los rendimientos reales -CENSO- están por debajo de los rendimientos potenciales modelados. Esto debe ser considerado al momento de utilizar las cifras pero, al mismo tiempo, hay que tener en cuenta que las respuestas sobre rendimiento que entregan los agricultores al censo tienden a sub representar la realidad dado que pueden entenderse como "entregar información sobre ingresos".

Con respecto a la estratificación por tipo de productor, se optó por generar dos categorías de productores, INDAP[24] y no INDAP (Otros Productores). Aunque en teoría sería posible estratificar por superficie de la explotación o por *superficie y estrato económico*, en la práctica y en esta aproximación, es mejor simplificar el modelo.

[24] Cabe señalar que las condiciones para ser usuario de INDAP, son las siguientes: 1) Explotar una superficie menor o igual a 12 hectáreas de riego básico, cualquiera sea su régimen de tenencia; 2) Sus activos no deben superar las U.F. 3.500; 3) Sus ingresos deben provenir principalmente de la explotación agrícola.

En el siguiente *Cuadro* se detalla el número de productores INDAP, por comuna:

Cuadro 27: Nº usuarios INDAP según Censo

Comuna	Usuarios INDAP
La Ligua	685
Cabildo	460
Papudo	92
Petorca	506
Total	**1.743**

Fuente: Elaboración propia basada en Censo 2007.

En este contexto se presenta el siguiente *Cuadro*, con los rendimientos para usuarios INDAP entregados por el censo:

Cuadro 28: Rendimientos usuarios INDAP según Censo Kg/há

Especie	Comunas				Total
	Cabildo	La Ligua	Papudo	Petorca	
Palto	15.247	15.692	16.919	15.820	15.589
Olivo	6.000	8.947	---	6.248	7.240
Limón	35.224	36.130	52.333	35.765	35.758
Naranjo	35.000	---	---	35.000	35.000
Maíz (unidad)	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000
Papa	94	7.216	5.905	9.816	87
Alfalfa	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000

Fuente: Elaboración propia basada en Censo 2007.

Al comparar los rendimientos de los usuarios de INDAP, con los rendimientos globales, *Cuadro 26*, se constata que para ciertos cultivos, son bastante similares. Cabe consignar que ambos cuadros tienen como fuente el Censo 2007. La explicación de este hecho puede tener al menos dos causas, sin que sea factible afirmar, con total certeza, cuál de ellas es preeminente en los resultados:

- Dadas las condiciones de déficit hídrico estructural del Valle de La Ligua, los proyectos que realiza INDAP con sus beneficiarios, tienden a tener en el desarrollo de su actividad soluciones técnicas muy parecidas a los que tiene el grupo "Global". Ello se puede comprobar al analizar las características del sistema de riego utilizado donde los usuarios INDAP tienen características muy similares a los demás productores (goteo, microaspersión, etc.), es decir, tecnología de punta en el riego. Esta primera hipótesis tiene mucho sentido en sectores con déficit hídrico estructural, pero podría ser distinta en localidades más al sur donde el tema de déficit hídrico es menos relevante.
- Una segunda hipótesis es que dado que los agricultores INDAP tienen una acompañamiento muy cercano y constante de los profesionales que les dan asistencia técnica, tienden a ser mas "realistas" cuando responden una encuesta, incluyendo el Censo, incentivo que no necesariamente tiene el resto de los agricultores.

En cualquier caso, y desde la perspectiva de aplicar el modelo de medición de impacto de sequía, el hecho de contar con coeficientes diferenciados para cada grupo permitirá establecer las diferencias respectivas al momento de aplicar el instrumento en otras realidades agroproductivas.

En los siguientes *Cuadros* se muestra las superficies por tipo de cultivo separando la superficie global, de aquella en explotación por beneficiaros INDAP.

Cuadro 29: Superficie Global según Censo Kg/há

Especie	Comunas				Total
	Cabildo	La Ligua	Papudo	Petorca	
Palto	3.450	1.576,3	5,2	1.926,4	**6.957,9**
Olivo	60,2	54,1	---	18,6	**132,9**
Limón	337,4	232,1	4,8	163,7	**738**
Naranjo	179,5	28,3	---	267,9	**475,7**
Maíz	60,2	41	13,9	3,7	**118,8**
Papa	726	222,3	24	19,6	**991,9**
Alfalfa	128,6	36,2	209,4	242	**616,2**

Fuente: Elaboración propia basada en Censo 2007.

Cuadro 30: Superficie usuarios INDAP según Censo Kg/há

Especie	Comunas				Total
	Cabildo	La Ligua	Papudo	Petorca	
Palto	419,3	605,1	4,3	327,4	**1.356,1**
Olivo	1,7	5,7	---	10,5	**17,9**
Limón	34,8	23	0,6	8,5	**66,9**
Naranjo	0,3	---	---	0,5	**0,8**
Maíz	41,2	19,2	10,1	2,5	**73**
Papa	390,4	143	23,1	13,6	**570,1**
Alfalfa	87	30	17,9	87,2	**222,1**

Fuente: Elaboración propia basada en Censo 2007.

La lectura de los *Cuadros* anteriores debe realizarse descontando de la superficie total aquella en explotación por beneficiarios INDAP. Se observa que en el caso particular de los paltos, seguramente el cultivo más rentable de los considerados, los usuarios INDAP representan menos de un tercio de la superficie total. En el caso del resto de las especies consideradas las distancias se hacen mucho mayores. Finalmente, en el siguiente *Cuadro* se muestra la superficie por tipo de riego:

Cuadro 31: Superficie global por tipo de riego según Censo (há)

Comuna	Tipo de Riego						
	Tendido	Surco	Otro	Aspersión	Carrete	Goteo	Micro aspersión
La Ligua	436,3	545,6	89,2	17,3	0	1.339,5	1.438,7
Cabildo	591,6	703,4	17,6	44,3	0,1	1.257,4	3.349,8
Papudo	265,5	111,7	1,9	0	0	38,5	2,5
Petorca	481,8	108,7	17,5	17,9	5,5	1.058,9	1.950,2
Total	**1.775,2**	**1.469,5**	**126,2**	**79,5**	**5,6**	**3.694,4**	**6.741,3**

Fuente: Elaboración propia basada en Censo 2007.

Se observa en términos globales que una parte sustantiva de la superficie presenta sistemas de riego de alta tecnificación y eficiencia, como goteo y microaspersión, asociado, mayoritariamente, a la producción frutal de exportación.

Este antecedente es particularmente importante pues el margen de aumento de la eficiencia de riego -vía tecnología- puede no ser significativo en la superficie total. En otras palabras, y aunque ello deba ser fruto de otro estudio, el hecho que una superficie importante de los cultivos esté en la actualidad bajo sistemas de riego de alta eficiencia, cercano al 98% en el caso de goteo y microaspersión, reduce las posibilidades de minimizar el riesgo de las sequías por esa vía.

6. DESARROLLO DE UN MODELO PARA LA ESTIMACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO PRIVADO

6.1 METODOLOGÍA

La medición del impacto de la sequía en el sector agropecuario, requiere una aproximación metodológica especial. En efecto, en el desempeño de la agricultura concurren múltiples variables, de orden biológico, agronómico, tecnológico, económico, institucional, social, ambiental y también hídrico.

La dotación de agua en un período particular, frente a los requerimientos de las plantaciones, siembras y actividades pecuarias, es un factor determinante de la viabilidad y la sostenibilidad de la agricultura, pero las otras dimensiones cumplen también un rol altamente relevante.

Por esto, es necesario diseñar una metodología que permita medir el impacto de la sequía en el sector agropecuario, aislando el efecto que otras variables intervinientes estén causando simultáneamente.

Esto implica aclarar y precisar la comparación entre la situación real y su contrafactual. Existen dos aproximaciones inmediatas:

- Utilizar un año base para la comparación con el año actual, haciendo los ajustes y consideraciones necesarios

- Usar el año actual en situación de "normalidad" como patrón de comparación para un año actual que está en situación de déficit hídrico.

La disponibilidad de información es un factor determinante para la selección de una aproximación u otra. Para la estimación de las pérdidas, en este estudio, se dispone del Censo 2006/2007, que corresponde, precisamente, al año que antecede el inicio de la larga sequía que afecta al norte de Chile, incluyendo, especialmente, a las comunas de Petorca, La Ligua y Cabildo. Adicionalmente, se contó con la información del Catastro Frutícola del año 2011, elaborado por CIREN.

Por tanto, este puede ser un año base comparable con el año 2013, para medir el impacto de la sequía. Sin embargo, la trayectoria de estos seis años ha estado marcada por otras variables. Por ejemplo, la desproporcionada expansión de plantaciones de palto en una cuenca marcada históricamente por la escasez hídrica recurrente; segundo, la baja persistente del valor de la divisa y de los precios, que debilita la producción para la exportación; tercero, el desarrollo de proyectos en minería, altamente demandante de agua para uso consuntivo; cuarto, derivado de lo anterior, las prácticas de apropiación indebida del recurso hídrico por parte de algunos actores, entre otras.

Se advierte que para distinguir el efecto del déficit hídrico, se requiere un nivel de información que no está disponible en el sistema de información agropecuario nacional.

Por esto, se ha optado por un método mixto: considerar el año base como estructura productiva inicial, considerando el uso de suelo de distintas actividades, para enseguida, evaluar dos factores que evidencian el impacto del déficit hídrico sobre el sector agropecuario:

- Variación en rendimientos, para lo cual se utilizará el Modelo Agronómico del investigador Rodrigo Cazanga.

- Variación de superficie asociada a la escasez de agua, para lo cual se considerará el catastro Frutícola ODEPA/CIREN 2011 como base, y el análisis de información geo-referenciada realizada en marzo de 2014 por el equipo consultor, como situación actual.

A partir de estas mediciones, será posible una valorización del impacto, utilizando para este fin las series de precios de mercados mayoristas publicadas por ODEPA y las estadísticas de precios FOB de productos de exportación, publicadas por el Banco Central.

Es importante notar que la aplicación de esta metodología, se adecuó a la restricción de la información, procurando minimizar la discrecionalidad de los criterios utilizados para elaborar el método de cálculo. Los resultados permiten una dimensionamiento del impacto de la sequía en el año 2013, por comuna, por tipo de agricultor y por especie cultivada.

6.2 Descripción del Modelo Agronómico de Pérdidas en Productividad

Este trabajo se propone definir una metodología mediante la cual, en cualquier lugar del país donde exista actividad agropecuaria y sequías, sea posible determinar las pérdidas de rendimientos. Dado que en el país existe una gran diversidad de condiciones productivas y climáticas, se propone un método cuantitativo, probado, de fácil implementación considerando como unidad de estudio la comuna, o las comunas existentes en una cuenca hidrográfica.

Este método se basa en la teoría de Monteith (1996), en la teoría y modelo de Doorenbos y Kassam (1979), en los modelos de simulación EPIC (Sharpley and Williams, 1990) y CERES-Maize (Cazanga, 1997), y en los trabajos de Cazanga (2010) y Cazanga (2006b).

Se ha elegido como unidad de estudio la comuna, ya que en Chile, las cifras de superficie cultivada por especie, normalmente se encuentran a nivel comunal. Además, la toma de decisiones administrativas comúnmente se hace a nivel comunal. Por ejemplo, la declaración de sequía.

La información climática disponible en el país no necesariamente está asociada estrictamente a una comuna, lo que puede implicar una dificultad a la hora de calcular los efectos del déficit hídrico sobre los cultivos a nivel comunal. En el caso que no existan suficientes estaciones meteorológicas en una comuna, se pueden utilizar estudios climáticos existentes y/o métodos que permiten estimar las condiciones climáticas para cada comuna. Estos métodos usan como información de entrada, registros observados en estaciones meteorológicas y parámetros orográficos del territorio, integrando todo a través de un modelo de simulación climático[25].

Asimismo, podemos decir que el método planteado tiene una estructura modular, por lo cual sus diferentes componentes pueden ser tratados en forma separada, facilitando así su desarrollo y mejoramiento metodológico individual. Finalmente, es necesario agregar que este método es de fácil implementación, más aún cuando es posible entregar en forma tabulada por comuna, los parámetros de más difícil cálculo, tales como los rendimientos potenciales y las pérdidas de rendimiento (ver *Cuadro 32* y *Tablas A9* a *A44* del *Anexo 17*).

Conocer con exactitud cuál es el efecto de una sequía en la producción silvoagropecuaria, requiere medir el balance hídrico (mediciones de precipitación, caudales superficiales y subterráneos) y la producción en cada una de las explotaciones existentes en una región, o zona geográfica. Sin embargo, acometer esta tarea en una extensión relativamente grande, puede ser extraordinariamente oneroso en recursos (dinero, profesionales, tiempo, etc.), haciéndolo inviable. Además, dada la complejidad de la información que se requiere obtener (por ejemplo, potencial hídrico del suelo, producción por planta, etc.), existe una alta probabilidad que los datos obtenidos a través de la región no tengan la calidad mínima en cuanto a verosimilitud y exactitud que aseguren un cálculo adecuado.

Asimismo, considerando la hipótesis de Doorenbos y Kassan (1979): "Un período de sequía implicará una disminución del suministro de agua a los cultivos, ya sea como lluvia o en forma de riego, lo cual disminuirá su rendimiento", el efecto de una sequía (meteorológica y/o hidrológica) sobre la producción silvoagropecuaria, puede estimarse sin medir necesariamente el balance hídrico y la producción en cada cultivo o plantación existente en la región considerada (ver párrafo anterior), sino solo estimando el déficit de aplicación de agua para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo (FAO, publicaciones de riego y drenaje 24 (1977), 33 (1979) y 56 (1998). Adicionalmente, para respaldar aun más este enfoque, podemos agregar que esta

[25] En este caso, los datos climáticos para las comunas de la cuenca hidrográfica considerada provienen de un estudio climático realizado anteriormente utilizando simulación climática (Cazanga, 2006).

hipótesis está ampliamente demostrada en la fisiología vegetal (Devlin, R. 1970. Fisiología vegetal), principalmente a través del procesos de fotosíntesis, el cual se ve restringido o imposibilitado al cerrarse los estomas y disminuir el intercambio gaseoso, a causa de la falta de turgidez de la célula por deshidratación. Tal deshidratación ocurre por la falta de agua en la planta. Dicha disminución de la fotosíntesis, implica una disminución de la producción de biomasa y del rendimiento. En consecuencia con lo anterior, conociendo solamente el **déficit de aplicación de agua en porcentaje** (información factible de ser aportada por los organismos del agro competentes -como INDAP-, los propios agricultores, o las asociaciones de regantes), así como las especies, su superficie cultivada y sus rendimientos potenciales alcanzables en la región, puede cuantificarse, de manera razonable, el impacto de un déficit de aplicación de agua.

Luego, el efecto del suministro de agua, racionado, sobre el rendimiento de un cultivo (cereales, hortalizas, frutales o praderas) es posible cuantificarlo a través de la relación propuesta por Doorenbos y Kassan (1979). En ésta, un déficit en el rendimiento relativo de un cultivo (1-Rr/Rp) es función del déficit de evapotranspiración relativa (1-ETr/ETmax) y de un factor de sensibilidad a dicho déficit hídrico, que se representa en la siguiente ecuación:

$$1-Rr/Rp = Ky * (1-ETr/ETmax) \qquad \textit{(Ecuación 1)}$$

Donde:

Rr:	rendimiento real (kg/ha)
Rp:	rendimiento potencial (kg/ha)
Ky:	factor de sensibilidad al déficit hídrico (adimensional)
ETr:	evapotranspiración real del cultivo (mm)
ETmax:	evapotranspiración máxima del cultivo (mm)

En esta relación, cuando la evapotranspiración real es igual a la evapotranspiración máxima, no existe déficit de evapotranspiración relativa, es decir, está satisfecha la demanda hídrica del cultivo, y por lo tanto no existe déficit de rendimiento. Cuando esta condición se cumple, Rr es igual a Rp. Visto de otro modo, cuando la lluvia o el riego aplicado al cultivo satisfacen la ETmax del cultivo, la ETr es igual a ETmax, lo cual implica que el cultivo se desarrolla sin restricción hídrica.

A su vez, es necesario decir que esta ecuación lineal (Ecuación 1) representa adecuadamente el fenómeno hasta ciertos valores de déficit de evapotranspiración, más allá de los cuales, la respuesta ya no es lineal, y se asume que el cultivo no alcanza una producción económicamente viable.

De acuerdo a lo anterior, la existencia de un período de restricción hídrica (sequía meteorológica y/o hidrológica), será considerada como un período donde ni la lluvia ni el riego son o fueron suficientes para satisfacer la demanda de agua del cultivo. Esto implica suponer que los agricultores siempre querrán regar para satisfacer plenamente la demanda hídrica, es decir para que ETr sea igual a ETmax, y por lo tanto el cultivo alcance el rendimiento potencial.

De esta manera, la evaluación del efecto de un período de sequía sobre la producción agrícola de una zona geográfica, se hará suponiendo que ésta implica un déficit de evapotranspiración

relativa (1-ETr/ETmax), lo cual se traduce en un déficit de rendimiento (1-Rr/Rp), proporcional a un factor Ky.

Por otra parte, el rendimiento potencial del cultivo para una zona geográfica dada, puede ser estimado mediante un modelo ecofisiológico, o puede ser determinado mediante observaciones en explotaciones agrícolas donde se utilice un alto nivel tecnológico. En este caso los rendimientos potenciales fueron estimados basándose en Monteith (1996) y Cazanga *et al* (2010), utilizando la siguiente ecuación:

$$Rp = RS * Ef * Int * FT^{o} * IC * FH \qquad \textit{(Ecuación 2)}$$

Donde:

Rp: rendimiento potencial (kg/ha)
RS: radiación solar (MJ/m2 día)
Ef: eficiencia de uso de la radiación solar (kg ms / ha día // MJ/m2 día)
INT: función de intercepción de la radiación solar (adimensional)
FT°: función de restricción térmica (adimensional)
IC: índice de cosecha (kg producto económico ms/kg biomasa aérea total ms)
FH: función de restricción hídrica (Ecuación 1).

El rendimiento potencial se obtiene bajo condiciones óptimas de: preparación de suelo, riego, fertilización, control de plagas (malezas, insectos y enfermedades), y además, con material vegetal sano (semillas o plantas) y variedades altamente productivas.

Los parámetros de las funciones INT y FT°, así como los valores de IC y Ef, fueron tomados y o estimados a partir de Williams (1996), Cazanga (1997), Cazanga (2010), SWAT (2012), Whiley *et al* (2007), FAO (2012).

Los parámetros climáticos RS y temperatura media (utilizada en FT°), como se especificara anteriormente, fueron obtenidos para cada comuna del estudio climático regional realizado por Cazanga (2006).

En el siguiente *Cuadro* se presenta los valores de Rp estimados para cada especie y comuna considerada.

Cuadro 32: Rendimiento potencial estimado bajo condiciones agronómicas óptimas (kg producto comercializable/ha)

Especie	Comunas			
	Cabildo	La Ligua	Papudo	Petorca
Palto	15.693	17.109	17.631	15.181
Olivo	11.463	14.926	16.068	10.447
Cítricos	50.338	61.843	58.231	48.162
Almendro	13.132	16.010	16.935	12.160
Maíz	14.105	16.200	16.902	13.343

Papa	46.998	56.619	54.532	44.829
Trigo	9.574	10.023	10.221	9.397
Alfalfa	21.600	22.583	22.977	21.125
Pradera Natural	8.426	9.552	9.935	8.023

Fuente: Elaboración propia basada en estimación por simulación.

Los valores de rendimientos obtenidos, están dentro de los órdenes de magnitud observados en la región, en explotaciones con condiciones óptimas de manejo y alta tecnología.

Finalmente, en términos prácticos, para cuantificar el efecto de la sequía se debe primero estimar un valor de déficit en la aplicación de agua (lluvia o riego), luego calcular el Rp con la Ecuación 2, y posteriormente mediante la Ecuación 1, despejar el valor de las pérdidas de rendimiento (déficit de rendimiento, kg/ha).

En este cálculo, la aplicación de agua como riego conlleva un valor de eficiencia inherente al método empleado. Esto acentúa el efecto de la sequía, ya que dependiendo del método de riego, se deberá aplicar más agua que la estrictamente demandada por el cultivo, debido a pérdidas de agua asociadas al método. Para el caso que la aplicación de agua se haga en forma natural, es decir como lluvia, se ha supuesto una eficiencia de 100%.

Los valores de eficiencia de los métodos de riego corresponden a los propuestos en las bases técnicas de los concursos de la Ley 18.450 de la Comisión Nacional de Riego, los cuales se presentan en el siguiente *Cuadro*:

Cuadro 33: Eficiencia de métodos de riego

Método	**Eficiencia (%)**	
	Normal	**Californiano**
Tendido	30	35
Surcos	45	50
Aspersión	75	
Micro aspersión	85	
Goteo	90	

Fuente: Comisión Nacional de Riego.

En *Anexo 17: Tablas de Rendimiento por Especie y Comuna*, se presenta las pérdidas de rendimiento en palto, olivo, cítricos, almendro, maíz, papa, trigo, alfalfa y pradera natural, posibles de alcanzarse en diferentes condiciones de sequía (déficit de agua) en las comunas de Cabildo, La Ligua, Papudo y Petorca. No obstante, en el cálculo del impacto se considerará sólo las principales especies de las comunas investigadas.

Las cifras indican los kg de producto comercializable perdidos como efecto de la no aplicación de agua (lluvia o riego) al cultivo. Los métodos de riego propuestos son los que se usan normalmente en cada especie.

Por ejemplo, en frutales no corresponde (NC) usar riego por aspersión, mientras que en cultivos anuales tales como maíz, papa y trigo no corresponde utilizar riego por goteo o micro aspersión. En cultivos hilerados como el maíz y papa, es posible usar el riego por surcos, mientas que en cultivos densos como el trigo o las praderas, normalmente, los métodos de riego recomendados son aspersión y tendido.

En cada caso de uso de riego, se ha considerado un valor de eficiencia (ver *Cuadro 33*), esto implica que las pérdidas sean mayores en la medida que se usan métodos de riego menos eficientes.

Por ejemplo, considerando la *Tabla A9* del *Anexo 17*, que se reproduce a continuación, para un huerto de paltos ubicado en la comuna de Cabildo, si se tiene un 30% de déficit en la aplicación de agua necesaria para mantenerle cultivo sin restricción hídrica, las pérdidas de rendimiento serían 6.277 kg/ha si se tiene riego por goteo, las cuales pueden aumentar a 12.554 kg/ha si solo se tiene riego por surcos. Esto debido a que, la aplicación de agua en forma artificial (riego) implica una cantidad adicional de agua a la demanda del cultivo. De esta manera, para el mismo ejemplo, si es la lluvia la forma de aplicación de agua las pérdidas serían de 5.649 kg/ha, ya que consideramos una eficiencia de 100%.

Tabla A9 (Anexo 17): Pérdidas de rendimiento en palto (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Cabildo

Especie: Palto	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	3.766	4.185	4.431	NC	8.370	7.533	12.554	10.761
30	5.649	6.277	6.646	NC	12.554	11.299	Totales	Totales
40	7.533	8.370	8.862	NC	Totales	15.065	Totales	Totales
50	9.416	10.462	11.077	NC	Totales	Totales	Totales	Totales
60	11.299	12.554	13.293	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, considerando la *Tabla A10* del *Anexo 17*, que se reproduce a continuación, para un huerto de paltos ubicado en la comuna de La Ligua, si se tiene un 20% de déficit en la aplicación de agua necesaria para mantener el cultivo sin restricción hídrica, las pérdidas de rendimiento serían 4.563 kg/ha si se tiene riego por goteo, las cuales pueden aumentar a 9.125 kg/ha si solo se tiene riego por surcos.

Tabla A10 (Anexo 17): Pérdidas de rendimiento en palto (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de La Ligua

Especie: Palto	Natural	Artificial

Déficit de agua (%)	Lluvia	Método de riego						
		Goteo	Microaspersión	Aspersión	Surcos		Tendido	
					Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	4.106	4.563	4.831	NC	9.125	8.213	13.688	11.732
30	6.159	6.844	7.246	NC	13.688	12.319	Totales	Totales
40	8.213	9.125	9.662	NC	Totales	16.425	Totales	Totales
50	10.266	11.406	12.077	NC	Totales	Totales	Totales	Totales
60	12.319	13.698	14.493	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Es necesario enfatizar que los valores presentados suponen que el efecto de la sequía se ha distribuido a través de todo el período de crecimiento del cultivo. Es decir, los resultados no representan si la sequía o falta de aplicación de agua ocurrió solo en una fase fenológica del cultivo. Sin embargo, los resultados sí integran el efecto de la falta de agua durante el período de floración.

Es así que, para esta primera aproximación, no ha sido posible separar el efecto que tendría la sequía en cada fase fenológica de las especies consideradas. No obstante lo anterior, los datos obtenidos servirán como referencia máxima para valorar el efecto de sequías en la fase de crecimiento vegetativo inicial o en la fase de maduración, donde su impacto es muy menor a cuando ocurre en período de floración o durante todo el ciclo de desarrollo, como es lo indicado en las *Tablas* del *Anexo 17*.

6.3 Estimación de la Pérdida de Ingreso de Productores

Una vez presentada la metodología para obtener los efectos sobre el rendimiento de diversas especies, en este apartado se procederá a determinar las pérdidas privadas a partir del fenómeno de restricción hídrica.

De acuerdo a la teoría económica, la determinación de las pérdidas privadas viene dada por la disminución neta de los excedentes del productor y del consumidor (excluyendo traspasos de un agente a otro) ante una disminución en la oferta, en este caso, de productos del agro. Una estimación por esta vía precisa conocer las respectivas funciones de oferta y demanda de mercado (ya sea en forma agregada, o para cada producto agropecuario afectado), las que en todo caso, para esta aplicación para la cuenca de La Ligua en la Región de Valparaíso, se desconocen.

Adicionalmente, la pérdida privada debe reconocer la "desinversión" especialmente en frutales, no así en cultivos anuales, consecuencia de la disminución de las hectáreas plantadas debido a la sequía[26].

Para suplir la falta de información respecto las funciones de oferta y demanda de mercado de productos agropecuarios, se valorizará la pérdida a partir de los nuevos rendimientos (con sequía)

[26] Es decir, ante una restricción hídrica, los productores prefieren regar una menor superficie de la plantada, no obstante esto implique perder parte de las plantaciones, pues de esta forma conservan, al menos, parte de su inversión.

valorados a los nuevos precios de mercado, es decir, se estimará el efecto en los ingresos de los productores, especificado por la ecuación:

$$IP = (1 + \partial p)*(1 + \partial q)* (P * Q)_{t-1} \qquad \textit{(Ecuación 3)}$$

Donde

IP:	Ingreso del Productor
P:	precio
Q:	cantidad
∂q y ∂p:	corresponden a la variación porcentual en la cantidad producida y en el precio obtenido.

Como es evidente, al tratar con valores pecuniarios, es necesario considerar que el resultado más probable sobre los precios locales a productor -debido a las restricciones hídricas- será al alza en una cuantía que dependerá de las elasticidades de oferta y demanda comprometidas.

En este sentido, la pérdida IP, será igual a la variación en los ingresos del productor determinada por la variación en el precio y en la cantidad, como señala la *ecuación 3*.

Nótese que dada la formulación anterior, en el caso que $\partial q < \partial p$ el ingreso de algunos productores, particularmente de aquellos que, a pesar de la sequía, logran producir, podría exhibir un incremento[27].

6.3.1 Análisis de Imágenes Satelitales

En las cuencas de La Ligua y Petorca, se realizó una observación desde la imagen satelital Google Earth de la superficie que presenta habilitación en las explotaciones agrícolas con regadío, las cuales fueron enmarcadas con línea verde en el SIG preparado al efecto (disponible en *Anexo 18: Plano 2 y Shape*, en CD) estableciendo polígonos. Estos se ubican formando un espacio a lo largo de los cauces principales con penetración en sectores de aporte de los cauces tributarios.

Sobre estos polígonos se contrastó el Catastro Frutícola, actualizado a 2011, utilizando diferentes colores para las especies frutales, descartándose aquellas especies que totalizaban una presencia inferior a 15 polígonos.

La composición del polígono, con agricultura de riego incluye:

- Terrenos plantados con frutales
- Terrenos con cultivos
- Terrenos preparados para siembra

[27] No obstante, de existir la posibilidad de aumento de los ingresos de los productores, debido a la sequía, la sociedad en su conjunto experimentará una pérdida social, por la disminución en la cantidad producida.

- Terrenos con suelos aledaños a los anteriores que están en barbecho, generalmente planos y que han sido sembrados habitualmente, aunque en la imagen no se presentan con labores agrícolas.

Los polígonos se encuentran con atributos de localización y superficie

Para estimar las pérdidas de frutales se observó visualmente el polígono del catastro y la existencia actual (2014) de la pérdida de árboles estimados en porcentaje por polígono. El área observada correspondió al total de los polígonos del catastro al sur de los cauces de los ríos Ligua y Petorca.

1. La superficie agrícola habilita con regadío en las tres comunas comprendida en ambas cuencas es de 23.500 há, pero deben establecerse las siguientes consideraciones:

   a) No toda esta superficie se logra regar cada año, pues hay un porcentaje de suelos en barbecho y en descanso, que se mantiene sin regadío, pero que se rotan al año siguiente (o que se plantan)

   b) Esta cifra debe ser necesariamente superior a lo computado en el censo agrícola 2007, por la entrada que han experimentado amplias áreas de plantaciones nuevas de grandes dimensiones en sectores tradicionalmente antes no cultivados (lomajes). Estas nuevas plantaciones están asimismo, mayoritariamente extrayendo sus recursos hídricos de fuentes subterráneas, no de los acuíferos tradicionalmente explotados, aledaños a los cauces.

   c) En las comunas de cabildo y Petorca, la superficie agrícola se presenta con plantaciones frutales en 65% en Cabildo y 54% en Petorca. En la ligua el porcentaje es de 43%, existiendo una gran proporción de cultivos de hortalizas, papas y chacarería, en el agroclima costero que en la comuna contiene las últimas secciones de las dos cuencas de los ríos.

2. Catastro Frutícola (CIRN/ODEPA)

   La superficie corresponde al catastro actualizado el año 2008. Contrastado con la superficie agrícola actual, se aprecia que han ocurrido los siguientes cambios:

   a) Existe un incremento en la superficie plantada de frutales, principalmente paltos, y secundariamente cítricos. Esto se aprecia al contrastar los polígonos 2008 con la imagen 2014. Este incremento se encuentra mayoritariamente en plantaciones nuevas en lomajes o sectores no tradicionales de cultivo.

      Esta nueva superficie no se midió por quedar fuera de los polígonos del catastro actualizado 2008, y corresponde a una combinación esencialmente de paltos y cítricos, muchas de las cuales son áreas de ampliación de proyectos de grandes dimensiones que presentaban el año 2008 el desarrollo de su primera parte.

   b) Las pérdidas observadas de árboles frutales se presentan mayoritariamente en paltos, aunque también se constató una baja ocurrencia en cítricos y nogales.

c) Las pérdidas observadas corresponden tanto a plantaciones antiguas como nuevas (1 a 2 años), presentándose en mayor grado, en plantaciones de menor tamaño (< 10 hectáreas).

d) Se ha supuesto que las pérdidas en paltos corresponden a insuficiencia del aporte hídrico del regadío, no obstante, en plantaciones más vieja pudiera existir, también, un factor sanitario.

e) El recurso hídrico de las plantaciones de menor dimensión (0,5 a 5 hectáreas), está en su mayor medida siendo provistos desde el cauce del río principal, sea desde canal o desde pozos y bombeo desde el acuífero libre que corre bajo su cauce.

   Se han mencionado en la prensa que existen muchas extracciones ilegales en las cuencas de Petorca y La Ligua, muchas de ellas precarias e insuficientes en tecnología para lograr extraer en las condiciones requeridas.

f) Las cifras observadas indican que se han perdido 1.119 hectáreas de un total de 9.307 hectáreas de palto que existían a la fecha del catastro. Estas pérdidas son mayores en La Ligua (22%9), Petorca (16,4%), en comparación a la Cabildo (5,1%)

La pérdida de superficie de los principales cultivos identificados en la zona de estudio, en el período 2008/2013, sería para cada cultivo, aproximadamente, el porcentaje que se presenta en el siguiente *Cuadro*:

Cuadro 34: Provincia de Petorca: Variación porcentual estimada en superficie cultivada (2008 - 2013)

Producto	Superficie en N° de hectáreas		Variación Porcentual (%)
	2011	2013	
Palta	9.307	8.110	-12,9
Naranja	884	883	-0,1
Limón	980	922	-5,9
Almendras	365	344	-5,6
Olivas	430	430	0,0
Subtotal	**11.967**	**10.691**	**-10,7**

Fuente: Elaboración propia en base a Catastro Frutícola 2011 de CIREN y observación de imágenes geo-referenciadas.

Cabe notar que, como es presumible, las especies frutales Almendros, Olivos, y vides, poseen una reconocida resistencia a la sequía. Esto se comprobó en el trabajo de análisis de imágenes

satelitales, lo cual se validó en visita a terreno del equipo de trabajo, efectuada en el marco de este estudio[28].

Para efectos de esta aproximación a las pérdidas privadas, la metodología se aplicará a los cultivos más relevantes, a saber: palto, naranjo, limón, almendras y olivas.

Es importante notar que el objetivo de este trabajo es proporcionar una herramienta de cálculo. Por tanto, cada criterio aplicado (por ejemplo, la selección de especies) puede ser modificado cada vez que se aplique el modelo.

6.3.2 Metodología para la Estimación de Pérdidas en Ingresos de Productores

La metodología de cálculo es la siguiente:

A. Organización de información para el cálculo.

La información se organizó en un archivo Excel, con el siguiente contenido:

i. Superficie del censo 2007 por especie, para usuarios y no usuarios de INDAP
ii. Superficie del catastro frutícola 2008 de CIREN/ODEPA, para contar con información frutícola más precisa (de hecho, el cálculo de realizó considerando sólo especies frutícolas).
iii. Estimación del impacto de la sequía sobre la superficie, a partir de la observación de imágenes satelitales.
iv. Modelos de estimación de efecto del déficit hídrico en el rendimiento de las especies consideradas.
v. Índice de oferta hídrica, para lo cual se utiliza como indicador la pluviometría anual y se supone que el 2007 puede considerarse un año normal de pluviometría.
vi. Precios de mercado mayorista y FOB para cada producto seleccionado para realizar el cálculo.
vii. Distribución de la producción de acuerdo al destino: mercado interno o exportación.

B. Forma de cálculo.

i. Se calcula la superficie actual, aplicando el porcentaje de pérdida que resultó de la observación de imágenes.
ii. Se calcula el efecto en rendimiento que genera para cada estrato de productores, la oferta hídrica representada por la pluviometría.
iii. A la superficie 2013 estimada, apara ambos tipos de productores, se aplicó el efecto en rendimiento para cada especie en cada comuna, que es causado por el déficit hídrico.

[28] En *Anexo 19: Minuta de Encuesta de Sequía Cuenca del Río Ligua*, se resume la información de terreno.

iv. Al efecto estimado en rendimiento de cada especie para cada tipo de agricultor, se valora al precio de exportación si tiene ese destino, o de mercado mayorista si tiene como destino el mercado interno.

v. El resultado obtenido se ordena por especie, por comuna, por tipo de producto y para el total de la provincia de Petorca.

vi. Finalmente, se valora el impacto asociado a la pérdida de superficie que podría atribuirse al cuadro de sequía persistente desde 2010 en adelante.

El cálculo del impacto consideró a las cinco especies frutícolas más relevantes en la provincia, esto es, paltos, naranjeros, limoneros, olivos y almendros. Desde luego, es posible incluir otras especies si existe información adecuada para ello.

Para el cómputo de las pérdidas, se consideran dos efectos, el primero guarda relación con la disminución de los rendimientos productivos resultados de la restricción hídrica (como se muestra en el Modelo Agronómico), y el segundo, se refiere a la disminución en la superficie plantada, que también es consecuencia de la disminución en la disponibilidad de agua (como se concluyó de la inspección de la zona.

Toda la información necesaria para los cálculos, se encuentra en el archivo Excel (Ver *Anexo 20: Memoria de Cálculo, en CD*), el cual, en pestañas denominadas Precios, Rendimiento Potencial y Real, y Superficie Productores, contiene los antecedentes necesarios para el desarrollo del algoritmo que informa sobre las pérdidas. La información se procesa y se obtienen los resultados de pérdidas que se resumen en las hojas nombradas Impacto Comuna e Impacto Especie.

6.3.3 Imposibilidad de Medir Efecto en Masa Ganadera

Las pérdidas estimadas en esta investigación, no incluyen el efecto de la sequía sobre la masa ganadera. En los sectores con clima mediterráneo, el volumen de la precipitación anual y las características de su distribución mensual y estacional, con un invierno lluvioso y un verano seco, condiciona el largo del período de crecimiento de una determinada localidad (Trumble, en Australia, ha definido esta relación entre evaporación y precipitación que determina el largo del periodo de crecimiento para plantas herbáceas).

En el caso de La Ligua y Petorca, un año normal (284 mm) el período de crecimiento, con humedad en el suelo, establecido por el balance de 1/3 de precipitación en relación a la evaporación, condiciona la longitud del período de crecimiento, que sería de cuatro meses. Por consiguiente, los cultivos de secano tendrán provisión suficiente para su crecimiento activo durante cuatro meses. Estos cultivo o pastos anuales, no tienen un mecanismo propiamente tal de resistencia a la sequía, por lo que su crecimiento activo se realiza en el período de humedad adecuada del suelo.

La composición de las praderas naturales en el sector mediterráneo está, básicamente, constituida de especies anuales de resiembra introducidas desde el sector mediterráneo euroasiático, las cuales se han adaptado a los sectores con precipitación típica, además de condiciones de fertilidad, retención de humedad y otras (Ovalle C, Avendaño J. Etienne, M Muñoz M, 1981a).

Acompaña asimismo a la pradera anual una asociación de especies perennes arbustivas y arbóreas que sí presentan mecanismos de resistencia al período de sequía estacional (verano). Ellas poseen mecanismos de profundidad de raíces y/o capacidad de retención de la humedad foliar, y proveen a esta pradera natural en todo el secano central con un recurso talajero complementario (Ovalle C, y Esquela F. 1996).

Este recurso arbustivo y arbóreo está constituido en el secano principalmente por acacia cademia y bachiaris y proveen el único forraje verde durante la época seca de verano. Esta constitución mixta de especies tiene una producción variable debido a diversos factores, tales como: fertilidad del suelo, tipo de suelo, largo de período de crecimiento, condición de la cubierta de especies presentes y, no presenta una relación directa con el volumen de precipitación anual. Solo en los sectores en que los demás factores mencionados se encuentran en óptimas condiciones, la pradera anual natural tiene una relación con el volumen anual de precipitaciones.

Por consiguiente, sectores de precipitaciones tan heterogéneas como por ejemplo, los lomajes de la cuenca del Aconcagua o Polpaico, con 300 mm de precipitación pueden tener producciones anuales de materia seca similares a áreas de lomaje de secano de la VII Región, como Cauquenes, Parral, entre otras. (Ovalle C, Avendaño J. Etienne, M Muñoz M, 1981b).

La masa ganadera de la comuna de Petorca, Cabildo y La Ligua, reportada en el censo del 2007, según especies, es la siguiente:

Cuadro 35: Número de ganado en comunas relevantes

Comuna/ganado	La Ligua	Cabildo	Petorca	Total
Bueyes	17	2	45	65
Toros	214	162	284	683
Novillos	427	143	262	839
Terneros	931	881	1.033	2.989
Terneras	718	898	1.086	2.923
Vaquillas	776	780	1.174	2.999
Vacas	2.443	2.283	3.303	8.564
Cabritos	14	320	615	949
Cabritas	67	1.615	2.619	4.301

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Censo Nacional Agropecuario 2007.

Debido a la gran desproporción productiva que se genera en estas comunas en relación a la producción de las praderas naturales de secano, y los probables recursos de los terrenos regados a

los que el ganado puede acceder, se hace muy difícil establecer cargas animales para los distintos sectores con praderas de secano naturales y/o riego. Por otra parte, la identificación de la masa ganadera del censo no está hecha respecto de los sectores de talajeo donde se alimenta y solo es posible discernirla a través de un examen exhaustivo del predio reportado en el censo, que lo consigna como propio.

Si bien se podría suponer que los caprinos y ovinos por su capacidad de procesar forrajes toscos y bajo consumo de agua, podrían ser consignados bajo alimentación proveniente de los sectores de secano.

En el caso de los bovinos, es muy difícil de establecer una relación de este tipo, si bien es posible suponer que en la época de crecimiento activo de los lomajes de secano estos pudieran aprovechar mediante talajeo directo algunos sectores de estas praderas. No se estima posible en estas comunas que, exclusivamente en pradera de secano, pueda mantenerse la masa de bovino.

Por consiguiente las masas de bovinos que el censo reporta están compuestas por grupos que tienen una parte importante de su período de mantención y producción dependientes de los recursos forrajeros de la agricultura de riego, sea por acceso a praderas de riego, forrajes, granos y/o residuos de cultivos.

Todo esto explica la dificultad existente para establecer la carga animal en los sectores de secano o de riego. Para ello sería necesario hacer un chequeo censal de los predios que reportaron ganado el año 2007 y establecer en esos predio la tendencia de acuerdo a las condiciones de sequia y la variación de las masas.

Cabe hacer notar que el año 2006 presentó una precipitación normal, por lo que podría inferirse que la masa representada en el censo del 2007, correspondería a una capacidad estable de soporte en las comunas.

La situación en el presente ha experimentado un cambio considerable ya que se han presentado tres años consecutivos con características de sequía (2011, 2012 y 2013), lo que representa una categoría de sequía persistente. Por otra parte, esto ha llevado a que en el curso de este trienio, se ha llegado declarar, la Provincia de Petorca, como Zona de Catástrofe a consecuencia de la sequía.

Todo lo anterior hace suponer que existe una elevada pérdida o disminución de la masa ganadera en las comunas de La Ligua, Petorca y Cabildo, pero cuyas dimensiones solo podrían ser establecidas por una metodología que contabilice las masas reportadas en el censo de 2007. En este contexto, no resulta factible una estimación responsable de las pérdidas de masa ganadera en la zona.

6.4 Estimación de Pérdidas en Ingresos de los Productores

Haciendo uso de la metodología explicitada, se obtiene un conjunto de resultados que permiten dimensionar el efecto que la sequía causó en los ingresos de los productores primarios y en los ingresos de otros actores que participan en actividades económicas hasta el mercado interno mayorista o hasta el mercado de exportación.

Los resultados obtenidos se presentan a continuación, en base a cuadros que pueden extraerse del archivo Excel.

La información puede desagregarse considerando los efectos estimados a nivel de cada comuna, diferenciando las principales especies y el tipo de agricultores definidos (usuarios INDAP y Otros Productores); también, por ejemplo, permite examinar la importancia relativa de cada especie en el impacto provocado por la sequía.

A continuación, se presenta la información de resultados mediante algunos *Cuadros*, tomados de la planilla de cálculo que forma parte del producto final de esta consultoría (ver *Anexo 20: Memoria de Cálculo*, disponible en CD).

De acuerdo a los antecedentes, la pérdida total se estima en $85.567 millones, equivalentes a US$171 millones (con un tipo de cambio de $500).

En el siguiente *Cuadro*, se muestra la pérdida para cada una de las comunas relevantes de la zona geográfica del estudio.

Cuadro 36: Pérdida Total por Comuna (Millones de $ de 2013)

Comuna	Pérdida	%
Cabildo	45.220	52,8
Petorca	27.625	32,3
La Ligua	12.722	14,9
Total	**85.567**	**100,0**

Fuente: Elaboración propia.

Se advierte que la comuna que experimenta la mayor pérdida es la de Cabildo, que representa casi el 53% de la pérdida total, Petorca representa alrededor de un tercio y La Ligua, un 15% del Total. Debe recordarse que el déficit hídrico es distinto en cada comuna analizada, por tanto, el efecto es también diferenciable.

Los resultados también pueden organizarse por especie, para identificar los rubros y productores más afectados por la escasez de recursos hídricos, tal como se presenta en el siguiente *Cuadro* donde se constata que las Paltas, son el cultivo que soporta, en las tres comunas consideradas y en razón de su alta superficie, la mayor proporción de las pérdidas.

Le sigue en importancia el cultivo de Cítricos (limones y naranjas):

Cuadro 37: Pérdida por Especie ($ y US$)

Especie	Comuna	Pérdida Comunal	Total Provincia		
			en $MM de 2013	en US$MM de 2013	% del Total
Palta	**Cabildo**	35.542	66.102	132	77,3
	Petorca	20.899			
	La Ligua	9.661			
Naranja	**Cabildo**	2.911	8.029	16	9,4
	Petorca	4.556			

	La Ligua	562			
Limón	**Cabildo**	5.071	9.327	19	10,9
	Petorca	2.115			
	La Ligua	2.141			
Olivas	**Cabildo**	22	247	0	0,3
	Petorca	17			
	La Ligua	208			
Almendras	**Cabildo**	1.673	1.861	4	2,2
	Petorca	38			
	La Ligua	150			
Total	**Cabildo**	**45.220**	**85.567**	**171**	**100,0**
	Petorca	**27.625**			
	La Ligua	**12.722**			

Fuente: Elaboración propia.

Este *Cuadro* permite conocer la estimación de pérdidas ocurridas en 2013, con motivo del déficit hídrico experimentado, para cada especie, desagregado por comuna.

Como se ha manifestado, el 77% del impacto se registra para los productores de paltos, por un monto del orden de US$132 millones. Los cítricos son las especies que explican otro 20% del impacto.

Otro resultado de interés es distinguir entre los efectos generados para los productores usuarios de INDAP y el de Otros Productores, esto es, agricultores medianos y grandes. Este cruce de información se presenta en el *Cuadro* siguiente. Un 14% del efecto total afecta a los agricultores que son del tipo Usuario de INDAP, mientras que el 86% restante es un impacto negativo recibido por otros actores económicos, especialmente productores grandes y medianos.

Los efectos de la sequía, de acuerdo a esta estimación afectan en forma alícuota a pequeños y grandes agricultores. Probablemente esto no es así, pero la información disponible no permite hacer un cálculo más preciso al respecto.

Cuadro 38: Pérdida por Tipo de Productor (Millones de $ de 2013)

Especie	Usuario INDAP	Otros Productores
Palta	11.124	54.978
Naranja	13	8.017
Limón	807	8.521
Almendras	0	1.861
Olivas	31	216
subtotal	**11.974**	**73.592**
% por tipo de agricultor	**14**	**86**
TOTAL	**85.567**	

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se presenta un *Cuadro* comprensivo, que reúne los resultados obtenidos con distintos criterios de desagregación, esto es, de acuerdo al tipo de productor, a la especie en que se genera el impacto, a la comuna donde se localizan los productores, y al tipo de impacto que se está midiendo.

Cabe notar que el 58% de impacto se explica por la disminución en la actividad exportadora, incluyendo la producción primaria y las actividades que ocurren hasta el embarque de las mercaderías. Otro 24% puede atribuirse a las pérdidas de ingresos de agricultores que destinan su producción al mercado interno junto a los actores económicos que operan hasta colocar la fruta en los mercados mayoristas.

Es importante notar la ausencia de estadísticas de precios necesarias para realizar este tipo de cálculo: no existen series de precios a nivel productor, lo que obliga a utilizar como *proxy* los precios de mercados mayoristas que no son los que recibe un productor. Lo mismo ocurre respecto al mercado de exportación, donde los precios al productor permanecen en el más completo desconocimiento.

Cuadro 39: Pérdida por Tipo de Productor, por Especie y por Comuna

Tipo de impacto	Pérdida en Mercado Exportación (MM$)	
Cabildo		
producto	usuarios indap	resto
palta	2.935	22.329
naranja	3	1.770
limón	216	1.977
almendras	0	1.148
olivas	0	0
subtotal	3.154	27.224
Petorca		
producto	usuarios indap	resto
palta	1.992	10.240
naranja	5	2.764
limón	43	825
almendras	0	29
olivas	0	0
subtotal	2.040	13.858
La Ligua		
producto	usuarios indap	resto
palta	769	1.299
naranja	0	342
limón	95	911
almendras	0	112
olivas	0	0
subtotal	864	2.664
Total		
producto	usuarios indap	resto
palta	5.695	33.868
naranja	8	4.876
limón	354	3.713
almendras	0	1.289
olivas	0	0
subtotal	6.057	43.746
% por tipo de agricultor	12	88
TOTAL GENERAL	49.804	

Tipo de impacto	Pérdida en Mercado Interno (MM$)	
Cabildo		
producto	usuarios indap	resto
palta	892	6.783
naranja	2	1.137
limón	244	2.231
almendras	0	382
olivas	1	21
subtotal	1.138	10.554
Petorca		
producto	usuarios indap	resto
palta	605	3.111
naranja	3	1.775
limón	48	931
almendras	0	10
olivas	10	8
subtotal	666	5.835
La Ligua		
producto	usuarios indap	resto
palta	234	395
naranja	0	220
limón	107	1.028
almendras	0	37
olivas	21	187
subtotal	362	1.867
Total		
producto	usuarios indap	resto
palta	1.730	10.289
naranja	5	3.132
limón	400	4.190
almendras	0	429
olivas	31	216
subtotal	2.166	18.256
% por tipo de agricultor	11	89
TOTAL	20.421	

Tipo de impacto	Pérdida por Efecto Superficie (MM$)	
Cabildo		
producto	usuarios indap	resto
palta	302	2.301
naranja	0	0
limón	40	364
almendras	0	143
olivas	0	0
subtotal	342	2.808
Petorca		
producto	usuarios indap	resto
palta	806	4.145
naranja	0	9
limón	13	253
almendras	0	0
olivas	0	0
subtotal	819	4.407
La Ligua		
producto	usuarios indap	resto
palta	2.590	4.375
naranja	0	0
limón	0	0
almendras	0	0
olivas	0	0
subtotal	2.590	4.375
Total		
producto	usuarios indap	resto
palta	3.698	10.821
naranja	0	9
limón	53	618
almendras	0	143
olivas	0	0
subtotal	3.751	11.590
% por tipo de agricultor	24	76
TOTAL	15.342	

Tipo de impacto	Pérdida Total Estimada (MM$)	
Cabildo		
producto	usuarios indap	resto
palta	4.129	31.413
naranja	5	2.907
limón	499	4.572
almendras	0	1.673
olivas	1	21
subtotal	4.633	40.586
Petorca		
producto	usuarios indap	resto
palta	3.403	17.496
naranja	8	4.548
limón	105	2.010
almendras	0	38
olivas	10	8
subtotal	3.525	24.100
La Ligua		
producto	usuarios indap	resto
palta	3.592	6.069
naranja	0	562
limón	203	1.939
almendras	0	150
olivas	21	187
subtotal	3.816	8.906
Total		
producto	usuarios indap	resto
palta	11.124	54.978
naranja	13	8.017
limón	807	8.521
almendras	0	1.861
olivas	31	216
subtotal	11.974	73.592
% por tipo de agricultor	14	86
TOTAL	85.567	

Fuente: Elaboración propia.

7. ESTIMACIÓN DEL GASTO PÚBLICO POR SEQUÍAS

A objeto de estimar el gasto público destinado a prevenir, mitigar y compensar los impactos de la sequía, se desarrolló un proceso de entrevistas con profesionales de aquellos Servicios del Sector Púbico que realizaron gastos de recursos para enfrentar sequías entre 2008 y 2013. De esta forma se obtuvo información de INDAP que entregó en detalle la información de lo gastado, al igual que la DOH, SAG y CNR (que sólo tuvo concursos de emergencia en 2008). De acuerdo a lo informado por la DGA en entrevista sostenida con la Dirección Regional de la V Región, la DGA no cuenta con recursos para asignar en períodos de emergencia de Sequías, solo funcionan con su presupuesto normal de operaciones.

Se solicitó información a la Gobernación de Petorca sobre los gastos incurridos en sequía en el período del estudio, sin recibirse respuesta sobre las solicitudes. En vista de lo anterior se analizó con el encargado de sector rural y encargado de sequías de la Municipalidad de La Ligua, quienes junto con sus pares de las demás comunas, formulan la demanda de apoyo a la Gobernación de Petorca, principalmente en agua para los APR sin agua en sus fuentes de abastecimiento.

El gasto público total registrado en el período 2008- 2013, en pesos del año 2013, alcanzó los $18.539 millones. Las instituciones más destacadas en la ejecución de programas de emergencia son la DOH, con un 76% del gasto principalmente en proyectos de APR ($11.794 millones) y de riego ($2.333 millones).

En importancia relativa, sigue la Gobernación con una cifra estimada de $2.060 millones; luego se ubica INDAP, aportando $1.879 millones en distintos programas de emergencia.

Dado que se obtuvo la mayoría de la información, referente a gasto público, directamente con las fuentes, se estima que los valores generados ofrecen una adecuada representación de lo gastado por el Estado en sequía para las comunas de Petorca, Cabildo y La Ligua entre 2008 y 2013.

En los siguientes *Cuadros*, se presenta la información resumida de los gastos realizados.

Cuadro 40: Gastos en Emergencia realizados en tres comunas de la Provincia de Petorca ($ de 2013)

Año	Comuna	Institución							
		INDAP		SAG	DOH		Gobernación	CNR	MINAGRI
		Distintas medidas Emergencia	Traspaso de Recuperación de Suelos Degradados	Traspaso de Recuperación de Suelos Degradados	Emergencias Sequías en APR	Emergencias Sistemas de Riego	Pago servicios ante falta de agua en APR y casas aisladas	Concursos especiales por emergencias, Ley 18450	Bono Plan Sequia*
2008	Cabildo	169.232.156		1.812.667	56.822.310		Solicitada sin respuesta, valor obtenido en entrevistas a Municipalidades.	22.342.331	
	La Ligua	645.528.459		6.077.394	497.753.837	186.018.783		95.166.306	
	Petorca	356.470.941		9.816.237	72.902.495	975.108.741		20.794.607	
2009	Cabildo	0	0	849.799,563	152239312			0	
	La Ligua	0	0	1.359.679,301	449665814,7			0	
	Petorca	0	0	54.51.656,497	335886538			0	
2010	Cabildo	0	0	0	4905047,983			0	
	La Ligua	0	0	0	29535725,56			0	
	Petorca	10084728,13	0	0	2868783,101			0	
2011	Cabildo	42.042.745	478.798	0	1.025.809.804			0	
	La Ligua	65.705.687	159.599	0	1.031.932.040			0	
	Petorca	33.958.534	3.178.082	0	1.095.578.884	281.783.755		0	
2012	Cabildo	41.569.857	298.014	0	656.799.781			0	
	La Ligua	73.854.032	160.680	0	2.615.722.173	246.614.337		0	
	Petorca	60.468.785	160.680	0	1.104.972.696	393.821.015		0	
2013	Cabildo	87.499.412	791.529	0	1.266.757.860			0	
	La Ligua	196.319.421	2.849.500	0	1.158.231.910	121.334.000		0	
	Petorca	102.518.917	4.531.679	0	236.467.400	129.046.640		0	298.061.400
SUBTOTAL		**1.885.253.673**	**12.608.562**	**25.367.433**	**11.794.852.411**	**2.333.727.271**	**2.060.000.000**	**138.303.243**	**298.061.400**
TOTAL POR INSTITUCION		**1.897.862.235**		**25.367.433**	**14.128.579.682**		**2.060.000.000**	**138.303.243**	**298.061.400**
(%)		**10,2**		**0,14**	**76,2**		**11,1**	**0,75**	**1,56**

Fuente: Elaboración propia.

* Consiste en $40.000 por familia + $7.500 por cada integrante familiar que esté inscrito en la Ficha de Protección Social. Se benefició a 4.368 familias y se calculó un promedio de 3,5 integrantes por familia, según datos del INE.

Gasto INDAP

Cuadro 41: Gasto INDAP ($ de 2013)

Año	Comuna	Gastos en Emergencia					Gastos en Traspaso de Recuperación de Suelos Degradados
		Emergencias	Siniestralidad agrícola	Obras menores de riego	Compensación por emergencia	TOTAL	
2008	Cabildo	42.273.011	9.545.036	117.414.108	-	169.232.156	
	La Ligua	104.449.072	38.522.877	502.556.510	-	645.528.459	
	Petorca	80.169.206	80.487.010	195.814.726	-	356.470.941	
2009	Cabildo	-	-	-	-	-	
	La Ligua	-	-	-	-	-	
	Petorca	-	-	-	-	-	
2010	Cabildo	-	-	-	-	-	
	La Ligua	-	-	-	-	-	
	Petorca	-	-	10.084.728	-	10.084.728	
2011	Cabildo	42.042.745	-	-	-	42.042.745	478.798
	La Ligua	65.705.687	-	-	-	65.705.687	159.599
	Petorca	33.958.534	-	-	-	33.958.534	3.178.082
2012	Cabildo	299.570	-	21.824.918	19.445.370	41.569.857	298.014
	La Ligua	7.440.054	-	27.941.418	38.472.560	73.854.032	160.680
	Petorca	29.835.390	-	8.783.490	21.849.905	60.468.785	160.680
2013	Cabildo	-	-	-	87.499.412	87.499.412	791.529
	La Ligua	-	-	-	196.319.421	196.319.421	2.849.500
	Petorca	-	-	-	102.518.917	102.518.917	4.531.679
TOTAL		**406.173.268**	**128.554.923**	**884.419.898**	**466.105.585**	**1.885.253.673**	**12.608.562**

Fuente Elaboración propia en base a información INDAP.

Gasto CNR

La CNR solo realizó concurso de emergencia para sequía para 2008 en la Provincia de Petorca. En total se bonificaron 12 proyectos correspondientes a los concursos de emergencia por sequía por la Ley 18.450.

Cuadro 42: Concursos de emergencia Ley N° 18.450 por sequía 2008, por comuna. Provincia de Petorca, periodo 2007-2013($ de 2013)

	Comuna	N° proyectos	Bonificación $	Beneficiarios	Superficie tecnificada	Superficie nuevo riego
20-2008	La Ligua	3	18.098.047	3	0	12
	Petorca	4	20.794.607	5	0	20
21-2008	Cabildo	2	22.342.331	7	3	3
	La Ligua	3	77.068.258	34	29	13
TOTAL		**12**	**138.303.243**	**49**	**32**	**48**

Fuente: Elaboración propia sobre la base de CNR.

Gasto DOH

Cuadro 43: Inversión emergencia en APR 2013 Provincia de Petorca (miles $ de 2013)

Año	Comuna	Gastos Emergencia sistemas riego		Gastos Emergencia sistemas APR		
		Construcción Alimentación Canales	Inversión	Sistemas APR	Inversión	Total
2008	Cabildo	----	-	2 obras	56.822,3	56.822
	La Ligua	7 obras	186.018,8	4 obras	497.753,8	683.773
	Petorca	26 obras	975.108,7	2 obras	72.902,5	1.048.011
2009	Cabildo	----	-	1 obra		152.239
	La Ligua	----	-	4 obras		449.666
	Petorca	----	-	3 obras		335.887
2010	Cabildo	----	-	1 obras		4.905
	La Ligua	----	-	3 obras		29.536
	Petorca	----	-	1 obras		2.869
2011	Cabildo	----	-	12 obras	1.025.809,8	1.025.810
	La Ligua	-----	-	8 obras	1.031.932,0	1.031.932
	Petorca	1 obra	281.783,8	6 obras	1.095.578,9	1.377.363
2012	Cabildo	-----	-	5 obras	656.799,8	656.800
	La Ligua	Habilitación 10 pozos	246.614,3	11 obras	2.615.722,2	2.862.337
	Petorca	habilitación 15 pozos	393.821,0	5 obras	1.104.972,7	1.498.794
2013	Cabildo		-	7 obras	1.266.757,9	1.266.758
	La Ligua	Habilitación 4 pozos	121.334,0	9 obras	1.158.231,9	1.279.566
	Petorca	Habilitación 5 pozos	129.046,6	4 obras	236.467,4	365.514
TOTAL						**14.128.580**

Fuente: Elaboración propia sobre la base de DOH.

Gasto SAG

Cuadro 44: Gastos SAG / SIRSD 2008. Provincia de Petorca ($ de 2013)

	Comuna	Práctica o Labor	Folios	Prácticas	Hectáreas	Unidades	Bonificación	Superficie pagada
2008	Petorca	Noria de emergencia 10 m de profundidad (unidad)	2	2	3,17	2	3.625.334	3,17
2008	Petorca	Sistema de Distribución de agua (plansa) (m lineal)	2	2	4,75	900	576.705	4,75
2008	Petorca	Abrevadero de emergencia (unidad)	2	2	3,17	2	282.410	3,17
2008	Petorca	Profundización o limpieza de pozo (m)	6	6	9,37	55	5.331.787	9,37
2008	La Ligua	Noria de emergencia 10 m de profundidad (unidad)	3	3	354,95	3	5.069.531	354,95
2008	La Ligua	Sistema de Distribución de agua (plansa) (m lineal)	1	1	0,35	60	38.447	0,35
2008	La Ligua	Profundización o limpieza de pozo (m)	1	1	0,18	10	969.416	0,18
2008	Cabildo	Noria de emergencia 10 m de profundidad (unidad)	1	1	0,60	1	1.812.667	0,60
2009	Petorca	Abrevadero de emergencia (unidad)	2	3	34,90	3	405.682	34,90
2009	Petorca	Noria de emergencia 10 m de profundidad (unidad)	2	2	1,72	2	3.450.735	1,72
2009	Petorca	Profundización o limpieza de pozo (m)	1	1	1,00	8	738.986	1,00
2009	Petorca	Sistema de Distribución de agua (plansa) (m lineal)	1	1	6,00	2.200	1.330.547	6,00
2009	La Ligua	Noria de emergencia 10 m de profundidad (unidad)	1	1	0,54	1	1.725.368	0,54
2009	La Ligua	Profundización o limpieza de pozo (m)	1	1	0,50	6	554.239	0,50
2009	Cabildo	Profundización o limpieza de pozo (m)	1	1	3,00	10	923.732	3,00
						Total año 2008	**26.835.588**	

Fuente: Elaboración propia sobre la base de SAG.

8. DESARROLLO PLAN DE ACCIÓN

En este apartado, se presenta un conjunto de recomendaciones -a partir de la revisión bibliográfica, nacional y extranjera, como también, de las entrevistas a productores y profesionales del sector público-, para la elaboración de un Plan de Acción orientado a abordar de manera integral y coordinada, los fenómenos e impactos derivados de las restricciones hídricas que afectan al sector silvoagropecuario. Estas propuestas enfatizan aquellas acciones que deberían ser tomadas por la autoridad, complementarias al conjunto de programas y proyectos ya en ejecución por distintas instituciones, los cuales fueron analizados en este documento.

Con el objeto de clasificar estas medidas, en el *Cuadro 45* al final de esta sección se consideran medidas de emergencias, tácticas, estratégicas y transversal, desagregadas en corto, mediano y largo plazo, y según su orientación por estrato de productor.

ii) Incorporar criterios objetivos para permitir que parte de las decisiones de declaraciones de Emergencia Agrícola sean tomadas a nivel regional, sin necesariamente venir a Santiago para ser resueltas por el Ministro. Por otro lado, se aprecia en la promulgación de la Emergencia Agrícola tres niveles de toma de decisiones (SEREMI, Intendente y Ministro) con las respectivas consultas a sus comisiones asesoras. Si bien resulta necesario la interacción con todos los organismos públicos involucrados en aportar a las soluciones, el proceso es largo y demasiado centralizado. Entre 2008 y 2013 hubo 437 Declaraciones de Emergencia Agrícola, de las cuales, 16 correspondieron a la Región Metropolitana. Sin embargo, los criterios para alimentar las decisiones no están explicitados ni definidos en los documentos legales de respaldo al proceso (ORD 81), a diferencia de la declaración de Escasez Hídrica. No obstante, los informes agrometeorológicos del INIA emplean indicadores e información integrada en sus reportes mensuales, dado que se ha generado para el sector agrícola una serie de indicadores de sequía.

iii) Incorporar lineamientos respecto a establecer diferencias entre sequía, aridización y desertificación y las estrategias diferentes que se requieren para cada uno de ellos. Dada la información proyectada de aceptación creciente en el país, se prevé una mayor recurrencia a la carencia hídrica, donde los eventos no debieran ser concebidos como emergencias sino como parte de programas de acción permanentes, promoviendo una cultura de adaptación de productores y organismos públicos.

iv) Mejorar la información disponible en poder de la DGA, respecto a la propiedad de las agua. En relación a capacidad institucional, la DGA no cuenta con todos los antecedentes de propiedad de agua de los usuarios, dado que los registros de transacciones de derechos de agua que se realizan en los Conservadores de Bienes Raíces no siempre son remitidos de vuelta a la DGA, situación que impide una adecuada fiscalización sobre extracciones legales, entre otros aspectos. Existen importantes cantidades de usos consuetudinarios indeterminados y no registrados, lo que dificulta realizar balances de uso con certeza. La DGA estima que de 350 mil derechos de agua legítimos, 70 mil se encuentran inscritos.

v) Promover la creación de Juntas de Vigilancia, que son organizaciones de usuarios que aprovechan aguas de una misma corriente superficial con el fin de administrar y distribuir las aguas sobre cuyos miembros tengan derechos, explotar y conservar las obras de

aprovechamiento común. Como sus atribuciones giran en torno a los cauces naturales, también tienen funciones como la declaración de escasez de los recursos, y pueden reasignar las aguas según lo estime su directorio.

vi) Incentivar la constitución de Comunidades de Agua Subterránea, especialmente en aquellas cuencas donde existe alta presión de uso como son las cuencas de La Ligua y Petorca. La última reforma al Código de Aguas incorporó la creación de Comunidades de Agua Subterránea, cuyas funciones permiten asegurar un mejor uso de las aguas del acuífero compartido por varios usuarios, tales como:

- Instalar y operar un programa de control de extracciones realizadas en el sector acuífero.
- Fiscalizar la obligatoriedad de cada titular de derecho de aprovechamiento de aguas de instalar un sistema de control de extracciones.
- Llevar un registro oportuno y sistemático de los caudales y volúmenes y niveles dinámicos de cada extracción.
- Llevar un Registro de Titulares de Derechos de Aprovechamiento de Aguas Subterráneas actualizado, que permita llevar un control de sus comuneros para la organización y poder informar a la DGA y así mantener el Inventario Público de Extracciones del Catastro Público de Aguas.
- Regular la explotación del acuífero, para evitar su sobreexplotación, aplicando
- Conocimiento de la sustentabilidad del acuífero.
- Estudiar e implementar técnicas que permitan la recarga artificial del acuífero. El artículo 66 inciso 2 del Código de Aguas indica que quien ejecute obras para la recarga de artificial de acuíferos tendrá la preferencia para que se le constituya un derecho de aprovechamiento provisional sobre las aguas subterráneas derivadas de tales obras.
- Prevenir impactos ambientales negativos, especialmente la disminución de la cantidad y calidad de sus aguas.
- Postulación a: instrumentos de fomento, innovación tecnológica, Infraestructura y tecnología de riego, instrumentos financieros, subsidios, fondos de transferencia tecnológica.

vii) Mejorar la sensibilización de la ciudadanía con respecto a la sequía, así como su preparación para enfrentar esta eventualidad.

viii) La estructura institucional que presenta el país para enfrentar las sequías en las últimas décadas está principalmente orientada a responder a las emergencias. No obstante el MINAGRI está realizando un giro en la concepción de la crisis orientándola hacia gestión del riesgo, para lo cual ha ido construyendo capacidad profesional en torno al establecimiento de la UNEA. Pero resulta sintomático que se mantengan las figuras de comisiones asesoras para administrar las variabilidades climáticas, de las cuales hay cada vez más acuerdo que la tendencia es en Chile Norte y Centro Sur hacia la disminución en oferta hídrica. La figura de mayor nivel jerárquico en el Gobierno es la Comisión Asesora

Presidencial para la Sequía, cuya presidencia corresponde al Subsecretario de Interior y donde parte de las funciones propositivas de actualizaciones legales se mantienen en latencia, focalizando parte de sus actividades en las coordinaciones a alto nivel para dar respuestas a emergencias. El funcionamiento de la Comisión Presidencial se realiza bajo instancias de reuniones sin contar con una institucionalidad que permita asegurar que las funciones para las que fue creada pueda materializarse.

ix) Mejorar la estructura institucional para abordar la sequía. En efecto, en la actualidad coexisten dos líneas estructurales diferentes para declarar las emergencias. Por un lado desde la escasez de agua en precipitaciones y escorrentías; y por otro, desde la mirada agrícola, ambas líneas conducen a distintas declaraciones de emergencia y a distintos organismos públicos para responder a las necesidades, generándose un abanico amplio de instituciones actuando sobre mismos territorios. La institucionalidad aparece fragmentada y con diferentes políticas sectoriales inconexas donde las respuestas hacia los usuarios afectados se realizan proporcionando respuestas con disimiles criterios. Incluso un mismo territorio presenta un tipo de declaración y no el otro[29], inhabilitando a los usuarios a recibir ayuda integral de sus necesidades. Esta situación no contribuye a mejorar la vulnerabilidad de poblaciones afectadas, sino que genera incertidumbre.

x) Establecer prioridades en el uso de agua. Uno de los apoyos de emergencia relevantes que se realizan en sequías es la provisión de agua para la población, mayoritariamente rural, que se abastece de sistemas APR, la falla del abastecimiento dice relación con la mayor profundidad que la napa presenta producto del descenso del nivel freático debido a la explotación intensiva para la agricultura o en otros casos debido a escasos o nulos caudales superficiales disponibles. El actual Código de Aguas no contempla prioridades en los usos del agua, aspecto que debiera analizarse. La Guía para la Gestión de Sequía (Comisión Europea, sin fecha), propone como "primera prioridad: asegurar el suministro adecuado de agua de uso doméstico para asegurar la salud pública, la seguridad y el bienestar" y como "segunda prioridad: Minimizar los efectos adversos de la sequía sobre la economía, el medio ambiente y el bienestar social". Además, la Asamblea General de Naciones Unidas *"reconoce que el derecho al agua potable y el saneamiento es un derecho humano esencial para el pleno disfrute de la vida y de todos los derechos humanos*[30]*"*. Este aspecto legal requiere actualización en Chile con el fin de asegurar el agua potable para la población, sobre todo considerando que el volumen de agua para consumo humano es muy bajo en relación a uso agrícola por ejemplo, en río Petorca el 92% se usa en riego y un 3% en agua potable[31]. Esta asignación es similar en el río Ligua.

xi) Mejorar el sistema de información agropecuario. La propuesta se desagrega en dos ámbitos, por un lado, en lo que tiene que ver con información coyuntural, como establecer series de destinos de la producción, precios, considerando que no siempre la información de

---

[29] 15 comunas en Coquimbo 2012 (Núñez 2013)

[30] 64/92 El derecho humano al agua y saneamiento. Resolución aprobada por la Asamblea General de Naciones Unidas el 28 de julio de 2010 y en Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales aprobó su Observación general N° 15 sobre el derecho al agua,

[31] Estudio Diagnóstico de los Recursos Subterráneos en el Sistema Hídrico Ligua y Petorca–DGA, 2011.

ODEPA satisface los requerimientos de antecedentes estadísticos. Por otro lado, la dinámica de los mercados, las condiciones de la tecnología, las políticas de apoyo, entre otras, son dimensiones que varían en plazos bastante inferiores a los períodos en los que se levanta un censo (actualmente cada 10 años), razón por la que aparece como razonable profundizar el levantamiento de estadísticas continuas para la actualización del censo.

xii) Elaboración de iniciativas tendientes al desarrollo de indicadores integrados de la diferente información e indicadores parciales de sequía, de manera de poder entregar información más precisa sobre el estado de las sequías y para lapsos de tiempos más breves que los informes mensuales, por ejemplo, a nivel semanal, como se realiza en el seguimiento de sequías en EEUU, y que se presenta en el U.S. Drought Monitor. El seguimiento que se realiza en este monitoreo de sequía se basa en información climática, hidrológica, condiciones del suelo y observaciones repartidas en todo el territorio del estado vegetacional, permite desarrollar índices compuestos y generar mapas de sequía semanales de amplia disponibilidad.

Respecto al Monitoreo de sequías. Los informes mensuales que elabora el INIA a nivel regional, denominados "Boletín Nacional de Análisis de Riesgos Agroclimáticos para las Principales Especies Frutales y Cultivos". Este informe entrega diagnósticos y a análisis del comportamiento de las principales variables climáticas incidentes en la producción agropecuaria, orientado a la toma de decisiones de autoridades y profesionales del sector agrícola relativas a los riesgos climáticos sobre la agricultura. Los elementos que se emplean para el seguimiento permanente de la variabilidad climática son: temperaturas máximas y mínimas, precipitaciones acumuladas y mensuales, variación de la cobertura vegetacional, caudales en cauces principales, variaciones de nivel de agua en los pozos, además, se emplea resultados de modelos que realizan proyecciones sobre ocurrencias del fenómeno ENSO y sus implicancias en disponibilidad de agua o sequía. El informe se elabora en base a datos meteorológicos disponibles, experiencia de INIA y otras instituciones de información de imágenes satelitales -disponibles en el Instituto IRI de la Universidad de Columbia-, muestran la cobertura vegetal. La información generada sirve también de insumo para la toma de decisiones de los SEREMIS de Agricultura en las recomendaciones de declaraciones de zonas de emergencia agrícola. Dado que los distintos indicadores de sequía presentan ventajas y limitaciones, como por ejemplo el NDVI no es un buen estimador de stress hídrico, siendo, sin embargo, bueno en casos extremos (sequías muy intensas) y sin interferencia entre especies, por otro lado, las precipitaciones por si solas no representan el estado agrícola.

xiii) Necesidad de desarrollar la organización para la gestión y manejo del recurso hídrico con un respaldo legal. Parece de gran interés integrar los esfuerzos para el conocimiento de los recursos hídricos de una cuenca ya que este es singular y específico en cada cuenca. El intercambio de esta información entre los usuarios es esencial para derivar la las instancias de gestión en diversos planos del recurso hídrico. Se propone darle respaldo legal a un autoridad de cuenca que mantenga a los menos las siguientes funciones:

1. Generación, clasificación y centralización de la información hídrica de la cuenca representada por:

a) recursos nivales a tres niveles distintos de altitud

b) recurso del caudal superficial, en cabecera de los ríos principales

c) requerir ortos aforos de caudal en otras secciones a otros agentes

d) conocer los derechos existentes otorgados superficiales por sección. Ídem provisionales

e) derechos de extracción subterráneos otorgados. Ídem provisionales

f) redes de canalización y embalses

g) usuarios según tamaño y tipos de uso

2. Realizar actividades respecto del recurso hídrico en contingencia y en emergencias con acuerdo de usuarios y autoridad (sequía)

3. Requerimientos a la autoridad sobre la regulación y fiscalización

4. Realizar respecto del manejo de recurso, equipo, obras y servicios en una cuenca

5. Convocar a sesiones de información y discusión de la temática hídrica para lograr acuerdo de los usuarios.

Cabe señalar que un sistema similar a éste se encuentra en operación en países como España, que tiene las mismas características de déficit hídrico estacional y periódico, por lo que se recomienda específicamente observar su funcionamiento.

xiv) Incluir elementos que permitan hacer la gestión del agua más sostenible, dada la falta información sobre las aguas subterráneas y conocimiento suficiente sobre su funcionamiento, en particular, su interacción con las aguas superficiales; los catastros de pozos se encuentran incompletos, en general, no existen sistemas de información vinculados a la medición y monitoreo de acuíferos para estimar extracciones de agua subterránea, estas carencias son limitantes relevantes para controlar y administrar los acuíferos.

xv) Apoyo de las agencias públicas, tanto en la regularización de derechos, como de tecnología, para el estrato de productores de menor tamaño. Ante la gran presión producida por el incremento en la superficie en ambas cuencas, el recurso hídrico está en una situación crítica, y en muchos casos en disputa.

La composición de los estratos de tamaño de las plantaciones indica que existe una gran proporción de plantaciones pequeñas ubicadas en el tramo (0,5 a 5 hectáreas) que en su mayoría extraen el recurso hídrico desde el cauce de los ríos principales algunos de ellos con derechos bien establecidos y regularizados y otros en precaria condición.
Por otra parte también la tecnología de extracción y conducción y riego, tendría un amplio margen de mejoramiento en dichos estratos.

xvi) Construcción de pequeñas obras de acumulación de agua de lluvia o de aguas superficiales propias (sobre todo cuando se tiene sistemas de turnos y no se puede ocupar toda, el día que dispone del agua).

xvii) Uso de técnicas de manejo del suelo que permitan aumentar la velocidad de infiltración del agua, disminución del escurrimiento superficial (sobre todo en terrenos con fuerte pendiente) y aumento de la capacidad de retención de humedad. Por ejemplo:

- Uso de cero o mínima labranza.
- Pasada de subsolador, y en el caso de suelos con pendiente marcada, en dirección perpendicular a ésta o en curvas de nivel.
- Uso de residuos sobre la superficie del suelo (hojarasca, paja).
- Aumento del contenido de materia orgánica del suelo (por ejemplo, incorporación de residuos vegetales cada cierto número de años).
- En algunas especies de frutales, construcción de doble taza.
- En suelos con pendiente fuerte no plantar en camellones en dirección de la pendiente. La plantación en camellones en dirección de la pendiente, es una muy mala práctica que se ha usado en los últimos años sobre todo en plantaciones de paltos. Las plantaciones de frutales en terrenos con fuerte pendiente deben ser hechas, con o sin camellones, en curvas de nivel. Asimismo, puede plantarse en terrazas.
- Debe controlarse las malezas.
- En cultivos anuales deben usarse variedades de corto período de desarrollo.
- Regar de noche si es posible.
- Cuando se dispone de agua, dar riegos profundos.

Finalmente, se recomienda la validación del modelo propuesto, extenderlo en su aplicación en todas las cuencas que tengan amenaza de déficit hídrico. En base al modelo, establecer escenarios alternativos de déficit hídricos y estimar las potenciales pérdidas privadas y públicas en cada uno de ellos. Esta información se debe hacer llegar a las instancias donde se resuelven los problemas derivados de restricciones hídricas.

En el siguiente *Cuadro*, se presenta un resumen de las medidas propuestas:

Cuadro 45: Resumen medidas del Plan de Acción

Tipo de Medida	Segmento					
	Pequeño Productor			Otros Productores		
	Plazo					
	CP	MP	LP	CP	MP	LP
Emergencia		ix;	xi		ix;	xi
Táctica	i, xiv; xv;	iii; iv; v; xvii	vii; viii		iii; xvii	vii; viii
Estratégica	xvi		x; xii	xvi		x; xii
Transversal	xiii	ii	iv, v; vi	xiii	ii	iiv; v; vi

Fuente: Elaboración propia.

REFERENCIAS

- IPCC (2013). "Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change" [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [en línea] https://www.ipcc-wg1.unibe.ch/publications/wg1-ar4/ar4-wg1-spm.pdf
- Universidad de Chile (2006). "Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI". Informe Final. Departamento de geofísica. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- Meza, L. *et al* (2010). "Gestión del Riesgo de Sequía y otros eventos climáticos extremos en Chile. Estudio Piloto sobre la Vulnerabilidad y la Gestión Local del Riesgo FAO. 128P.
- FIA (2010). "El Cambio Climático en el Sector Silvoagropecuario de Chile. Ministerio de Agricultura".
- Arrese Juan Antonio (2008a). Sequías en Chile. 16Th Session of the Commission on Sustainable Development. New York.
- Di Castri F., Hajek E. "Bioclimatología de Chile". División de Ciencias Ecológicas, UNESCO París. Instituto de Ciencias Biológicas, Universidad Católica de Chile, Santiago. Vicerrectoría Académica de la Universidad Católica de Chile. 1976.
- Catalá de Alemany J. (1986). "Diccionario de meteorología". Alhambra, Madrid, 1986.
- WPC (1986). Citado en "Manual de Agroforestería para Zonas Secas y Semiáridas". 2009. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala/Mecanismo Mundial de la UNCCD. 102 p.
- WMO (2012a) Organización Meteorológica Mundial y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, (WMO, 2012a). "Glosario Hidrológico Internacional". Ginebra, Suiza 2012.
- WMO, 2012b. *Op. Cit.*
- Ministerio Agricultura (2012). [en línea] www.minagri.gob.cl/wp-content/uploads/2012/11/2012.11.27-Cuenta-P%C3%BAblica-2012-v5-FINAL.pdf
- Aldunce P, González M., (2009). "Desastres asociados al clima en la agricultura y medio rural en Chile". Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile; Fundación para la Innovación Agraria, FIA, Ministerio de Agricultura; Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD, Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA. 2009.
- UEA (2004). Fenómenos climáticos. [en línea] http://www.minagri.gob.cl/uapoyo/uea/definicion/feno_clima.htm.

- Badilla, O. y B. Cuadrado. (1977a). La sequía y sus alcances en la zona central. Revista El Campesino, Chile. 108(4):28-35.
- Molina, C. (2000a). "Efectos causados por la sequía al sector agrícola y la respuesta del Gobierno". Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias, Universidad Mayor, Chile. 12 0 p.
- Badilla, O. y B. Cuadrado. (1977 b). *Op. Cit.*
- Molina, C. (2000b). *Op. Cit.*
- Donoso, G., J. Cancino, C. Soler y J. Prieto. 1999. Impacto económico de las sequías sobre la agricultura en Chile. pp. 53-70. In: Norero, A. y C. Bonilla (Eds). Las sequías en Chile: causas, consecuencias y mitigación. Ediciones Pontificia Universidad Católica de Chile. 128 p.
- Arrese Juan Antonio (2008b). *Op. Cit.*
- Núñez J., Rivera D., Oyarzún R., Arumí J. L. (2013a). "Chile a Secas: Vulnerabilidad chilena frente a la sequía y déficit hídrico extremo desde la interfaz ciencia-política. Instituto de Políticas Públicas". Universidad Diego Portales.
- Di Castri F., Hajek E., (1976). "Bioclimatología de Chile". Imprenta Editorial. Universidad Católica de Chile. Santiago. 1976. 128 pp.
- CIDERH (2013). [en línea]. http://www.ciderh.cl/site/edic/base/port/inicio.html
- WARCAM (2013). [en línea]. http://www.conicyt.cl/fondap/2013/11/11/conicyt-financiara-tres-nuevos-centros-de-investigacion-en-areas-prioritarias-para-el-pais/
- U. Chile (2013). [en línea]. http://ingenieria.uchile.cl/postgrados/5571/ciencias-de-la-ingenieria-mencion-recursos-y-medio-ambiente-hidrico
- CEGT (2013). [en línea]. http://www.ufro.cl/index.php/mas-noticias/1266-impulsan-creacion-de-centro-sobre-gestion-y-tecnologia-de-recurso-hidrico
- CAZALAC (2013). Centro del Agua para zonas áridas de América latina y el Caribe. www.cazalac.cl
- CEAZA (2013). Centro de estudios Avanzados en Zonas Áridas. www.ceaza.cl
- CEITSAZA (2013). Centro de Investigación tecnológica del Agua en el Desierto. www.ceitsaza.cl
- CDA (2013). Centro del Desierto de Atacama: www.uc.cl/geografia/cda/
- Estrela Teodoro (2006). "La Gestión de las sequías en España".
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2013). [en línea] http://www.magrama.gob.es/es/agua/temas/observatorio-nacional-de-la-sequia/planificacion-gestion-sequias/Observatorio_Nacional_Sequia_3_1_planes_especiales_sequia.aspx
- Australian Bureau of Statistics (2013). [en línea] http://www.abs.gov.au/AUSSTATS/abs@.nsf/lookup/1301.0Feature%20Article151988.

- Obama (2014) [en línea] http://www.efe.com/efe/noticias/usa/portada/obama-anuncia-una-ayuda-mas-180-millones-dolares-contra-sequia/5/50064/2241190
- Brenner (1997). "Reducing the Impact of Natural Disaster: Governors' Advisors Talk about Mitigation." Council of Governors' Policy Advisors, Washington DC.
- Wilhite, "Drought as a natural hazard: concepts and definitions." Drought: a global assessment, D. Wilhite (ed.), Routledge, New York, Vol. 1, 1-18. 2000.
- Cochrane (1997). "Economic Impacts of Midwestern Earthquake" NCEER Bulletin, Vol. II, No. 1.
- McKean, J. y Spencer, W (2003). "IMPLAN Understates Agricultural Input-Output Multipliers: An Application to Potential Agricultural/Green Industry Drought Impacts in Colorado" Journal of Agribusiness, 21,2: 231-246.
- Diersen *et al* (2002). "Direct and Indirect Effects on Drought on South Dakota's Economy".
- Diersen, M y G. Taylor (2003). "Examining Economic Impact and Recovery in South Dakota from 2002 Drought." Economic Staff Paper, Departament of Economics, South Dakota State University.
- Kulshreshtha, *et al* (2003). "Technical Report: Canadian Droughts of 2001 and 2002." Saskatchewan Research Council.
- Adam Rose (1995). "Economic Principles, Issues, and Research Priorities in Hazard Loss Estimation." Modeling Spatial and Economic Impacts of Disaster, Y. Okuyama and S. E. Chang, eds. New York, Springer, pp. 13-35, 2004.
- Berritela, M., *et al* (2006). "The Economic Impact of Restricted Water Supply: A Computable General Equilibrium Analysis." Water Research 41(8), pp. 1799-1813, 2006.
- Horridge, *et al* (2005). "The Impacts of the 2002-2003 Drought on Australia." Journal of Policy Modeling 27, pp. 285-308, 2005.
- Alcalá Agulló, F. y Sancho Portero, I. "Agua y Producción Agrícola. Un Análisis Econométrico del Caso de Murcia." Revista Española de Estudios Agro-sociales y Pesqueros, 197, pp. 129-158, 2003.
- B. Abdullahi, *et al* (2006). "Econometric Analysis of the Relationship between Drought and Millet Production in the Arid Zone of Nigeria: A Case Study of Borno and Yobe States".
- Koss, P. y Sami Khawaja (2001). "The Value of Water Supply Reliability in California: A Contingent Valuation Study", Water Policy, 3, 165–74.
- Hensher, *et al* (2002). "Water Supply Security and Willingness to Pay to Avoid Drought Restrictions." The Economic Record 82, 56-66.
- Baas, S, Ramasamy, S. Dey de Pryck J. and Battista F. (2008). Disaster Risk Management System Analysis: A guide book. FAO, Roma.
- Comisión Europea (sin fecha). Oficina de Cooperación Europe Aid Euro-Mediterranean Regional Programme for Local Water Management (MEDA Water) Guías de gestión de la

sequía. [en línea]: http://www.iamz.ciheam.org/medroplan/guidelines/archivos/guidelines_spanish.pdf

- Meza, L., Corso, S. y Soza, S. (2010), "Gestión del Riesgo de Sequía y otros eventos climáticos extremos en Chile. Estudio Piloto sobre la Vulnerabilidad y la Gestión Local del Riesgo". FAO. 128P.
- UNEA 2012. "Estudio General de Condiciones de Excepción y Emergencia". Versión 2.
- Núñez J., Rivera D., Oyarzún R., Arumí J. L. (2013b). *Op. Cit.*
- MINAGRI (2011). Instrumentos de Fomento y Medidas de Emergencia para la gestión de riesgos agroclimáticos. [en línea] http://agroclimatico.minagri.gob.cl/wp-content/uploads/sites/26/2013/02/01-Instr-Fomento-y-medidas-de-emerg.pdf
- DMC 2012a. "Anomalías pluviométricas en Chile en el año 2010 y proyecciones para año 2011". [en línea] http://bcn.cl/4pqd.
- INIA (2012). Instituto de investigaciones agrarias. "Informe agrometeorológico nacional para el Ministerio de agricultura y de Análisis de posibles riesgos agroclimáticos en Las principales especies frutales y cultivos". [en línea] http://bcn.cl/5jcc.
- DMC 2012b. "Estado actual del ciclo el niño-la niña y pronóstico climático para Chile". [en línea] http://bcn.cl/4q8t.
- Biblioteca del Congreso Nacional (2012). "Situación de sequía y sus efectos en la región de Valparaíso". Minuta.
- Chile Estudios (2009). "Actualización Plan de Desarrollo Comunal de Cabildo 2010-2014". [en línea] http://bcn.cl/5yhv
- DGA (2004). "Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad Cuenca La Ligua". Dirección General de Aguas. Ministerio de Obras Públicas.
- DGA (2006). "Evaluación de los recursos hídricos superficiales de las cuencas de los ríos Petorca y La Ligua V Región". Informe Técnico. Dirección General de Aguas. Ministerio de Obras Públicas.
- DGA (2013). "Actualización Informe Evaluación de los recursos hídricos superficiales de las cuencas de los ríos Petorca y La Ligua V Región". Informe Técnico. Dirección General de Aguas. Ministerio de Obras Públicas.
- Cazanga R. (2006a). "Estudio Climático de Chile". Molinera El Globo S. A. (No publicado).
- Cazanga *et al.* (2013). "Posibles efectos del cambio climático sobre la aptitud del territorio de la Región del Maule para la producción de arándano". Libro de Resúmenes. Congreso Chileno de Berries. Talca, Chile;
- Cazanga R. (2011). Capítulo 3: "Zonificación de aptitud para la producción vitícola y de aceite de oliva, en la Provincia de Cauquenes". En Denominación de Origen para el Vino y Aceite de Oliva: Una apuesta a la diferenciación de Cauquenes. Marisol Reyes e Irina Díaz Editores. Boletín INIA nº 217. 240p.).

- Luebert F. y Pliscoff P. (2012). "Variabilidad climática y bioclimas de la Región de Valparaíso, Chile". Invest. Geogr. Chile 44: 41-56.
- Reportes Estadísticos Comunales (2012). [en línea] http://reportescomunales.bcn.cl/2012/index.php/Categor%C3%ADa:Comunas
- INE (2007). Censo Nacional Agropecuario. [en línea] http://www.ine.cl/canales/chile_estadistico/censos_agropecuarios/censo_agropecuario_07_comunas.php
- ODEPA/CIREN (2008). Catastro Frutícola. [en línea] http://icet.odepa.cl/
- Monteith J. L. (1996). "The quest for balance in crop modeling". Agronomy Journal 88: 695-697.
- Doorenbos J. y Kassam A.H. (1979). "Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos". Estudio FAO: Riego y Drenaje N° 33. FAO, Roma. 212p.
- Sharpley A.N. and Williams J.R. 1990. EPIC: "Erosion Productivity Impact Calculator: 1. Model Documentation". U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin N° 1768. 235p.
- Cazanga R. (1997). "Correction et validación du modèle CERES-Maize. Une approche de la simulation de la croissance et du développement du maïs au niveau de la parcelle". Thèse Docteur en Sciences Agronomiques et Ingénierie Biologique. Laboratoire d'Ecologie des Grandes Cultures, Faculté de Sciences Agronomiques, Université Catholique de Louvain. 131p.
- Cazanga R. *et al* (2010). "Mapas de Zonificación de Aptitud Productiva del Territorio Nacional de Especies Vegetales con potencial de Producción de Biocombustibles". ODEPA. 235p.
- Cazanga R. (2006b). *Op. Cit.*
- Whiley A.W. *et al.* (2007). "El Palto. Botánica, Producción y Usos". Ediciones Universitarias de Valparaíso. PUCV. 364p.
- Ovalle C, Avendaño J. Etienne, M Muñoz M. (1981a). "Determinación del Valor Pastoral de la Pradera Natural de Zona Mediterránea.
- Ovalle C, y Esquela F. (1996). "En Praderas para Chile., Terrenos de pastoreo con pastizales anuales". INIA.
- Ovalle C, Avendaño J. Etienne, M Muñoz M. (1981b). *Op. Cit.*

ANEXO 1: CLIMAS DE CHILE[32]

Nuestro país se caracteriza por tener una enorme variedad de climas, lo cual se explica por la posición geográfica de Chile con respecto a las zonas de altas presiones, por la presencia del frente polar y la influencia del mar. Por los factores de latitud, altitud y el relieve del país.

Las elevaciones de la Cordillera de la Costa impiden el flujo del clima marino y el muro de los Andes detiene las influencias continentales. El mar convierte al país en una nación de clima predominantemente marino que se observa, en la suavización de las temperaturas, produciendo nubosidad y vientos fresco, cuestión aún más determinada por la corriente de Humboldt.

La humedad, las precipitaciones y la temperatura además de los vientos, rasgos característicos de la zona sur, son los principales elementos del clima.

Además, la diversidad climática es observable por la frecuencia de las lluvias, las cuales se hacen notablemente más intensas a medida que se avanza hacia el sur.

La época de lluvia también varía según las regiones: en el altiplano tarapaqueño caen en verano; en invierno, en el Norte Chico y todo el año, desde Valdivia al sur.

Desértico costero

Se extiende desde Arica hasta el Valle del Elqui. Aparece como una angosta faja costera paralela al mar y que no va más allá de la Cordillera de la Costa. Tiene temperaturas bajas y homogéneas. Se reconoce por sus "camanchacas", alta humedad, bajas precipitaciones y escasa oscilación anual. El mes más cálido en Arica es de 22,1 grados Celsius (°C) y el más frío 15,8 °C.

En los sectores húmedos crecen cactus, hierbas y arbustos xerófitos. La mayor parte de los asentamientos humanos de esta zona se encuentran en la costa.

Desértico normal

Se da desde el límite norte del país hasta Vallenar, con dos modalidades: árido hasta Copiapó y semiárido de Copiapó a Vallenar. Presenta gran oscilación térmica diaria que puede bordear los 35 °C. Posee escasas precipitaciones y cielos limpios con sequedad atmosférica. El árido tiene en la época más calurosa 18° y en la más fría 11 °C y, su oscilación térmica puede alcanzar los 35°. En la noche la temperatura baja a menos de 0°. No existe la influencia del mar.

En el fondo de las quebradas se encuentran junquillos y plantas forrajeras y en la Pampa del Tamarugal el árbol llamado tamarugo, que se alimenta de aguas subterráneas. Aquí se da una fauna característica: el pequén y el tuco-tuco.

Desértico y estepárico de altura

Se presenta por sobre los 2.500 m. de altura en la Cordillera de los Andes, la temperatura en la zona norte desciende hasta llegar a un clima frío, existiendo lluvias en verano. A 2.850, en el sector desértico de altura, la temperatura promedio anual desciende a los 15,5 °C y la pluviosidad

[32] Tomado de http://www.uchile.cl/portal/presentacion/la-u-y-chile/acerca-de-chile/8086/climas-de-chile

aumenta a 60,5 mm. lo que permite el desarrollo de pastos estacionales para una ganadería trashumante.

En el clima estepárico de la altura, las lluvias son relativamente abundantes con un promedio anual de 350 mm. y las temperaturas son muy bajas, llegando a mínimas de grados bajo cero.

A 3.800 metros aparecen especies de gramíneas conocidas como "paja brava" y una fauna compuesta de avestruces, zorros, auquénidos y vizcachas.

Estepárico costero

Está presente desde el Valle del Elqui hasta Zapallar, este clima tiene una pluviosidad de 133,3 mm. y la temperatura promedio, de 14.7 °C, abundando la nubosidad y las densas nieblas.

Estepárico interior

Se encuentra interior de Vallenar hasta la cuenca del río Aconcagua, este clima seco y luminoso tiene escasas e irregularidades lluvias, bastante humedad atmosférica y temperaturas elevadas que se dan en el sector costero.

La densidad de la vegetación aumenta hacia el sur, predominando los matorrales espinosos.

Mediterráneo seco

Clima al templado-cálido de estación seca y precipitaciones invernales. Se ubica desde Aconcagua hasta el Maule. La pluviosidad normal en Santiago es de 356 mm., que va aumentando progresivamente hacia el sur. La magnitud de la Cordillera de la Costa influye para que los rasgos marítimos no suavicen la temperatura del interior, hecho que explica las diferencias de promedio entre Valparaíso y Santiago, por ejemplo.

Estas condiciones favorecen mucho la vegetación, si se la compara con los climas mencionados anteriormente. La fauna, en cambio, es más pobre por la caza indiscriminada, fundamentalmente.

Mediterráneo seco y húmedo

Corresponde a otra variante del clima templado-cálido. Tiene una estación húmeda y seca equivalente. Abarca desde el sur hasta la cuenca del Maule hasta los alrededores de Traiguén, zona en que la pluviosidad supera los 1.000 mm. de promedio anual, y la temperatura varía de un sector a otro: en el norte, los veranos son con frecuencia más cálidos que en Santiago y la media de Concepción alcanza, en la misma estación, los 13 grados.

El incremento de la humedad posibilita el desarrollo de variedad de flora y fauna.

Templado lluvioso

Está entre la cuenca de Cautín y el norte de Puerto Montt. Sus temperaturas anuales son bastante bajas y regulares, bajo los 12 |C hacia el sur. Llueve en todos los meses del año, aunque la mayor intensidad en invierno, superando en pluviosidad los 1.345 mm. en Temuco y aumentando irregularmente hacia el sur.

Contribuyen a suavizar el clima los lagos que hay junto a la Cordillera de los Andes, sintiéndose la influencia pasajera del cálido Puelche, pese a que los vientos dominantes son de N y W.

El bosque típico alcanza el máximo de densidad en la zona de Valdivia, caracterizado por la rica variedad de sus especies.

Marítimo lluvioso

Se da entre Puerto Montt y la península de Taitao. Abarca tanto las islas como la franja marítima continental. Las temperaturas son más bajas que en el anterior clima templado lluvioso, aumentando la pluviosidad, que varía entre los 2.342 mm. y los 3.000 mm. de promedio. El paisaje vegetacional asociado a este clima es la selva con diversas y ricas especies; la fauna terrestre es pobre en relación con la marítima, especialmente atractiva en mariscos.

Estepario frío

Se presenta con escasa influencia en los sectores andinos a la altura de Coihaique y posee menos pluviosidad el occidental marítimo lluvioso.

Enero es un mes cálido, con temperaturas que bordean los 15,2 °C. Las lluvias alcanzan los 1485 mm. de promedio, aunque en Balmaceda baja a 721 mm.
El segundo sector domina el clima de estepa frío; disminuyen las precipitaciones y la temperatura: en verano Punta Arenas llega a los 11,7 °C y en invierno, 2,5 grados como promedio.

La naturaleza de los suelos hace variar fuertemente la composición de las praderas, valorizadas por el pastoreo de ovinos y apareciendo también bosque magallánico.

Tundra

Se da en las islas del extremo sur, zonas en que las temperaturas son bajas todo el año y las precipitaciones abundantes y homogéneas. Se trata de extensiones pantanosas cubiertas por líquenes y musgos que crecen en forma de cojines, con especies desnudos de agua empozada.

Hielo de alturas y clima polar

Predomina en las cumbres cubiertas de hielo y nieves eternas que se presentan de trecho en trecho a lo largo de todo el país (desde el norte hasta la Tierra del Fuego).

Se llama nivel de las nieves perpetuas el nivel por debajo del cual la nieve se funde en el verano. Este nivel varía especialmente por la latitud: aumenta en altitud en la medida que está más lejos de la zona polar.

El clima polar verdadero se manifiesta en el territorio Antártico chileno. Las precipitaciones acuosas son escasas, no así las sólidas. En la Base O'Higgins durante el mes de enero registra 0 °C y en julio, -12°C. En la isla Rey Jorge existe un Centro Meteorológico Antártico que opera todo el año en conjunto con la Fuerza Aérea de Chile.

La vegetación es de tundra, musgos y líquenes en el borde norte del Continente Antártico. Viven en armonía focas, cetáceos y pingüinos.

ANEXO 2: PRINCIPALES ESTUDIOS EN CAMBIO CLIMÁTICO

Informe final "Medición y Mitigación de la Huella de Carbono en el Ministerio del Medio Ambiente-ex Comisión Nacional del Medio Ambiente"
Portafolio de propuestas para la adaptación al cambio climático en el sector silvoagropecuario
Aplicación de metodologías para producir series de tiempo nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores energía, procesos industriales y uso de solventes y otros productos.
Complementos y actualización del inventario de GEI para Chile en los sectores agricultura, uso de la tierra y cambio de uso de la tierra y forestal, y residuos
Desarrollo y aplicación de una metodología local de cálculo de emisiones bunker para gases de efecto invernadero.
Vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático
Análisis de vulnerabilidad de recursos hídricos y edáficos frente a escenarios de cambio climático para las cuencas Cautín, Aconcagua, Teno e Illapel.
Análisis de opciones futuras de mitigación de GEI para Chile en el sector energía
Análisis de opciones futuras de mitigación de GEI para Chile asociadas a programas de fomento del sector silvoagropecuario.
Estudio de Vulnerabilidad Climática en Chile para el Siglo XXI
Levantamiento de información y catastro sobre acciones en cambio climático en Chile
Desarrollo de una guía didáctica en cambio climático y diseño/ejecución de un curso en cambio climático con acreditación CPEIP
"Estudio de estimación de flujos de inversión y financieros para la adaptación en el sector silvoagropecuario, la mitigación en el sector transporte y la adaptación en el subsector hídrico de la infraestructura"
Evaluación de medio tiempo del Plan de Acción Nacional de Cambio Climático
Análisis de Vulnerabilidad del Sector Silvoagropecuario y de los Recursos Hídricos y Edáficos de Chile frente a Escenarios de Cambio Climático

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente.

ANEXO 3: INDICADORES DE SEQUÍA

A continuación se muestra un resumen de las metodologías más utilizadas en el mundo para la estimación y definición de "sequía". Esta recopilación fue tomada del documento desarrollado por Y. Gallardo Ballat y O. Brown Manríquez.

1. Índice de Severidad de la Sequía de Pálmer

El Índice de Severidad de la Sequía de Pálmer (ISSP) ha sido el índice de sequía más comúnmente usado en USA. Fue desarrollado para medir la intensidad, duración y extensión espacial de la sequía. Los valores del ISSP se derivan de las medidas de precipitación, temperatura del aire y humedad del suelo local, conjuntamente con valores anteriores de estas medidas. Los valores varían desde -6.0 (sequía extrema) a +6.0 (condiciones extremas de humedad), y han sido estandarizadas para facilitar comparaciones de región en región (*Tabla A1*). Se ha utilizado para evaluar el impacto de la sequía en la agricultura.

Tabla A1: Evaluación del Índice de Severidad de la Sequía de Pálmer

Valores de índice	Categorías
>4	Condición húmeda extrema
3 – 3,99	Condición muy húmeda
2 – 2,99	Condición húmeda moderada
1 – 1,99	Condición húmeda suave
0,5 – 0,99	Condición húmeda incipiente
0,49 – -0,49	Condiciones normales
-0,5 – - 0,99	Sequía incipiente
-1 – -1,99	Sequía suave
-2 – -2,99	Sequía moderada
-3 – -3,99	Sequía severa
< -4	Sequía extrema

Fuente: Palmer (1965): Meteorological drought.

El método de Pálmer está probado para estimar la capacidad de agua disponible, a través de un balance hidrológico, el cual se calcula a partir del contenido de agua del suelo, la evapotranspiración Potencial (ETP) estimada por el método de Penman y los datos de lluvia. Con ello se obtienen los valores mensuales de Evapotranspiración Real (ETR), Recarga (R), Escurrimiento (Ro), Pérdida de humedad en el suelo (L) y sus respectivos valores potenciales (PR, Pro, PL), para un área de estudio en un periodo de tiempo determinado.

Asimismo, se determina la precipitación necesaria para mantener la humedad climática normal.

$$Pn = a\ ETP) + (b\ PR) + (g\ Pro) + (d\ PL)$$

La diferencia entre esta precipitación calculada y la precipitación real, Palmer la definió como desviaciones de humedad *d*, donde:

$$d = P - Pn$$

Cuando los períodos son húmedos, estas desviaciones son positivas y cuando los períodos son secos, los d son negativos.

Palmer obtuvo un índice de anomalía de humedad Z multiplicando los valores d por una constante k determinada para cada lugar y para cada período:

$$Z = d * k$$

Con los valores de anomalía de humedad Z (en milímetros), se determina un índice de sequía mensual x (adimensional).

Como resultado de estos cálculos, se puede realizar un análisis de la frecuencia de índices húmedos y secos, que se representan como porcentaje de cada categoría en una figura y también se realiza la representación gráfica de la marcha temporal de los índices de sequía mensuales calculados previamente.

El Índice de Pálmer es básicamente un algoritmo de humedad del suelo calibrado para regiones relativamente homogéneas. No está diseñado para grandes variaciones topográficas a través de una región y no considera la acumulación de nieve y su subsecuente escorrentía.

El índice de Pálmer es un índice de equilibrio o balance de agua que considera el suministro de agua (precipitación), demanda (evapotranspiración) y pérdida (escurrimiento).

2. *Índice Estándar de Precipitación*

El Índice Estándar de Precipitación fue diseñado para mejorar la detección del comienzo de la sequía y para la monitorización de la misma. El (IEP) es una medición de la sequía más simple que el Índice de Severidad de la Sequía de Palmer (ISSP

El Índice Estándar de Precipitación Estandarizado (IEP) es un índice de probabilidad que considera sólo precipitación. El IEP es un índice basado en la probabilidad de grabar una cantidad dada de precipitación, y las probabilidades se estandarizan para que un índice de cero indique la cantidad de la precipitación del medio (la mitad de las cantidades de la precipitación históricas está debajo del mediana, y la mitad es anterior el mediana). El índice es negativo para la sequedad, y positivo para las condiciones húmedas.

Una característica clave del IEP es la flexibilidad de medición de la sequía en distintas escalas temporales. Debido a que las sequías tienen una gran variación en la duración, es importante detectarlas y monitorizarlas en una variedad de escalas temporales. Las sequías de corto término son medidas por instrumentos meteorológicos y son definidas de acuerdo a la climatología regional específica.

Las sequías de importancia para la agricultura resultan en déficit de la humedad del suelo y las sequías de tres a seis meses pueden causar un gran impacto. Las sequías más prolongadas (de meses a años) pueden tener impactos significativos sobre las reservas de agua superficial y subterránea. Los valores de IEP se derivan comparando la precipitación acumulada total para una estación o región en particular durante un intervalo de tiempo específico con el promedio de la precipitación acumulada para ese mismo intervalo todo lo largo de lo que dure el registro climático. Los valores varían desde 2.00 o más (extremadamente húmedo) a -2.00 o menos (extremadamente seco) con las condiciones casi normales en un rango de 0.99 a -0.99 (*Tabla A2*).

Se define una sequía cuando el (IEP) es continuamente negativo y alcanza un valor de -1.00 o inferior, y continúa hasta que el (IEP) se torna positivo. La duración de la sequía es definida por el intervalo entre el comienzo y el final del período. La magnitud de la sequía se mide sumando los valores del (IEP) durante los meses de la sequía.

Tabla A2: Evaluación del Índice Estándar de Precipitaciones

Valores IEP	Categoría de la sequía
2.00 o más	Extremadamente húmedo
1.50 a 1.99	Muy húmedo
1.00 a 1.49	Moderadamente húmedo
-0.99 a 0.99	Casi normal
-1.00 a -1.49	Moderadamente seco
-1.50 a -1.99	Severamente seco
-2.00 o menos	Extremadamente seco

3. *Porcentaje de la Precipitación Normal*

El Porcentaje de la Precipitación Normal (PPN) se refiere a la relación que existe entre la precipitación acumulada en un periodo de tiempo determinado y la precipitación media anual para una región, y se expresa de manera porcentual. La precipitación media anual histórica se conoce como precipitación normal y se obtiene a partir del valor promedio de las precipitaciones anuales ocurridas en un periodo no menor de 30 años.

$$PPN = (Pi - Pm/Pi) * 100$$

Los valores porcentuales estimados para cada año indican el déficit (valores negativos) y el excedente (valores positivos) en la precipitación anual ocurrida (*Tabla A3*). Valores porcentuales próximos a cero corresponden a valores cercanos al promedio histórico.

Tabla A3: Evaluación del Índice Porcentaje de la Precipitación Normal

Categoría de sequía	Rango de valores porcentuales
Ligera	-20.0% a -30%
Moderada	-30,1% a -40%
Fuerte	-40,1% a -49%
Aguda	-49,1% a -59%
Intensa	-59%<

4. *Índice de Suministro de Agua Superficial*

El Índice de Suministro de Agua Superficial (ISAS) fue desarrollado por Shafer y Dezman, en 1982, como un complemento del Indicador de Palmer, con el fin de evaluar las condiciones de humedad en el estado de Colorado. Fue diseñado para ser un indicador de las condiciones del agua superficial y se le describió como "dependiente del agua de montaña", en el que la masa de nieve de las montañas es un componente principal.

El objetivo del ISAS es incorporar tanto las características hidrológicas como climatológicas en un solo índice parecido al Índice de Pálmer y aplicarlo a la mayoría de las cuencas de los ríos. Los valores del ISAS están estandarizados para permitir la comparación entre cuencas.

El ISAS requiere cuatro datos principalmente: la masa de nieve, el caudal de los ríos, la precipitación y el agua almacenada en los embalses. Debido a que depende de la temporada, Durante el invierno se calcula sólo con la masa de nieve, las precipitaciones y las reservas de agua acumuladas. Durante los meses de verano, el caudal sustituye a la masa de nieve, como componente dentro de la ecuación.

El procedimiento para determinar el ISAS de una cuenca en particular es el siguiente: se recogen y suman los datos mensuales de todas las estaciones pluviométricas, embalses y estaciones de aforo y de medida de la nieve de la cuenca. Cada dato de la suma se normaliza utilizando un análisis de frecuencia recopilado de una serie de datos a largo plazo, y, en base a este análisis de frecuencias, se calcula para cada dato la probabilidad de que las sumas sucesivas del mismo no sean mayores que la suma actual, lo cual permite realizar comparaciones entre las probabilidades de unos y otros sumandos. Cada componente de la suma tiene un peso asignado, dependiendo de su forma de contribuir al agua superficial, dentro de esa cuenca, y estos elementos ponderados son sumados para determinar un valor del ISAS que represente a la cuenca entera.

El valor de ISAS tiene su punto medio en el cero y oscila entre -4,2 y +4,2. Una de sus ventajas es que es sencillo de calcular y que ofrece una medida representativa de los recursos de aguas superficiales del estado.

Sin embargo, algunas de sus características limitan su aplicación, por el hecho de que el ISAS se calcula específicamente para cada cuenca o región y, por ello, es difícil comparar los valores del mismo entre unas y otras.

Cualquier cambio o interrupción en las mediciones tomadas por cualquier estación de observación, o en la gestión del agua dentro de la cuenca, como puede ser la desviación del cauce o el establecimiento de nuevos embalses, significa que todo el cálculo del ISAS para esa cuenca tiene que ser realizado de nuevo, al objeto de tener en cuenta las nuevas distribuciones de frecuencia y/o los cambios en el peso de cada elemento de las sumas.

Los fenómenos extremos, si están fuera de las series históricas de datos, también suponen un problema, y el indicador tendrá que ser calculado de nuevo para incluir estos fenómenos dentro de la distribución de frecuencias de un elemento de la cuenca.

5. Índice de Riesgo de Sequía

El Índice de Riesgo de Sequía (IRS), conocido también como Indicador Normalizado de Precipitaciones (INP), se basa en la probabilidad de lluvias, en cualquier período de tiempo. Fue desarrollado por McKee *et al.* (1993) para cuantificar el déficit de precipitaciones durante múltiples periodos de tiempo. Estos periodos reflejan el impacto de la sequía sobre la disponibilidad de los diferentes recursos hídricos.

Las condiciones de humedad del suelo responden a las anomalías pluviométricas en un intervalo de tiempo relativamente corto, mientras que el agua subterránea, el caudal de los cursos superficiales y el agua embalsada reflejan tales anomalías a largo plazo, razón por la cual, originalmente, el IRS se calculaba para periodos de tiempo de 3, 6, 12, 24 y 48 meses.

El IRS está formado por cuatro componentes: precipitación media anual corregida en función de la temperatura media anual, estacionalidad pluviométrica, variabilidad y persistencia de la sequía.

El IRS es adaptable a cada región en particular y su principal fortaleza es la habilidad de tomar en cuenta tanto el clima como los factores de suministro de agua.

Una sequía se produce siempre que el IRS sea permanentemente negativo y alcance una intensidad de -1,0, o menor; el fenómeno finaliza cuando el IRS se hace positivo. Cada fenómeno de sequía, por lo tanto, tiene una duración definida por su comienzo y su final, y una intensidad diferente para cada mes que dure el fenómeno. La magnitud de la sequía puede también ser la magnitud acumulada de la sequía, es decir, la suma de todos los valores positivos del IRS durante los meses que ésta dura.

Las ventajas de este indicador son: que el IRS se puede calcular para diferentes periodos de tiempo, que da una señal de alerta temprana de la sequía, que ayuda a valorar la intensidad de la misma y que es menos complejo que el Indicador de Palmer. La desventaja es que los valores del IRS se basan en datos previos, que pueden sufrir cambios.

Tabla A4: Evaluación del Índice de riesgo de sequía

Índice de riesgo de sequía	
2 o más	Extremadamente húmedo
1.5 – 1.99	Muy húmedo
1.0 - 1.49	Moderadamente húmedo
- 0.99 – 0.99	Casi normal
- 1.0 – 1.49	Moderadamente seco
-1.5 – 1.99	Muy seco
-2 o menos	Extremadamente seco

6. *Índice de la Humedad del Cultivo*

El Índice de la Humedad del Cultivo (IHC) utiliza un planteamiento meteorológico para hacer un seguimiento semanal de las condiciones de los cultivos. Fue diseñado por Pálmer, en 1968, a partir del método de cálculo del ISSP para evaluar las condiciones de humedad a corto plazo en las principales regiones dedicadas a la producción agrícola. Mientras el ISSP hace un seguimiento meteorológico de los períodos húmedos y secos a largo plazo, el IHC evalúa las condiciones de humedad a corto plazo en las principales regiones dedicadas a la producción agrícola.

Se basa en los datos medios semanales de temperatura y pluviometría total, dentro de una zona climática, así como en el valor del IHC de la semana anterior. Responde con rapidez a los cambios de condiciones, se mide por lugares y por tiempos para que los mapas que representan los valores semanales del IHC puedan ser utilizados para comparar las condiciones de humedad entre diferentes localidades.

Por estar diseñado para hacer un seguimiento a corto plazo de las condiciones de humedad que afectan a un cultivo en desarrollo, el IHC no es un buen instrumento para hacer un seguimiento de la sequía a largo plazo. Otro rasgo característico del IHC, que limita su uso, es que, normalmente, comienza y finaliza cada temporada vegetativa con valores próximos a cero, por lo

que no se puede utilizar para valorar las condiciones de humedad fuera de la época vegetativa general, y, en especial, en períodos de sequía que se prolongan durante varios años. El IHC tampoco es de aplicación durante la fase de germinación de las semillas, al comienzo del período de crecimiento de un cultivo concreto.

7. *Índice Estandarizado de Sequía Pluviométrica*

El Índice Estandarizado de Sequía Pluviométrica (IESP) se calcula a partir de las precipitaciones mensuales en tres etapas sucesivas. En la primera de ellas se calcula la anomalía pluviométrica de cada uno de los meses de la serie, a partir de la expresión:

$$API = Pi - Pm$$

Donde APi es la anomalía pluviométrica mensual; Pi la precipitación mensual y Pm la precipitación mediana del mes.

En la segunda fase se calculan las anomalías pluviométricas acumuladas, desde el primer mes de la serie. En el momento en que se encuentra una anomalía acumulada negativa se iniciaría una secuencia seca, que concluiría con la aparición de una anomalía acumulada positiva, dando paso a una secuencia excedentaria en agua; durante esta secuencia excedentaria, las anomalías siguen acumulándose hasta que aparezca de nuevo una anomalía pluviométrica negativa, momento en que se iniciaría una nueva secuencia seca, que se obtiene por el mismo método, recomenzando el cálculo de las acumulaciones a partir de ese valor negativo de anomalía pluviométrica. En consecuencia, el cálculo de esta segunda fase se resume de la forma siguiente:

$$APAi = S\,API$$

Desde $i = 1$ hasta $API < 0$ y $APAi\ -1 = 0$, donde: APAi es la anomalía pluviométrica acumulada del mes.

Por último, en la tercera fase se estandarizarían estas anomalías acumuladas mediante su conversión en puntuaciones Z:

$$ZAPAi = (APAi - APAm) / SAPA$$

Donde ZAPAi son las anomalías pluviométricas acumuladas estandarizadas del mes; APAm el valor medio de las anomalías pluviométricas acumuladas de todos los meses de la serie y SXAPA la desviación típica de las anomalías pluviométricas acumuladas de todos los meses de la serie.

El proceso de estandarización de las anomalías pluviométricas acumuladas se facilita porque éstas se ajustan a una curva normal y, una vez efectuado, tiene una ventaja doble: por un lado, la obtención de valores universalmente válidos y comparables para diferentes observatorios y, por otro lado, la expresión de estos valores en términos de probabilidad de ocurrencia de las anomalías, dado que es bien conocido que en la curva normal cada valor de Z es expresivo de un determinado valor de probabilidad.

El Índice Estandarizado de Sequía Pluviométrica se calcula a escala mensual, pero como el índice se va acumulando en el tiempo, no es necesario hacer ninguna agregación anual. En todo caso

podría tomarse el valor del índice en el último mes del año hidrológico. También podría obtenerse la intensidad de cada secuencia seca mediante la suma de los valores de cada uno de los meses que participan de ella.

Se recomienda realizar el índice por cuencas hidrográficas, a partir del promedio de precipitaciones registrado en cada cuenca.

8. *Número de días con precipitación mayor de 30 mm*

El Número de días con precipitación mayores 30 mm (NDP>30) es un indicador que surge a partir de considerarse que los valores de precipitación diaria superior a 30 mm denotan posibles situaciones de fuerte intensidad de la precipitación.

Se define como el cociente entre el número de días con P>30 mm registrado en el período considerado y el que se considera normal para ese período, multiplicado por cien. Cuando el NDP>30 mm observado es superior al normal, el indicador vale más de 100, y cuando es inferior, vale menos de 100.

Como número normal de NDP>30 mm del período se recomienda utilizar la mediana (percentil 50) de la serie de observaciones correspondiente a dicho período.

$$NDP>30 = (NDP>30)\ i\ /Med$$

Donde (NDP>30) i es el número de días con P>30 mm registrado en un periodo determinado y Med la mediana o el percentil 50.

Se recomienda el cálculo del indicador a escala mensual, aunque luego podría agregarse a escala anual.

9. *Período de retorno de la precipitación máxima diaria*

Se entiende por período de retorno (T) el inverso de la probabilidad de ocurrencia de un determinado fenómeno, expresada ésta en tanto por uno. En este caso, el fenómeno cuyo período de retorno se evalúa es la precipitación máxima diaria registrada a lo largo de un año y lugar determinados.

Los valores de precipitación máxima diaria se analizan mediante su ajuste a curvas expresivas de fenómenos extremos y, en general, ajustan bastante bien a la curva de Gumbel, siendo éste el método recomendado para la obtención del período de retorno.

Elevados períodos de retorno (50, 100 años) denotan intensidades muy fuertes, mientras que los períodos de retorno reducidos (2 a 5 años) denotan intensidades muy suaves. En este caso no se establece ningún cociente respecto a los valores normales porque el concepto de período de retorno ya lleva implícita esta consideración y en su elaboración se tiene en cuenta todo el comportamiento de la serie larga de observaciones.

Se suele trabajar a escala anual en este parámetro, de forma que el indicador caracterizaría al año en cuestión. Debería utilizarse el año hidrológico.

El valor más elevado de este indicador obtenido en los diferentes puntos de observación, puede considerarse como el indicador de la zona e estudio.

10. Índice USBR de la Sequía

El Índice USBR de la Sequía (RDI) es un indicador desarrollado por el Buró de Reclamación de los Estados Unidos (USBR) para definir la intensidad y duración de las sequías; así como predecir su comienzo y su final.

Se calcula en el ámbito de una cuenca fluvial a partir de las precipitaciones, la masa de nieve, el caudal de los ríos y el agua almacenada en los embalses.

El RDI se diferencia del ISAS en que incorpora un componente de demanda, basado en la temperatura y en una duración. Este indicador se puede adaptar a cualquier región concreta, y su mayor ventaja es su capacidad para tener en cuenta, tanto el factor clima, como el factor agua.

Los valores del RDI y sus calificaciones de severidad son los siguientes:

Tabla A5: Evaluación de Índice USBR de Sequía

1,5 a 4,0	Húmeda
1,5 a 0	Normal a Suave
0 a –1,5	Moderada
-1,5 a –4,0	Fuerte
Por debajo de –4,0	Extrema

La ventaja del RDI es que, incluyendo un componente de temperatura, también tiene en cuenta la evaporación. Sin embargo, debido a que este indicador es único para cada cuenca, las comparaciones entre cuencas son limitadas.

11. Índice de Aridez de Palfai

El Índice de Aridez de Palfai (IAP) es un indicador desarrollado por Palfai en 1984, principalmente para su uso en Hungría, y en la cuenca Cárpata, para caracterizar la intensidad de la aridez mediante un solo dígito, a partir de un número reducido de parámetros meteorológicos e hidrológicos.

En la fórmula básica para el cálculo del IAP, la temperatura media del aire (°C), en el período entre abril y agosto, se divide entre la precipitación total (mm), obtenida como suma de los valores mensuales ponderados entre octubre y agosto, y se multiplica por 100. Los pesos mensuales de los valores de precipitación se basan en las condiciones de almacenamiento de humedad y en los cambios de la demanda general de agua por los cultivos. Las estimaciones de los factores de peso son las siguientes (con relación a las condiciones naturales de la cuenca de los Cárpatos):

- 0,1 en octubre.
- 0,4 en noviembre.
- 0,5 de diciembre a abril.
- 0,8 en mayo.
- 1,2 en junio.

- 1,6 en julio.
- 0,9 en agosto.

Es evidente que el mes de julio es el periodo más crítico, desde el punto de vista de suministro de agua.

Para expresar la aridez con mayor exactitud se debe corregir el valor base del IAP0 mediante los siguientes factores:

Factor de corrección de la temperatura "días calurosos" (*Kt*): es la relación entre el número de días calurosos (t max = 30°C) durante el periodo de junio a agosto, y la media nacional multianual de este valor que, para Hungría, es de 16 días.

Factor de corrección de la precipitación (*Kp*): es la relación entre el número de días del periodo más largo de pluviometría mínima (cuando la suma de las precipitaciones en días sucesivos no excede, como máximo, de 5 ó 6 mm), entre mediados de junio y mediados de agosto, y la media nacional multianual del mismo valor que, para Hungría, son 20 días.

Factor de corrección de aguas subterráneas (*Kas*): es la relación entre la profundidad media (m) del manto freático durante los meses de noviembre a agosto (m), y el valor plurianual de esta profundidad, en una zona concreta. El empleo de este factor de corrección es importante para zonas llanas. En la práctica, lo mejor es utilizar los datos de los 2 ó 3 pozos de observación más próximos a la estación meteorológica o al punto de observación de otros datos.

El valor final del IAP se obtiene a partir del valor base (IAP0), corregido como sigue:

$$\mathbf{IAP = Kt * Kp * Kas * PAI0}$$

Una descripción más detallada de este indicador se puede encontrar en la publicación de Palfai *et al.* (1995).

Según experiencias realizadas en Hungría, el umbral de partida del IAP debería ser 6.0. Los valores menores, para un lugar concreto, corresponden a años húmedos, mientras que los superiores indicarían diferentes grados de severidad de la sequedad, según las siguientes categorías:

Tabla A6: Evaluación del Índice de Aridez de Palfai

6 a 8	Sequía Moderada
8 a 10	Sequía Media
10 a 12	Sequía Severa
Mayor que 12	Sequía Extrema

El indicador se puede utilizar para hacer comparaciones entre situaciones húmedas y/o secas de diferentes periodos así como de diferentes áreas, y también es válido para fines de predicción, siempre y cuando el cálculo de los valores del PAI se haga de manera continuada. Para una mejor caracterización de la situación de la sequía de una determinada zona agrícola o de una masa de cultivo, es aconsejable utilizar este indicador junto con el Índice de Potencial Agrohidrológico.

12. *Índice de Potencial Agrohidrológico*

El Índice de Potencial Agrohidrológico (IPAH) es un indicador que marca la demanda de agua como la capacidad de una zona determinada de satisfacer las necesidades de un cultivo concreto, que exista en ella, mediante el cociente entre el agua consumida (Vcf) y la requerida (Vr). En otras palabras, el Potencial Agrohidrológico es la relación entre la evapotranspiración real de un cultivo (ETR) y la evapotranspiración óptima (ETO).

Según Petrasovits (1984) este indicador puede mostrar, hasta qué punto y durante cuánto tiempo, es un terreno capaz de satisfacer la demanda de agua del cultivo que lo ocupa; este indicador también es útil para expresar la frecuencia de las sequías y de los diferentes grados de escasez de agua. Explicaciones más detalladas sobre este indicador se pueden encontrar en la publicación de Palfai et al., 1995.

Los valores numéricos del IPAH están comprendidos entre 0 y 1. De acuerdo con las investigaciones húngaras tales valores son:

- 1,0 - 0,8: la escasez de agua del cultivo es sólo teórica, porque a las plantas se les suministra agua de forma continua e ilimitada.
- 0,8 - 0,5: la capacidad para satisfacer la demanda de agua de la zona sigue siendo continua, pero se va restringiendo progresivamente.
- 0,5 - 0,3: la escasez de agua empieza a ser alta, el suministro de agua a las plantas es período y restrictivo, y, como consecuencia, aparecen síntomas de estrés hídrico.
- < 0,3: se produce un gran estrés hídrico, que causa considerables pérdidas de biomasa y, si esta situación se prolonga, también causa la muerte de la planta.

Para expresar la severidad (o intensidad) de la sequía pareció bueno determinar el número de días con estrés hídrico, es decir, el número de días en los que los valores del AHP estaban por debajo de 0,5 (lo que significa que las plantas disponían de menos de la mitad del agua que necesitaban).

El término *estrés hídrico* indica la tensión fisiológica que se produce en la planta como consecuencia de una falta o exceso de agua, que causa en ella daños vegetativos o degenerativos, y reduce su cosecha. Cuantos más días dure la situación de estrés hídrico más severa será la sequía para las masas de cultivo, o para toda una zona.

Con la ayuda de este método se puede hacer el diagnóstico de la sequía de una parcela agrícola dada, o de una zona, y, mediante el cálculo de los datos de frecuencia, se puede calcular el grado de sensibilidad frente a la sequía de toda clase de plantas o de parcelas cultivadas, lo cual puede servir de base para determinar una estrategia ante la sequía.

Para cada parcela o cultivo, se puede calcular a relación que existe entre los valores del IPAH y los rendimientos potenciales de una determinada especie vegetal, y mediante estos resultados se puede expresar la intensidad del efecto de la sequía.

13. *Índice de Evapotranspiración Medio o Medio Normal*

El *índice de evapotranspiración* es una de las medidas más sintéticas que existen para expresar el grado de sequía experimentado por un lugar dado, especialmente en lo concerniente a la sequía edáfica, es decir, aquella que puede afectar el desarrollo de la vegetación. Se elabora a partir de la comparación entre la evapotranspiración potencial (ETP), que es la evapotranspiración máxima realizable por el conjunto planta-suelo en el supuesto de que el único factor limitante fuera la energía necesaria para realizar el proceso (es decir, cuando no hubiera ninguna limitación hídrica), y la evapotranspiración real (ETR), que es la pérdida de agua realmente experimentada por el conjunto agua - suelo. Cuando el aprovisionamiento de agua del suelo es adecuado, ETR=ETP; cuando hay insuficiencia de agua, ETR<ETP. En consecuencia, la diferencia entre ambas magnitudes expresa la verdadera falta de agua al nivel de la vegetación y el cociente entre ambos parámetros, es decir, el índice de evapotranspiración, representa una buena medida de la sequía. El índice responde a la expresión:

$$IE = ETR/ETP$$

Los índices inferiores a la unidad son expresivos de condiciones de déficit de agua, y los superiores a la unidad, de condiciones satisfactorias o incluso excedentarias.

14. *Índice de Evapotranspiración Medio.*

El Índice de Evapotranspiración Medio (IEM) se define como el cociente entre el índice de evapotranspiración registrado en el período considerado y el índice de evapotranspiración que se considera normal para ese mismo período, multiplicado por cien. Cuando el valor observado es superior al normal, el indicador vale más de 100, y cuando es inferior, vale menos de 100.

Como índice de evapotranspiración normal se recomienda utilizar la mediana (percentil 50) de la serie de observaciones 1961-1990 correspondiente al período considerado.

Se recomienda su elaboración a escala mensual y su posterior agregación a la escala anual mediante la media aritmética de los índices mensuales. Debe utilizarse el año hidrológico y no el de calendario.

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial pueden utilizarse el método energético e Penman - Monteith que proporciona una elevada exactitud, que son de una calidad impecable, aunque con frecuencia la disponibilidad de datos es escasa. En caso de utilizar formulaciones empíricas como la de Thornthwaite, menos exigentes en parámetros de entrada, los resultados serían menos precisos, pero la disponibilidad de datos aumentaría mucho, dado que esta fórmula sólo requiere el empleo de la temperatura media mensual y la latitud del lugar. Dado que la pretensión de este indicador no es la de evaluar con toda precisión la evapotranspiración registrada en el período y lugar considerados, sino la de establecer en términos relativos el grado de déficit hídrico experimentado, podría recurrirse a los métodos empíricos, a pesar de no ser la más precisa de las posibles.

15. *Deciles*

Los Deciles (*D*) o sequía mensual es un indicador que se utiliza para monitorear la sequía. Fue desarrollado por Gibbs y Maher (Gibbs, W. J. 1987) con base en el análisis estadístico de las series de los acumulados de lluvias mediante la distribución de percentiles para evitar alguna de las debilidades del *índice por ciento del normal.*

Su uso como índice, posee la utilidad práctica de que ellos expresan el grado de la lluvia sobre un período dado dentro de la distribución de frecuencia sin especificar la cantidad de lluvia.

El Índice *D* consiste en ordenar los datos de precipitación mensual en deciles. Divide la distribución de ocurrencias de registros de precipitación a largo plazo en décimos de la distribución. Cada una de estas categorías es un *decil*. El primer decil es la cantidad de lluvia no excedida por el 10% más bajo de las ocurrencias de precipitación. El segundo decil es la cantidad de precipitación no excedida por el 20 % más bajo de las ocurrencias.

Estos deciles continúan hasta que la cantidad de lluvia identificada por el décimos decil es la cantidad de precipitación más grande dentro del registro de largo plazo. Por definición el quinto decil es la mediana, y es la cantidad de precipitación que no exceda el 50 % de las ocurrencias sobre el periodo de registro. Los deciles son agrupados en cinco categorías.

Tabla A7: Clasificación de Deciles

1. Deciles20 % más bajo: 1-2	Muy abajo de lo normal
2. Deciles siguiente 20 % más bajo: 3-4	Abajo de lo normal
3. Deciles mitad 20 %: 5-6	Cercano a lo normal
4. Deciles siguiente 20 % más alto: 7-8	Arriba de lo normal
5. Deciles 20 % más alto: 1-10	Muy arriba de la normal

16. Índice de Aridez

El índice climático para caracterizar la aridez del paisaje es la razón de la Precipitación y la Evapotranspiración potencial (Hare y Ogallo, 1993), dado por:

$$R = P/Eo$$

Donde P equivale a la Precipitación y Eo a la Evapotranspiración potencial. Este índice, recomendado por el PNUMA fue utilizado en la evaluación de la aridez a nivel global (UNEP, 1992) y actualmente es el adoptado por la "Convención Internacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía".

Es necesario precisar aquí que este índice depende de factores exclusivamente climáticos y no toma en cuenta las características hidrofísicas del suelo y la vegetación. Dichas variables climáticas son:

- Temperatura Media.
- Temperatura Máxima.
- Temperatura Mínima.
- Insolación Media (horas- luz).
- Humedad Relativa.

- Velocidad del Viento.
- Precipitación.

Tabla A8: Evaluación del Índice de Aridez

Híper Árida	< 0.05
Árida	0.05 - 0.20
Semi Árida	0.20 - 0.50
Sub Húmedo Seco	0.50 - 0.65
Clima Húmedo	>0.65

17. Índice de Repetibilidad de Sequía

Se ha interpretado como Repetibilidad de la Sequía, la frecuencia con que se manifiesta el fenómeno de la sequía en una región o territorio dado, lo cual está en dependencia de la escala temporal en que se analice la misma, ya sea diaria, mensual, anual, etc. El análisis de este comportamiento de la sequía se desarrolla sobre la base del cálculo de las anomalías interanuales estandarizadas, o índices de intensidad anual (Zij), de amplio uso internacional (Ogallo y Nassib, 1984), expresado como:

$$Zij = (Xij - Xj)\ Sj$$

Donde Xij representa el total anual de la lluvia en la estación j en el año i; Xj y Sj son la media y la desviación estándar del período seleccionado.

Los rangos que caracterizan las anomalías negativas como débiles (D) o no significativas, moderadas (M) y severas (S), se precisan multiplicando el cociente Xj / Sj por los coeficientes K max = - 0.15 y K min = - 0.30, de tal modo que:

- Zij > - 0.15 Xj / Sj Sequía débil
- - 0.30 Xj / Sj < Zij < - 0.15 Xj / Sj Sequía moderada
- Zij < - 0.30 Xj / Sj Sequía severa

18. Indicativo Integrado de Sequía: Mapa de Riesgo de Sequía

Asumiéndose que el riesgo de sequía se basa en la combinación del Índice de Aridez y el de la Repetibilidad de la Sequía, se puede determinar los componentes por separado para cada uno de las localidades de la región objeto de estudio.

Ambos índices se convierten en unidades comparables y se promedian para obtener un único valor integrado, al que se le *denomina Indicativo Integrado del Riesgo de Sequía.*

El indicativo que se logra no contempla todos los aspectos e interrogantes de este fenómeno meteorológico, ya que resulta muy difícil su cuantificación absoluta, por lo que estos resultados no deben ser extrapolados para otros fines ajenos al alcance del presente objetivo de análisis.

Este procedimiento permite encontrar cuales son los territorios más sensibles a los efectos de la sequía desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, a partir de una escala relativa de riesgo.

El procedimiento consiste en conformar una serie de datos, calculándose su media, y dividiéndose los valores en dos grupos, por encima y por debajo de ésta. Posteriormente se calcula nuevamente la media a ambos grupos, lo que permite establecer cuatro rangos bien definidos, que agrupan una cantidad bastante homogénea de localidades en los que se reflejan los distintos tipos de riesgo. El método puramente matemático, que responde a los intereses de la clasificación de cada territorio como valor relativo de los restantes, produjo un resultado satisfactorio de acuerdo a los criterios de los especialistas.

Al establecer una escala de valores por rangos, el límite interlocal decide siempre un cambio en la clasificación por grupos y la distribución espacial que resulta pudiera aparecer en algunas partes alterada en función de las características topográficas y actividades económicas específicas de la localidad. Las áreas que abarcan a la vez zonas llanas y montañosas, producen gradientes muy elevados de las variables.

La escala de valores obtenida y el agrupamiento en rangos determinan la siguiente clasificación del Indicativo:

- Denominación Indicativo
- Muy Alto Riesgo 52.60 – 48.84
- Alto Riesgo 48.84 – 45.60
- Riesgo Medio 45.60 – 41.85
- Bajo Riesgo 41.85 – 37.50

El resultado alcanzado se mapea, obteniéndose una representación de las áreas afectadas, las cuales se comparan con el comportamiento tradicional de las mismas. De aquí es posible determinar la clasificación según el nivel de Riesgo.

19. Índice de Vegetación Diferencia Normalizada

El índice de vegetación diferencia normalizada (IVDN) es una variable que permite estimar el desarrollo de una vegetación basándose en la medición, con sensores remotos, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la misma emite o refleja lo que permite determinar el estrés hídrico experimentado por la vegetación, lo que lo convierte en un buen instrumento para evaluar el grado de sequía edáfica experimentado por la región.

El IVDN utiliza los canales 1 (espectro visible VIS) y 2 (infrarrojo cercano NIR) del censor AVHRR de los satélites de órbita polar NOAA (satélite NOAA-AVHRR). La banda visible proporciona información de la cantidad de energía absorbida por las plantas mientras que la vegetación sana es altamente reflectante en el infrarrojo cercano, por lo que su diferencia muestra en cierta forma el grado de actividad fotosintética.

Normalmente la vegetación viva, tiene reflectancia baja en el espectro VIS y alta en el espectro NIR. Cuando una cobertura vegetal se encuentra en estrés, tiende a absorber menos radiación solar en el VIS aumentando su reflectancia y a absorber más en el NIR.

El índice de diferencia (ID) se calcula como la diferencia entre las bandas espectrales pertenecientes a los rangos infrarrojo cercano y visible (canales 2 y 1). Este tiende a decrecer cuando la cobertura vegetal está afectada por algún factor agua, enfermedades, plagas, etc.).

$$ID = R2 - R1$$

El índice diferencial normalizado se define como:

$$IVDN = (R2 - R1)/(R2 + R1)$$

Los valores de IVDN oscilan entre -1 y 1. El índice permite identificar la presencia de vegetación verde en la superficie y caracterizar su distribución espacial así como la evolución de su estado a lo largo del tiempo. Esto está determinado fundamentalmente por las condiciones climáticas.

Los valores positivos corresponderán a zonas de vegetación, mientras que los negativos se refieren a nubes, nieve, agua, suelo desnudo, roca o vegetación seca, parámetros que poseen una mayor reflectancia en la banda roja que en el infrarrojo.

La interpretación del índice debe considerar los ciclos fenológicos y de desarrollo anuales para distinguir oscilaciones naturales de la vegetación de los cambios en la distribución espacial causados por otros factores.

Los valores de IVDN para un mes dado pueden ser expresados en valores absolutos o en valores relativos comparados con promedios de series históricas para ese mismo mes. Como IVDN normal del período se recomienda utilizar la mediana (percentil 50) de la serie de observaciones más larga de la que se disponga.

Los valores de IVDN para diferentes condiciones son:

- El agua tiene reflectancia R1 > R2, por lo tanto valores negativos de IVDN.
- Las nubes presentan valores similares de R1 y R2, por lo que su IVDN es cercano a *0*.
- El suelo descubierto y con vegetación rala presenta valores positivos aunque no muy elevados.
- La vegetación densa, húmeda y bien desarrollada presenta los mayores valores de IVDN

La atmósfera, especialmente las nubes, influyen sobre las señales R1 y R2, tendiendo a disminuir el valor real del IVDN. Debido a esto los datos de IVDN mensuales corresponden al máximo valor registrado durante el mes para cada pixel al máximo valor registrado durante el mes para cada pixel, de manera de garantizar la menor incidencia de nubes en el valor del índice.

Definición: Es el cociente (multiplicado por 100) entre el NDVI registrado en el período considerado y el NDVI que se considera normal para ese mismo período. Cuando el NDVI observado es superior al normal, el indicador vale más de 100, y cuando es inferior, vale menos de 100. Unidades: Tanto por ciento.

Se recomienda su elaboración a escala mensual, aunque luego se realice la agregación a escala anual mediante la media aritmética de los valores mensuales obtenidos.

Para su agregación a escala regional se proponen dos métodos complementarios:

Media aritmética de los valores del indicador en cada uno de los píxeles que componen el territorio estudiado.

Porcentaje de la superficie regional con indicadores inferiores a la unidad.

20. Índice de Humedecimiento Modificado

La herramienta básica para el cálculo del índice de humedecimiento es el balance hídrico agrometeorológico del suelo en la rizosfera, según el método tradicional empleado por la FAO, modificado por Allen et al. (1998) y simplificado y calibrados algunos cálculos de sus elementos principales, por Solano *et al.* (2003a), para su uso operativo en el servicio de vigilancia y en la investigación agrometeorológica.

El balance hídrico agrometeorológico simplificado del suelo, expresado en términos del agotamiento de agua en la rizosfera (Arl), al final de un día, década, mes, etc., es planteado por Solano *et al.* (2003a) como:

- Ar = Ari -1 – Pei – Ii +ETcai
- Ari-1 es el agotamiento de agua en la rizosfera al final del período temporal anterior de análisis (i -1).
- Pei es la precipitación efectiva en el período temporal de análisis (i).
- Ii es la irrigación en el período temporal de análisis (i).
- ETcai es la evapotranspiración de cultivo ajustada en el período temporal de análisis (i).

Si el balance hídrico del suelo se realiza en condiciones de agricultura sostenible y de secano, la ecuación simplificada toma la forma:

$$Ar = Ari\text{-}1 - Pei + ETcai$$

El proceso se repite para todas las décadas siguientes i + 1, i + 2... , i + n. La evapotranspiración del cultivo (ETc o necesidad hídrica de un cultivo específico), para condiciones estándar (cultivos bien abastecidos de agua), durante un período de tiempo dado, se obtiene como resultado del producto de la evapotranspiración de referencia de ese mismo período calculada por el método Penman - Monteith ajustado para las condiciones de Cuba, según Menéndez *et al.* (1999), por los coeficientes de cultivo que relacionan Allen *et al.* (1998).

$$ETc = Kc.\ Eto$$

Donde Kc es el coeficiente de cultivo; ETo es la evapotranspiración de referencia (mm).

Cuando el agua disponible es menor que el límite productivo, la tasa a la cual se evapora el agua disminuye. Para simular este fenómeno, Allen *et al.*(1998) señalan que para condiciones no estándar (con ajustes en el suministro de agua), la evapotranspiración del cultivo ajustada (ETca),

durante un período de tiempo dado, es el producto de la ETc de ese mismo período, por el coeficiente de estrés:

$$ETca = (Kc * ETo) * Ks$$

Donde Ks es el coeficiente de estrés.

El índice de disponibilidad hídrica (IDH) representa la razón entre la reserva de agua del suelo en la década de análisis y el total de agua disponible por los cultivos:

$$IDH = (TAD - Ar).\ TAD\text{-}1$$

Donde (TAD - Ar) es el contenido actual de agua en la rizosfera (mm); TAD es el total de agua disponible en la rizosfera (mm).

El índice de humedecimiento modificado se conceptuó en una escala de seis valores mediante los algoritmos siguientes:

$$(\Theta sat - \theta pmp).\ Pr < (Pei + Ii - ETcai + TAD - Ari\text{-}1),\ para\ la$$

categoría excesivamente húmedo.

Donde: θsat es el contenido de agua del suelo en condiciones de saturación (m3/m3); θpmp el contenido de agua del suelo para el punto de marchites permanente (m3/m3); *Pr* la profundidad de las raíces del cultivo (mm).

$$TAD < (Pei + Ii - ETcai + TAD - Ari\text{-}1) \leq (\theta sat - \theta pmp).\ Pr,$$ ***para la categoría muy húmedo.***

$$TAD.(1 - f) \leq (Pei + Ii - ETcai + TAD - Ari\text{-}1) \leq TAD,\ para\ la$$ ***categoría favorablemente húmedo.***

Donde f es la fracción promedio del total de agua disponible en el suelo que el cultivo puede extraer de la zona de las raíces fácilmente.

$$TAD.(1 - f) / 2 \leq (Pei + Ii - ETcai + TAD - Ari\text{-}1) < TAD.(1 - f),\ para\ la$$

categoría ligeramente seco.

$$\theta pmp.\ Pr \leq (Pei + Ii - ETcai + TAD - Ari\text{-}1) < TAD.\ (1 - f)/2\ y\ Pei + Ii > 0,$$

para la categoría muy seco.

$$Pei + Ii = 0\ y\ TAD - Ari\text{-}1 = 0,\ para\ la$$ ***categoría severamente seco.***

La información utilizada para calcular y realizar la distribución espacial del índice de humedecimiento modificado en el territorio cubano proviene de estaciones de superficie.

La escala temporal utilizada para el cálculo y seguimiento del índice de humedecimiento fue la década, según recomiendan Eldin (1986), Frère *et al.* (1978) y Rojas (1985), como una solución

intermedia entre la necesidad de determinar la influencia de la distribución del índice en los días del mes y la sencillez del cálculo.

La escala espacial de trabajo de 1:1.000 000, resulta adecuada para la exploración al nivel nacional de diversos índices agrometeorológicos. Esta escala fue utilizada previamente por los autores en las zonificaciones de diferentes índices de interés agrícola para el Atlas agrometeorológicos de Disponibilidades Hídricas para una Agricultura de Secano (Menéndez *et al.* 2001) y en la vigilancia de índices agrometeorológicos dentro del servicio operativo a la agricultura.

ANEXO 4: COMPARATIVO INDICADORES

Nombre	Ventajas	Desventajas	Aplicabilidad para Chile
Porcentaje de lo normal de lluvias	Simple de calcular y aplicar; Aplicable a distintas escalas de tiempo Fácil de comprender por el público en general	Supone distribución normal de los datos cuando las pp. no cumplen esta propiedad; Aplicable sólo a regiones con condiciones homogéneas de humedad; Requieren un largo registro de variables hidrometeorológicas; No da información sobre el riesgo.	Es perfectamente aplicable y, de hecho, se está usando como uno de los indicadores En algunas regiones. Tiene el inconveniente de que debe evaluarse para cada zona y no se puede usar como criterio uniforme
Deciles o sequía mensual	Simplicidad de cálculo; Medida estadística precisa; Da información sobre riesgos.	Requiere un largo registro de variables hidrometeorológicas; Poco relevante en series asimétricas o climas semiáridos, con valores nulos	También se puede aplicar en Chile pero presenta dificultades para explicarlo en zonas áridas con valores nulos.
Índice de precipitación estandarizada	Identifica sequías tempranamente en comparación a otros índices como Palmer; Puede ser utilizado en distintas escalas de tiempo permite uso en climas secos y húmedos	No considera la demanda ni los efectos en ella de las sequías	Solo se puede aplicar en zonas restringidas en las cuales se cuente con información sobre suelos y cultivos. No sirve para regiones de montaña
Índice de Severidad de Sequía de Palmer	Resulta simple y de fácil interpretación; Incorpora evapotranspiración o las demandas agrícolas	Complejo de calcular; Requiere registros largos; NO está diseñado para grandes variaciones topográficas a través de una región; No considera la acumulación y derretimiento de nieve.	Solo se puede aplicar en zonas restringidas en las cuales se cuente con información sobre suelos y cultivos. No sirve para regiones de montaña.
Índice de suministro de agua superficial	Incorpora nieve y embalses; Es fácil de calcular; Separa época de invierno y verano	El índice es único para caca cuenca lo que limita las comparaciones entre cuencas.	No es aplicable en general a todo el territorio. Sólo está restringido a algunas cuencas que cuentan con información
Índice de recuperación de Sequías	Incorpora temperatura y, por lo tanto, evapotranspiración Incorpora la duración	No permite comparación con otras cuencas	No puede aplicarse de manera uniforme a un territorio extenso. Debe calcularse por cuencas.

Nombre	Ventajas	Desventajas	Aplicabilidad para Chile
	de la sequía.		No se recomienda para Chile
Índice de la humedad del Cultivo	No requiere largos registros de datos; Identifica rápidamente los cambios de humedad	NO adecuado para sequías de largo plazo, sólo cambios semanales No permite/ facilita la gestión de recursos hídricos en general	No tiene sentido para un territorio extenso con mucha variabilidad climática que incluye zonas húmedas
Índice de Aridez de UNESCO	Simplicidad de cálculo.	No es propiamente un índice de sequías pero se puede adaptar cambiando P por P media	No tiene sentido para un territorio extenso con mucha variabilidad climática que incluye zonas húmedas
Índice de aridez de PALFAI	Permite hacer comparaciones entre distintas zonas	Factores de corrección utilizados fueron calculados para las cuencas de Hungría	No es aplicable directamente ya que los factores de corrección están estimados para otra realidad

Fuente: DICTUC, diciembre 2009.

ANEXO 5: PARÁMETROS DETERMINACIÓN AÑOS SECOS

Autor	Parámetro	Período estudiado	Zona abarcada
Bonilla (1999)	Antecedentes históricos basados en efectos negativos sobre las actividades humanas, pérdidas económicas y desbalances hídricos en las áreas afectadas.	Ejemplos de sequía entre1540 y 1997	Chile
La Red (2001)	Temporada anormalmente seca, sin lluvias, o con déficit de lluvias. En general se trata de períodos prolongados (meses, años, incluso decenios), que pueden ocurrir en áreas continentales restringidas o a escalas regionales. Realizado en base a fuentes periodísticas (La Red 2003).	1970 – 2000	Chile
Unidad de Emergencia Agrícola (UEA 2003)	Sequía meteorológica: cuando hay déficit de precipitación respecto de un año normal por dos o más años consecutivos. Sequía agrícola: cuando la disponibilidad de agua disminuye al punto de causar disminuciones significativas en el rendimiento de cultivos, pérdida de peso y muerte de ganado, y disponibilidad mínima o nula para el consumo en zonas rurales.	1998 – 2003	Chile
Urrutia y Lanza (1993)	Recopilación bibliográfica y de prensa (hemerografía), un trabajo netamente histórico.	1541 – 1992	Chile

Fuente: Tomado de Aldunce P, González M., 2009.

ANEXO 6: PERÍODOS ESTUDIADOS CON REGISTROS DE SEQUÍAS

1555 -1556, Río Maule a Valdivia
Se perdieron los cultivos, acarreando gran mortalidad, especialmente indígenas que murieron de hambre. Del maíz y papas sembrados, sólo lograron recoger una mínima cantidad y muchos perdieron todas las siembras (Urrutia y Lanza, 1993).
1606, Santiago
La sequía se unió a una plaga de langostas. Santiago quedó sin agua para uso doméstico ni para regar las chacras y las sementeras (Urrutia y Lanza, 1993).
1637 a 1639, Zona Central
Las sequías del campo y la pobreza de los deudores es comunicada por el deán del cabildo y cobrador de la Inquisición (Bonilla, 1999).
1656, Zona Central
"Falta de lluvias para las siembras y yerbas del campo" (Urrutia y Lanza, 1993).
1660, Zona Central
Encarecimiento de los productos alimenticios imposibilita sembrar para alimentar al ejército (Urrutia y Lanza, 1993).
1729, Zona Central
"Se acordó racionar la escasa cantidad de agua que llevaba el río Mapocho, para abastecer en forma pareja a los parceleros del sector oriente y del sector poniente de Santiago". Vigilantes controlan la extracción de agua, y se planteó la necesidad de extraer agua de las vertientes de Ramón, ya que éstas eran limpias, para el suministro de la población (Urrutia y Lanza, 1993).
1740 a 1742, Santiago
Perjuicio en los frutos y en el ganado mayor y menor. El río Mapocho quedó casi seco. Gran mortandad de ganado por falta de agua. A los hacendados de Chuchunco y Renca no les alcanza el agua necesaria para beber. Dada la magnitud que ha tomado la sequía, se temen muchas desgracias y muertes. Se insiste sobre el proyecto de abrir un canal desde el río Maipo a Santiago, la bocatoma se haría por Los Morros (Urrutia y Lanza, 1993).
1757, Zona Central
"El tráfico a Mendoza por el camino de Aconcagua se hizo imposible", pues las cabalgaduras no tenían pastos para alimentarse (Urrutia y Lanza, 1993).
1772, Zona Central
No se pueden regar con normalidad las viñas y sementeras con el río Mapocho, como era habitual en la capital. El problema nuevamente plantea el proyecto de sacar agua del río Maipo a través de un canal. Estas obras comenzaron en 1772, denominándose Canal San Carlos (Urrutia y Lanza, 1993).
1787, Región de Copiapó
"Se prohibió, por tres años, la plantación de árboles y viñas en la Región de Copiapó, debido a la falta de lluvias; la escasa agua que llevaba el río se destinó al regadío del trigo y frijoles para el alimento de los habitantes" (Urrutia y Lanza, 1993).
1790, Santiago
Falta de lluvias hace escasear el agua del río Mapocho para regar las chacras de Santiago. Gobierno dispone de turnos para administrar su extracción (Urrutia y Lanza, 1993).
1892, Illapel al sur
Casi no hubo nieve en la cordillera de la zona central; hubo escasez de pastos, en noviembre las sementeras de la zona de Illapel se secaron, ya que no cayó ni una gota de agua en el invierno. Problemas más o menos similares se registraron en Quillota, Melipilla, Casablanca, San Carlos y Puerto Montt" (Urrutia y Lanza, 1993)
1908, Norte Chico
Hay carencia de productos, pérdida de las sementeras y malas cosechas. Los campesinos se encontraban en una

situación de hambre y cesantía. Comités de ayuda y fondos de gobierno ayudan a los afectados, pues se dijo que hubo incluso personas que murieron de hambre (Urrutia y Lanza, 1993).
1924, Coquimbo a Maule
"Entre Coquimbo y el Maule se produjeron, por lo menos, un millón de quintales menos de trigo. Se calculó que sólo en la provincia de Coquimbo las pérdidas de trigo alcanzaron a ciento treinta quintales métricos y en el resto de la zona afectada se estimó que las pérdidas fueron de un setenta por ciento de la producción normal en terrenos de secano y un veinte por ciento en los terrenos regados. En la provincia de Coquimbo se calculó que desaparecieron doscientos mil ovejunos, doscientos cincuenta mil caprinos y veinte mil vacunos. El resto, entre Coquimbo y el Maule, quedó en situación bastante precaria". Ferrocarriles rebajó el costo de flete de animales. "En el norte no se pudieron sembrar barbechos, el pasto natural no se desarrolló y los pastos no crecieron, por lo que en definitiva, no hubo pasto para los animales". No nevó en la cordillera, los ríos llevaron un caudal insuficiente para regar los cultivos, por lo cual se resintieron las arboledas y no pudieron prepararse los terrenos para chacras. Las provincias de Coquimbo, Aconcagua, Santiago, O'Higgins, Colchagua y parte de Curicó vivieron una devastación completa de las áreas de pastoreo del ganado y en los cultivos de cereales, que significaron pérdidas de varios millones de pesos a la economía nacional. Los campos quedaron con menos de la cuarta parte del ganado mayor y menor. Hubo una progresiva desaparición de los animales que habitaban los cerros y las llanuras de los sectores alcanzados por la sequía. Los arbustos y hierbas de los cerros se secaron, dejando a las cabras sin alimentos. Sin las cabras (su principal fuente de ingresos), ni las siembras del fondo de los valles, los habitantes de las zonas afectadas, especialmente de la Región de Coquimbo, no tuvieron alimentos y se produjo el éxodo hacia Illapel, Combarbalá y Ovalle (Urrutia y Lanza, 1993).
1933, Atacama a Coquimbo
Cientos de animales en los valles interiores murieron a consecuencias de la falta de agua y de hierbas. El río Elqui se secó perjudicando la producción de higueras, duraznos y perales". Problemas serios en Ovalle, Atacama, Talhuén y otras localidades. "La construcción del tranque Cogotí estaba paralizada y era imperioso sacar el ganado de la zona, para evitar su muerte. Se dispuso de rebajas y facilidades en el transporte, enviándose al centro y sur del país más de ciento cincuenta mil cabezas de vacunos y ovejunos" (Urrutia y Lanza, 1993).
1943 – 1944, Zona Sur
Se produjeron grandes incendios forestales. Se secaron cultivos de avena, trigo y pastos, de modo que se prohibieron los roces a fuego en Temuco por el peligro de causar mayores incendios. Se perdieron las chacras en la localidad de Perquenco, y las cosechas de papas; "los trigales y avenas se 'arrebataron' por lo que se chuparon y tuvieron polvillo. Los pequeños agricultores sufrieron problemas de todo tipo, principalmente por la falta de recursos, no pudiendo efectuar las labores agrícolas con oportunidad". Las temperaturas cercanas a cuarenta grados en Chillán y la prolongada sequía produjeron cuantiosas pérdidas a la agricultura. "En Ñuble algunos agricultores perdieron sus siembras de arroz por la falta de agua. Se resintieron la chacarería y la ganadería por la falta de pastos. Lo mismo sucedió en Bulnes y en Chillán Viejo, donde escaseó hasta la verdura". En Cunco, cerca de Temuco, la sequía y los incendios de bosques devastaron y llevaron a la ruina a una extensa zona. "En marzo de 1944 los esteros estaban secos y sólo quedaban seis pozos con agua, para una población de tres mil quinientos habitantes; la otra fuente del vital elemento era el río Negro a doce kilómetros de distancia [...] la escasez de agua y la falta de pasto afectó al ganado en la engorda, bajando la producción lechera entre Concepción y Arauco. A su vez, en Osorno se estimó que sólo se produjo la tercera parte de la cantidad habitual de leche". La falta de agua en Temuco repercutió en el abastecimiento de la empresa de agua potable; "el estero Chivilcán y el canal Gibbs quedaron casi secos, lo que acarreó perjuicios en la salubridad pública, en la ganadería y en la agricultura" (Urrutia y Lanza, 1993).
1946, Provincias de Atacama y Coquimbo
Se perdieron los cultivos de catorce mil hectáreas de terrenos de secano, de noventa a cien mil quintales métricos de trigo, cebada y otros. El aprovisionamiento de agua fue tan escaso que más del doble de las hectáreas regadas tampoco dieron frutos, perdiéndose las semillas. Se calculó oficialmente que cuatrocientas mil cabras perdieron su parición y otras murieron de hambre; que a más de cincuenta mil ovejas les ocurrió lo mismo". Mil familias (unas tres mil quinientas personas) abandonaron sus tierras; sacrificaron los pocos animales que les habían quedado, para matar el hambre y vendieron a precios ridículos sus herramientas, y a pie se fueron a las provincias de más al norte. El Gobierno entregó créditos, víveres, construyó viviendas de

emergencia para los damnificados. Muchas familias emigraron a Argentina (Urrutia y Lanza, 1993
1955, Coquimbo a Malleco
La mitad del Chile agrícola sufrió los efectos de una desastrosa sequía, Se perdió el setenta por ciento de la producción de limones, lo que correspondía a una pérdida de doscientos setenta y cinco millones de pesos, poniendo en peligro el mercado consumidor de Europa. También se perdió el treinta por ciento de los árboles de naranjas, que correspondía a un daño por setenta y ocho millones pesos. Las pérdidas en trigo se estimaron en tres millones de quintales. "La falta de pasto y la falta de agua estaban desolando los campos de Coquimbo y Atacama, por lo que las cabras y ovejas estaban muriendo de hambre y sed. Los animales no podían ser llevados a la cordillera, porque el estado de debilidad los dejaba muertos en el camino; en muchas ocasiones, los ganaderos mataban a las crías para salvar a las madres, lo que en la práctica se traduciría en disminución de leche, quesos, carne y pieles" (Urrutia y Lanza, 1993).
1960 a 1962, Norte Chico
En 1960 la superficie regada en los departamentos4 de La Serena, Coquimbo y Elqui de la provincia de Coquimbo se redujo a más de la mitad, pues se regó con el cuarenta por ciento de la dotación de los ríos Elqui y Limarí. "La menor producción de trigo llegó al sesenta por ciento y en maíz al setenta y cinco por ciento. En cuanto a la ganadería, en los mismos departamentos, en años normales era de diecisiete mil cabezas de vacunos; en noviembre de 1960 se habían evacuado a la zona sur más del quince por ciento. De los quinientos mil caprinos, en noviembre habían muerto del orden de los ciento cincuenta mil" (Urrutia y Lanza, 1993). Registro de pérdidas de trigo y cebada del orden de las 14.000 hectáreas, y 3.000 cabezas de caprinos en periódicos de octubre de 1960 (Donoso *et* *al.*, 1999). La Sociedad Agrícola del Norte estimó que las pérdidas para los pequeños crianceros (por la muerte de crías y adultos, baja en precios y ventas de cueros y pérdidas de siembras de secano), eran cercanas a los dos mil seiscientos cincuenta millones de pesos o dos millones seiscientos cincuenta mil escudos5. "La exportación de queso de cabra quedó reducida casi a cero, en Ovalle se llegaron a exportar cuarenta mil cajas de este queso y en 1961 apenas llegaron a mil". Los tranques disminuyeron su volumen en un ochenta por ciento. En localidades como Canela y Canela Alto no había agua para beber, el ganado murió de hambre, el trigo no brotó y sus habitantes emigraron. Los terrenos cultivados de la provincia de Coquimbo eran un millón novecientas mil hectáreas de secano y ciento veintiún mil hectáreas de cultivos en terrenos de riego. En estos últimos terrenos se producía forraje de ganado vacuno, ovino y caprino, cultivos anuales de trigo, cebada, morrón, maíz, linaza, hortalizas, cultivos frutales, tomates, papas, frutas y hortalizas que se producían y vendían cuando aún no maduraban en otras regiones del país. En 1961 las pérdidas en el Norte Chico por la sequía se estimaban superiores a los diez millones de pesos. Los comuneros o pequeños agricultores (dedicados a la crianza de ganado menor, o sembradores en terreno de rulo, dependientes de las lluvias) fueron el grupo más afectado por la sequía, migraron junto a sus familias, cambiaron de ocupación y más de una persona murió de hambre. Algunas familias no migraron, pero el jefe de hogar se desplazó a trabajar a otros lados, pues si abandonaban la tierra perdían todo derecho sobre su propiedad (Urrutia y Lanza, 1993).
1964, Norte Chico y Valparaíso
"En la provincia de Coquimbo, de las veinticinco mil hectáreas regadas, se aprovecharon sólo once mil novecientos veinte, regándose con el cuarenta por ciento del agua que llevaba el río Elqui ese año. Esto significó el sesenta por ciento menos de la cosecha de trigo, el diez por ciento menos de cebada y el sesenta y cinco por ciento menos de maíz. La situación también fue desastrosa para Ovalle: el tranque Recoleta tenía menos del cuarenta por ciento de sus reservas y el tranque Cogotí, menos del ochenta y tres por ciento. Las reservas del río Limarí disminuyeron en un treinta por ciento, por lo que las hectáreas regadas bajaron a un ochenta por ciento" (Urrutia y Lanza, 1993). Pérdida del 50 % de la cosecha de chacarería, trigo, maíz, cebada y frejoles, y un 80 % de hectáreas de hortalizas que no fueron sembradas, de acuerdo con los registros de la prensa de octubre de este año (Donoso *et al.*, 1999). La situación de los comuneros seguía siendo la más grave, unas cuarenta mil personas tenían quinientas noventa mil hectáreas de secano y mil quinientas hectáreas regadas, que en tiempos normales aprovechaban en siembras de trigo, cebada y comino. Debido a la sequía de este año no lograron cosechar y los animales murieron de hambre. "Las comunidades agrícolas del Norte Chico registraban en esa fecha la más alta tasa de mortalidad infantil, con veintidós por ciento". Estas circunstancias obligaron a los hombres a volver a trabajar a las minas. Unos sesenta mil comuneros se vieron afectados (Donoso *et al.*, 1999), estimándose que "los pequeños comuneros perdieron ese año catorce mil hectáreas de cebada y trigo y ciento cincuenta mil animales de las quinientas mil cabezas de ganado caprino que poseían". Se estimó que los pequeños comuneros perdieron ese año catorce mil hectáreas de

cebada y trigo y ciento cincuenta mil animales de las quinientas mil cabezas de ganado caprino que poseían. Las autoridades declararon 'Zona de Emergencia' al Norte Chico. En Valparaíso y Aconcagua, el río del mismo nombre llevaba un caudal mínimo, lo que se tradujo en falta de agua en los pozos de riego y para consumo. Hubo pérdidas en el cultivo de chirimoyas, paltas y hortalizas. Hubo problemas sanitarios en el interior de la Provincia de Valparaíso por unas cuarenta mil viviendas sin disposición de excretas, las que iban a acequias y canales de regadío, contaminando el agua de regadío (Urrutia y Lanza, 1993). Entre Atacama y Coquimbo, las pérdidas superaban los diez millones de escudos (Donoso *et al.*, 1999).

1967, Norte Chico y Zona Central

La falta de agua en julio de 1967 significó problemas con las siembras de raps en la zona central y retraso en la germinación de los cereales [...] se estimaron pérdidas del treinta por ciento en la producción de apios, del veintisiete por ciento en las lechugas, del veintitrés por ciento en ajos, del tres por ciento en arvejas y del noventa por ciento en coliflores. El Gobierno declaró 'Zona de Emergencia' de Coquimbo a Colchagua, disponiendo normas de resguardo para los productores y defensa para los consumidores, interviniendo las vegas; decretando precios oficiales para determinados productos y estableciendo vedas de vacunos" (Urrutia y Lanza, 1993).

1968 – 1969, Provincias de Atacama a Llanquihue

La falta de agua afectó prácticamente a todos los rubros del quehacer nacional: el agro, ganadería, electricidad, alimentación, industria y minería. En 1968 no hubo precipitaciones en forma de lluvia ni de nieve. Las pérdidas entre Copiapó, donde el déficit alcanzó al cien por ciento, y Llanquihue, fueron cuantiosas (Urrutia y Lanza, 1993). Las provincias más afectadas fueron Coquimbo, Aconcagua, Valparaíso, Santiago, O'Higgins, Colchagua, Curicó, Talca, Maule y Ñuble (Urrutia y Lanza, 1993; Toro, 1971). "Se calculó que en el sector agrícola propiamente tal, las pérdidas significaron que hubo un millón diez mil quintales métricos menos de papas; doscientos ochenta mil quintales métricos menos de arroz; setecientos setenta y dos mil setecientos cincuenta quintales métricos menos de maíz; además de menos frijoles, curagüilla, maravilla, remolacha, tabaco, heno, alfalfa y pastos, hasta los árboles frutales y los viñedos produjeron menos frutas y menos uva" (Urrutia y Lanza, 1993). A julio de 1968 la prensa registraba unas 130.000 hectáreas de trigo, avena, cebada, papas y hortalizas perdidas, dejando una pérdida en productos agrícolas por 505 millones de escudos, además de los más de 50 millones de escudos necesarios para importar alimentos (Donoso *et al.*, 1999). Doce mil hectáreas de forestales no pudieron plantarse por la falta de agua (Toro, 1971), lo que Donoso *et al.* (1999) contabilizan como 150 millones de árboles sin plantar, con pérdidas de más de 120.000 hectáreas de plantaciones forestales y más de 250 árboles en peligro por la falta de agua. En la ganadería se estimó la pérdida de cien mil vacunos y un millón de ovinos por falta de pastos, la población ganadera perdió ciento ochenta millones de kilos; los ovinos sobrevivientes perdieron cuarenta y tres millones de kilos, además una disminución de dos mil cien toneladas de lana y noventa y ocho millones de litros en la producción lechera. "Se estimó que cuatrocientos veintinueve mil ciento catorce trabajadores y pequeños propietarios agrícolas quedaron cesantes, los que con sus grupos familiares alcanzaban a un millón seiscientas mil personas". Agricultores

de secano y criadores de cabras no tenían agua ni para beber. "El déficit de agua de superficie en ríos, lagos y lagunas fue del ochenta por ciento en la 'zona de crisis', comprendida entre Valparaíso, Aconcagua y Santiago [...] En las aguas subterráneas también se produjo un notorio descenso, estimándose entre dos y trece metros, en Santiago. Los principales embalses quedaron casi secos [...] El déficit de energía eléctrica fue de doscientos millones de kilowatts en las plantas hidroeléctricas de ENDESA" (Urrutia y Lanza, 1993). Las reservas de nieve en la cordillera son nulas, ya que no nevó este año, siendo un problema especialmente grave para el Norte Chico y la Zona Central de Chile, que dependen de esta fuente para obtener agua en los meses de primavera y verano (Toro, 1971). La sequía afectó también a la industria papelera, tabaquera, tintorera, textil, la de elaboración de alimentos, la conservera, al cobre y a todas las industrias extractivas o manufactureras que utilizaban electricidad y agua (Urrutia y Lanza, 1993). Específicamente en la V Región, la sequía causó mucho daño en la agricultura. En septiembre de dicho año, los problemas eran los siguientes: los cultivos de trigo del sector cercano a la costa y contrafuertes de la cordillera de los Andes que fueron sembrados en polvo, se perdieron totalmente, ya que las precipitaciones que hubo no se dieron en la época adecuada, no aportando ningún beneficio a este cultivo. Las arvejas y lentejas no han germinado, al igual que los pastos naturales, lo que se traduce en falta de alimento para el ganado. No se sembraron forrajeras extraordinarias porque las pocas existentes corrían el riesgo de perderse. En la ganadería, la falta de alimento y leche produjo una mortandad superior al 15 % de corderos; el ganado bovino se encontraba en estado regular, siendo los más perjudicados aquellos de crianza, por la falta de alimento, y el ganado de engorda, por el mismo motivo. Las pérdidas de

ganado caprino ascienden a un 20 %, siendo los sectores más afectados por este problema en la V Región las localidades de Quillota, Colliguay, Marga-Marga, Los Orozco, Casablanca, Algarrobo,

Puchuncaví, Putaendo y el Departamento de Petorca. La producción de leche en general disminuyó en más de un 20 % por la falta de los alimentos necesarios (forraje verde, heno) y el nivel de desocupación en las áreas de secano es grave. Las plantaciones forestales de 1967 se consideran totalmente perdidas, mientras que las adultas sufrieron tal falta de agua que llegaron a secarse, y además de los problemas traídos por la sequía, los incendios contribuyeron la destrucción de 1.100 hectáreas de bosques artificiales y alrededor de 25.000 hectáreas de pastos naturales y bosques autóctonos, llegando a destruir sectores urbanos, como fue la Población Gómez. Carreño (Ossandón *et al.*, 1983) El año 1969 siguió siendo de escasas lluvias, la producción agrícola era casi nula en la Zona Norte; había problemas para alimentar al ganado y la explotación minera estaba en vías de paralizarse por falta de agua. El mismo año, de las seiscientas cincuenta mil cabras que habían en la provincia de Coquimbo, quedaban doscientas cincuenta mil; los tranques Recoleta, La Paloma y Cogotí estaban prácticamente sin agua; la cantidad de personas cesantes en la zona era mayor a los nueve mil, el caso de los comuneros seguía siendo dramático. El Gobierno tomó numerosas medidas de emergencia que incluyeron ayudas internacionales. En total se vieron afectadas a lo largo de once provincias, unas cuatrocientas mil personas (Urrutia y Lanza, 1993). La sequía ha sido general en todo el país, fluctuando el déficit de agua caída entre un 100% en la Provincia de Atacama, al extremo norte del país, y un 36% en la ciudad de Punta Arenas, extremo sur del territorio (Toro, 1971). La evaluación general de pérdidas es de un costo aproximado de mil millones de dólares (Bonilla, 1999). El 90% de la superficie bajo riego de la zona afectada se encontraba bajo los efectos de la sequía (Donoso *et al.*, 1999). La Sociedad Nacional de Agricultura afirma que, producto de la sequía de 1968, la agricultura chilena sufrió pérdidas que se cuantificaron en más de 100 millones de dólares (SNA, 1998). En la agricultura de secano la sequía de 1969 produjo pérdidas superiores al 65% en forraje, siembra de cereales y hortalizas, en tanto que las pérdidas en la ganadería llegaron al 45% y el déficit del agua en los embalses disminuyó la superficie de riego en un 40% (Bonilla, 1999).

1970 – 1971, Regiones II a Metropolitana, y VIII a IX

En 1970, los tranques La Paloma y Recoleta tenían una reserva del veinte por ciento de su capacidad, mientras que los tranques Cogotí, Lautaro, Rungue y Culimo estaban secos, y los ríos Choapa, Elqui, Huasco, Limarí y Copiapó llevaban poquísima agua. No quedaban vivas más de doscientas mil cabras. "Los departamentos de Combarbalá e Illapel eran los más afectados por la sequía, donde produjo un éxodo de familias completas [...] En enero de 1971 las condiciones de sequía en el Norte Chico se mantuvieron prácticamente iguales a los años anteriores; los ríos llevaban un quince por ciento del agua normal y la mayoría de los embalses, con excepción del de La Paloma, estaban secos; se habían perdido miles de cabezas de ganado; hubo enormes daños en los cultivos, bosques, praderas y pastizales; disminuyó la extensión de tierras cultivables y la de reforestación, contribuyendo la aridez a los incendios forestales" (Urrutia y Lanza, 1993). En 1970 hubo 450 mil damnificados en las regiones III, IV y V, los pozos se secan, reduciéndose el suministro de agua potable. En la IV Región mueren 600 mil cabras, la comuna de Combarbalá es declarada el epicentro de la sequía y la Organización de las Naciones Unidas (ONU) establece un programa de alimentación para los niños con desnutrición. En la V Región, entre un 10 y un 50% de las hectáreas cultivables están afectadas, se declara Zona de Catástrofe a varias comunas de la Región. Piden declarar Zona de Catástrofe a la comuna de Tiltil, donde se han perdido cosechas de tunas, y ha habido muerte del ganado. En la VIII Región hay un 90% de las tierras de secano de la Provincia de Ñuble afectada, los principales cultivos con problemas son trigo, viñedos, remolacha, lentejas y maíz. No hay agua para riego, las chacras se han perdido casi totalmente. En la Región de La Araucanía la producción lechera bajó en un 50% y hay escasez de agua potable. El año 1971 es sindicado como el quinto de sequía, desde 1967. Se perdieron o dañaron seriamente las viñas y los cultivos de duraznos, cítricos, ciruelas y almendras, arrasa con los huertos de palta que no se riegan hace tres meses. El maíz se regó sólo una vez, el arroz está a punto de perderse y se secan los pastos naturales, en Valparaíso algunos tranques llegan a la cota cero (La Red, 2001).

1972 a 1974, II a X Región

En la Región de Coquimbo es el sexto año de sequía, los agricultores son los más afectados, especialmente en cuanto a producción de uvas. La sequía afecta la agricultura y trae cesantía a la zona. En la V Región el agua potable es restringida para evitar infecciones estomacales. En la Región Metropolitana hay 50 familias afectadas. En la VIII Región no hay agua para riego. En la X Región se crearon nuevos pozos. Para el año 1973 no hay novedades. En 1974 se produjo una maduración anormal en las empastadas, afectando la producción ganadera y de leche. También afectó el rendimiento de cereales como el trigo (La Red, 2001).

1975, Norte Chico y regiones VIII a XI

A esta fecha aún persistían los efectos de la sequía que ya duraba varios años en esa zona. Las provincias de Atacama y Coquimbo, el departamento de Petorca y las comunas de Putaendo y Santa María fueron declaradas 'Zona de Catástrofe' (Urrutia y Lanza, 1993). En la VIII, XI y X Región, la maduración anormal de las empastadas se tradujo en una baja en la producción ganadera y lechera. Hubo deterioro del trigo. En la XI Región la producción lechera disminuyó en un 23,1 %, equivalente a 215.000 litros. No hay forraje ganadero desde octubre de 1974 (La Red, 2001)
1976, Regiones I, II y IV a IX
En la Región Metropolitana 520 hectáreas corren peligro de quedar sin agua para riego (La Red, 2001).
1977, Regiones V y Metropolitana
En la Provincia de Petorca, en la V Región, los campesinos abandonan sus tierras (La Red, 2001).
1978, Regiones I, V, Metropolitana, VII, VIII, IX, X y XII
En la comuna de Arica se han perdido cosechas y ganado, habiendo también problemas en la entrega del agua. En las regiones V y Metropolitana hay necesidad de agua potable para el consumo de la población y para bombas extractoras de regadío. En la VII Región no se desarrollaron de forma adecuada los trigales y legumbres. En la Región de Los Lagos hubo pérdidas en las siembras de papas, en las empastadas y en el ganado ovino y bovino. La ciudad de Valdivia se quedó sin abastecimiento de agua potable (La Red, 1991).
1979, Regiones I, IV, Metropolitana, VI, zona de Biobío a Chiloé, y regiones XI y XII
En la Región Metropolitana las siembras de trigo no germinaron correctamente. En la VI Región hay mortandad de ovinos pequeños que comieron tierra por falta de pastos. Los empresarios agrícolas y ganaderos de Biobío a Chiloé declaraban el fracaso de la siembra de trigo de primavera, que debía cosecharse en marzo. "La producción de papas en la provincia de Chiloé disminuyó en un cincuenta por ciento y la de raps, en más de un treinta por ciento. Al mismo tiempo, la producción lechera había bajado, entre enero y febrero, en un treinta por ciento con respecto a diciembre de 1978, a causa de la mala alimentación del ganado [...] Para los agricultores la situación era grave, ya que aparte de no existir riegos artificiales, en la zona se concentraba el diez por ciento de la producción nacional de cereales; casi la mitad del ganado bovino del país, con un millón de cabezas sólo en la Región de Los Lagos y el sesenta y tres por ciento de la leche producida en el territorio nacional; la zona también tenía, en esa fecha, un cuarto de la superficie del país sembrada con plantas forrajeras, entre ellas, el trébol rosado, alfalfa, pasto ovillo y mezclas" (Urrutia y Lanza, 1993). En la Araucanía disminuyó la producción lechera y se vieron afectadas las siembras de primavera y las tardías de invierno. En Ancud hubo racionamiento de agua potable. En la Región de Los Lagos hubo pérdidas en siembras de papas, empastadas y en el ganado ovino y bovino. En Osorno y Valdivia se vio afectada la producción lechera y ganadera, y en esta última ciudad las praderas se secaron, dejando a los animales sin alimento. En la XII Región hubo que racionar el agua para consumo humano (La Red, 2001).
1983 a 1984, VIII a X Región
La producción lechera disminuye en un 30%. Daños irreparables en cereales, papas, remolacha, pastos, avena, trigo y lentejas. Solicitan precipitaciones artificiales para salvar algunos cultivos. El año 1984 se convierte en el quinto más seco de la historia meteorológica, las plantas lecheras han disminuido en 50 millones de litros que equivalen a un ingreso menor de siete millones de dólares. El ganado vacuno registra pérdidas por casi cinco millones de dólares (La Red, 2001).
1985, Río Choapa a Talca
El secano fue el principal afectado, pues en la zona de riego el agua acumulada en los embalses permitió un abastecimiento normalizado. Hubo más de setenta mil personas afectadas (Bonilla, 1999). En la IV Región afectó a los criaderos de cabras de Elqui, Limarí y Choapa. Hay carencia de pastos, disminución de la producción de quesos, y las hembras han abortado o las crías mueren antes de nacer. En la VI Región hay efectos sobre la producción de cobre y mínimas reservas de nieve (La Red, 2001).
1986, IV y IX Región
Por lo menos cuatrocientas mil cabras murieron a causa de la sequía. Los mayores daños se registraron en la provincia de Limarí, diezmando el ganado menor que se estimaba en un millón de individuos (Urrutia y Lanza, 1993). La ganadería sufrió los mayores daños (Bonilla, 1999).
1988, V, VII y XII Región

En la V Región debieron trasladarse 10.000 cabezas de ganado, hay problemas en cultivo de trigo. En la Región del Maule los más afectados son los pequeños agricultores que no cuentan con un sistema de regadío artificial, se retrasan las siembras, disminuye la producción lechera en un 25% debido a la baja de peso del ganado que no tiene pastos para alimentarse. En la XII Región se debe racionar el agua para consumo humano (La Red, 2001).
1989, Regiones II a V y VI a XII
Hay racionamiento de energía en sectores industriales, minería y grandes empresas en las regiones II a X (excepto Metropolitana). En la VI Región no hay forraje natural, afectado la ganadería ovina. En la Región del Maule no hay forraje para el ganado, afectando principalmente a novillos y vaquillas, hay pérdida en las siembras, y se ven especialmente afectados los rendimientos de cereales, praderas naturales y forraje; mueren ovinos y caprinos neonatos, disminuye el agua de las norias y de los canales de regadío. En la VIII Región hay retraso de siembras y agotamiento de las empastadas, los caudales bajan más del 50% ocasionando problemas para el regadío, no hay forraje para animales en la zona de secano, fueron afectadas las siembras de trigo y los animales enflaquecieron. En la IX y X Región hay retraso de las siembras. En la XII Región hay muerte de animales (La Red, 2001).
1990 – 1991, I a VIII Región
Diecisiete comunas de las regiones III, IV y V fueron declaradas 'Zona de Catástrofe' en 1990 debido a la sequía (Urrutia y Lanza, 1993). En la I Región, la falta de agua hace perderse el 50% de los cultivos del valle, y un 31 % de los camélidos (85.000 animales). Nueve mil familias del sector costero de la IV Región padecían hambre al haber perdido todas sus pequeñas plantaciones de hortalizas, y la falta casi total de agua les hizo perder al menos un quinto de su ganado caprino. En noviembre la situación se hacía cada vez más crítica, ya que el número de familias sin alimento llegaba a las once mil, a consecuencia de una pérdida del ganado cercana al ochenta por ciento. "La sequía había diezmado casi la totalidad de los huertos de la IV Región" (Urrutia y Lanza, 1993). Hubo daños en vides, hortalizas, paltas y cabras. Daños en cultivos de exportación, pisqueras y hortalizas. Nueve mil familias de la zona de secano reciben raciones de comida y vacunas para animales en 1990; en 1991 son 250.000 las familias afectadas con serios daños en la agricultura y la muerte del 60% de su ganado, hay problemas en la minería, a pesar de lo cual la minera Los Pelambres entrega agua de sus pozos a la comunidad (La Red, 2001). En la V Región el problema también era grave, dañándose cuatrocientos cincuenta mil hectáreas y generando cesantía (Urrutia y Lanza, 1993). En la Región del Maule se retrasa la entrada a clases por falta de agua en 50 escuelas rurales. En la V Región comienza la venta de agua para el verano, hay problemas de riego (La Red, 2001). En 1991, la falta de agua llegaba hasta la VIII Región en el sur del país, aumentando la declaración de 'Zona de Catástrofe' a cuarenta y cinco comunas (Urrutia y Lanza, 1993). Falló el suministro de agua potable en varias comunas de la VIII Región, la situación es crítica en 1991. Se necesitaron recursos para forraje, desparasitación, profundización de pozos, creación de trabajos y repartición de alimentos en toda la zona afectada. Hubo racionamiento de agua en varias regiones. En la Región Metropolitana hubo reducción de la energía pública. (La Red, 2001).
1992, I Región
No hay agua para agricultura ni ganado, las precipitaciones del invierno altiplánico fueron escasas, hay racionamiento de agua para consumo cercano al 50 %. En Parinacota los camélidos bajan al valle del Lluta a beber la escasa agua disponible, pero no logran sobrevivir; el Gobierno adquiere 219 camélidos y los lleva a la VI Región beneficiando a 85 familias (La Red, 2001).
1994 a 1995, III, IV, V y X Región
En la III y IV Región el ganado caprino muere por la falta de alimento debido a las lluvias, hay pérdidas por la baja producción lechera y quesera además de otros productos agrícolas; se declaró Zona de Emergencia Agrícola. En la X Región hay escasez de agua para consumo humano y para riego, las altas temperaturas hacen escasear los recursos disponibles; no existe agua en el único embalse de la ciudad de Ancud, en Chiloé. En 1995 continúan los efectos de la sequía en las regiones del norte, y en la V Región se debe racionar el agua potable (La Red, 2001).
1996 a 1998, I a X Región
La falta de agua produjo un menor desarrollo de las plantaciones de frutas, afectando la producción del año siguiente. El calibre de las frutas fue menor, y aumentó la sensibilidad a plagas y enfermedades; el impacto en el sector frutícola de exportación se tradujo en pérdidas por 45 millones de pesos. Los cultivos más afectados

fueron los de trigo, cebada, avena, lupino, papas, raps, leguminosas y remolacha, mientras que las hortalizas con más daños fueron la lechuga, acelga, repollos y otras de alta exigencia hídrica. En el sector forestal, la falta de agua retarda el crecimiento de los árboles, efecto apreciable en el largo plazo, al cosechar las plantaciones. En la inmediatez, al bajar los niveles de humedad de la vegetación aumentó el riesgo de incendios forestales. En el sector ganadero hubo problemas nutricionales por la reducción en la disponibilidad de forraje en praderas naturales y veranadas, causándoles mayor susceptibilidad a enfermedades, lo que aunado a la baja de peso mermó el precio en el momento de venta. El comportamiento reproductivo se vio afectado, habiendo pariciones desunifomes, tardías, aborto y muerte de crías (Bonilla, 1999; Molina, 2000). Los embalses de la zona sur estaban muy por debajo de sus promedios históricos, en cambio los del norte superaban su nivel normal. En el ámbito social, el pequeño productor agrícola fue el más golpeado, a las pérdidas significativas de cultivos y ganado se sumó el desempleo de los trabajadores agrícolas de temporada. La falta de agua para el aseo pudo llevar al aumento de enfermedades entéricas, lo cual fue previsto por el Gobierno, quien intervino para evitarlo (Molina, 2000). La sequía llevó a calificar a 1998 como el tercer año más seco del siglo. El secano costero de la zona central experimentó un 80% de déficit de agua caída con respecto a un año normal (Molina, 2000). Fueron declaradas como Zona de Emergencia las regiones III, IV, V, Metropolitana, VI, VIII, IX y X. El mismo autor señala los impactos más importantes por regiones; en la III Región hubo escasez de agua y de forraje, disminución de la superficie sembrada y pérdidas en la masa caprina (Bonilla, 1999). En la IV Región, la sequía agrava la pobreza existente, hubo problemas de abastecimiento de agua para riego y consumo, pérdida de masa caprina escasez de forraje y problemas en la distribución del agua para riego (Molina, 2000). En la V Región la gama de daños es más amplia, disminuyeron las siembras y hubo pérdidas en las cosechas de frutas anticipadas y de cultivos. Hubo problemas con las plantaciones de paltos, limoneros, lúcumos y chirimoyos. En la ganadería, los animales perdieron peso de forma generalizada, disminuyó la producción de leche y quesos, y hubo muerte de caprinos y bovinos. En la Región Metropolitana hubo una disminución de las siembras, de los rendimientos de los cultivos anuales, y escasez de forraje; en esta Región hubo conflictos por la distribución de las aguas. En la VI Región la fruticultura fue el rubro más afectado, hubo problemas en la distribución del agua que afectaron los riegos necesarios de los cultivos anuales. La producción de forraje para animales se hizo insuficiente durante el verano. En la VII Región algunas localidades tuvieron serios problemas con el abastecimiento de agua para consumo humano. El forraje para animales también fue escaso en esta Región (Bonilla, 1999) y hubo problemas en los cultivos de trigo, papas, lupino y raps (La Red, 2001). En 1997 la Provincia de Malleco en la IX Región tuvo 30.000 hectáreas afectadas por falta de riego, siendo más de mil los agricultores afectados. En la VIII Región seis mil familias quedaron sin agua potable, en el secano costero hubo pérdidas en plantaciones de 15 a 35%. En la Región Metropolitana la sequía provocó enfermedades entéricas (La Red, 2001). En 1998 hay racionamiento eléctrico y baja de voltaje de un 7% desde la II hasta la X Región. En la IV Región 15.000 familias perdieron las cosechas de trigo y cebada, y un cuarto de las crías de cabras recién nacidas muere. En la Región Metropolitana se pierden doce mil cabezas de ganado, el agua para beber se reparte con camiones aljibes en Melipilla, mientras que en la Región de Valparaíso murieron 10.000 cabezas de ganado y se perdieron más de 3.000 hectáreas de cultivos. En la VII Región sesenta mil personas no tienen agua para beber, y los cultivos más afectados son arroz, trigo, leguminosas de grano y el forraje. En la Región de la Araucanía el agua potable se distribuye en camiones aljibes y hay 32.000 campesinos sin agua (La Red, 2001). En total, al menos 602.000 hectáreas de todo tipo de cultivos se vieron afectadas sólo en 1998 (SNA, 1998), y las pérdidas en la producción agrícola y ganadera del orden de los US $250 millones en el período comprendido entre 1994 y 1997 (Comisión Nacional de Sequía e IICA, 1998), siendo estas pérdidas estimadas en US $203 millones para el año 1996 en la fruticultura. El daño provocado implicó un decrecimiento del sector agrícola de un 2,1%, cuando lo esperado era un crecimiento de 4% o 5% real (SNA, 1998).
2003, Regiones I, II, VI y VII
El invierno altiplánico, que comúnmente provee de agua para los bofedales no tuvo este año los alcances suficientes para el crecimiento de vegetación que requiere la masa ganadera de la I y II Región en los meses más secos (mayo a agosto). Se informó de 500 animales muertos en la comuna de General Lagos, y de 33.871 en la comuna de Colchane. Forraje y medicamentos para los animales fueron solicitados a los organismos públicos pertinentes (UEA, 2003).

Fuente: Tomado de Aldunce P, González M., 2009.

ANEXO 7: PLANO Nº 1

Disponible también CD

ANEXO 8: ACTORES ENTREVISTADOS

a. Sr. Pedro Sariego, Seremi de Obras Públicas de la V Región

b. Sr. Gustavo Rojas, Director Nacional de ODEPA

c. Sra. Gabriela Almonacid y Sr. Sebastián Bulo, Jefa Unidad Gestión Estratégica y Calidad y Profesional de la Dirección Regional Quillota de INDAP

d. Sra. Daniela Vidal Directora Regional (S) de DGA V Región

e. Sr. Manuel Hernández, Secretario Ejecutivo Comisión Municipal Sequía, Jefe Oficina Agrícola Municipalidad de La Ligua.

f. Sr. Antonio Yaksic, Jefe UNEA

g. Sra. Virginia Díaz, Profesional de Gobernación Provincia de Petorca, Ministerio del Interior

h. Sr. Víctor Valdés Director(S) DOH V Región, Encargado APR Regional

i. Sr. Juan Arias y Sr. Elías Araya del programa SIRSD de Servicio Agrícola y Ganadero

ANEXO 9: RESPALDOS JURÍDICOS PARA ENFRENTAR SEQUÍA

DS 941 De Ministerio De Interior que crea Comisión Asesora Del Presidente De La República Para La Sequía

Ministerio del Interior

SUBSECRETARÍA DEL INTERIOR

CREA COMISIÓN ASESORA DEL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA PARA LA SEQUÍA

Santiago, 26 de noviembre de 2010.- Hoy se decretó lo que sigue:

Núm. 941.- Considerando: Que los eventos climáticos extremos, como ocurre con la sequía, pueden afectar el suministro de servicios básicos para la población y perjudicar gravemente la producción agropecuaria nacional.

Que, el análisis de la actual situación hídrica de algunas zonas geográficas del territorio nacional y lo acaecido en años anteriores en diversas comunas del país que se han visto seriamente afectadas por la sequía, impone a la Administración el deber de actuar anticipadamente, previniendo y mitigando los efectos de estos eventos extremos, a fin de concurrir en ayuda de los afectados de manera oportuna y eficiente.

Que, con tal objeto, es necesario disponer de una instancia a nivel central que asista al Presidente de la República en el diseño, promoción y coordinación de las estrategias necesarias para adoptar las medidas adecuadas en caso de sequía, permitiendo así la aplicación de las normas administrativas y económicas adecuadas para paliar sus efectos y consecuencias.

Visto: Lo dispuesto en el artículo 32, N° 6, de la Constitución Política de la República; en la ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado; y en la resolución N° 1.600, de 2008, de la Contraloría General de la República,

Decreto:

Artículo primero: Créase una Comisión Asesora del Presidente de la República, en adelante, la Comisión, cuyo objetivo será proponer una estrategia nacional que contenga aquellas medidas destinadas a contrarrestar o detener el proceso de sequía, así como paliar los eventuales efectos negativos que se produzcan en dicho ámbito.

Artículo segundo: La Comisión estará integrada por las siguientes autoridades y funcionarios:

a) El Subsecretario del Interior, quien la preside;

b) El Subsecretario de Obras Públicas;

c) El Subsecretario de Agricultura;

d) El Subsecretario de Energía;

e) El Director de Presupuestos;

f) El Director Nacional de Obras Hidráulicas;

g) El Director General de Aguas, y

h) El Superintendente de Servicios Sanitarios.

En caso de ausencia o impedimento del Subsecretario del Interior, presidirá la Comisión el Subsecretario de Obras Públicas, y en defecto de este último, el Subsecretario de Agricultura.

Los Jefes Superiores de los Servicios señalados podrán designar representantes cuando se encuentren impedidos de asistir a las sesiones de la Comisión.

Además de los miembros estables antes mencionados, la Comisión podrá convocar a otras autoridades o funcionarios, para que presten asesoría especializada en las materias de su competencia. En especial, podrá solicitarse la asistencia del o de los intendentes de las regiones afectadas o que pudieren verse perjudicadas por la sequía.

Artículo tercero: Las funciones de la Comisión serán las siguientes:

a) Recabar la información relacionada con la situación hídrica del territorio nacional, así como todo otro antecedente referido al comportamiento del recurso hídrico y del fenómeno de la sequía en años anteriores, de forma de monitorear de manera continua la situación, pronosticar su eventual desarrollo, evaluar sus consecuencias y proponer al Supremo Gobierno todas las medidas administrativas y económicas que deban ser adoptadas. Para estos efectos, los organismos de la administración centralizada y descentralizada del Estado proporcionarán la información que posean y que les sea requerida por la Comisión.

b) Identificar los principales problemas que contribuyen a la extensión o agravamiento de la sequía.

c) Estudiar, analizar y proponer medidas preventivas y/o paliativas que contrarresten, detengan o aminoren el proceso de sequía, así como aquellas estrategias cuya aplicación inmediata permita obtener dichos objetivos.

d) Proponer acciones de coordinación para los distintos organismos del sector público con competencia en materias relacionadas con la sequía, a fin de facilitar la solución integral de los problemas asociados a dicho fenómeno.

e) Sugerir las reformas legales y reglamentarias necesarias para adecuar dichas normas a los requerimientos que imponen las situaciones de sequía grave o prolongada, y

f) Formular proposiciones para el fortalecimiento de los programas implementados por los distintos Ministerios y servicios públicos para la superación de situaciones de emergencia derivadas de la sequía, así como las medidas conducentes a su ejecución y al cumplimiento de sus objetivos.

Las funciones asignadas a esta Comisión se entenderán referidas a todos los ámbitos en que la sequía pueda ocasionar consecuencias o daños relevantes, como asimismo a aquellos desde los cuales se puedan implementar medidas conducentes al cumplimiento de los objetivos y finalidades previstas en este decreto.

La Comisión sesionará en las dependencias que determine al efecto la autoridad que la preside.

Artículo cuarto: En cada Región del país corresponderá al respectivo Intendente Regional, en ejercicio de sus funciones y atribuciones, coordinar las acciones que sean necesarias para implementar las medidas propuestas por la Comisión al Presidente de la República, de conformidad a las instrucciones que imparta esta última autoridad.

Artículo quinto: Derógase el decreto supremo N° 306, de 1996, del Ministerio de Agricultura.

Anótese, tómese razón y publíquese.- SEBASTIÁN PIÑERA ECHENIQUE, Presidente de la República.- Rodrigo Hinzpeter Kirberg, Ministro del Interior.- Juan Andrés Fontaine Talavera, Ministro de Economía, Fomento y Turismo.- Felipe Larraín Bascuñán, Ministro de Hacienda.- Hernán de SolminihacTampier, Ministro de Obras Públicas.- José Antonio Galilea Vidaurre, Ministro de Agricultura.- Ricardo Raineri Bernain, Ministro de Energía.

Lo que transcribo a Ud. para su conocimiento.- Saluda atentamente a Ud., Rodrigo Ubilla Mackenney, Subsecretario del Interior.

ANEXO 10: DECLARACIÓN ZONA DE ESCASEZ



CHA/CCH/cha

REF.: DECLARA ZONA DE ESCASEZ A LA PROVINCIA DE PETORCA, UBICADA EN LA REGIÓN DE VALPARAÍSO.

SANTIAGO, 11 OCT 2013

DECRETO M.O.P. N° 289 /

VISTOS:

1) El oficio ORD. Nº 9/1008, de 10 de octubre de 2013, del señor Intendente de la Región de Valparaíso;

2) El informe técnico, denominado "Informe Condiciones Hidrometeorológicas de la Provincia de Petorca", de 10 de octubre de 2013, de la Dirección General de Aguas;

3) El oficio ORD. D.G.A. Nº 1038, de 10 de octubre de 2013, del señor Director General de Aguas;

4) El Decreto Supremo Nº 19, de 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia que faculta a los Ministros de Estado para firmar "Por orden del Presidente de la República";

5) La Resolución D.G.A. Nº 1674, de 12 de junio de 2012, que deja sin efecto la Resolución D.G.A. N° 39, de 1984 y establece los criterios para calificar épocas de extraordinaria sequía;

6) Las facultades que me concede el artículo 314 inciso 1° del Código de Aguas; y

CONSIDERANDO:

1.- **QUE,** por medio del oficio ORD. Nº 9/1008, de 10 de octubre de 2013, el señor Intendente de la Región de Valparaíso, solicita declarar zona de escasez a la provincia de Petorca, entre otras, ubicada en la Región de Valparaíso, con el fin de implementar planes y medidas de excepción, para reducir al mínimo los daños generales derivados de la escasez hídrica.

2.- **QUE,** la provincia de Petorca se encuentra afectada por una sequía de carácter extraordinaria, según la calificación previa realizada en el Informe Técnico denominado "Informe Condiciones Hidrometeorológicas de la Provincia de Petorca", de 10 de octubre de 2013, de la Dirección General de Aguas.

3.- **QUE,** el señor Director General de Aguas mediante el oficio ORD. D.G.A. Nº 1038, de 10 de octubre de 2013, solicita se declare zona de escasez hídrica a la provincia de Petorca, ubicada en la Región de Valparaíso.

MINISTERIO DE HACIENDA
OFICINA DE PARTES
RECIBIDO

CONTRALORIA GENERAL
TOMA DE RAZON
RECEPCION

DEPAM. JURIDICO		
DEP. T.R. Y REGISTRO		
DEPART. CONTABL.		
SUB. DEP. C. CENTRAL		
SUB. DEP. E. CUENTAS		
SUB. DEP. C.P. Y BIENES NAC.		
DEPART. AUDITORIA		
DEPART. V.O.P., U. y T.		
SUB. DEP. MUNICIP.		

REFRENDACION

REF. POR $ _____
IMPUTAL. _____
ANOT. POR $ _____
IMPUTAL _____
DEDUC. DTO. _____

PROCESO Nº 7170130

1/2

4.- **QUE**, el artículo 314 inciso 1° del Código de Aguas, dispone que el Presidente de la República, a petición o con informe de la Dirección General de Aguas, podrá, en épocas de extraordinaria sequía, declarar zonas de escasez por períodos máximos de seis meses, no prorrogables.

5.- **QUE**, teniendo presente los antecedentes previamente indicados, procede declarar zona de escasez a la provincia de Petorca, ubicada en la Región de Valparaíso, en los términos que se señalan en la parte resolutiva de este acto administrativo.

D E C R E T O:

1.- **DECLÁRASE ZONA DE ESCASEZ** por un período de seis meses, no prorrogables, a contar de la fecha del presente decreto, a la provincia de Petorca, ubicada en la Región de Valparaíso. En virtud de esta declaración, y no habiendo acuerdo entre los usuarios para redistribuir las aguas, la Dirección General de Aguas podrá hacerlo respecto de las aguas disponibles en las fuentes naturales, con el objeto de reducir al mínimo los daños generales derivados de la sequía. Igualmente, podrá suspender las atribuciones de las Juntas de Vigilancia, como también los seccionamientos de las corrientes naturales que estén comprendidas dentro de la zona de escasez.

2.- La Dirección General de Aguas podrá autorizar extracciones de aguas superficiales o subterráneas desde cualquier punto, por el mismo período señalado en el numeral primero de este decreto, sin necesidad de constituir derechos de aprovechamiento de aguas y sin la limitación del caudal ecológico mínimo establecido en el artículo 129 bis 1 del Código de Aguas. También podrá otorgar cualquiera de las autorizaciones señaladas en el Título I del Libro Segundo de la mencionada codificación.

3.- Asimismo, en las corrientes naturales o en los cauces artificiales en que aún no se hayan constituido organizaciones de usuarios, la Dirección General de Aguas podrá, a petición de parte, hacerse cargo de la distribución en las zonas declaradas de escasez.

4.- Para los efectos señalados en los numerales anteriores, la Dirección General de Aguas adoptará las medidas necesarias sin sujeción a las normas establecidas en el Título I del Libro Segundo del Código de Aguas.

5.- Esta declaración de zona de escasez no será aplicable a las aguas acumuladas en embalses particulares.

6.- El presente Decreto, así como las resoluciones que se dicten por la Dirección General de Aguas en virtud de las facultades conferidas por el artículo 314 del Código de Aguas, se cumplirán de inmediato, sin perjuicio de la posterior toma de razón por la Contraloría General de la República.

ANÓTESE, TÓMESE RAZÓN Y PUBLÍQUESE.

"Por Orden del Presidente de la República"

Ministra de Obras Públicas

LUCAS PALACIOS COVARRUBIAS
Ministro de Obras Públicas
Subrogante

LEYLA ABDUL MALAK IZAM
Jefa Unidad Jurídica
Subsecretaría

ANEXO 11: PROCEDIMIENTO PARA LA DECLARACIÓN DE EMERGENCIAS AGRÍCOLAS

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA

ORD.: Nº 85

ANT.: No hay.

MAT.: **Procedimiento para la Declaración Emergencias Agrícolas.**

SANTIAGO, 27 ENE. 2009

DE : **MINISTRA DE AGRICULTURA.**

A : **DIRECTORES DE SERVICIOS.**

En consideración a lo señalado en el Decreto 81 de 28.08.08, firmado por esta Ministra, el acuerdo del Comité Técnico de la Comisión Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Agroclimático (CNEA), en su sesión del 23 de enero de 2009 y el ejercicio de las atribuciones propias de este cargo, informo a usted el **Procedimiento General para la Declaración de Emergencias Agrícolas.** En este contexto le solicito comunicar las instrucciones pertinentes para iniciar su aplicación a contar de esta fecha y difundirlo en las respectivas instituciones involucradas.

La solicitud para declarar sectores, comunas o cualquier territorio en situación de emergencia agrícola, deberá hacerse por medio de las Secretarías Regionales Ministeriales de Agricultura respectivas, para determinar si procede o se rechaza esta petición.

La descripción de las etapas del proceso y la participación de las instancias involucradas son:

1. La declaración de Emergencia Agrícola deberá sustentarse sobre la base del informe técnico a cargo del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), el cual es elaborado de acuerdo a la información que el propio instituto posee y la proporcionada por la Red Agrometorológica, que contiene:

    a. Datos meteorológicos sobre la zona afectada.
    b. Mapas con los principales indicadores agrometeorológicos disponibles.
    c. Informe de la situación agrometeorológica por región y por rubros.
    d. Recomendaciones técnicas para enfrentar la situación.

    Dicho informe se irá perfeccionando constantemente de acuerdo a las nuevas tecnologías que el Ministerio disponga para los equipos técnicos correspondientes.

    Como una forma de consensuar el informe con los actores regionales calificados, se recomienda la existencia de un Comité Asesor integrado por destacados profesionales de la región, tanto públicos como privados, para validar, complementar o modificar la información agrometeorológica generada.

GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA

2. El informe técnico será discutido en la Comisión Regional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Agroclimático (CREA) junto con otros informes sobre las materias que pudiesen disponer para complementar el análisis de la situación que afecte a un determinado territorio. El producto de esta instancia debe estar orientado a asesorar la toma de decisión relacionada con la declaración de emergencia agrícola que realiza el Seremi, el cual admitirá o rechazará la solicitud.

3. De ser considerada la solicitud, el SEREMI entrega los antecedentes técnicos correspondientes al Intendente(a) para que evalúe la decisión de solicitar la declaración de emergencia agrícola en la(s) comuna(s) o territorio(s) afectado(s). Para dicha gestión es recomendable citar al Comité Operativo Regional de Emergencias (o su similar regional respectivo), facilitando la participación de otros servicios públicos relacionados con la materia. Dicho comité evaluará la solicitud sobre la visión de amenaza de daño(s) causado(s) o por causar con la finalidad de definir una estrategia de apoyo multisectorial, si corresponde.

4. Con todos los antecedentes aportados, el Intendente(a) Regional evalúa la presentación y decide finalmente si enviar, o no, la solicitud de declaración de emergencia agrícola a la Ministra de Agricultura.

5. La Ministra, en virtud de sus facultades, y en consulta al Comité Técnico de la Comisión Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Agroclimático (CNEA), toma la decisión de declarar o no emergencia(s) agrícola(s), en cuyo primer caso corresponde la firma de una Resolución Exenta que finaliza este procedimiento.

La aplicación de este procedimiento para la declaración de emergencias agrícolas se representa en el esquema adjunto.

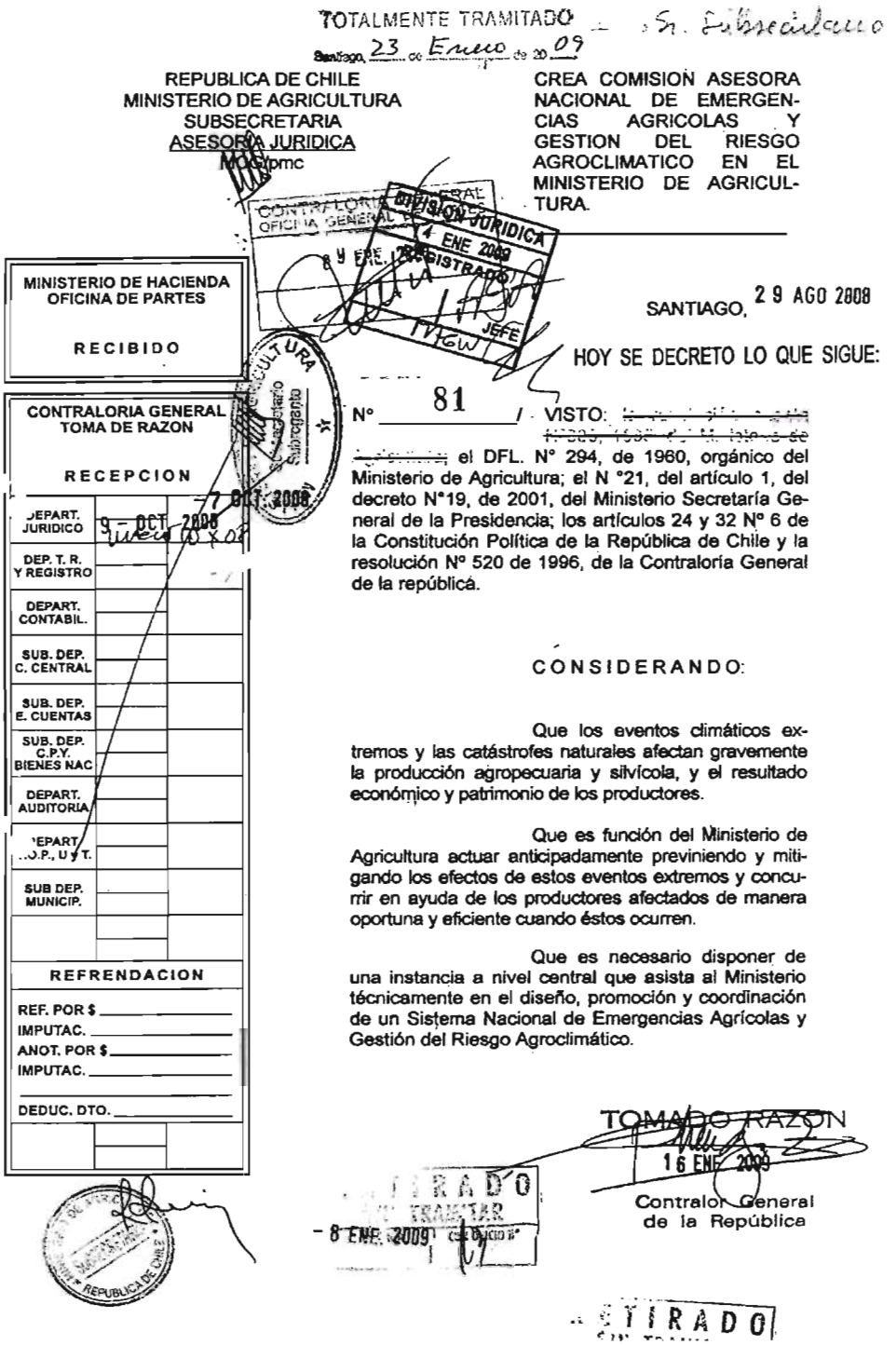
Le saluda atentamente,

MINISTERIO DE AGRICULTURA
MINISTRA
CHILE

MARIGEN HONKHOL
MINISTRA DE AGRICULTURA

AYS/bom
Adj.: Decreto N° 81, de 29 agosto 2008
Esquema Procedimiento.

ANEXO 12: COMISIÓN ASESORA NACIONAL DE EMERGENCIAS AGRÍCOLAS Y GESTIÓN DEL RIESGO AGROCLIMÁTICO EN EL MINISTERIO DE AGRICULTURA



TOTALMENTE TRAMITADO

Santiago, 23 de Enero de 2009

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
SUBSECRETARIA
ASESORIA JURIDICA
MOG/pmc

CREA COMISION ASESORA NACIONAL DE EMERGENCIAS AGRICOLAS Y GESTION DEL RIESGO AGROCLIMATICO EN EL MINISTERIO DE AGRICULTURA.

CONTRALORIA GENERAL OFICINA GENERAL — DIVISION JURIDICA 4 ENE 2009 REGISTRADO — JEFE

MINISTERIO DE HACIENDA
OFICINA DE PARTES
RECIBIDO

CONTRALORIA GENERAL
TOMA DE RAZON
RECEPCION

DEPART. JURIDICO	9 - OCT. 2008	7 OCT. 2008
DEP. T. R. Y REGISTRO		
DEPART. CONTABIL.		
SUB. DEP. C. CENTRAL		
SUB. DEP. E. CUENTAS		
SUB. DEP. C.P.Y. BIENES NAC		
DEPART. AUDITORIA		
DEPART. J.P., U y T.		
SUB DEP. MUNICIP.		

REFRENDACION
REF. POR $ _____
IMPUTAC. _____
ANOT. POR $ _____
IMPUTAC. _____
DEDUC. DTO. _____

SANTIAGO, 29 AGO 2008

HOY SE DECRETO LO QUE SIGUE:

N° 81 / VISTO: ~~[illegible]~~ el DFL. N° 294, de 1960, orgánico del Ministerio de Agricultura; el N °21, del artículo 1, del decreto N°19, de 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia; los artículos 24 y 32 N° 6 de la Constitución Política de la República de Chile y la resolución N° 520 de 1996, de la Contraloría General de la república.

CONSIDERANDO:

Que los eventos climáticos extremos y las catástrofes naturales afectan gravemente la producción agropecuaria y silvícola, y el resultado económico y patrimonio de los productores.

Que es función del Ministerio de Agricultura actuar anticipadamente previniendo y mitigando los efectos de estos eventos extremos y concurrir en ayuda de los productores afectados de manera oportuna y eficiente cuando éstos ocurren.

Que es necesario disponer de una instancia a nivel central que asista al Ministerio técnicamente en el diseño, promoción y coordinación de un Sistema Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Agroclimático.

TOMADO RAZON
16 ENE 2009
Contralor General de la República

TIRADO — 8 ENE 2009

TIRADO

Que dicha instancia debe formar parte integrante de la gestión del Ministerio en apoyo al sector silvoagropecuario y se ha resuelto crearla como instancia Asesora del Ministerio de Agricultura.

D E C R E T O:

1.- Créase una Comisión Asesora Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Agroclimático en el Ministerio de Agricultura, cuyo objetivo será asesorar técnicamente al Ministerio en la formulación de una estrategia ministerial para la gestión de las emergencias agrícolas y del riesgo climático, colaborar en la definición de las líneas de trabajo pertinentes y constituirse en la instancia de coordinación de un Sistema Nacional de Emergencias Agrícola y Gestión del Riesgo Climático.

2.- Las finalidades de la Comisión Asesora Nacional serán, en esencia:

a) Apoyar la gestión ministerial de las emergencias agrícolas y del riesgo climático dentro de los lineamientos programáticos y el quehacer normal del Ministerio y de los organismos relacionados;
b) Promover mediante instrumentos de corto, mediano y largo plazo la incorporación del riesgo agroclimático a la gestión responsable de los agronegocios;
c) Apoyar la evaluación del riesgo agroclimático y de fenómenos extremos.
d) Promover medidas de disminución del riesgo general y predial;
e) Colaborar en la mitigación del daño y en la forma de enfrentar la emergencia, y
f) Favorecer la generación de sistemas de información y soporte de decisiones.

3.- Las funciones de la Comisión Asesora Nacional serán las siguientes:

a) Proponer al Ministro de Agricultura medidas orientadas a reducir y manejar el riesgo climático, y de los fenómenos extremos en las actividades silvoagropecuarias;
b) Asistir técnicamente en la definición de planes ministeriales, con adaptación regional, para la reducción de los daños causados por emergencias agrícolas y sus implicancias presupuestarias;

2

c) Colaborar en la fijación de criterios y protocolos para la declaración de zonas con emergencias agrícolas;
d) Servir de instancia de coordinación de la relación del Ministerio con organismos públicos y privados vinculados a su competencia, y
e) Servir de instancia de coordinación para la creación de instancias especiales para el tratamiento de materias específicas propias de sus finalidades.

4.- La Comisión Asesora Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Agroclimático del Ministerio de Agricultura, estará compuesta por las siguientes personas:

a) Ministro de Agricultura quien la presidirá;
b) Subsecretario de Agricultura;
c) Director Nacional de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias;
d) Director Nacional del Instituto de Desarrollo Agropecuario;
e) Director Nacional del Servicio Agrícola y Ganadero;
f) Secretario Ejecutivo Comisión Nacional de Riego;
g) Director Ejecutivo Corporación Nacional Forestal;
h) Director Nacional del Instituto de Investigaciones Agropecuarias;
i) Director Nacional de la Fundación para la Innovación Agraria;
j) Vicepresidente Ejecutivo de la Fundación de Comunicaciones del Agro;
k) Director Ejecutivo del Centro de Información de Recursos Naturales, y
l) Director Ejecutivo del Instituto Forestal.

El Ministro de Agricultura deberá invitar a formar parte de la Comisión Asesora a las instituciones a que se refieren las letras g) a l), para que designen a sus representantes en ella.

El Ministro y el Subsecretario de Agricultura y los Jefes Superiores de los Servicios o Instituciones relacionadas con esta Secretaría de Estado podrán designar representantes permanentes o transitorios, mediante los oficios respectivos.

La Comisión será presidida por el Ministro de Agricultura y en caso de ausencia o impedimento, será reemplazado por el personero siguiente indicado en este número.

El Ministro de Agricultura designará a un profesional de su dependencia en la función de Secretario Ejecutivo de la Comisión.

3

5.- Créase en cada región del país, Comisiones Asesoras Regionales de Emergencias Agrícolas y de Gestión del Riesgo Climático. Estas comisiones serán presididas por el Secretario Regional Ministerial de Agricultura correspondiente y la integrarán, además, los Directores Regionales de los servicios del Agro de la Región y de las instituciones privadas relacionadas con esta Secretaría de Estado con presencia regional.

El Secretario Ministerial de Agricultura de cada región, designará entre los funcionarios públicos sectoriales regionales, a quien se desempeñará como secretario ejecutivo de la Comisión Regional de que se trate e invitará a participar en ella a representantes de las instituciones privadas relacionadas con el Ministerio de Agricultura.

Las Comisiones Asesoras Regionales de Emergencias Agrícolas y de Gestión del Riesgo Climático asistirán técnicamente a la autoridad regional en la definición de las siguientes materias:

a) planes regionales para el manejo del riesgo agroclimático;
b) coordinación ministerial regional para la ejecución de instrumentos relacionados con emergencias agrícolas;
c) coordinación regional con otros organismos del Estado y del sector privado vinculados a su competencia , y
d) coordinación de instancias regionales especiales para el tratamiento de temáticas específicas propias de su competencia.

6.- El Secretario Ejecutivo de la Comisión Asesora Nacional y los Secretarios Ejecutivos de las Comisiones Asesoras Regionales, cumplirán las siguientes funciones:

a) coordinar la Comisión Asesora Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Climático y de las Comisiones Asesoras Regionales, respectivamente;
b) Facilitar la ejecución de los planes ministeriales en el nivel nacional y regional, para la reducción de daños causados por emergencias agrícolas;
c) facilitar la difusión de la información pública de relevancia en la gestión del riesgo de emergencias agrícolas en la producción silvoagropecuaria en el nivel nacional y regional, y
d) coordinar, hacer seguimiento y evaluación de la ayuda ministerial para las emergencias.

7.- Para el funcionamiento de la Comisión Asesora, la Subsecretaría de Agricultura proveerá los recursos administrativos pertinentes.

8.- La Comisión podrá invitar a sus reuniones a personas vinculadas a los temas específicos de su ámbito de acción.

ANOTESE, TOMESE RAZÓN Y PUBLIQUESE.

POR ORDEN DE LA PRESIDENTA DE LA REPUBLICA

MARIGEN HORNKOHL VENEGAS
MINISTRA DE AGRICULTURA

Lo que transcribo a Ud. para su conocimiento
Saluda atentamente a Ud.

REINALDO RUIZ
SUBSECRETARIO DE AGRICULTURA

ANEXO 13: CREA UNIDAD NACIONAL DE EMERGENCIAS AGRÍCOLAS Y DE GESTIÓN DEL RIESGO AGROCLIMÁTICO

Sr. Antonio Galecio S.

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
SUBSECRETARIA
ASESORIA JURIDICA
MCC/pmc

MODIFICA RESOLUCIÓN EXENTA N° 330 DE 26 DE AGOSTO DE 1996 DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y ESTABLECE LA UNIDAD NACIONAL DE EMERGENCIAS AGRÍCOLAS Y DE GESTIÓN DEL RIESGO AGROCLIMÁTICO.

SANTIAGO, 2 5 FEB 2009

MINISTERIO DE HACIENDA
OFICINA DE PARTES
RECIBIDO

CONTRALORIA GENERAL
TOMA DE RAZON
RECEPCION

DEPART. JURIDICO		
DEP. T. R. Y REGISTRO		
DEPART. CONTABIL.		
SUB. DEP. C. CENTRAL		
SUB. DEP. E. CUENTAS		
SUB. DEP. C.P.Y. BIENES NAC		
DEPART. AUDITORIA		
DEPART. J.P., U y T.		
SUB DEP. MUNICIP.		

REFRENDACION
REF. POR $ _____
IMPUTAC. _____
ANOT. POR $ _____
IMPUTAC. _____
_____
DEDUC. DTO. _____

RES. EXENTA N° 54 / VISTO: el DFL N° 294, de 1960, Orgánico del Ministerio de Agricultura; ley N°18.575; artículo 32, N°6 de la Constitución Política de la República; la resolución exenta N° 330, de 1996, del Ministerio de Agricultura y la resolución N° 1.600, de 2008, de la Contraloría General de la República.

CONSIDERANDO:

Que los eventos climáticos extremos y las catástrofes naturales afectan gravemente la producción agropecuaria y silvícola, y el resultado económico y patrimonio de los productores de este sector.

Que es función del Ministerio de Agricultura actuar anticipadamente previniendo y mitigando los efectos de estos eventos extremos, concurriendo en ayuda de los productores afectados, de manera oportuna y eficiente.

Que la resolución exenta N°330, de 1996, del Ministerio de Agricultura, estableció distintos grupos de trabajo eN dicha Secretaría de Estado, entre ellas la Unidad de Emergencias Agrícolas a la que se le asignaron algunas responsabilidades.

Qué por Decreto N° 81, de 2008, del Ministerio de Agricultura, publicado en el Diario Oficial el 31 de enero de 2009, se creó una Comisión Asesora Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Agroclimático, cuyo objetivo es asesorar técnicamente a esta Secretaría de Estado en la formulación de una estrategia ministerial para la gestión de las emergencias agrícolas y del riesgo climático, colaborar con la definición de las líneas de trabajo pertinentes y constituirse en la instancia de coordinación de un Sistema Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Climático.

Que se ha resuelto crear la Unidad Nacional de Emergencias Agrícolas y de Gestión del Riesgo Agroclimático.

RESUELVO:

Modifícase la Resolución Exenta N° 330, de 1996, del Ministerio de Agricultura, en el sentido de sustituir en el N°1 el numeral I.- por el siguiente:

"I.- UNIDAD NACIONAL DE EMERGENCIAS AGRÍCOLAS Y GESTIÓN DEL RIESGO AGROCLIMÁTICO:

Tendrá las siguientes funciones

a) Actuar como unidad funcional y Secretaría Ejecutiva de la Comisión Asesora Nacional de Emergencias Agrícolas.
b) Implementar las medidas y decisiones adoptadas por la Comisión Asesora Nacional de Emergencias Agrícolas.
c) Implementar un sistema de información pública agrometeorológica y sobre riesgos y alertas tempranas de emergencias agrícolas.
d) Gestionar la ejecución de instrumentos especialmente dispuestos y desarrollados para emergencias agrícolas.
e) Proponer planes ministeriales, con adaptación regional, para la reducción de los riesgos y daños causados por las emergencias agrícolas.
f) Gestionar el procedimiento de declaración de emergencias agrícolas.
g) Coordinar, realizar el seguimiento, apoyar y evaluar la aplicación de políticas, estrategias y medidas destinadas a gestionar el riesgo agroclimático y de las emergencias agrícolas, especialmente a nivel regional.
h) Mantener coordinación con los organismos del Estado y del sector privado vinculados a su campo de acción.
i) Presentar a la Comisión Asesora Nacional el Plan de Trabajo Anual y su presupuesto y encargarse de su Implementación, una vez aprobado.
j) Constituir y coordinar instancias especiales en los niveles nacional y regional para el tratamiento de temáticas específicas propias de su competencia.

El Ministro de Agricultura designará a un profesional de su dependencia en la función de Encargado Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Agroclimático, quién encabezará la mencionada Unidad".

ANOTESE Y COMUNIQUESE

REINALDO RUIZ VALDES
MINISTRO DE AGRICULTURA (S)

ANEXO 14: INTEGRANTES MESA DEL AGUA AMPLIADA

Con fecha 05/03/13, a través del Oficio N°4/715, se designa como integrantes permanentes de la Mesa de Agua Ampliada, a las siguientes instituciones del sector público:

- Intendencia Regional
- SEREMI de Agricultura
- SEREMI de Obras Públicas
- SEREMI de Desarrollo Social
- SEREMI de Medio Ambiente
- SEREMI de Minería
- Gobernaciones Provinciales
- Consejo Regional de Valparaíso
- Asociación de Municipalidades
- Comisión Nacional de Riego (CNR)
- Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA)
- Corporación Nacional Forestal (CONAF)
- CORFO
- Dirección General de Aguas (DGA)
- Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)
- ONEMI Regional
- Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN)

Se invitó a participar como integrantes permanentes a:

- Universidades e Institutos Profesionales: UCV, UTFSM, UPLA, UV, Adolfo Ibáñez, Viña del Mar, Del Mar, Aconcagua, Santo Tomás, Andrés Bello, de las Américas, DuocUC e Inacap.
- Empresas Mineras: Anglo American, Codelco, Las Cenizas, Cerro Negro, El Bronce de Petorca, Sonami, Asociación Minera Petorca y Asociación Minera La Ligua u otras.
- Empresas Sanitarias: Esval u otras.
- Empresas Generadoras Eléctricas: Colbún, Endesa u otras.

Posteriormente se incorporaron:

- Servicio Nacional de la Mujer (SERNAM)
- SEREMI de Salud
- SEREMI de Educación
- SEREMI de Gobierno
- División de Planificación y Desarrollo Gobierno Regional (DIPLAD)
- División de Análisis y Control de Gestión Gobierno Regional (DAC)
- Fundación para la Innovación Agraria (FIA)
- Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)
- Fundación para la Promoción y Desarrollo de la Mujer (PRODEMU)

ANEXO 15: CLASIFICACIÓN DE SEQUÍAS RESPECTO DEL PORCENTAJE DE LA PRECIPITACIÓN NORMAL

Porcentaje de la Precipitación Normal (PPN)

El Porcentaje de la Precipitación Normal (PPN) se refiere a la relación que existe entre la precipitación acumulada en un periodo de tiempo determinado y la precipitación media anual para una región, y se expresa de manera porcentual. La precipitación media anual histórica se conoce como precipitación normal y se obtiene a partir del valor promedio de las precipitaciones anuales ocurridas en un periodo no menor de 30 años.
Los valores porcentuales estimados para cada año indican el déficit (valores negativos) y el excedente (valores positivos) en la precipitación anual ocurrida. Por su parte, valores porcentuales próximos a cero corresponden a valores cercanos al promedio histórico.

Clasificación de la sequía de acuerdo a valores del PPN:

Categoría de sequía	Rango de valores porcentuales
Ligera	-20.0% a -30%
Moderada	-30,1% a -40%
Fuerte	-40,1% a -49%
Aguda	-49,1% a -59%
Intensa	-59%<

ANEXO 16: METODOLOGÍA CLIMÁTICA

Metodología utilizada en la generación del estudio climático regional (Cazanga, 2006) utilizado como fuente de datos para el presente estudio.

Recopilación de estadística climática

La primera fase de la construcción de la espacialización climática incluye la recopilación de información estadística a nivel mensual de las variables de temperatura, precipitación y radiación solar, humedad relativa, velocidad del viento y presión atmosférica, de diferentes fuentes de información tales como Dirección Meteorológica de Chile, DGA, INIA y estudios existentes. La información será ingresada a planillas o bases de datos para su posterior análisis de consistencia y verificación.

Procesamiento de estadística climática y base de datos numérica de clima

El análisis de validación consiste en la detección y corrección de errores de las series estadísticas, de acuerdo a la consistencia entre estaciones para un mismo periodo de tiempo. Luego, la información validada es almacenada en planillas para la determinación de patrones de comportamiento temporal (estadística climática). Este procesamiento se hará mediante programas de comparación de datos de estaciones en un mismo periodo establecidos en planillas de cálculo. La información corregida será almacenada en planillas de series de datos finales que intervendrán en la generación de estadística y análisis de imágenes. Paralelamente, la información validada es organizada en una base de datos asociada a archivo de ubicación de estaciones en cartografía como archivo de puntos.

Modelo digital de elevación.

Para el cálculo de las variables climatológicas se requerirá contar con un modelo digital de elevación (MDE) escala 1:1.000.000, el cual se elaborará a partir del proporcionado por GTOPO30 (USGS). Este organismo posee un MDE a nivel mundial con bases de datos a escala 1:1.000.000. A partir del MDE del área del estudio, se calculará variables fisiográficas tales como latitud, longitud, distancia litoral, altura, pendiente y exposición del terreno. La salida de la exposición será en grados respecto del norte, en cambio, la pendiente según sea el requerimiento, podrá ser entregada en grados o porcentaje. La cartografía resultado de este proceso se puede exportar a otros sistemas SIG, si fuese necesario.

Construcción de la cartografía climática a raster a escala 1:1.000.000 para las variables térmicas, hídricas y radiativas.

La elaboración de la cartografía digital, se realizará mediante la utilización de un modelo estadístico que dé cuenta las relaciones espaciales de las variables termopluviométricas. Para el cálculo de la distribución espacial de una determinada variable meteorológica, se considerará que ésta se encuentra condicionada por la topografía y el estado de superficie de la zona. La hipótesis fundamental es que cualquier variable meteorológica puede ser expresada como una combinación de variables ambientales. Esta hipótesis permitirá la construcción de modelos que pueden cuantificar la variación espacial de una variable climatológica.

Espacialización climática.

Existen diferentes aproximaciones al concepto de especialización climática, por lo que es mejor citar una definición general, donde se explica a la espacialización climática como el clima de un lugar, objeto, el cual puede ser descrito en una manera topográfica (Okolowicz, 1976, Kaminski y Radosz, 2005). Según estos mismos autores, la aproximación antes expresada está de acuerdo a las definiciones realizadas por C. W. Thorntwhaite (1964), J. Paszynski (1980) and T. Bartkowski (1986). La utilidad de estudios espaciales en el campo de las ciencias ambientales es variada, pero sin lugar a dudas son de vital importancia para las ciencias agrarias, como es el caso del estudio de la productividad de cultivos. Un ejemplo de esto es el trabajo realizado por Charles-Edwards (1982), para determinar el crecimiento de las cosechas. Para cada variable climatológica se contará con una ecuación, la cual será construida a partir de relaciones multivariables del tipo:

$$F(x_1, x_2, \ldots\ldots x_n) = \sum_{j,k,n,m=1} a_j \, x_{k_1}^{n_1} x_{k_2}^{n_2} \cdots\cdots x_{k_n}^{n_m} \qquad \text{(Ec. 1)}$$

Donde $F(x_1,x_2,\ldots..,x_n)$ representa a una variable climática en un mes cualquiera, x es una variable independiente, que puede ser latitud, longitud, altitud, distancia al litoral, exposición, pendiente, entre algunas, y a_j coeficientes a determinar. Con estas relaciones se calcularán las matrices de datos para cada variable climática y para cada mes, que corresponderán a su variabilidad espacial en el área de estudio.

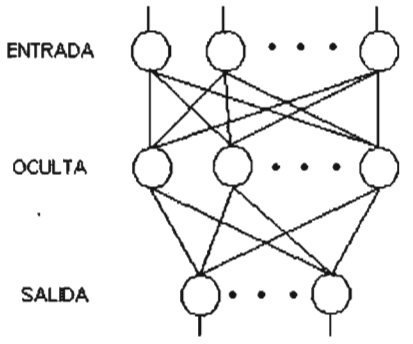
El estado de superficie será modelado a partir de índices radiométricos calculados a partir de imágenes de satélites, tales como reflectancia integral e índice de vegetación de diferencia normalizada o NDVI, el cual será ingresado como una variable independiente más.

Los datos necesarios serán obtenidos a partir del objetivo dos de la presente metodología. Cuando no fuere posible encontrar relaciones espaciales adecuadas, se procederá al trazado de isolíneas, método tradicional, pero de gran utilidad a la escala en consideración.

Red neuronal

La determinación de las relaciones dadas por la ecuación (1), se hará mediante una red neuronal artificial. En el diseño de la red debemos establecer cómo estarán conectados unas unidades o grupos de neuronas con otras, y determinar adecuadamente los pesos de las conexiones. Lo más usual es disponer las unidades en forma de capas, pudiéndose hablar de redes de una, de dos o de más de dos capas, las llamadas redes multicapas.

Nosotros utilizaremos una red de tres capas, una de entrada, una capa oculta y otra de salida. La primera capa actúa como buffer de entrada, almacenando la información básica suministrada a la red o realizando un sencillo pre-proceso de la misma, la que llamamos capa de entrada; la capa intermedia es la encargada de extraer, procesar y memorizar la información, y normalmente se les llama capa oculta. Finalmente la otra capa actúa como buffer de salida, almacenando la respuesta de la red para que pueda ser leída, la cual se llama capa de salida.



Modelo de red en cascada de 3 capas

Además del número de capas de una red, en función de cómo se interconectan unas capas con otras, podemos hablar de redes recurrentes (feed-back) y redes no recurrentes o redes en cascada (feed-forward). En las redes en cascada la información fluye unidireccionalmente de una capa a otra (desde la capa de entrada a las capas ocultas y de éstas a la capa de salida), y además, no se admiten conexiones intracapa. En las redes recurrentes la información puede volver a lugares por los que ya había pasado, formando bucles, y se admiten las conexiones intracapa, incluso de una unidad consigo misma.

La función de propagación

Consiste en el sumatorio de las entradas ponderadas. Se trata de una función de tipo hiperplano, esto es, de primer orden. Dado una unidad j, y n unidades conectadas a ésta, si llamamos X al vector de entradas (que coincide con las salidas de las unidades de la capa anterior) y W_j al vector de pesos de las conexiones correspondientes, esta función quedaría representada de la siguiente forma

$$net_j(x, w) = \sum_{i=1} x_i \, w_{ij}$$

Al representar los pesos utilizamos dos subíndices para indicar que conectan dos unidades, i y j, dónde j se refiere la unidad actual.

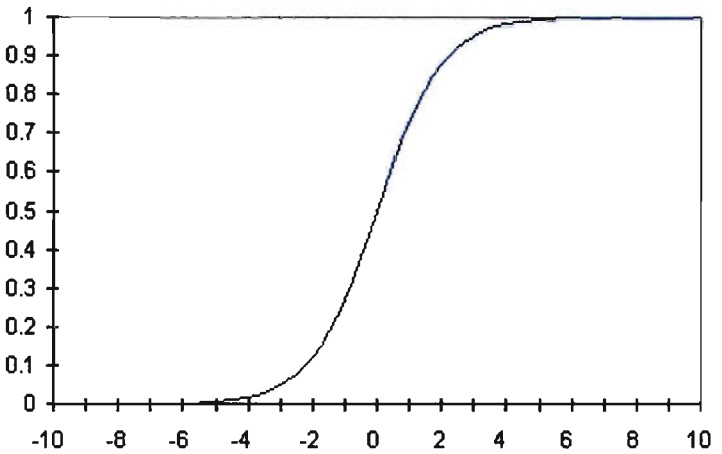
La función de activación

Se suele distinguir entre funciones lineales, en las que la salida es proporcional a la entrada; funciones de umbral, en las cuales la salida es un valor discreto (típicamente binario 0/1) que depende de si la estimulación total supera o no un determinado valor de umbral; y funciones no lineales, no proporcionales a la entrada. Es probablemente la función de activación más empleada en la actualidad. Se trata de una función continua no lineal con bastante plausibilidad fisiológica.

$$act_j(net_j) = \frac{1}{\left(1 + e^{-\frac{net_j}{\sigma}}\right)}$$

La función sigmoidal posee un rango comprendido entre 0 y 1. Esto, aplicado a las unidades de proceso de una red neuronal artificial significa que, sea cual sea la entrada, la salida estará comprendida entre 0 y1. Esta función depende del parámetro σ que usualmente toma el valor 1.

Función sigmoidal para σ = 1



Cartografía digital

Como parte del desarrollo del proyecto se contempla la generación de variables climatológicas a escala de mayor detalle que las existentes actualmente, específicamente a escala 1:1.000.000. Las variables climatológicas consideradas son:

- Precipitación media anual.
- Temperaturas máximas y mínimas medias de enero y julio.
- Radiación solar media mensual media mensual de enero y julio.
- Humedad relativa media mensual de enero y julio.
- Velocidad del viento media mensual de enero y julio.

Cada variable climática será estimada mediante la elaboración de un modelo topoclimático. Se realizarán regresiones entre la variable y su distribución espacial tanto en latitud como en longitud. Para ello se considerará el efecto de la topografía de la zona sobre los patrones espaciales observados. Las funciones serán calculadas mediante procedimientos de regresión stepwise y redes neuronales artificiales.

ANEXO 17: TABLAS DE RENDIMIENTO POR ESPECIE Y COMUNA

Tabla A9: Pérdidas de rendimiento en palto (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Cabildo

Especie: Palto	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	3.766	4.185	4.431	NC	8.370	7.533	12.554	10.761
30	5.649	6.277	6.646	NC	12.554	11.299	Totales	Totales
40	7.533	8.370	8.862	NC	Totales	15.065	Totales	Totales
50	9.416	10.462	11.077	NC	Totales	Totales	Totales	Totales
60	11.299	12.554	13.293	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A10. Pérdidas de rendimiento en palto (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de La Ligua

Especie: Palto	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	4.106	4.563	4.831	NC	9.125	8.213	13.688	11.732
30	6.159	6.844	7.246	NC	13.688	12.319	Totales	Totales
40	8.213	9.125	9.662	NC	Totales	16.425	Totales	Totales
50	10.266	11.406	12.077	NC	Totales	Totales	Totales	Totales
60	12.319	13.698	14.493	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A11: Pérdidas de rendimiento en palto (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Papudo

Especie: Palto	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	4.231	4.701	4.978	NC	9.403	8.463	14.104	12.090
30	6.347	7.052	7.464	NC	14.104	12.694	Totales	Totales
40	8.463	9.403	9.958	NC	Totales	16.925	Totales	Totales
50	10.578	11.754	12.445	NC	Totales	Totales	Totales	Totales
60	12.694	14.104	14.934	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A12: Pérdidas de rendimiento en palto (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Petorca

Especie: Palto	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	3.643	4.048	4.286	NC	8.097	7.287	12.145	10.410
30	5.465	6.072	6.430	NC	12.145	10.930	Totales	Totales
40	7.287	8.097	8.573	NC	Totales	14.574	Totales	Totales
50	9.109	10.121	10.716	NC	Totales	Totales	Totales	Totales
60	10.930	12.145	12.859	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A13: Pérdidas de rendimiento en olivo (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Cabildo

Especie: Olivo	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	1.949	2.165	2.293	NC	4.330	3.897	6.946	5.568
30	2.923	3.248	3.439	NC	6.496	5.846	9.743	8.352
40	3.897	4.330	4.585	NC	8.661	7.795	Totales	11.135
50	4.872	5.413	5.731	NC	10.826	9.743	Totales	Totales
60	5.846	6.496	6.878	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A14: Pérdidas de rendimiento en olivo (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de La Ligua

Especie: Olivo	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	2.537	2.819	2.985	NC	5.639	5.075	8.458	7.250
30	3.806	4.229	4.478	NC	8.458	7.612	12.687	10874
40	5.075	5.639	5.970	NC	11.277	10.149	Totales	14 499
50	6.343	7.048	7.463	NC	14.096	12.687	Totales	Totales
60	7.612	8.458	8.955	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A15: Pérdidas de rendimiento en olivo (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Papudo

Especie: Olivo	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	2.732	3.035	3.214	NC	6.070	5.463	9.105	7.804
30	4.097	4.553	4.820	NC	9.105	8.195	13.658	11.707
40	5.463	6.070	6.427	NC	12.140	10.926	Totales	15.609
50	6.829	7.588	8.034	NC	15.175	13.658	Totales	Totales
60	8.195	9.105	9.641	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A16: Pérdidas de rendimiento en olivo (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Petorca

Especie: Olivo	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	1.776	1.973	2.089	NC	3.947	3.552	5.920	5.074
30	2.664	2.960	3.134	NC	5.920	5.328	8.890	7.611
40	3.552	3.947	4.179	NC	7.893	7.104	Totales	10.148
50	4.440	4.933	5.223	NC	9.867	8.880	Totales	Totales
60	5.328	5.920	6.266	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A17: Pérdidas de rendimiento en cítricos (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Cabildo

Especie: Cítricos	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	9.564	10.627	11.252	NC	21.254	19.128	31.881	27.326
30	14.346	15.940	16.878	NC	31.881	28.693	47.821	40.990
40	19.128	21.254	22.504	NC	42.508	38.257	Totales	Totales
50	23.911	26.567	28.130	NC	Totales	47.821	Totales	Totales
60	28.693	31.881	33.756	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A18: Pérdidas de rendimiento en cítricos (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de La Ligua

Especie: Cítricos	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	11.750	13.056	13.824	NC	26.112	23.500	39.167	33.572
30	17.625	19.584	20.736	NC	39.167	35.251	58.751	50.358
40	23.500	26.112	27.648	NC	52.223	47.001	Totales	Totales
50	29.376	32.640	34.560	NC	Totales	58.751	Totales	Totales
60	35.251	39.167	41.471	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A19: Pérdidas de rendimiento en cítricos (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Papudo

Especie: Cítricos	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	11.064	12.293	13.016	NC	24.586	22.128	36.880	31.611
30	16.596	18.440	19.525	NC	36.880	33.192	55.320	47.417
40	22.128	24.586	26.033	NC	49.173	44.256	Totales	Totales
50	27.660	30.733	32.541	NC	Totales	56.320	Totales	Totales
60	33.192	36.880	39.049	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A20: Pérdidas de rendimiento en cítricos (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Petorca

Especie: Cítricos	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	9.151	10.167	10.766	NC	20.335	18.301	30.502	26.145
30	13.726	15.251	16.148	NC	30.502	27.452	45.754	39.217
40	18.301	20.335	21.531	NC	40.670	36.603	Totales	Totales
50	22.877	25.419	26.914	NC	Totales	45.754	Totales	Totales
60	27.452	30.502	32.297	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A21: Pérdidas de rendimiento en almendro (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Cabildo

Especie: Almendro	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	2.758	3.064	3.244	NC	6.128	5.515	9.192	7.879
30	4.137	4.596	4.866	NC	9.192	8.273	Totales	11.819
40	5.515	6.128	6.489	NC	12.256	11.031	Totales	Totales
50	6.894	7.660	8.111	NC	Totales	Totales	Totales	Totales
60	8.273	9.192	9.733	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A22: Pérdidas de rendimiento en almendro (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de La Ligua

Especie: Almendro	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	3.362	3.736	3.955	NC	7.471	6.724	11.207	9.606
30	5.043	5.604	5.933	NC	11.207	10.086	Totales	14.409
40	6.724	7.471	7.911	NC	14.943	13.448	Totales	Totales
50	8.405	9.339	9.889	NC	Totales	Totales	Totales	Totales
60	10.086	11.207	11.866	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A23: Pérdidas de rendimiento en almendro (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Papudo

Especie: Almendro	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	3.556	3.952	4.184	NC	7.903	7.113	11.855	10.161
30	5.335	5.927	6.276	NC	11.855	10.669	Totales	15.242
40	7.113	7.903	8.368	NC	15.806	14.226	Totales	Totales
50	8.891	9.879	10.460	NC	Totales	Totales	Totales	Totales
60	10.669	11.855	12.552	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A24: Pérdidas de rendimiento en almendro (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Petorca

Especie: Almendro	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	2.554	2.837	3.004	NC	5.675	5.107	8.512	7.296
30	3.830	4.256	4.506	NC	8.512	7.661	Totales	10.944
40	5.107	5.675	6.008	NC	11.349	10.214	Totales	Totales
50	6.384	7.093	7.511	NC	Totales	Totales	Totales	Totales
60	7.661	8.512	9.013	NC	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A25: Pérdidas de rendimiento en maíz (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Cabildo

Especie: Maíz	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	3.526	NC	NC	4.702	7.836	7.053	11.754	10.075
30	5.289	NC	NC	7.053	11.754	10.573	Totales	Totales
40	7.053	NC	NC	9.403	Totales	14.105	Totales	Totales
50	8.816	NC	NC	11.754	Totales	Totales	Totales	Totales
60	10.579	NC	NC	14.105	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A26: Pérdidas de rendimiento en maíz (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de La Ligua

Especie: Maíz	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	4.050	NC	NC	5.400	9.000	8.100	13.500	11.571
30	6.075	NC	NC	8.100	13.500	12.150	Totales	Totales
40	8.100	NC	NC	10.800	Totales	16.200	Totales	Totales
50	10.125	NC	NC	13.500	Totales	Totales	Totales	Totales
60	12.150	NC	NC	16.200	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A27: Pérdidas de rendimiento en maíz (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Papudo

Especie: Maíz	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	4.225	NC	NC	5.634	9.390	8.451	14.085	12.073
30	6.338	NC	NC	8.451	14.085	12.676	Totales	Totales
40	8.451	NC	NC	11.268	Totales	16.902	Totales	Totales
50	10.563	NC	NC	14.085	Totales	Totales	Totales	Totales
60	12.676	NC	NC	16.902	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A28: Pérdidas de rendimiento en maíz (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Petorca

Especie: Maíz	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	3.336	NC	NC	4.448	7.413	6.671	11.119	9.530
30	5 004	NC	NC	6.671	11.119	10.007	Totales	Totales
40	6.671	NC	NC	8.895	Totales	13.343	Totales	Totales
50	8.339	NC	NC	11.119	Totales	Totales	Totales	Totales
60	10.007	NC	NC	13.343	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A29: Pérdidas de rendimiento en papa (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Cabildo

Especie: Papa	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	10.340	NC	NC	13.786	22.977	20.679	34.465	29.542
30	15.509	NC	NC	20.679	34.465	31.019	Totales	44.313
40	20.679	NC	NC	27.572	45.954	41.359	Totales	Totales
50	25 849	NC	NC	34.465	Totales	Totales	Totales	Totales
60	31.019	NC	NC	41.359	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A30: Pérdidas de rendimiento en papa (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de La Ligua

Especie: Papa	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	11.576	NC	NC	15.435	25.725	23.152	38.587	33.075
30	17.364	NC	NC	23.152	38.587	34.729	Totales	49.612
40	23.152	NC	NC	30.870	51.450	46.305	Totales	Totales
50	28.941	NC	NC	38.587	Totales	Totales	Totales	Totales
60	34.729	NC	NC	46.305	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A31: Pérdidas de rendimiento en papa (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Papudo

Especie: Papa	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	11.997	NC	NC	15.996	26.660	23.994	39.990	34.277
30	17.995	NC	NC	23.994	39.990	35.991	Totales	51.415
40	23.994	NC	NC	31.992	53.320	47.988	Totales	Totales
50	29.992	NC	NC	39.990	Totales	Totales	Totales	Totales
60	35.991	NC	NC	47.988	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A32: Pérdidas de rendimiento en papa (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Petorca

Especie: Papa	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	9.862	NC	NC	13.150	21.916	19.725	32.874	28.178
30	14.793	NC	NC	19.725	32.874	29.587	totales	42.267
40	19.725	NC	NC	26.300	43.833	39.449	Totales	Totales
50	24.656	NC	NC	32.874	Totales	Totales	Totales	Totales
60	29.587	NC	NC	39.449	Totales	Totales	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A33: Pérdidas de rendimiento en trigo (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Cabildo

Especie: Trigo	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	2.010	NC	NC	2.681	NC	NC	6.702	5.744
30	3.016	NC	NC	4.021	NC	NC	Totales	8.616
40	4.021	NC	NC	5.361	NC	NC	Totales	Totales
50	5.026	NC	NC	6.702	NC	NC	Totales	Totales
60	6.031	NC	NC	8.042	NC	NC	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A34: Pérdidas de rendimiento en trigo (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de La Ligua

Especie: Trigo	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	2.105	NC	NC	2.806	NC	NC	7.016	6.014
30	3.157	NC	NC	4.210	NC	NC	Totales	9.020
40	4.210	NC	NC	5.613	NC	NC	Totales	Totales
50	5.262	NC	NC	7.016	NC	NC	Totales	Totales
60	6.314	NC	NC	8.419	NC	NC	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A35: Pérdidas de rendimiento en trigo (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Papudo

Especie: Trigo	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	2.146	NC	NC	2.862	NC	NC	7.154	6.132
30	3.219	NC	NC	4.293	NC	NC	Totales	9.199
40	4.293	NC	NC	5.724	NC	NC	Totales	Totales
50	5.366	NC	NC	7.154	NC	NC	Totales	Totales
60	6.439	NC	NC	8.585	NC	NC	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A36: Pérdidas de rendimiento en trigo (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Petorca

Especie: Trigo	Natural	Artificial						
		Método de riego						
	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)					Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	1.973	NC	NC	2.631	NC	NC	6.578	5.638
30	2.960	NC	NC	3.947	NC	NC	Totales	8.457
40	3.947	NC	NC	5.262	NC	NC	Totales	Totales
50	4.933	NC	NC	6.578	NC	NC	Totales	Totales
60	5.920	NC	NC	7.893	NC	NC	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A37: Pérdidas de rendimiento en alfalfa (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Cabildo

Especie: Alfalfa	Natural	Artificial						
		Método de riego						
	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)					Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	4.104	NC	NC	5.472	NC	NC	13.680	11.725
30	6.156	NC	NC	8.208	NC	NC	20.520	17.588
40	8.208	NC	NC	10.944	NC	NC	Totales	Totales
50	10.260	NC	NC	13.680	NC	NC	Totales	Totales
60	12.312	NC	NC	16.416	NC	NC	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A38: Pérdidas de rendimiento en alfalfa (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de La Ligua

Especie: Alfalfa	Natural	Artificial						
		Método de riego						
	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)					Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	4.291	NC	NC	5.721	NC	NC	14.303	12.259
30	6.436	NC	NC	8.582	NC	NC	21.454	18.389
40	8.582	NC	NC	11.442	NC	NC	Totales	Totales
50	10.727	NC	NC	14.303	NC	NC	Totales	Totales
60	12.872	NC	NC	17.163	NC	NC	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A39: Pérdidas de rendimiento en alfalfa (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Papudo

Especie: Alfalfa	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	4.366	NC	NC	5.821	NC	NC	14.552	12.473
30	6.548	NC	NC	8.731	NC	NC	21.828	18.710
40	8.731	NC	NC	11.642	NC	NC	Totales	Totales
50	10.914	NC	NC	14.552	NC	NC	Totales	Totales
60	13.097	NC	NC	17.462	NC	NC	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A40: Pérdidas de rendimiento en alfalfa (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Petorca

Especie: Alfalfa	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	4.014	NC	NC	5.352	NC	NC	13.379	11.468
30	6.021	NC	NC	8.027	NC	NC	20.069	17.202
40	8.027	NC	NC	10.703	NC	NC	Totales	Totales
50	10.034	NC	NC	13.379	NC	NC	Totales	Totales
60	12.041	NC	NC	16.055	NC	NC	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A41: Pérdidas de rendimiento en pradera natural (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Cabildo

Especie: Pradera Natural	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	1.517	NC	NC	2.022	NC	NC	5.056	4.333
30	2.275	NC	NC	3.033	NC	NC	7.583	6.500
40	3.033	NC	NC	4.045	NC	NC	Totales	Totales
50	3.792	NC	NC	5.056	NC	NC	Totales	Totales
60	4.550	NC	NC	6.067	NC	NC	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A42: Pérdidas de rendimiento en pradera natural (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de La Ligua

Especie: Pradera Natural	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	1.719	NC	NC	2.293	NC	NC	5.731	4.913
30	2.579	NC	NC	3.439	NC	NC	8.597	7.369
40	3.439	NC	NC	4.585	NC	NC	Totales	Totales
50	4.299	NC	NC	5.731	NC	NC	Totales	Totales
60	5.158	NC	NC	6.878	NC	NC	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A43: Pérdidas de rendimiento en pradera natural (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Papudo

Especie: Pradera Natural	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	1.788	NC	NC	2.384	NC	NC	5.961	5.110
30	2.683	NC	NC	3.577	NC	NC	Totales	7.664
40	3.577	NC	NC	4.769	NC	NC	Totales	Totales
50	4.471	NC	NC	5.961	NC	NC	Totales	Totales
60	5.365	NC	NC	7.153	NC	NC	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A44: Pérdidas de rendimiento en pradera natural (kg/ha) a causa de falta de aplicación de agua. Comuna de Petorca

Especie: Pradera Natural	Natural	Artificial						
		Método de riego						
					Surcos		Tendido	
Déficit de agua (%)	Lluvia	Goteo	Microaspersión	Aspersión	Normal	Californiano	Normal	Californiano
20	1.444	NC	NC	1.926	NC	NC	4.814	4.126
30	2.166	NC	NC	2.888	NC	NC	7.221	6.189
40	2.888	NC	NC	3.851	NC	NC	Totales	Totales
50	3.610	NC	NC	4.814	NC	NC	Totales	Totales
60	4.333	NC	NC	5.777	NC	NC	Totales	Totales

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 18: SHAPE SUPERFICIE REGADA RÍOS PETORCA Y LIGUA

Disponible también en CD

ANEXO 19: MINUTA DE ENCUESTA DE SEQUIA CUENCA DEL RIO LIGUA

La nómina de agricultores contactados, fue entregada por funcionarios de INDAP de la región de Valparaíso, ellos fueron los encargados de riego regional y el jefe de Fomento (ex jefe de área de La Ligua). A la vez, se le consultó a los mismos agricultores por el nombre de otros agricultores interesante de entrevistar

Se entrevistó a 14 agricultores, 1 empresa productiva y 1 consultora de asesoría técnica de INDAP, de ellos, dos no respondieron, la empresa productiva y un agricultor grande. La consultora de asesoría técnica entregó datos de 15 agricultores pequeños, de tres zonas de la cuenca. En total, se obtuvo datos de 26 agricultores representando 785 hectáreas regadas. De todos los entrevistados, se consiguieron datos de caudal (l/s) y productividad (kg/ha) de los diferentes cultivos regados.

El estrato económico de los datos obtenidos según Valor bruto de Producción (VBP) fue de 18 agricultores pequeños, 5 agricultores medianos y 3 agricultores grandes, de los sectores área de la Ligua, Valle Hermoso y Quebradilla de la comuna de La Ligua, y de los sectores Los Molinos, La Vega, La Viña, Peñablanca y Alicahue de la comuna de Cabildo

La superficie total de los entrevistado fue de 784.6 há, representando un 5,6% de la superficie regada de la cuenca, 13,892 há, según el Censo del 2007. De ellas, corresponden 478.5 há de paltos, 229.2 há de almendros, 68,9 há de cítricos y 8 há de arándano. El estrato pequeño representan 64.4 há, el mediano 150.2 há y el estrato grande tienen 570 há, de los entrevistados.

Tabla A45: Superficie regada según estrato y rubros (ha)

Estrato	*N°*	*Superficie (ha)*				
		Paltos	*Cítricos*	*Almendros*	*Arándanos*	*Total*
Pequeño	18	64,4				**64,4**
Mediano	5	94,12	38,89	9,22	8	**150,2**
Grande	3	320	30	220	0	**570,0**
Total	**26**	**478,5**	**68,89**	**229,22**	**8**	**784,6**

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de visita a terreno.

El tipo de riego principal es el micro aspersores, obteniendo 17 casos de los entrevistados, le sigue el riego por gotero con 5 agricultores y solo uno tiene riego gravitacional (tendido) por tasa. En promedio, todos los caudales han disminuido al comparar la temporada 2008/09 con la temporada 2012/13. El estrato de los pequeños agricultores disminuyó desde 11.5 l/s a un caudal de 2.9 l/s, los medianos pasaron de los 17.4 l/s a un caudal de 12.1 l/s y los grandes agricultores disminuyeron de los 20.4 l/s a un caudal de 13.6 l/s. Se riegan aproximado 8.5 meses, realizándose cuatro riegos mensuales de cuatro hrs. cada uno.

Tabla A46: Promedio Caudales según estrato y año

Estrato	2008 (Q=L/s)						2013 (Q=L/s)							
Pequeño	13,8	13,0	14,7	5,9	80	80	**11,5**	4,0	2,0	5,7	9,9	18	12	**2,9**
Mediano	16,3	45,0	9,3	10,2	6		**17,4**	12,2	31,0	6,0	8,2	3		**12,1**
Grande	60,0	0,5	0,7				**20,4**	40,0	0,6	0,3				**13,6**

Fuente: Elaboración propia.

En promedio, un palto necesita aproximados 10.000 m^3/ha/año, el almendro 7.000 m3/ha/año, los cítricos necesitan unos 8.500 m3/ha/año.

Según algunos agricultores, existen unos 2.000 pozos ilegales, y/o con mayor utilización del caudal inscrito, a la vez, existirían unos 1.000 pozos legales. En ese contexto, algunos informantes denuncian que algunos agricultores riegan con un caudal promedio de 8 l/s alrededor de 300 há, lo cual es imposible.

La profundidad de los pozos es variable, pero, por lo general, todos han aumentado desde el año 2008. Un agricultor del sector de La Vega, comuna de Cabildo profundizó sus pozos de 40 mts. a 80 mts. para obtener 15 l/s de caudal, el mismo agricultor –grande- ha realizado pozos a 100 mts. de profundidad y ha obtenido 1 l/s de caudal.

Otros agricultores, del sector la Viña, La Vega de Cabildo, comentan que hay pozos que han profundizado desde 50 mts. hasta los 60 mts. y tienen un caudal de 15 l/s, otro pozo lo han profundizado desde 25 mts. hasta los 56 m y tienen un caudal de 18 l/s. A la vez, un tercer pozo lo han profundizado desde los 20 mts. hasta los 72 mts. y han obtenido solo 10 l/s de caudal.

Igualmente con las norias, todas han tenido que profundizarse, tienen norias de 10 mts. y de 20 mts. que se han secado, han tenido que profundizarla a los 30-35 mts. para encontrar agua con caudal de 4 l/s. A continuación, se presenta el listado de los entrevistados:


Nombre	Comuna	Sector
Bernardo Silva	Cabildo	Alicahue
Orlando Ansaldo	Cabildo	La Vega
Adonai Araneda (Consultor SAT/INDAP)	La Ligua	Áreas aledañas a la Ciudad de la Ligua
Adonai Araneda (Consultor SAT/INDAP)	Cabildo	La Viña/Paihuen
Adonai Araneda (Consultor SAT/INDAP)	Cabildo	Peñablanca/Los Molinos
Ricardo Sanhueza	Cabildo	Los Molinos
Carlos Cornejo	La Ligua	Quebradilla
Carlos Cornejo	Cabildo	Peñablanca
Ricardo Sanhueza	Cabildo	La Viña
Ivan Aguilera	La Ligua	Valle Hermoso
Alentt Vega	Cabildo	La Viña
Alentt Vega	Cabildo	Los Molinos
Guillermo Toledo	Cabildo	La Vega
Humberto Toledo	Cabildo	La Viña

ANEXO 20: MEMORIA DE CÁLCULO

Disponible en CD

CUENCAS HIDROGRÁFICAS FUENTE Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL RECURSO HÍDRICO EN CHILE CENTRAL DE CLIMA MEDITERRANEO

N



Leyerda

Vialidad

- Camino Pavimentado
- Red Ferroviaria

Límites Administrativos

- Límite Internacional
- Límite Regional
- Areas Urbanas

Drenaje

- Río, Estero
- Línea de Costa
- Cuerpos de Agua
- Cuencas Hidrográficas

Orografía

- Curva de Nivel

Precipitaciones

- Isoyeta (valores en mm)

Modelo Elevación

- Mar
- 0 - 200 m
- 200 - 400 m.
- 400 - 600 m.
- 600 - 800 m.
- 800 - 1,000 m.
- 1,000 - 1,200 m.
- 1,200 - 1,400 m.
- 1,400 - 1,600 m.
- 1,600 - 1,800 m.
- 1,800 - 2,000 m.
- 2,000 - 7,000 m.

E.M.G. Consultores S.A.

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA

Estudio:
ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA SEQUIA EN EL SECTOR AGROPECUARIO EN CHILE


Tema:
CUENCAS HIDROGRÁFICAS FUENTE Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL RECURSO HÍDRICO EN CHILE CENTRAL DE CLIMA MEDITERRANEO

Datos Cartográficos:
Proyección UTM
Huso: 19
DATUM: WGS84

Escala 1:500,000

Fecha:
Marzo 2014

Plano Nº: 1



Escala 1:100,000

5 2.5 0 5 10 15 20 Km

N

Leyenda

Vialidad
- Camino Pavimentado
- Caminop de Ripio
- Camino de Tierra
- Red Ferroviaria

Límites Administrativos
- Límite Internacional
- Límite Regional
- Límite Comunal
- Áreas Urbanas

Drenaje
- Río, Estero
- Línea de Costa
- Cuerpos de Agua
- Cuencas Hidrográficas

Orografía
- Curva de Nivel Indice
- Curva de Nivel Intermedia

Precipitaciones
- Isoyeta (valores en mm)

Modelo Elevación
- Mar
- 0 - 200 m
- 200 - 400 m.
- 400 - 600 m.
- 600 - 800 m.
- 800 - 1,000 m.
- 1,000 - 1,200 m.
- 1,200 - 1,400 m.
- 1,400 - 1,600 m.
- 1,600 - 1,800 m.
- 1,800 - 2,000 m.
- 2,000 - 7,000 m.

Superficie Agricola Regada
- Superficie Regada Ríos Petorca y Ligua a partir de Imágenes de Satélite año 2013

Catastro Fruticola
- Catastro Fruticola ODEPA

E.M.G. Consultores S.A.

COMISIÓN NACIONAL DE RIEGO
MINISTERIO DE AGRICULTURA

Estudio:
ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA SEQUIA EN EL SECTOR AGROPECUARIO EN CHILE

Tema:
CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LOS RÍOS PETORCA Y LIGUA, AREAS CON AGRICULTURA DE RIEGO Y PROYECCIÓN DEL CATASTRO FRUTICOLA

Datos Cartográficos:
Proyección UTM
Huso: 19
DATUM: WGS84

Fecha:
Marzo 2014

Plano Nº: 2