



## JRC TECHNICAL REPORTS

# Vulnerabilidad de las tierras secas a la desertificación, degradación de las tierras e impactos económicos y sociales

*Algunos estudios de casos  
seleccionados para  
América Latina*

Serie de Estudios Temáticos EUROCLIMA –  
acción en desertificación, degradación de  
tierras y sequía (DDTS)

Barbosa, P. and Weynants, M. (Eds.)

2018



This publication is a Technical report by the Joint Research Centre (JRC), the European Commission's science and knowledge service. It aims to provide evidence-based scientific support to the European policymaking process. The scientific output expressed does not imply a policy position of the European Commission. Neither the European Commission nor any person acting on behalf of the Commission is responsible for the use that might be made of this publication.

**Contact information**

Email: [Paulo.Barbosa@ec.europa.eu](mailto:Paulo.Barbosa@ec.europa.eu)

**JRC Science Hub**

<https://ec.europa.eu/jrc>

JRC110316

EUR 29051 ES

PDF ISBN 978-92-79-77700-4 ISSN 1831-9424 doi:10.2760/239732

Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2018  
© European Union, 2018

Reuse is authorised provided the source is acknowledged. The reuse policy of European Commission documents is regulated by Decision 2011/833/EU (OJ L 330, 14.12.2011, p. 39).

For any use or reproduction of photos or other material that is not under the EU copyright, permission must be sought directly from the copyright holders.

How to cite this report: Barbosa, P. and Weynants, M., editor(s), Morales, C., Barbosa, H., Espejel, I., Leon, A., Penalba, O. and Perez, A., *Vulnerabilidad de las tierras secas a la desertificación, degradación de las tierras e impactos económicos y sociales*, EUR 29051 ES, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-77700-4, doi:10.2760/239732, JRC110316.

All images © European Union 2018, unless otherwise specified

## Tabla de contenido

1. Introducción .....	7
2. Algunos aspectos conceptuales.....	9
3. Casos de estudio sobre la vulnerabilidad a la desertificación, la degradación de las tierras y la sequía.....	11
3.1 El uso de indicadores socioeconómicos en estudios de desertificación y sequía en el noroeste de México: una propuesta multiescalar.....	11
3.1.1 Introducción .....	11
3.1.2 Macroescala: Nivel de país .....	13
3.1.3 Mesoescala: Nivel regional .....	17
3.1.4 Microescala: Nivel local .....	19
3.1.4.1 Cuenca .....	20
3.1.4.2 Parcelas, cambio climático y percepción de los usuarios .....	22
3.1.5 Notas Finales.....	24
3.2 Análisis biofísico y socioeconómico de la vulnerabilidad de las tierras secas a la desertificación, degradación y la sequía en la región del Semiárido de Brasil .....	26
3.2.1 Introducción .....	26
3.2.2 Antecedentes.....	26
3.2.3 Clasificación de la vegetación en el SAB .....	28
3.2.4 Teledetección y vegetación.....	29
3.2.5 El sistema VEGETATION .....	29
3.2.6 Índice de Vegetación por Diferencia Estandarizada .....	30
3.2.7 Índice de Precipitación Estandarizada .....	30
3.2.8 Datos IVDN SPOT-S10 .....	31
3.2.9 Datos de precipitación .....	32
3.2.10 Metodología .....	32
3.2.10.1 Tendencia de la dinámica de la vegetación.....	32
3.2.10.2 Relación IVDN y precipitación entre factores biofísicos y socioeconómicos .....	34
3.2.10.3 Análisis estadístico entre los índices del IVDN y precipitación .....	37
3.2.11 Resultados .....	37
3.2.11.1 Análisis de la tendencia de la dinámica de la vegetación .....	37
3.2.11.2 Relación IVDN y precipitación entre factores biofísicos y socioeconómicos .....	39
3.2.11.3 Análisis estadísticos entre los índices, IVDN y precipitación .....	41
3.2.12 Notas Finales .....	44
3.3 Vulnerabilidad a la sequía de familias en tierras comunes en la Región de Coquimbo, Chile.....	45
3.3.1 Introducción .....	45
3.3.2 Área de Estudio .....	45

3.3.3 Métodos.....	46
3.3.4 Breve recuento de los resultados .....	48
3.3.4.1 Población, Educación, Salud.....	48
3.3.4.2 Los arreglos institucionales dentro de las comunidades agrícolas ....	49
3.3.4.3 Generación de Ingresos por actividades .....	49
3.3.4.4 Algunos comentarios sobre el Acceso a los Recursos no Productivos	50
3.3.4.5 Índice de Acceso a los Recursos .....	50
3.3.4.6 Matriz de Vulnerabilidad .....	51
3.3.4.7 Caracterización de los hogares vulnerables .....	52
3.3.4.8 Hacer frente a la sequía .....	53
3.3.5 Notas Finales.....	53
4. Casos de Estudio sobre los costos de la desertificación, la degradación de las tierras y la sequía.....	54
4.1 Gasto Fiscal en Chile Durante la Sequía 2011-2012 en la Región Metropolitana de Santiago .....	54
4.1.1 Introducción.....	54
4.1.2 Chile: un particular sistema de distribución y gestión del agua.....	54
4.1.3 Ocurrencia de las sequías en la Región Metropolitana de Santiago durante cuatro décadas.....	54
4.1.4 Coordinación, medidas implementadas y costos para el Estado durante el período 2011 - 2012 .....	56
4.1.4.1 Gobierno Regional Metropolitano .....	57
4.1.4.2 Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI) .....	57
4.1.4.3 Secretaría Regional Ministerial (Seremi) del Ministerio de Agricultura	58
4.1.4.4 Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP) .....	58
4.1.4.5 Dirección de Obras Hidráulicas (DOH) .....	59
4.1.5 La mirada institucional: discursos frente a la escasez hídrica .....	59
4.1.5.1 Municipios como entidades claves en el conocimiento del territorio y la canalización de medidas para las poblaciones sin acceso al agua.....	60
4.1.5.2 Costos asumidos por los municipios debido a la sequía.....	60
4.1.6 Notas Finales.....	60
4.2 Los costos de inacción de la desertificación, degradación de las tierras y la sequía	62
4.2.1 Introducción.....	62
4.2.2 Los métodos.....	63
4.2.2.1 Costos de reemplazo.....	63
4.2.2.2 Costos de la erosión y otros costos asociados a ella .....	63
4.2.2.3 Funciones de producción y de rendimientos .....	63

4.2.2.4 Productividad Total de Factores medida a través del Índice de Tornquist	64
4.2.3 Estimaciones de costos de inacción de la DDTS para algunos países de América Latina: Métodos utilizados y resultados obtenidos	66
4.2.4 Notas Finales	66
4.3 Revisión de indicadores utilizados	69
5. Conclusiones	95
References	96
Lista de cifras	106
Lista de tablas	108
ANEXO 1. Metodología de cálculo de los subíndices de propensión agropecuaria (SIPap), económica (SIPe) y social (SIPs) en la región del Semiárido de Brasil	109

## **Agradecimientos**

El trabajo que se presenta a continuación ha sido posible gracias a las contribuciones y apoyo permanente de parte de Michael Cherlet, Paulo Barbosa y Hugo Carrão del *Joint Research Centre*. También el documento se ha beneficiado del apoyo de las instituciones en las que trabajan los autores del mismo; Proyecto LAPIS de la Universidad de Maceió e Instituto del Semiárido, del Brasil, INSA; Universidad Autónoma de Baja California, Facultad de Ciencias y Facultad de Ciencias Marinas, México; Depto. Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires, Argentina; del Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile y de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL.

## Resumen Ejecutivo

El documento que se presenta a continuación está organizado en cuatro secciones. La primera de ellas contiene los agradecimientos, un resumen ejecutivo y la introducción. La sección II por su parte, está dedicada a los casos de estudio que a su vez están agrupados en subgrupos correspondientes a dos ejes temáticos:

- a) la vulnerabilidad de las tierras secas a la desertificación, la degradación de las tierras y la sequía;
- b) los impactos económicos y sociales de estos fenómenos.

Estos dos grandes ejes – vulnerabilidad e impactos socioeconómicos, articulan tres trabajos en el primer caso y dos en el segundo, los que se detallan a continuación. La última sección presenta los diversos indicadores utilizados.

El primer eje temático, esto es la vulnerabilidad a la desertificación, la degradación de las tierras y la sequía (DDTS), corresponde a un área de gran interés para todos los países afectados por este tipo de problemas. Los estudios que se presentan, buscan contribuir a la formulación de políticas públicas informadas que permitan abordar estos temas desde distintas escalas y diferentes perspectivas. En esta sección se presentan tres estudios de caso realizados en tres países y regiones – Norte de México, Semiárido del Brasil y IV Región de Coquimbo en Chile, todas ellas áreas reconocidamente afectadas por serios problemas de esta naturaleza.

Por su parte, el segundo eje, esto es los impactos económicos y sociales de la desertificación y degradación de las tierras, trata de un tema de creciente importancia para todos los países afectados por la desertificación, degradación de las tierras y la sequía, cual es asignar adecuadamente los recursos económicos y humanos disponibles, mediante un análisis costo – beneficio basado en la comparación de los costos de inacción (lo que implica no implementar acciones de política pública para enfrentar los problemas derivados de la DDTS), para compararlos con los costos de las acciones para resolver dichos problemas.

Para ello se presenta un estudio sobre los gastos derivados de la severa sequía que afectó la Región Metropolitana de Chile y un segundo trabajo sobre las metodologías y resultados obtenidos de las estimaciones de los costos de inacción de la desertificación y degradación de las tierras en varios países de América Latina.

A modo introductorio, ambos grandes temas articuladores, están precedidos de un artículo que da cuenta de los indicadores que se han utilizado en diversos estudios sobre estos temas.

Los estudios de caso presentados analizan la utilidad de diversos indicadores utilizados para este tipo de trabajos pero vistos integradamente y adaptados a los propósitos y especificidades de cada estudio. Así mismo se aplican, analizan y evalúan diferentes metodologías aplicadas a diferentes escalas que van desde lo nacional hasta lo local y que incluso pueden ser replicadas fuera de la región latinoamericana y caribeña con los ajustes y adaptaciones pertinentes.

A continuación se detallan los estudios de caso contenidos en ambos ejes temáticos. En el correspondiente a la vulnerabilidad de las tierras secas a la desertificación, degradación de las tierras y la sequía, los estudios de caso realizados, fueron los siguientes:

- El uso de indicadores socioeconómicos en estudios de desertificación y sequía en el noroeste de México: una propuesta multiescalar. Este trabajo plantea una propuesta de análisis de la vulnerabilidad desde una perspectiva multiescalar, esto es a nivel nacional, regional y local. Este trabajo fue realizado por Ileana Espejel, profesora e investigadora de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California, y contó con las contribuciones de Alejandro García de la Facultad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California, Lourdes Villers

del Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Ana Huaico de la Universidad de Temuco, Chile, y Enrique Retamoza estudiante de la Maestría en Manejo de ecosistemas zonas áridas y Michelle Hallack-Alegría del Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California;

- La vulnerabilidad biofísica y socioeconómica de la Región del Semiárido de Brasil (SAB). Este estudio de caso tuvo por objetivo analizar la vulnerabilidad biofísica y socioeconómica del SAB mediante un estudio de los impactos biofísicos y socioeconómicos sobre el bioma de la Caatinga que es predominante en el SAB. Para ello utilizaron dos metodologías complementarias que mostraron ser de gran utilidad para este tipo de trabajo. El trabajo fue realizado por Humberto Barbosa, Profesor e investigador de la Universidade Federal de Alagoas y Director del Laboratorio de Análisis y Procesamiento de Imágenes de Satélites (LAPIS), contando además con las contribuciones de Aldrin Pérez investigador del Instituto del Semiárido (INSA);
- Vulnerabilidad a la sequía de familias en tierras comunes en Coquimbo, Chile. El estudio buscó responder a interrogantes sobre el grado de vulnerabilidad de los hogares campesinos, las principales variables que intervienen presentes en ello y las estrategias de los hogares vulnerables para enfrentar la sequía. El autor de este trabajo es Alejandro León, profesor e investigador de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

El segundo eje temático por su parte, contiene los siguientes estudios de caso:

- Gasto Fiscal en Chile durante la Sequía 2011-2012 en la Región Metropolitana de Santiago. El objetivo de este estudio fue el de analizar las respuestas de las diferentes instituciones nacionales, regionales y locales a este tipo de eventos, las que se caracterizan por ser básicamente reactivas y de corto plazo. Este trabajo fue realizado por Alejandro León profesor e investigador de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile, conjuntamente con Lorena Medina. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile
- Los costos de inacción de la desertificación, degradación de las tierras y la sequía. El estudio analiza las principales metodologías para estimar los costos de la inacción de la desertificación, degradación de las tierras y la sequía, presentando los resultados obtenidos para varios países de América Latina. Este trabajo fue realizado por César Morales, ex funcionario y Consultor de la Comisión Económica de Naciones Unidas para América Latina y el Caribe, CEPAL.



# 1 Introducción

Las tierras secas cubren alrededor del 40% de la superficie total del planeta y en ellas viven unos 2.000 millones de personas, 90% de los cuales habitan en países en desarrollo. De otra parte, se estima que un 22% de la producción de alimentos tiene origen en las tierras áridas (Global Drylands: A UN system-wide response, October 2011, the United Nations Environment Management Group). De ahí la importancia de estos ecosistemas y la identificación de quiénes de entre sus habitantes son vulnerables a sequías y desertificación.

En el continente Americano, las tierras secas ocurren en forma de manchas de diferentes tamaños que van desde el sur-oeste de Canadá hasta al sur de Argentina. En América Latina y el Caribe, éstas están localizadas principalmente en Brasil, Argentina, Chile, Bolivia, Venezuela, Colombia y el Corredor Seco Centro Americano, que en conjunto cubren unos 313 millones de hectáreas; corresponden a 80% de las áreas tropicales y subtropicales. Las especies animales, vegetales y microorganismos que habitan los ecosistemas de tierras secas han desarrollado estrategias especiales para hacer frente a la alta variabilidad de precipitaciones y temperaturas. Estos rasgos adaptativos son de enorme importancia a nivel mundial, especialmente considerando los impactos actuales del proceso de cambio climático y de sus previsiones futuras. En otras palabras, los ecosistemas de tierras secas soportan grandes cantidades de biomasa animal y vegetal que poseen una gran resiliencia al stress hídrico y térmico y por tanto tienen un importante potencial para la humanidad para enfrentar los procesos de cambio climático.

El texto de la Convención de la Naciones Unidas para el Combate a la Desertificación y Mitigación de los Efectos de la Sequía, limita la ocurrencia de la desertificación a áreas que se localizan en zonas áridas, semi-áridas y sub-húmedas secas, entendidas como "Todas las tierras, con excepción de las polares y subpolares, en las cuales la relación entre la precipitación anual y evapotranspiración potencial esta comprendidas entre 0.05 y 0.65". En ese sentido las zonas áridas, semi-áridas y sub-húmedas secas (a partir de ahora zonas áridas), debido a su extensión, son consideradas como las mayores áreas susceptibles a los procesos de desertificación, los que se podrían ver sensiblemente incrementados debido al mencionado proceso de cambio climático.

Desde el punto de vista de las políticas públicas, las regiones secas han sido sujeto de las más variadas reflexiones y objeto de muchas iniciativas orientadas a promover su desarrollo. Así, algunas de ellas han estado orientadas casi exclusivamente a combatir la sequía y sus efectos y a la agricultura irrigada basada en grandes proyectos. Estas propuestas se han caracterizado por haberse desarrollado en momentos de calamidad pública y que, por tanto, se trata de acciones de emergencia, fragmentadas y discontinuas; y la construcción de obras hidráulicas, que a menudo han tendido a favorecer el riego de valles fácilmente regables y que han requerido importantes montos de inversión pública.

En la actualidad se discute en varios países, Brasil por ejemplo, y en Naciones Unidas, la posibilidad de avanzar en la implementación de una política fundada en la idea del desarrollo sustentable para las tierras secas, basada en la "Convivencia con la Semiáridéz" (Programa 96367 Convivencia con la Aridez, Estado de Paraíba, Brasil, 2015; <http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2013/10/governo-busca-reduzir-semiaridez-em-11-estados>).

Esta perspectiva se articula en torno a la valorización de las potencialidades y estrategias de convivencia desarrolladas por la población que residen en esas áreas. En esta nueva concepción, éstas zonas pasarían a ser concebidas como espacios en los cuales es posible construir y rescatar relaciones de convivencia entre los seres humanos y la naturaleza, con base en la sustentabilidad ambiental, combinando calidad de vida de las familias con el incentivo a las actividades económicas apropiadas. Se trata por tanto de una nueva

percepción que retira las culpas atribuidas a las condiciones naturales y ve el espacio árido, semiárido y sub-húmedo seco con sus potencialidades, características y sus limitaciones.

En ese contexto, este trabajo tiene por objetivo mostrar la aplicación de algunas metodologías para definir y medir la vulnerabilidad biofísica y socioeconómica a la sequía y desertificación, y los costos de inacción frente a la desertificación.

En este informe se consideraron dos componentes: 1) exposición de casos de estudio demostrativos en la aplicación de metodologías que utilizan indicadores a diferentes escalas espaciales para identificación de la vulnerabilidad a la sequía en las zonas áridas de América Latina, 3) exposición de casos de estudio que se focalizan sobre los impactos económicos de la sequía y de la desertificación.

Los estudios de caso compilados constituyen trabajos en escalas geográficas, temporales y requisitos de información diferentes. En este contexto se presentan medidas e indicadores nacionales desde los niveles macro, hasta lo local, mostrando de este modo diferentes definiciones espaciales para abordar el estudio y análisis de esta temática, lo que esperamos constituya un aporte para los tomadores de decisión en éstos diversos espacios.

## 2 Algunos aspectos conceptuales

Los países e instituciones signatarios de la Convención de la Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación en los Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación firmada en 1994, (las "Partes"), concordaron en las siguientes definiciones básicas:

- por "desertificación" se entiende la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas;
- por "lucha contra la desertificación" se entiende las actividades que forman parte de un aprovechamiento integrado de la tierra de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas para el desarrollo sostenible y que tienen por objeto:
  - la prevención o la reducción de la degradación de las tierras,
  - la rehabilitación de tierras parcialmente degradadas, y
  - la recuperación de tierras desertificadas.
- por "sequía" se entiende el fenómeno que se produce naturalmente cuando las lluvias han sido considerablemente inferiores a los niveles normales registrados, causando un agudo desequilibrio hídrico que perjudica los sistemas de producción;
- por "mitigación de los efectos de la sequía" se entiende las actividades relativas al pronóstico oportuno de la sequía y encaminadas a reducir la vulnerabilidad de la sociedad y de los sistemas naturales a la sequía en cuanto se relaciona con la lucha contra la desertificación;
- por "tierra" se entiende el sistema bioproductivo terrestre que comprende el suelo, la vegetación, otros componentes de la biota y los procesos ecológicos e hidrológicos que se desarrollan dentro del sistema;
- por "degradación de las tierras" se entiende la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y de la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada, en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, por los sistemas de utilización de la tierra o por un proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de poblamiento, tales como:
  - la erosión del suelo causada por el viento o el agua,
  - el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas o de las propiedades económicas del suelo, y
  - la pérdida duradera de vegetación natural;
- por "zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas" se entiende aquellas zonas en las que la proporción entre la precipitación anual y la evapotranspiración potencial está comprendida entre 0.05 y 0.65, excluidas las regiones polares y subpolares;
- por "zonas afectadas" se entiende zonas áridas, semiáridas o subhúmedas secas afectadas o amenazadas por la desertificación;
- por "países afectados" se entiende los países cuya superficie incluye, total o parcialmente, zonas afectadas;
- por "organización regional de integración económica" se entiende toda organización constituida por Estados soberanos de una determinada región que sea competente para abordar las cuestiones a las que se aplique la presente Convención y haya sido debidamente autorizada, con arreglo a sus procedimientos internos, para firmar, ratificar, aceptar y aprobar la Convención y adherirse a la misma.

Las definiciones de vulnerabilidad y conceptos relacionados como riesgo, amenaza, peligrosidad, sensibilidad, etc. que usamos se adaptaron de REDAGRES (2013) y se entienden como:

La vulnerabilidad de un agroecosistema corresponde a su incapacidad para absorber los efectos de un cambio ambiental en particular. Se trata de una variable determinada por las características biofísicas de los agroecosistemas y las condiciones socioeconómicas de la población afectada. Se refiere al grado de susceptibilidad de un sistema a los efectos

adversos y la extrema variabilidad del clima y la ausencia de capacidad de adaptación. Hay tres factores que influyen en la vulnerabilidad:

- Exposición: se refiere al fenómeno natural (en este caso la sequía) que puede causar cambios en un agroecosistema por un período de tiempo específico;
- Sensibilidad: se refiere a la probabilidad de que la intensidad, frecuencia, o duración de un evento de sequía afecte el agroecosistema expuesto;
- Adaptación: se refiere a los ajustes empleados para reducir la vulnerabilidad. La capacidad de adaptación es un factor que depende directamente del capital humano y el capital social presente en las comunidades.

Son vulnerables los grupos humanos, actividades o territorios que afrontan el riesgo de efectos negativos extremos como resultado de eventos climáticos que sobrepasan las adaptaciones en curso (Stern y Esterling, 2010 de tal forma que la vulnerabilidad se halla estrechamente relacionada con la estructura social y el desarrollo económico, y está sometida a las variaciones y cambios que experimenten el tejido social y la estructura económica”.

Vulnerabilidad a la desertificación es la susceptibilidad a la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas.

Si bien se ha observado en las políticas nacionales sectoriales un gran esfuerzo para atender la sequía y la desertificación, se sugiere incluir estrategias que visualicen un concepto más amplio de desarrollo sustentable para las tierras secas, consistentes y contextualizadas con base en la “Convivencia con la aridez”. Por lo tanto se recomienda valorizar las potencialidades y estrategias de convivencia desarrolladas por la población que reside en esas áreas. De cambiar el paradigma de que la aridez conlleva pobreza, las zonas semiáridas pasarían a ser concebidas como espacios donde es posible construir y rescatar relaciones de convivencia entre los seres humanos y la naturaleza, en una forma diferente de alcanzar la sustentabilidad ambiental, combinando calidad de vida de la población con un incentivo a las actividades apropiadas a sus agroecosistemas y sistemas silvo-pastoriles.

### **3 Casos de estudio sobre la vulnerabilidad a la desertificación, la degradación de las tierras y la sequía**

#### **3.1 El uso de indicadores socioeconómicos en estudios de desertificación y sequía en el noroeste de México: una propuesta multiescalar**

Ileana Espejel, Profesora e investigadora de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California Universidad de Baja California.

Autores Contribuyentes: Alejandro García<sup>1</sup>, Lourdes Villers<sup>2</sup>, Ana Huaico<sup>3</sup>, Enrique Retamoza<sup>4</sup> y Michelle Hallack-Alegría<sup>5</sup>.

##### **3.1.1 Introducción**

En esta investigación se muestra, de manera multiescalar, el tema de la desertificación y la sequía en México y se destacan los diferentes indicadores socioeconómicos que se usan para medir la vulnerabilidad a la sequía en diferentes escalas espaciales. El resultado del análisis es que no hay congruencia entre los indicadores utilizados a las diferentes escalas por lo que se propone un listado de indicadores potenciales para lograr una coherencia y sean comparables los índices de vulnerabilidad a la sequía o a la desertificación.

La sección se inicia con un análisis a nivel nacional que se denomina como Macroescala, seguido de una sección dedicada al nivel Mesoescala, donde se da cuenta de la escasez o virtual inexistencia de estudios sobre este tema a nivel regional, lo cual ha sido suplido con estudios de sequía a nivel de las regiones hidrológicas y los consejos de cuenca. A nivel local, es decir de microescala, se analizan las siguientes dimensiones: valle, con procesos de reconversión ganadera, la cuenca del río Guadalupe, donde Cuenca del Valle de Guadalupe donde se han realizado múltiples ordenamientos del uso del suelo, no obstante lo cual su vulnerabilidad a la sequía socioeconómica es muy alta y finalmente la situación de parcelas productivas con la temática del cambio climático y la percepción de los agricultores.

El abordaje planteado se considera clave para los estudios de la sequía y desertificación ya que México, con una reforma energética profunda, las políticas ambientales están por cambiar de forma radical. La nueva ley de aguas, continua manejando la cuenca como unidad de gestión (permitiendo el trasvase), le otorga el manejo del agua a concesionarios, no permite la investigación independiente de la calidad del agua, entre muchas otras cuestiones fundamentales (Ley de Aguas Nacionales, 2014). El manejo del agua es clave para el desarrollo del país, sobre todo en las tierras secas (áridas, semiáridas y subhúmedas secas), cuya desertificación se está acentuando según los escenarios de sequía que impone el cambio climático y el desarrollo de actividades económicas que desdeñan el buen manejo de los recursos naturales.

En México, dominan las tierras secas (Figura 3.1.a) ya que cubren mucho más de la mitad del país. Estos investigadores modelan escenarios de cambio climático que resultan contrastantes. El modelo GFDLCM 2.0 muestra una ligera tendencia de disminución en las zonas secas, mientras el modelo HADGEM 1 estima un incremento considerable de las zonas secas especialmente de las zonas áridas. Independientemente de los escenarios, los datos actuales de aridez ya representan la mayoría de las tierras del país y como superficie constituyen un indicador importante para definir las áreas sujetas a procesos de

---

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California

<sup>2</sup> Centro de Ciencias de la Atmósfera. Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup> Universidad de Temuco, Chile

<sup>4</sup> Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas. Universidad Autónoma de Baja California

<sup>5</sup> Instituto de Ingeniería. Universidad Autónoma de Baja California

desertificación donde la sequía cobra importancia. Los mapas de aridez se encuentran en bases de datos del Instituto Nacional de Geografía (INEGI, [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)) o en publicaciones especiales de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, [www.conafor.gob.mx](http://www.conafor.gob.mx)), de la Universidad de Chapingo ([www.chapingo.mx](http://www.chapingo.mx)) o del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, [www.inecc.gob.mx](http://www.inecc.gob.mx)), del Instituto de Geografía de la UNAM, entre otros.

La vegetación nativa en estas áreas se ha adaptado a las condiciones de sequía, principalmente formada por diversos tipos de matorral xerófilo, dominado por cactáceas y arbustos espinosos (Rzedowski, 2006). Se encuentran 30.9% de matorral xerófilo, 16.6% de bosques templados como son los de coníferas y de encinos y 7.8% de selvas caducifolias. Las zonas áridas del país son características por su biodiversidad en endemismos tanto de flora como de fauna. Un indicador de vulnerabilidad a la sequía y a la desertificación son aquellos que indican cambios en la biodiversidad y se encuentran en varias bases de datos, especialmente de la Comisión Nacional para la Biodiversidad (CONABIO, [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)).

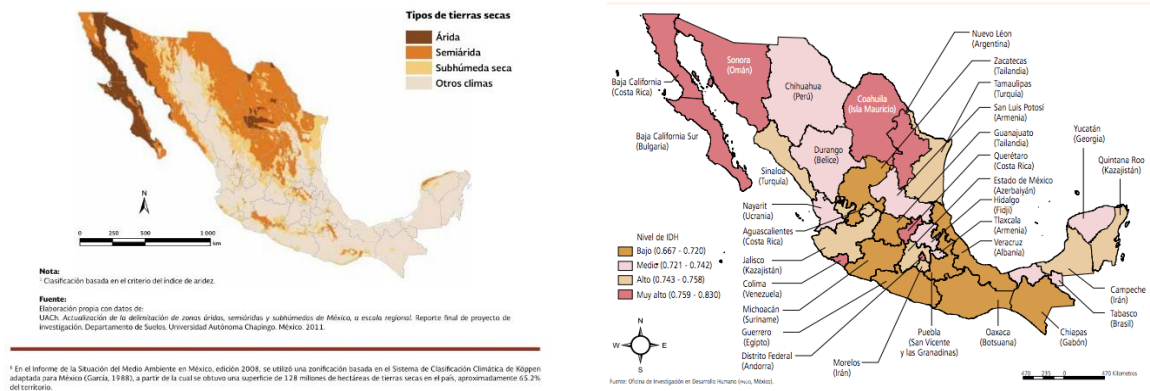
Los pueblos originarios han sabido aprovechar esta vegetación adaptada a la escasez de agua con técnicas de manejo y uso de bajo impacto (Felger y Moser, 1976). Un indicador interesante para estimar la vulnerabilidad a la sequía y desertificación son los relacionados a las culturas indígenas y las prácticas locales de manejo de agua. Al parecer no hay una base de datos de alcance nacional que provea de estos datos pero si hay estudios regionales sobre plantas y animales que se usan o han usado, así como de prácticas en el manejo del agua tradicional que habría que rescatar en estudios regionales o locales sobre el tema.

Asimismo, en estas tierras habita la tercera parte de la población total del país (33.6 millones) (SEMARNAT, 2013 a partir del Censo de Población y Vivienda 2010). Esto se debe al crecimiento explosivo de numerosas ciudades que se asientan en estas tierras beneficiadas con riego o con industrias agropecuarias (Soto Mora, 2003), entre otras, en donde el uso del agua es desmedido. Indicadores importantes para incorporar en los índices de vulnerabilidad a la sequía y desertificación debieran ser el crecimiento y la densidad poblacional rural y relacionarlos con las concesiones de agua. Estos indicadores se encuentran en las bases de datos censales del INEGI, por lo que es posible tener series históricas.

Aunque hay grandes extensiones de vegetación bien conservada, en parte por la baja densidad poblacional rural y por la presencia de áreas naturales protegidas, la cobertura vegetal natural el 22.9% de la gran proporción del territorio mexicano se llevan a cabo actividades de agricultura, pastoreo y forestales. En especial, la ganadería ha sido mal manejada y nos solo ha deforestado, sino que ha privilegiado a unos cuantos grandes empresarios rurales (Bravo et al., 2010). Asimismo, hay grandes extensiones agrícolas que, de acuerdo a Soto Mora (2003), el gobierno mexicano subsidia generosamente con obras de infraestructura, agua, créditos y fertilizantes. La autora menciona que este tipo de agricultura altamente tecnificada, absorbe el 71% del capital de inversión y sólo produce menos de 1% del frijol y maíz, que es el alimento principal de los mexicanos. El impacto de la agricultura comercial, básicamente para exportación, en el desarrollo agrícola del noroeste es notorio, pero sólo ha beneficiado a unos cuantos empresarios quienes han acaparado la tierra, el trabajo y el capital (Soto Mora, 2003). Y, por ende, y para el interés de este informe, también el agua. Un indicador clave para medir la vulnerabilidad a la sequía o la desertificación es el cambio de uso de suelo y la cobertura vegetal natural. Además de relacionarlos a las concesiones de uso de agua por tipo de uso de suelo (agroindustrial o agropecuario) y de propiedad.

a

b

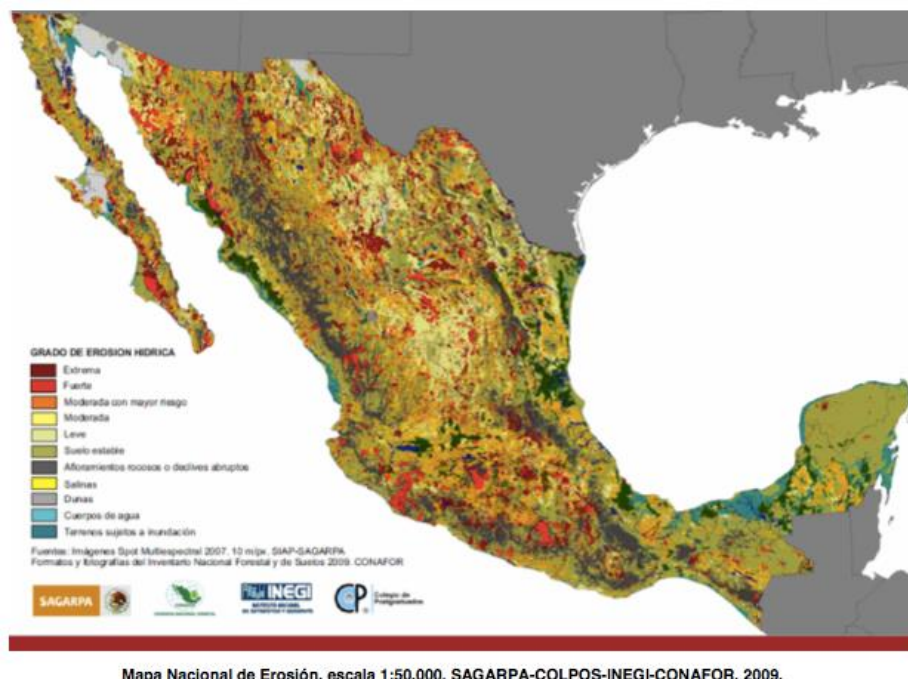


**Figura 3.1** a) Mapa de las tierras áridas, semiáridas y subhúmedas secas de México (izquierda) (SEMARNAT, 2013) y b) mapa del índice de desarrollo humano (IDH) 2015 para los estados mexicanos (derecha) (tomado de PNUD, 2015).

La desigualdad entre el norte y el sur se ha acentuado con el modelo de desarrollo rural bajo una lógica neoliberal (Figura 3.1.b). El desbalance entre el norte y sur ha sido descrito por Dávila et al. (2002). Un indicador para incorporar en los índices de vulnerabilidad a la sequía y desertificación son el de marginación o el índice de desarrollo humano (IDH) que se muestra en la Figura 3.1.b y que se puede obtener en las bases de datos de la Consejo Nacional de Población (CONAPO, [www.conapo.gob.mx](http://www.conapo.gob.mx)) o el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, [www.undep.org](http://www.undep.org)) y ejemplifica muy bien la bipolaridad de México en materia de desarrollo. Paradójicamente, mientras en los estados de las tierras secas del norte el índice es muy alto; en los trópicos, donde abunda el agua, es muy bajo.

### 3.1.2 Macroescala: Nivel de país

No se cuenta con un mapa de desertificación para las zonas secas de México tal como presenta Brasil en este libro. Encontramos mapas de aridez como el de la figura 3.1.a u otros por cuencas, pero no de desertificación tal cual, a nivel nacional. Hay un mapa de degradación de suelos por actividades humanas del INECC (<http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/312/sueloedo.html>); y uno de erosión, considerada como indicador de la desertificación. Sin embargo hay confusión entre lo que sería verdadera desertificación en el norte árido del país y lo que se consideraría como deterioro ambiental en el sur de México (Figura 3.2). Elegimos este mapa porque es el único que está orientado a lo que Sagarpa-Colpos-Inegi-Conafor (2009) consideran una causal socioeconómica inducida, que es la ganadería. Esta, tuvo su auge y ahora está en decadencia Chauvet (1999) pero continua como una actividad mal manejada (Guevara y Lira-Noriega, 2011). En el mapa se observan núcleos de erosión muy alta donde convergen valores altos de los indicadores geomorfológicos y socioeconómicos que utilizaron: caminos, extracción y uso de suelo rural.



Mapa Nacional de Erosión, escala 1:50,000. SAGARPA-COLPOS-INEGI-CONAFOR, 2009.

**Figura 3.2** Mapa nacional de erosión hídrica 1:50,000 (Sagarpa, Colpos, Inegi, Conafor, 2009).

En México, el Programa Nacional contra la Sequía (PRONACOSE), inicia en 2013 para atender, dar seguimiento, mitigar y prevenir el fenómeno recurrente de la sequía en el territorio nacional. El programa lo administra la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y se implementa por un grupo de instituciones, que incluye a universidades públicas, centros de investigación y organismos de gobierno, además de especialistas nacionales e internacionales. Los instrumentos para la gestión integrada de los recursos hídricos se elaboran por cuenca hidrológica o por región hidrológica, a través de los Consejos de Cuenca, con un enfoque proactivo y preventivo (CONAGUA, 2015).

El instrumento para el seguimiento del fenómeno es el monitor de sequía se encuentra el portal de CONAGUA<sup>6</sup> el cual funciona desde 2014 quincenalmente. Lo alimenta el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) que es la dependencia oficial del gobierno mexicano encargada de proporcionar información meteorológica (estado del tiempo) y climatológica. Para ello utiliza las redes de observación tales como estaciones automáticas, observatorios sinópticos, radares, estaciones de radio sondeo y estaciones receptoras de imágenes de satélite. El Monitor de Sequía en México (MSM) forma parte del Monitor de Sequía de América del Norte (NADM).

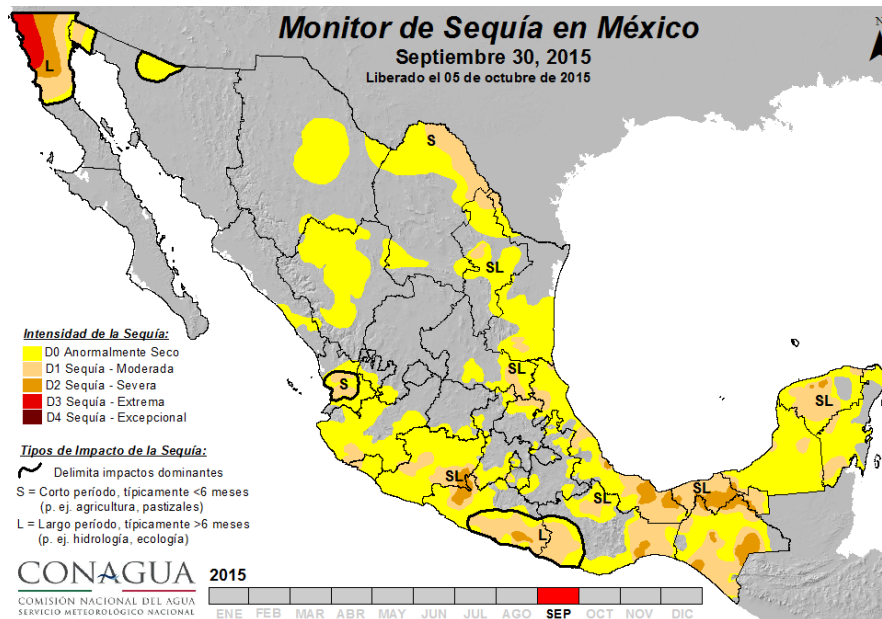
La metodología del MSM se basa en la obtención e interpretación de diversos índices o indicadores de sequía tales como: 1) el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) que cuantifica las condiciones de déficit o exceso de precipitación (30, 90, 180, 365 días), 2) la anomalía de lluvia en porcentaje de lo normal (30, 90, 180, 365 días), 3) el índice satelital de salud de la vegetación (VHI) que mide el grado de estrés de la vegetación a través de la radiancia observada, 4) el modelo de humedad del suelo Leaky Bucket CPC-NOAA que estima la humedad del suelo mediante un modelo hidrológico de una capa, 5) el índice normalizado de diferencia de la vegetación (NDVI), 6) la anomalía de la temperatura media, 7) el porcentaje de disponibilidad de agua en las presas del país. También se incorporan aportaciones puntuales de expertos locales. Estos índices se despliegan en capas de un Sistema de Información Geográfica (SIG) y mediante un consenso se determinan las regiones afectadas por sequía, de acuerdo a la escala de intensidades que es común en los tres países de Norteamérica que va desde anormalmente seco (D0), sequía moderada (D1), sequía severa (D2), sequía extrema (D3) hasta sequía

<sup>6</sup>[http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=20&Itemid=74](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=20&Itemid=74)



excepcional (D4). Como resultado del consenso se trazan polígonos para cada intensidad de sequía. Cuando los polígonos corresponden al análisis de mediados de mes (emitido los días 15 de cada mes) se utilizan para cuantificar la sequía sobre el territorio nacional y, cuando corresponden a la evaluación final de cualquier mes, se complementa el mapa regional o continental del NADM.

El MSM es un indicador ideal para los índices de vulnerabilidad a la sequía porque incluye una descripción de la sequía en el país, el conteo de municipios afectados por las diferentes categorías de sequía, tablas y gráficos de porcentaje de área afectada por sequía a nivel nacional, estatal, 13 Regiones Hidrológico-Administrativas y 26 Consejos de Cuenca (Figura 3.3).



**Figura 3.3** Mapa de México donde con los resultados del monitor de sequía. La zona de estudio de este trabajo muestra sequía extrema. Tomado de: [http://smn.cna.qob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=20&Itemid=74](http://smn.cna.qob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=20&Itemid=74)

Además de las fuentes oficiales es importante mencionar que en México hay una capacidad académica amplia en la materia y en la Tabla 3.1 se muestran algunas de las fuentes para consulta en el tema de sequía y cambio climático a nivel nacional. Algunos indicadores más puntuales a nivel regional o local se pueden obtener de estas bases de datos.

**Tabla 3.1** Algunas de las instituciones y fuentes de información para el análisis de la sequía en México.

<b>Grupos oficiales y académicos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comisión Nacional del Agua (CNA).</li> <li>• Comisión Federal de Electricidad (CFE).</li> <li>• Servicio Meteorológico Nacional (SMN).</li> <li>• Instituto de Geografía (1991). Atlas Nacional de México..( IGg-UNAM).</li> <li>• Secretaría de Gobernación – Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2000b). Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana. Versión Digital. CENAPRED. México.</li> <li>• REDESClim: Red de Desastres Asociados a Fenómenos Hidrometeorológicos y Climáticos, una red temática del Conacyt,</li> <li>• UNIATMOS: alojado en el Centro de Ciencias de la Atmosfera de la UNAM. Sequia Meteorológica: <a href="http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/kml/">http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/kml/</a>. En especial la sección cartográfica <a href="http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/ACDM/servmapas">http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/ACDM/servmapas</a>.</li> </ul>
<b>Mapas</b>
<p>Hernández, M. E., 2006. Climas. En: Galindo, M. G. (Coord.) Proyecto: "Propuesta de una metodología para identificar zonas vulnerables a la sequía y a las plagas que afectan las actividades agropecuarias en la Huasteca Potosina, apoyada en imágenes de satélite, Sistemas de</p>

Información Geográfica, análisis multivariado y un modelo de simulación climática". Universidad Autónoma de San Luis Potosí.(SAGARPA-CONACYT). Escala: 1:250 000.

Hernández, M. E. y Moya. M. H., 2007. Doce mapas de Moda de la lluvia mensual. En: Coll, H. A., Nuevo Atlas Nacional de México. Tema Naturaleza y Ambiente. Capítulo Clima. NA IV 8 a NA IV 10. Esc. 1: 12,000,000. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F. ISBN 978-970-32-5047-9

Hernández, M. E. y Salgado, B., 2007. Índice Estandarizado de Precipitación (SPI-12) hasta Abril de 2000. En: Coll, H. A., Nuevo Atlas Nacional de México. Tema Naturaleza y Ambiente. Capítulo Agroclimatología. NA XIII 5 B. Esc. 1: 12000000. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F. ISBN 978-970-32-5047-9

#### **Publicaciones**

Castorena, G., Sánchez, M. E., Flores- cano, M. E., Padilla, R. G. y Rodríguez, M. L. (1980). Análisis histórico de las sequías de México. Comisión Nacional Hidráulico. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. 137 p.

Sancho y Cervera, J., Zavala, Z. F., Sánchez, V. M. y Martínez, V. V. (1980). Monitoreo de sequías y heladas. Comisión del Plan Nacional Hidráulico. Dirección de inventarios de agua y suelo. Proyecto IA800/. México. Pp. 14-16.

Tinajero, G. J., Huesca, L. A, Martínez, V. V., Morelos R. J, Ruíz, H., J., Escalante, M., F y Díaz, E. (1986). Análisis de la sequía en México en el periodo 1976-1980. Comisión del Plan Nacional Hidráulico. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México. Pp. 33-51.

Hernández, M. E. and Garza, M. G., 2009. Rainfall variability in Mexico 's Southern Highlands (instrumental and documentary phases, seventeenth to twenty first centuries. En: Karlin, N. L. Y Shelutk, A. V. Ecology and hydrometeorology of big cities and industrial zones (Russia-Mexico). VolII .Analysis of the environment. Russian State Hydrometeorology. University. St. Petersburg, Russia. ISBN 978-5-86813-264-3. 86-108. (en ruso), 94-113 (en inglés).

Hernández, M. E., Carrasco, A. G y Alfaro, S. G., 2007. Mitos y realidades de la sequía en México. Temas Selectos de Geografía de México. Instituto de Geografía, UNAM. ISBN. UNAM (Obra General): 968-36-8090-9. ISBN: UNAM 978-970-32-4692-2.

Las implicaciones de la sequía en los territorios habitados, son las que obligan a incorporar indicadores socioeconómicos. En México, la capacidad institucional para estudiar y atender el fenómeno es fuerte, sin embargo en términos socioeconómicos los indicadores reflejan que en cualquier escala hay inequidad y por lo tanto las vulnerabilidades están diferenciadas. A nivel de país, como se ve en la Figura 3.1b prevalece la inequidad y a nivel local, como se muestra más adelante, tampoco es diferente.

La definición oficial de sequía la propone el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED,) quien la define como un fenómeno meteorológico que ocurre cuando la precipitación es menor que el promedio y cuando esta deficiencia es lo suficientemente grande y prolongada como para dañar las actividades humanas. Se ha desarrollado un mecanismo financiero denominado Programa de Atención a Contingencias Climatológicas (PACC) (antes denominado Fondo para Atender a la Población Rural Afectada por Contingencias Climatológicas (FA- PRACC), para apoyar a los productores afectados ante la ocurrencia de contingencias climatológicas atípicas.

Asimismo, los gobiernos estatales apoyan para la contratación de seguros agropecuarios, para evitar el uso de recursos presupuestales de manera directa en desastres de alto impacto, a lo que se denomina Seguro Agropecuario Catastrófico (SAC). Este es un instrumento de administración de riesgos que permite adoptar estrategias financieras para el manejo y transferencia del riesgo catastrófico, enfrentar con mayor eficiencia las consecuencias económicas y sociales que generan los eventos climáticos extremos en la actividad agropecuaria y disminuir la presión sobre las finanzas públicas por la ocurrencia de dichos eventos.

Otro apoyo más es el Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas de Siniestralidad Recurrente (PIARSE). Mediante este programa se fomenta el desarrollo sustentable en regiones frecuentemente afectadas por fenómenos climatológicos adversos que inciden en la disminución de productividad.

Con el surgimiento del FAPRACC, el Fondo de Atención a Desastres Naturales” (FONDEN) se desliga del sector rural y el PIARSE y FAPRACC se complementan junto con PROCAMPO y Alianza para el Campo, para impulsar al sector productivo agropecuario.

Un indicador socioeconómico que vale la pena incorporar en los índices de vulnerabilidad a la sequía y desertificación es el de gestión a la atención de desastres y el número de veces que han recibido apoyo de alguno de los programas anteriormente mencionados.

### **3.1.3 Mesoescala: Nivel regional**

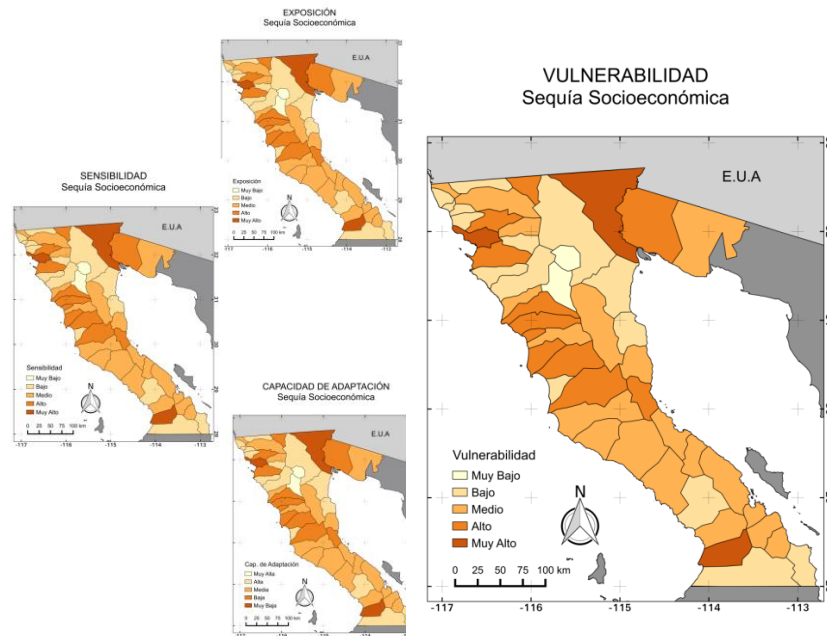
No se encontraron estudios regionales de desertificación. Hay mapas donde se mezcla desertificación con deterioro ambiental o deforestación en las zonas tropicales húmedas. Sin embargo, hay un esfuerzo notable para los estudios de sequía a nivel de las regiones hidrológicas y los consejos de cuenca (Pronacose, 2015a).

Se ejemplifica esta escala con el caso en el noroeste de México, por ahora con sequías extrema y severa. Se diseñó un índice propuesto de vulnerabilidad con base en variables socioeconómicas y biofísicas, agrupadas en indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación (IPCC, 2014), para acuíferos con uso agrícola aplicado a nivel de cuencas o regiones hidrológicas. Se elaboraron mapas de vulnerabilidad para el noroeste de México y se estudiaron las implicaciones socioeconómicas de la sequía. Se denominó sequía socioeconómica cuando existe un déficit ante la demanda de agua de un grupo social y es el resultado de variaciones en la oferta de agua por ausencia de precipitaciones (sequía meteorológica) y disponibilidad por la presión generada por el aumento de la población que demanda mercancías básicas y de las actividades productivas. Además de estar relacionada con la sequía meteorológica, la sequía socioeconómica también se asocia con las sequías agrícola e hidrológica (Wilhite y Glantz, 1985). Lo importante aquí es reconocer que la escasez económica del agua es el resultado de una mala gestión de los recursos hídricos disponibles. De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la escasez económica de agua suele ser la principal causa en la mayoría de los países o regiones que experimentan escasez de agua, porque la mayoría de los países o regiones tienen suficiente agua dulce para satisfacer las necesidades de los hogares, así como las necesidades industriales, agrícolas y ambientales, pero carecen de los medios para proporcionarlo en una forma accesible. Es inconcebible que el 2014 haya sido un año de sequía que en las zonas del noroeste del país, y en California (<http://ca.gov/drought/>), aumentó el peligro y en consecuencia la vulnerabilidad de los habitantes y su economía. Por esto es necesario y urgente cambiar paradigmas en el uso de agua (Zilberman, 2014).

En el CC-02 las principales fuentes de abastecimiento de agua son subterráneas y el carácter intermitente de las corrientes superficiales no permite su aprovechamiento o hay agricultura temporal en las márgenes de los arroyos con poco impacto socioeconómico regional. La mayoría de las cuencas son exorreicas y la ausencia de infraestructura de captación pluvial, lo que provoca que casi la totalidad de la precipitación regional escurra hacia el mar. La región es fronteriza y se caracteriza porque la agricultura de la capital del estado que es fronteriza, y parte del uso doméstico de las ciudades fronterizas, tienen como fuente de abastecimiento un volumen fijo de agua superficial proveniente del Río Colorado establecido mediante un tratado con Estados Unidos, el cual podría disminuir si se alcanzan ciertos valores mínimos en el Lago Mead según dicta el Acta 319 (Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y los Estados Unidos, 2012). No obstante, este aporte superficial no satisface toda la demanda de la población, por lo que continúan siendo explotadas las fuentes subterráneas. El resultado del análisis indica que, de los 48 acuíferos del estado, 17 de ellos se encuentran con déficit de agua.

En este informe se detallan los resultados de una cuenca del municipio que ocupa mayor extensión territorial del CC-02 (Ensenada) (Figura 3.4), y que es dependiente exclusivo de los acuíferos al no disponer de aportes de agua procedentes del Río Colorado por falta de infraestructura. Se selecciona la explicación de este porque antecede al caso local que trataremos adelante (Valle de Guadalupe).

La escasez de agua para la agricultura en este municipio de Ensenada ya ha comenzado a afectar a cultivos y al abasto urbano. La Ley de Aguas Nacionales en su Artículo 13 Bis 4 (DOF 07-06-2013) reconoce al uso público urbano como prioritario sobre los demás, en situaciones de emergencia, escasez extrema, desequilibrio hidrológico, sobreexplotación, reserva, contaminación y riesgo o se comprometa la sustentabilidad de los ecosistemas vitales, pero en Ensenada el problema de desabasto es grave y a pesar de ello, no ha sido solicitada una sola declaratoria de emergencia de sequía y por lo tanto no ha podido cumplirse esta prioridad (Pronacose, 2015b).



**Figura 3.4** Resultados del índice de vulnerabilidad a la sequía socioeconómica agrícola de la CC-02 que corresponde en su mayor superficie al estado de Baja California. Los valores muy altos corresponden a la cuenca de Mexicali, la más grande y fronteriza; la cuenca del Valle de Guadalupe sobre el Pacífico al norte y la de San Quintín al sur. Tomado de Pronacose, 2015:

<http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/Baja%20Calif.%20San%20Luis%20rio%20Colorado.pdf>.

Según este trabajo, el balance en condiciones de equilibrio es el resultado de un régimen de descarga que iguala a la magnitud promedio de la recarga del acuífero. Sin embargo, el estudio hidrológico/agronómico del acuífero de Guadalupe ha puesto en evidencia un déficit de 5.55 Mm<sup>3</sup> al año en el volumen de agua requerida para sostener la actual dinámica del sistema. Hasta el momento, dicho déficit ha sido compensado utilizando agua del reservorio, lo que a su vez produce declive en los niveles estáticos y agotamiento de norias y pozos.

Por otro lado, las lluvias extraordinarias que se presentan con cierta frecuencia tienen un efecto casi inmediato, aunque efímero, en este tipo de acuíferos aluviales. Los niveles estáticos se elevan y los aprovechamientos son más productivos. Sin embargo, actualmente solo los pozos más profundos, o los que se localizan en las zonas de recarga, resultan con beneficios duraderos.

El balance hidrológico/agronómico refleja el promedio de años secos y húmedos e indica la manera en la que se distribuyen naturalmente los recursos. Las descargas por evapotranspiración y salida subterránea totalizan tan solo un 10% de los recursos, en promedio, mientras que las extracciones por bombeo representan el otro 90%. Por lo tanto, es el control en el bombeo el que permitirá alcanzar la estabilización del acuífero. Mientras no se implementen medidas que permitan el incremento de la disponibilidad de agua subterránea, las extracciones totales por bombeo no deberán exceder los 21 Mm<sup>3</sup>/año.

De acuerdo con la metodología indicada en la Norma Oficial NOM-011-CNA-2000, el valor de  $-20.98 \text{ Mm}^3/\text{año}$  indica que no existe volumen disponible para nuevas concesiones en el acuífero del Valle de Guadalupe, pero a continuación veremos que sería justo y necesario hacer una mejor repartición del agua para minimizar o eliminar la inequidad.

Los indicadores socioeconómicos utilizados en este nivel (número de concesiones, densidad poblacional, volumen de uso y grado de regulación) son útiles para entender el proceso de sequía en la escala regional y ayudan a los tomadores de decisión a fijar prioridades.

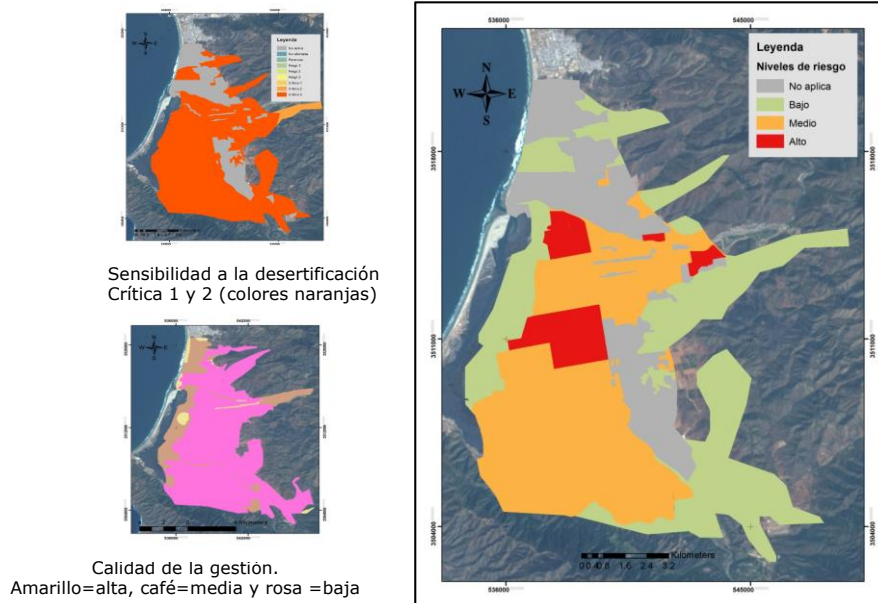
### **3.1.4 Microescala: Nivel local**

Se seleccionaron dos valles agrícolas para analizar los indicadores socioeconómicos en una microescala. Por un lado, el valle más productivo de la cuenca de Ensenada que tiene valores más altos de vulnerabilidad a la sequía socioeconómica (Figura 3.5), el Valle de Guadalupe para analizar la sequía en un nivel micro donde ya aparecen las parcelas, los cultivos y el tipo de tenencia de la tierra. Por otro lado, se expone el caso de un análisis de la desertificación en una valle agrícola que está inmediatamente debajo de la del Valle de Guadalupe, está dentro del centro de población de Ensenada y que en la Figura 3.5 resulta con vulnerabilidad alta a la sequía socioeconómica; es conocido como Valle de Maneadero.

En el valle de Maneadero, Huaico (2014) aplicó un modelo de sensibilidad a la desertificación de acuerdo a Kosmas et al. (1999). Estos autores incorporan indicadores de vegetación, suelo, clima y, como indicadores socioeconómicos, los referentes a la gestión, como son la intensidad del uso del suelo y la existencia o no, de una política de regulación. Para calcular el riesgo a la desertificación se agregaron tres indicadores socioeconómicos que son: años de escolaridad, tasa de cambio de uso de suelo y pobreza (Figura 3.5).

Como se ve en la Figura 3.5, la aplicación de los indicadores a las unidades del espacio estudiado da un resultado muy general. Esto es porque se extrapolaron los datos de las bases de datos estatales o municipales a un valle pequeño. Por ejemplo, la variable de crecimiento poblacional estatal en el 2013 es 1.5%, mientras que Ensenada presentó una tasa de crecimiento de 1.7% (COPLADE, 2014), se toma este valor para indicar que el crecimiento es mayor que el estatal y así poder construir el indicador, esto se hizo porque el dato no está disponible para el valle de Maneadero, pero su resultado expresado espacialmente no ayuda a entender la situación en la escala local.

Hay índices, que agrupan varios tipos de indicadores socioeconómicos, como es el de marginación (pobreza) y estos es posible encontrarlos por localidad; por ejemplo, como el índice de pobreza para Maneadero duplica al estatal, el resultado es muy alto. El otro indicador socioeconómico utilizado fue la tasa de cambio de uso de suelo y como es menor al del nivel estatal, resulta bajo. Esta no es la mejor manera de usar las variables y transformarlas en indicadores e índices, sin embargo, muchas veces es lo que se tiene y si se analiza el resultado obtenido, el resultado refleja la realidad. Es decir, si es factible que el valle de Maneadero tenga una predominancia de riesgo a desertificación medio con núcleos de riesgo muy alto por la salinización del acuífero y los suelos y el nivel escolar y pobreza de sus habitantes (que es lo que se midió). Asimismo, también hay desertificación por indicadores de calidad de vida y daños a la salud, que no fueron incorporados, pero que se han reportado en las mujeres jornaleras por el uso de agropesticidas (Montaño et al., 2014). Habría que buscar la manera de incorporar estos indicadores que a nivel local son sumamente importantes, ya que una población enferma, es más vulnerable.



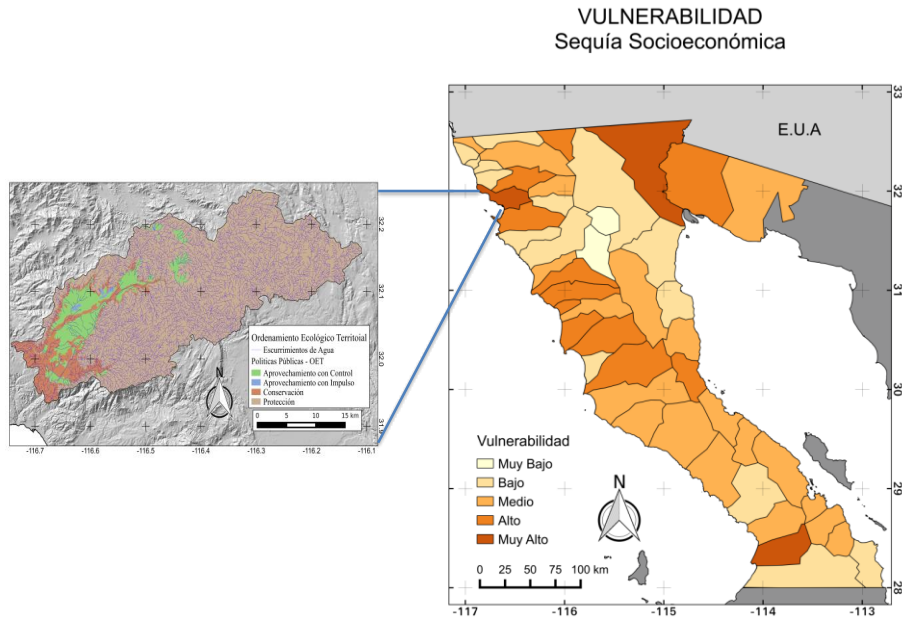
**Figura 3.5** Mapa del índice de riesgo a la desertificación del Valle de Maneadero (derecha). A la izquierda arriba, el mapa de índice de sensibilidad y abajo el mapa de uno de los indicadores socioeconómicos, el de gestión (Huaico, 2014).

### 3.1.4.1 Cuenca

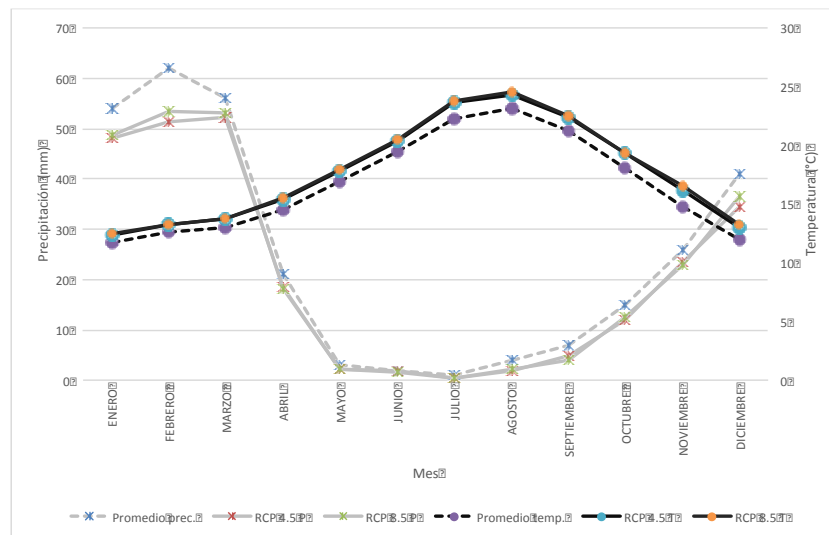
Un instrumento que ha intentado ordenar el desarrollo en el territorio marino y terrestre mexicano, han sido los ordenamientos ecológicos, los ordenamientos urbanos y los planes de desarrollo sectorial. En México casi todo el territorio cuenta con ordenamientos de diversos tipos. Muchos de ellos, acertadamente, toman como unidad de análisis la cuenca. Seleccionamos una de las cuencas con vulnerabilidad muy alta a la sequía socioeconómica, porque además de su vulnerabilidad, cuenta con todo tipo de ordenamientos (Figura 3.6). Desde inicios de los años 90 se hicieron estudios de vocación del suelo (Espejel et al., 1998), se publicó un ordenamiento ecológico (DOF, 2000), se tiene un ordenamiento del sector turístico y vitivinícola, se tienen directrices para los poblados, pero al parecer no han tenido impacto en el territorio ya que los problemas persisten. De hecho, se han agudizado con la sequía que se está viviendo éste año.

En los ordenamientos territoriales se utilizan indicadores socioeconómicos que se pueden utilizar para estimar la vulnerabilidad a la sequía o la desertificación. Los más importantes son el cambio de uso de suelo y los extrapolados de los censos de población y sectoriales. El problema con estos indicadores, como se mencionó para el caso de Maneadero, es que hay que manipularlos, cortarlos por cuencas, o estimar porcentajes para las celdas que quedan incluidas en las áreas de estudio por lo que son imprecisos. Sin embargo, la mejor unidad para analizar los indicadores relacionados al agua, sin duda es la cuenca y ha sido la unidad por excelencia para ordenar y administrar los acuíferos en México.

También en esta escala, y para este tipo de estudios de planificación del uso del suelo se pueden agregar los escenarios de cambio climático. Por ejemplo, en la cuenca del valle de Guadalupe, las proyecciones son de menores precipitaciones (especialmente en el mes que más llueve -febrero- y un aumento de la temperatura (Figura 3.7), escenarios que hacen más delicada la situación y urgen a la toma de decisiones en materia de infraestructura de almacenamiento de agua, de cambio de cultivos, ahorro de agua, etc.

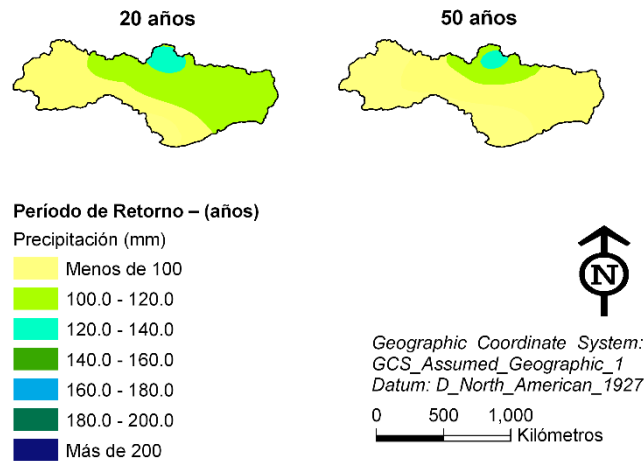


**Figura 3.6** Cuenca del Valle de Guadalupe donde se han realizado múltiples ordenamientos del uso del suelo. A pesar de ellos, su vulnerabilidad a la sequía socioeconómica es muy alta.



**Figura 3.7** Gráficas de precipitación RCP para el Valle de Guadalupe. Escenario de estabilización, que llega a un forzamiento radiativo de  $4.5 \text{ W/m}^2$  al año 2100, sin haberlo excedido antes (Thomson et al., 2011). Con políticas climáticas (el RCP 8.5 indica que no hay políticas de cambio climático aunque México ya tiene ley de cambio climático, de todas maneras se consideró este escenario).

Asimismo, se han estimado escenarios de frecuencia de sequías donde se muestra la variabilidad de la precipitación media anual esperada para los intervalos de recurrencia de 20 y 50 años, donde se puede observar una tendencia a períodos secos en la cuenca del arroyo Guadalupe en donde se ubica el Valle conforme se avanza en el siglo XXI (Figura 3.8).



**Figura 3.8** Precipitación media anual en la Cuenca del Arroyo Guadalupe para intervalos de recurrencia de 20 y 50 años estimados con un período base de 1950-2008 (Hallack-Alegría, 2011).

### 3.1.4.2 Parcelas, cambio climático y percepción de los usuarios

Los indicadores socioeconómicos para medir la vulnerabilidad a la sequía, cobran importancia al nivel local, de la comunidad y hasta el nivel familiar e individual. Para demostrar esto, se eligió mostrar el valle de Guadalupe, donde tenemos mapas de parcelas agrícolas, tenencia de la tierra, tipos de cultivo y volumen de extracción de agua por pozo y noria. Asimismo, tenemos estudios de tipo social que muestran la percepción individual y colectiva sobre la sequía.

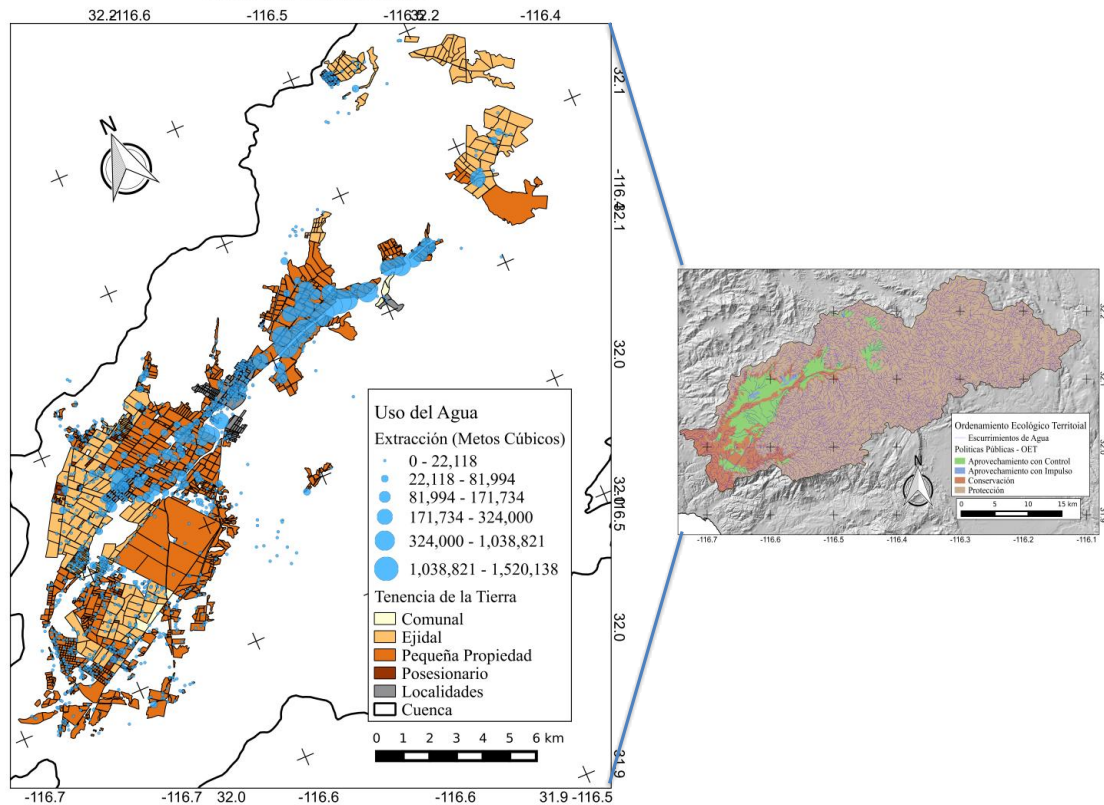
En la Figura 3.9 se muestran las parcelas del Valle de Guadalupe donde se clasifican por su tipo de propiedad y por la extracción del volumen de agua.

Este pequeño valle fue habitado por indígenas nómadas recolectores que con la llegada de los sacerdotes españoles, y posteriormente por colonizadores de origen ruso, fue sembrado de cultivos del Mediterráneo dado su clima de lluvias invernales y veranos secos. Los olivos, los cítricos y los viñedos están mezclados con cultivos temporales de forrajes y rodeados de laderas con chaparrales utilizados para la ganadería extensiva (Leyva y Espejel, 2014). El desarrollo de la vitivinicultura posiciona al turismo enológico y gastronómico a nivel nacional y con ello, emergen fuertes conflictos de uso de suelo y agua.

En la microescala el tema del agua refleja la situación nacional, el reparto es inequitativo. Aunque hay medidas de política pública que evitarían situaciones ventajosas para algunos y desventajosas para otros, por ejemplo los consejos de aguas subterráneas (COTAS) o la cesión de derechos de agua de aquella que no se usa; hay propietarios que usan grandes cantidades de agua y cultivan la misma superficie que otros quienes lo hacen con un mínimo de líquido. Es absurdo observar parcelas con proyectos de campos de golf, irrigados por aspersión a medio día y sin censura alguna.

En la Figura 3.10 se observa que sólo 127 de los pozos y norias que hay en el valle, es decir el 9%, están activos y la producción se concentra en el lado derecho del mapa de la Figura 3.9 que corresponde a la cuenca más arriba y cuyo vaso es más profundo y hay mayor caudal. Asimismo, en esta porción del valle se ubican los viñedos de empresarios con mayores beneficios que lucran con sus productos.





**Figura 3.9** Parcelas del Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California donde se muestra la inequidad en el reparto de agua subterránea relacionado con la tenencia de la tierra. La sequía es importante pero no tanto como la distribución del agua para uso agrícola.



**Figura 3.10** Datos de volumen de agua de los 127 pozos y norias activas del Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California.

La inequidad en el reparto de agua se agudiza en épocas de sequía. La región ha venido sufriendo de episodios de sequía multianuales históricas, 1954–1965, 1971–1973, 2000–2004 (Hallack-Alegria et al., 2012). Asimismo, se esperan precipitaciones anuales totales reducidas al 26% de la precipitación media anual a ocurrir en promedio una vez cada 50 años (Hallack-Alegria et al., 2012). El conflicto actual radica entre un modelo de desarrollo turístico impuesto por una alianza empresarial y gobierno donde se promueven desarrollos hoteleros, campos de golf, casas de verano para familias de las grandes ciudades del país, en contraposición con el modelo que un grupo de vitivinicultores alternativo promovió desde la década de los años 90 con estudios de vocación del uso del suelo, ordenamientos ecológicos y planes de desarrollo sectorial. Una alianza empresarial y gobierno se

aprovecha de la sequía para promover grandes desarrollos (inmobiliarios, turísticos y de transporte de carga) porque, sostienen usan menos agua. Sin embargo, y a pesar de la sequía, es importante defender la vocación agropecuaria de las tierras secas por cuestiones básicas como es la seguridad alimentaria.

En el nivel de microescala, la percepción de los individuos puede proveer de indicadores importantes para la elaboración de políticas públicas ante la desertificación y la sequía. Por ejemplo, cerca de 17% del agua del valle de Guadalupe se utiliza para uso público urbano, que se distribuye en el poblado principal del Valle (Francisco Zarco) y la Ciudad de Ensenada, cuestión que genera tensiones entre la población rural y la urbana. Para ejemplificar hacia donde deben ir los programas de cultura del agua, se preguntó a los habitantes de la ciudad de Ensenada sobre su conocimiento sobre el origen del agua de la ciudad. El resultado arrojó que la mayoría de los habitantes no sabe de dónde proviene el agua que usan o dio una respuesta equivocada (por ejemplo, del Río Colorado o de aguas tratadas).

Los agricultores encuestados reconocen un problema de sobre-concesiones y la recomendación que sugieren para solucionar la situación es negociar con los usuarios con mayor volumen concesionado para acordar propuestas. Cuestión que en efecto es evidente y por lo tanto, prioritaria.

Estos indicadores colectivos e individuales de percepción deben ser integrados en los índices de vulnerabilidad a la sequía y desertificación ya que reflejan la cultura local sobre el agua. Con ello, las políticas públicas podrían ser más eficaces y resolver problemas desde la base y no solo desde la visión del gobierno, que por el uso de indicadores generados desde un modelo de arriba hacia abajo, no permiten visualizar los problemas reales y cotidianos que viven las familias y las comunidades en las zonas rurales de las zonas áridas.

### **3.1.5 Notas Finales**

Como se comprueba con los casos descritos, aunque hay estudios de sequía y desertificación, no hay una línea de investigación oficial o académica que tenga una visión multiescalar. Hay indicadores e índices de sequía y desertificación en todas las escalas (macro, meso y micro) pero desintegrados de los factores socioeconómicos.

Se propone realizar análisis multiescales que permitan ver un mismo problema en diferentes perspectivas y rescatar indicadores socioeconómicos de bases de datos aisladas y precisar la problemática con estudios sociales sobre percepción. En México, los estudios de desertificación (erosión hídrica) causada por una ganadería mal manejada, los mapas de sequía y los mapas de distribución de la pobreza (como el IDH) no han sido integrados en un solo mapa que muestre el panorama nacional. Es decir, México no cuenta con mapa de desertificación y sequía como el que presenta Brasil en este informe.

La escala que integra indicadores de sequía con indicadores socioeconómicos es la regional (mesoescala). En esta escala, encontramos estudios que analizan la sequía e incorporan indicadores socioeconómicos (marginación, por ejemplo) pero se sugiere el uso del IDH u otros que permitan evaluar lo rural de manera diferenciada a lo urbano. Estos son comparables con los que se presentan para Argentina en este informe.

Al nivel de los ordenamientos ecológicos como el del valle de Guadalupe, microescala, si la unidad de estudio es la cuenca se utilizan los indicadores del censo, como densidad poblacional o uso de suelo de las cartas del INEGI. Sin embargo, es mejor hacer estudios particulares apropiados a esa escala.

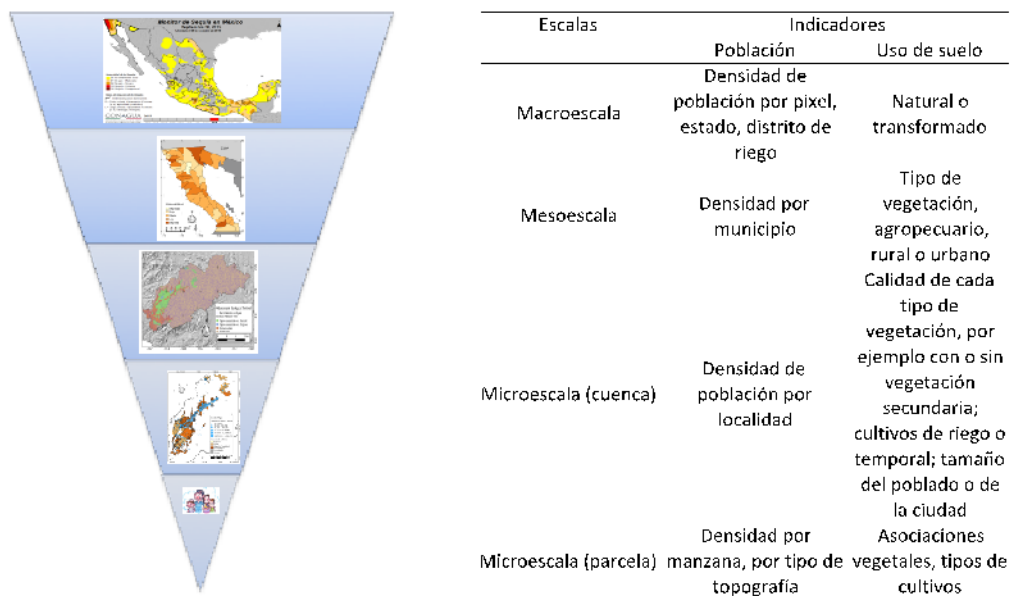
En la escala local hay algunos escasos estudios sobre desertificación, como el de Huaico (2014) que se muestra en la Figura 3.5 pero distan de ser precisos por la falta de indicadores socioeconómicos que se requieren a esa escala. Sobre sequía hay estudios recientes a nivel de municipios o microcuencas y valles agrícolas. Los indicadores socioeconómicos a esta escala pueden provenir de fuentes oficiales o de encuestas particulares a los usuarios de las tierras secas, que muchas veces ofrecen percepciones

muy diferentes a las oficiales generadas para otras escalas de análisis. Es importante buscar las formas de integrar indicadores de salud y de cultura del agua, para estimar de mejor manera la vulnerabilidad de las poblaciones ante escenarios de desertificación y sequía.

En resumen, no hay estudios de vulnerabilidad a la sequía en la microescala y pensamos que urge seleccionar unas decenas de casos que representen la realidad de 65% de México y evaluarlos integrada y multiescalarmente, por ejemplo para no perder el contexto donde se desarrollan los casos de estudio de microescala.

Hay mucha investigación por delante, sugerimos un listado de indicadores e índices que permitan hacer estudios multiescalares que integren indicadores físicos, biológicos y socioeconómicos (incluyendo culturales como son los de percepción) para analizar la vulnerabilidad a la sequía y la desertificación. En la Figura 3.11 se proponen dos indicadores socioeconómicos, densidad poblacional y cambio de uso de suelo, para trabajar el tema de la vulnerabilidad a la sequía y a la desertificación de manera multiescalar. Habría que explorar indicadores de salud, educación, infraestructura para captación de agua, etc. que puedan analizarse en escalas integradas como los que proponemos en la Figura 3.11 antes mencionadas.

Ante los escenarios de mayores sequías y procesos de desertificación, los valles agrícolas requieren medidas de adaptación urgentes a nivel de microescala, como son técnicas de cosecha de agua y acuerdos menos inequitativos que los actuales. Con la incorporación de indicadores multiescalares, los índices de vulnerabilidad a la sequía y a la desertificación permitirán tomar mejores decisiones.



**Figura 3.11** Análisis multiescalares para analizar la vulnerabilidad a la sequía y desertificación y ejemplo de dos indicadores socioeconómicos.

## **3.2 Análisis biofísico y socioeconómico de la vulnerabilidad de las tierras secas a la desertificación, degradación y la sequía en la región del Semiárido de Brasil**

Humberto Barbosa, Profesor e investigador de la Universidad de Maceió, Director del Laboratorio de Procesamiento de Imágenes satelitales (LAPIS) y Aldrin Pérez, Investigador del Instituto Nacional del Semiárido de Brasil.

### **3.2.1 Introducción**

El objetivo de este trabajo es contribuir al análisis de la vulnerabilidad en el Semi Arido de Brasil (SAB), para apoyar la toma de decisiones informadas en materia de políticas públicas. En el desarrollo del estudio de caso se aplicaron dos metodologías complementarias para analizar la variabilidad y la tendencia espacio – temporal del bioma de la *Catinga*, que es característico y predominante en el SAB.

La primera metodología se basó en el análisis de las tendencias de la dinámica de la vegetación correlacionando los índices SDVI y SPI para las precipitaciones. La segunda metodología se aplicó para realizar el análisis interanual de la vegetación, correlacionando el Índice de Vegetación por Diferencia Estandarizada (IVDN) con la precipitación pluvial con el índice de riesgo a la sequía y los sub índices de propensión socioeconómica.

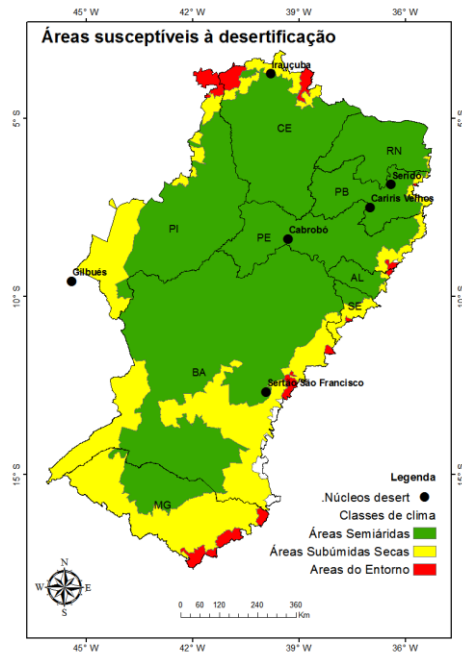
### **3.2.2 Antecedentes**

La región del semiárido del Noreste de Brasil posee una superficie de 969.589,4 km<sup>2</sup> (MI, 2005). En ella se encuentran 1.135 municipios, una población con más de 23 millones de habitantes, con una densidad demográfica cerca de 24 habitantes/km<sup>2</sup>. Estas cifras hacen que la región semiárida se convierta en la más poblada del mundo, así como una de las mayores áreas del mundo susceptible al proceso de desertificación (INSA, 2014).

En Brasil, la región que se enmarca en la definición de la UNCCD sobre desertificación es el Noreste y el norte de Minas Gerais. Este proceso puede ocurrir en otras regiones de Brasil, sin embargo ellos no deben ser llamados de desertificación y no se incluyen en la Convención. Las características de esas regiones son baja precipitación anual, alta evapotranspiración, alta concentración poblacional y alto índice de pobreza. En la región semiárida de Brasil las áreas susceptibles a desertificación comprenden 1.340.863 km<sup>2</sup>, incluyendo 1.488 municipios, localizados en nueve estados, municipios del Norte de Minas Gerais e Espírito Santo, donde el grado de conocimiento sobre estos procesos degradantes y su extensión aun no son suficientes y necesitan de constantes actualizaciones (PAN Brasil, 2004).

La desertificación fue el asunto abordado en la obra pionera del ecólogo João Vasconcelos Sobrinho en 1971, titulada "Núcleos de desertificación en el polígono de sequías". A partir de esa obra se podría visualizar mejor algunas características del fenómeno. En ella fueron presentadas algunas áreas piloto en el SAB (Figura 3.12), por sus evidentes características de alto nivel de degradación, siendo ellas: Gilbués (Piauí), Irauçuba (Ceará), Seridó (Rio Grande del Norte), Cabrobó (Pernambuco), Carirís Velhos (Paraíba) y Sertão del São Francisco (Bahia), (INSA, 2014).

Las características climáticas están marcadas por la insuficiencia y mala distribución de lluvias, donde la media anual pluviométrica varía de 300 a 800 mm al año, con períodos seco y lluvioso de 6-8 y 4-6 meses, respectivamente. Otro factor relevante son las altas temperaturas medias que corresponden a la mínima de 20°C y máxima de 30°C, como también la evapotranspiración potencial cerca de 3.000 mm/año, (PAN BRASIL, 2004).



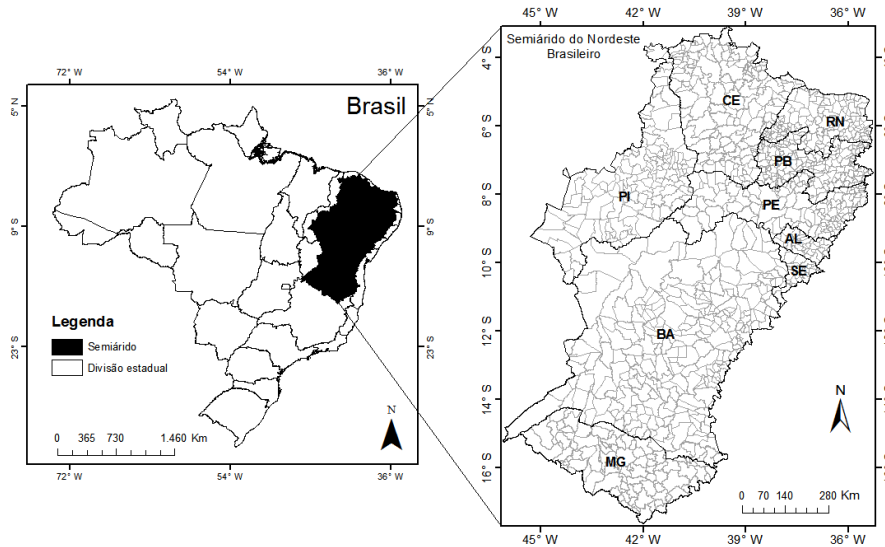
**Figura 3.12** Áreas susceptibles a desertificación y núcleos de desertificación en la región del SAB.

Según el Pan Brasil (2004) la ZCIT tiene una influencia directa en las áreas más afectadas por las sequías en el Noreste y, consecuentemente, en la región semiárida. Cuando el sistema es combinado con otros factores climáticos, ocasiona sequías en grandes proporciones anuales e plurianuales. En esas áreas los suelos son relativamente más pobres que en las demás zonas geoeconómicas del Noreste (Zonas de la Mata Atlántica, del Agreste o de los Cerrados de Bahia), donde la precipitación pluviométrica gira alrededor de 400 mm a 800 mm de lluvias anuales.

La región posee una variedad de suelos pobres y rasos, con predominancia de cuatro de ellos; Latosoles (19%), Neosoles Litólicos (19%), Acrisoles (15%) y Luvisoles (13%), representando el 66% de los 15 tipos de suelos que cubren la Caatinga (SALCEDO, 2008).

Las principales actividades económicas de la región son la agricultura y la ganadería, las que son directamente afectadas por el fenómeno de desertificación. Históricamente esas actividades vienen sufriendo daños, y sometiendo a la población a una baja calidad de vida. Eso puede ser observado por el Índice de Desarrollo Humano (IDH), presentando los menores valores para la región semiárida, en lo que respecta a salario, educación y salud.

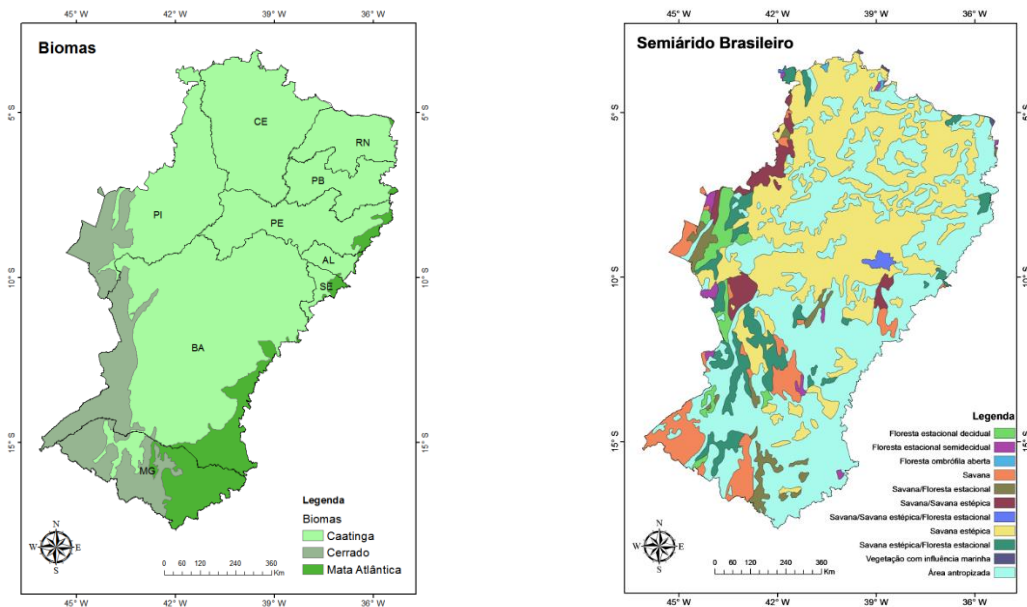
El estudio fue realizado en la región semiárida del noreste de Brasil siguiendo la nueva delimitación establecida por el Ministerio de Integración Nacional en marzo de 2005 (MI, 2005). El área está comprendida entre las coordenadas sur 3° y 17° y norte 35° y 46°. En la Figura 3.13, se muestra en detalle la delimitación de los estados (líneas oscuras) contenidos en la región que son Alagoas, Bahia, Sergipe, Pernambuco, Paraíba, Ceará, Piauí, Rio Grande del Norte y Minas Gerais; y municipios (líneas claras) contenidos en cada estado. Los datos vectoriales del área fueron obtenidos por el Instituto Nacional del Semiárido (INSA), con sistema de referencia geográfica *South American Datum* de 1969 (SAD 69).



**Figura 3.13** Localización del semiárido en el espacio geográfico brasileño.

### 3.2.3 Clasificación de la vegetación en el SAB

La cobertura vegetal del bioma Caatinga es muy diversificada, sin embargo la sabana estépica predomina en relación a los otros tipos de vegetación. El bioma tiene características distintas y es típicamente brasileño, con un área de 844.453 km<sup>2</sup> (IBGE, 2004). Las plantas están adaptadas al clima, generalmente, xeromórficas (espinosas) y resistentes a periodos de sequía, debido al mecanismo desarrollado para retener/almacenar agua. Presenta una vegetación arbórea, arbustiva, en general, deciduas, además de muchas cactáceas. Según el mapa de la Figura 3.14 (derecha) existe una fuerte influencia antrópica.



**Figura 3.14** Delimitación de los biomas (izquierda) y tipo de cobertura vegetal (derecha) del SAB. Fuente: MMA, 2001.

### 3.2.4 Teledetección y vegetación

Los estudios sobre vegetación incluyendo la aplicación de las técnicas de teledetección están basados en la condición de la estructura física de una cobertura vegetal, donde ella responde al flujo de radiación electromagnética incidente a través de los procesos de dispersión (reflexión y refracción) y absorción (Ponzoni, 2002). Estos procesos dependen de las características del flujo y físico-química de la vegetación (Tabla 3.2).

El principal elemento de detección de la señal de la vegetación son las hojas. Ellas poseen propiedades espectrales físico-químicas capaces de interactuar con la energía electromagnética.

Durante el ciclo de crecimiento de la vegetación la reflectancia disminuye en la longitud de onda visible y aumenta en la longitud de onda del infrarrojo cercano, hasta que el desarrollo máximo del dosel es alcanzado. En el período de senescencia, la reflectancia en la banda visible aumenta, mientras disminuye en el infrarrojo cercano, aunque relativamente menos que el aumento en la banda visible. Por otro lado, la reflectancia de la vegetación generalmente progresa de un fondo como el suelo, hasta completar el verdor, y luego vuelve a la parte inferior de nuevo (Bowker et al., 1985). Siendo así, que combinaciones del espectro infrarrojo cercano, rojo y parte de la banda visible, son usadas para generar una variedad de diferentes índices (Jackson, 1991).

**Tabla 3.2** Comportamiento espectral de la vegetación fotosintéticamente activa. Fuente: Bowker et al, 1985.

Intervalos de longitud de onda	Respuesta espectral	Descripción
$\lambda < 0,7 \mu\text{m}$	Baja reflectancia (Menos de 20%)	Región del espectro visible correspondiente al rojo. Absorbe la radiación incidente por los pigmentos de la planta en $0,48 \mu\text{m}$ (carotinoides) y en $0,62 \mu\text{m}$ (clorofila). La reflectancia es responsable por la percepción del color verde en la vegetación.
$0,7 \mu\text{m} < \lambda < 1,3 \mu\text{m}$	Alta reflectancia (Entre 30 e 40%)	Región del espectro visible correspondiente al infrarrojo cercano. Refleja la radiación incidente, debido a la interferencia de la estructura celular.
$1,3 \mu\text{m} < \lambda < 2,5 \mu\text{m}$	Condicionada al contenido de agua en la hoja	En esta región, se encuentran dos máximos de absorción por el agua; en $1,4 \mu\text{m}$ y $1,95 \mu\text{m}$ , esta región corresponden también a las bandas de absorción atmosférica; por esto los sensores desarrollados tienen sus bandas espectrales separadas para regiones menos sujetas a la atenuación atmosférica.

### 3.2.5 El sistema VEGETATION

El Programa *VEGETATION* fue desarrollado en conjunto por Francia, la Comisión Europea, Bélgica, Italia y Suecia. Desde abril de 1998, los satélites de observación de la Tierra SPOT 4 y 5 estuvieron operacionales, llevando a bordo el sensor *VEGETATION*. La misión se enfocó en proporcionar a los usuarios un servicio de observación global, de forma operacional. El objetivo era monitorear la vegetación, para producción científica de mediciones y la interacción entre la biosfera y los cambios climáticos, (Saint, 1994). El 06 de mayo de 2013 fue lanzado el satélite PROBA-V que fue proyectado para rellenar la laguna en las mediciones de vegetación entre los satélites SPOT-VGT, con el objetivo de dar continuidad con la misión.

El sensor *VEGETATION* puede ser utilizado para diferentes finalidades, debido a la cobertura de las resoluciones pancromática (2,5 metros), para fines de mapeamiento de

alta precisión, hasta la resolución espacial de 1 km, donde la anchura de la franja fotografiada es de 2250 km (2295 km, PROBA-V), en la resolución temporal de 24 horas. El sensor opera en 4 bandas espectrales, siendo que tres están centradas en el espectro visible del azul, verde, rojo y la última en el infrarrojo cercano, que están exclusivamente dedicadas para el monitoreo vegetativo a escala regional, con resolución radiométrica de 8 bits (Saint, 1994).

### 3.2.6 Índice de Vegetación por Diferencia Estandarizada

El Índice de Vegetación por Diferencia Estandarizada (SDVI, siglas en inglés) toma como principal parámetro de entrada el valor máximo compuesto del IVDN. Él está basado en el hecho de existencia de una relación directa entre las condiciones de vegetación y condiciones del tiempo. Peters *et al.* (2002) afirma que él es capaz de mostrar los efectos del clima sobre la vegetación en períodos cortos. El SDVI es calculado con base en el concepto de "verdor relativo" introducido por Burgan y Hartford (1993). Verdor relativo es un valor porcentual que expresa como el verde de cada localización de pixel en relación al verdor de la media en relación al record histórico para un pixel de cada tiempo dado. Para el verdor relativo, la gama de posibles valores es determinado por la relación del NDVI corriente con el promedio del NDVI en un período de tiempo para cada pixel (Peters et al., 2002). El SDVI es calculado utilizando la ecuación:

$$SDVI_{ijk} = \frac{IVDN_{ijk} - \overline{IVDN}_{ij}}{\sigma_{ij}}$$

Donde:

SDVI<sub>ijk</sub> = índice para el pixel i durante el período j en el año k.

IVDN<sub>ijk</sub> = es el valor del IVDN para el pixel i durante un período j en el año k.

IVDN<sub>ij</sub> = es el valor promedio del IVDN para el pixel i durante el período j sobre n años.

σ<sub>ij</sub> = es la desviación estándar para el pixel i durante el período j sobre n años.

El SDVI estima la probabilidad de ocurrencia de la condición actual de la vegetación que varía entre mayor que cero a menor que uno (0 < SDVI < 1). Cero es el estado inicial en que un valor de pixel NDVI es menor que todos los valores posibles de NDVI para ese período, en otros años, mientras que un valor de 1 es el estado inicial en que el valor de pixel NDVI para el respectivo período (por ejemplo, una semana) es mayor que todos los valores de NDVI del mismo período en otros años (Peters et al., 2002). Valores bajos SDVI indican mala condición de la vegetación que podría ser un resultado de la sequía.

### 3.2.7 Índice de Precipitación Estandarizada

McKee et al. (1993) desarrollaron el SPI, siglas en inglés, para cuantificar el déficit de precipitación en varias escalas de tiempo. El SPI es simplemente una transformación de las series temporales de precipitación en una distribución normal estandarizada (Z-distribución) (Lloyd-Hughes *et al.*, 2002).

El SPI está basado únicamente en precipitación y solamente requiere el cálculo de dos parámetros. Al evitar la dependencia de condiciones de humedad del suelo, el SPI puede ser usado efectivamente en el verano y en el invierno. El SPI no es adversamente afectado por la topografía y su escala de tiempo es variable, lo que le permite describir las condiciones de sequía importantes para una gama de aplicaciones meteorológicas, agrícolas e hidrológicas. Esta versatilidad temporal es también útil para el análisis de las dinámicas de sequía, especialmente la determinación del inicio y finalización, que han sido siempre difíciles de controlar con otros índices. Su normalización garantiza que la frecuencia de eventos extremos en cualquier localización y en cualquier escala de tiempo sean consistentes (Lloyd-Hughes *et al.*, 2002). El SPI es calculado por la siguiente ecuación:



$$SPI = \frac{P - P^*}{\sigma_P}$$

Donde:

P = precipitación

P\* = precipitación promedio

S<sub>P</sub> = desviación estándar de precipitación

El SPI es calculado por el ajuste de una función de densidad de probabilidad para la distribución de precipitación sumada sobre la escala de tiempo de la frecuencia de interés. Esto es realizado separadamente para cada mes (o cualquiera que sea la base temporal es de la serie tiempo precipitación) y para cada localización en el espacio. Cada función de densidad de probabilidad es, entonces, transformada en la distribución normal estandarizada (Lloyd-Hughes *et al*, 2002).

La Tabla 3.3 contiene las correspondientes probabilidades de ocurrencia de cada severidad, estas naturalmente surgen de la función densidad de probabilidad normal. Así, en una localización determinada durante un mes particular, las sequias moderadas (SPI ≤ -1) tienen una probabilidad de ocurrencia de 15,9%, mientras que las sequias extremas (SPI ≤ -2) tienen una probabilidad de eventos de 2,3%. Los valores extremos en el SPI ocurren, por definición, con la misma frecuencia en todas las localizaciones.

**Tabla 3.3** Comportamiento espectral de la vegetación fotosintéticamente activa. Fuente: Bowker *et al*, 1985.

SPI	Categoría	Probabilidad (%)
2,00 < SPI	Extremamente húmedo	2,3
1,50 - 1,99	Severamente húmedo	4,4
1,00 - 1,49	Moderadamente húmedo	9,2
0,00 - 0,99	Ligeramente húmedo	34,1
0,00 -0,99	Ligeramente seco	34,1
- 1,00 - -1,49	Moderadamente seco	9,2
- 1,50 - -1,99	Severamente seco	4,4
- 2,00 >	Extremamente seco	2,3

### 3.2.8 Datos IVDN SPOT-S10

Para la metodología de Barbosa *et al* (2015) fueron utilizados datos de IVDN del satélite SPOTVGT, con resolución espacial de 1 kilómetro, frecuencia temporal de 10 días y período de abril de 1998 a marzo de 2012. Los datos fueron proporcionados por el *Flemish Institute for Technological Research* (VITO) y disponibles en el website (<http://www.vgt.vito.be/>).

Para el análisis interanual fueron utilizados datos de IVDN del satélite SPOT/PROBA Vegetation, operado/administrado por VITO, con resolución espacial de 1 kilómetro y frecuencia temporal de 10 días. Los datos brutos fueron adquiridos en formato HDF5, a través del banco de datos del Laboratorio de Análisis y Procesamiento de Imágenes de Satélites (LAPIS, [www.lapismet.com](http://www.lapismet.com)). El período escogido para el análisis fue de 2007 a 2014, totalizando 8 años de datos. El uso de esos datos tiene por objetivo entender la condición de la vegetación en áreas posiblemente degradadas y/o en proceso de degradación.

### 3.2.9 Datos de precipitación

En la metodología de Barbosa *et al* (2015) los datos de precipitación, fueron obtenidos con una resolución espacial de 0,25°, frecuencia temporal de 10 días y período de abril de 1998 a marzo de 2012. Esos datos fueron suministrados por el *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF).

Para el análisis interanual fueron utilizados los datos de precipitación obtenidos por el Climate Hazards Group (CHG). El CHIRP es un conjunto de datos de precipitación casi mundial con más de 30 años. El área de cobertura abarca 50 grados norte y sur (y todas las longitudes), iniciando su serie temporal en 1981 hasta casi el presente, disponibles en promedios mensuales. La resolución espacial de los datos y de 0,05 grados, equivalente aproximadamente a 5 kilómetros (CHG, 2015).

#### 3.2.10 Metodología

##### 3.2.10.1 Tendencia de la dinámica de la vegetación

McKee *et al.* (1993) desarrollaron el SPI, siglas en inglés, para cuantificar el déficit de precipitación en varias escalas de tiempo. El SPI es simplemente una transformación de las series temporales de precipitación en una distribución normal estandarizada (Z-distribución) (Lloyd-Hughes *et al.*, 2002).

Barbosa *et al* (2015) en su metodología se enfocó en encontrar tendencias de la vegetación asociada a la variabilidad de la precipitación para América del Sur. Por lo tanto, esa misma metodología fue aplicada para la región del SAB, a fin de analizar la dinámica de la vegetación y comparar con datos que serán presentados en seguida.

Con base en los análisis estadísticos aplicados al Índice de Vegetación de Diferencia Estandarizada (SDVI) y el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI), ambos con composición de 10 días, las estimaciones fueron hechas en dos tipos: (i) cuantificar y analizar la fuerza de las relaciones espaciales y temporales entre el SDVI y SPI conforme sus series temporales; y (ii) usar la variabilidad del SDVI y SPI, a fin de identificar las tendencias significativas de la actividad de la vegetación asociada a la variabilidad de la precipitación.

La resolución espacial de las series temporales del NDVI (desde abril de 1998 a marzo de 2012) fue ajustada para mantener una coherencia con las mediciones de precipitación, utilizando una media ponderada. El procedimiento permitió que el NDVI y las series temporales de precipitación pluvial obtuviesen la resolución espacial de 0,25° (aproximadamente 28 km). Ambos índices (SDVI/SPI) fueron calculados para remover los efectos de la estacionalidad de la serie de tiempo original. Esto permite la comparación directa de las lluvias (SPI) bajo diferentes climas para los cambios de la desviación estándar del NDVI (SDVI) bajo diferentes coberturas vegetales. Los procedimientos y formulas pueden ser encontrados en Peters *et al.* (2002) y Guttman (1999).

El SDVI indica si existe una relación directa entre las condiciones de vegetación y condiciones del tiempo. Él muestra los efectos del clima sobre la vegetación en períodos cortos (Peters *et al.*, 2002). El SDVI es, por lo tanto, la diferencia en términos de desviación estándar del promedio para la situación del período indicado de 10 días, es para cada pixel, o también llamado z-score. Así el índice fue calculado por la siguiente ecuación:

$$SDVI_{y,p} = \frac{IVDN_{y,p} - \overline{IVDN}_p}{\sigma}$$

Donde:

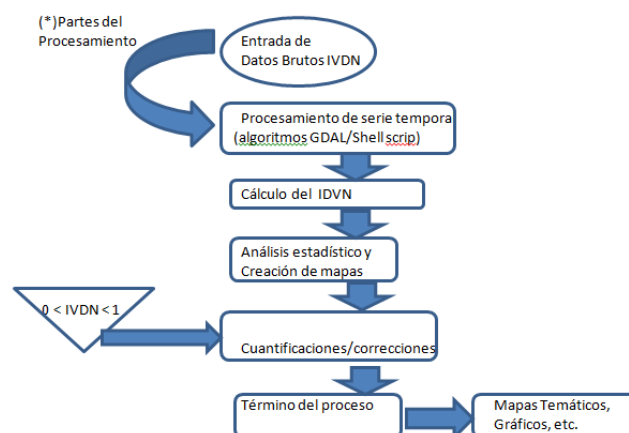
y = año

p = el período de 10 días en el año

El  $SPI_y$ , es un indicador estadístico comparando la precipitación total recibida en una determinada localización durante un período de tiempo (p) con la distribución de lluvias de larga duración para el mismo período de tiempo en la localización.

La relación entre IVDN y precipitación pueden no ocurrir espacialmente invariable (o sea, altamente diferenciada en el espacio). Tampoco puede ocurrir temporalmente invariable (o sea, altamente diferenciadas en el tiempo), en parte, debido a las respuestas espacial y temporalmente heterogéneas de tipos de cobertura del suelo, a variaciones de precipitación. Para resolver este problema, diferentes desfases de tiempo (o sea, la respuesta después de un atraso de 1-11 meses) fueron utilizadas para evaluar se existe una respuesta atrasada a la lluvia en el IVDN sobre el área del SAB. Debido al alto grado de variación espacial y temporal en los valores de precipitación, no serían esperadas correlaciones significativas, sobre las áreas donde la precipitación es baja y poco frecuente. En el inicio de la estación lluviosa, el verdor de la vegetación ocurre casi que simultáneamente con el inicio de las lluvias. Después de la estación lluviosa, el máximo en productividad de la vegetación es alcanzado apenas 2-3 meses después del máximo de precipitación, especialmente para áreas de matorral y sabanas (Barbosa, 1998). No obstante, debe subrayarse que la respuesta después de un atraso de 7-11 meses no es fácil de interpretar, porque no se sabe que mecanismo realmente causó esa conexión. Puede ser justificada por el hecho de que la ocurrencia de El Niño-Oscilación Sur (ENOS), eventos al final de un año podría causar disminución o aumento de la precipitación en la temporada lluviosa.

A fin de identificar si un pixel está variando su verdor, sea positivo (regeneración, reforestación) o negativo (degradante, desertificación) por la tendencia lineal de los mínimos cuadrados, fueron realizados análisis de las series temporales del SDVI y SPI, teniendo en cuenta la precipitación acumulada a lo largo del respectivo mejor desfase. Básicamente es la comparación de la dinámica de dos variables, que son ambas grabadas en una única serie. Solamente tendencias con los coeficientes de correlación de Pearson significativamente diferentes de cero ( $p < 0,05$ ) fueron consideradas como las tendencias más significativas (Burrows et al.1995). Siguiendo los análisis de tendencia, se adoptó un enfoque de árbol de decisión a fin de interpretar los resultados (Mahesh *et al*, 2003). Para ello se definieron las siguientes cinco interrogantes (Figura 3.15): (1) ¿Es significativa las tendencias que muestra la serie temporal de SDVI? (2) ¿Las tendencias son más significativas en SDVI acoplados a correlaciones significativas entre IVDN y SPI? (3) ¿Las tendencias significativas en SDVI ligados a tendencias significativas en el SPI? (4) ¿El SDVI muestra una tendencia positiva? (5) ¿Tendencias en SDVI corresponden a las tendencias del SPI?



**Figura 3.15** Flujograma metodológico del procesamiento del IVDN SPOT.

Con base en esos procedimientos fue posible transformar los valores en mapas temáticos, por la distribución geográfica de los pixeles, creando una clasificación para el IVDN. Partiendo del principio que la vegetación ejerce una dinámica en el tiempo y en el espacio, y que su condición biofísica puede ser percibida a lo largo de los años por la señal del IVDN. Este análisis nos lleva a identificar que las áreas donde existen señales de degradación están definidas por los valores más bajos del IVDN, mientras las áreas de enverdecimiento por los valores más altos.

### **3.2.10.2 Relación IVDN y precipitación entre factores biofísicos y socioeconómicos**

Este ítem consintió en el análisis estadístico dirigido a identificar la relación entre los índices de condición biofísica y socioeconómica del SAB y las variables de IVDN y precipitación.

#### **3.2.10.2.1 Índice de riesgo de sequías**

El índice de riesgo de sequías es un dato desarrollado y puesto a disposición por el *Joint Reserach Centre* (JRC). La metodología de creación del producto se enfocó en la evaluación de la severidad de las sequías históricas y el mapeamiento de la frecuencia de ocurrencia de ellas (Figura 3.16). Para eso fue utilizado el Índice de severidad de sequía meteorológica (MDSI, siglas en inglés), estandarizado en el espacio y en el tiempo, considerando los déficits de precipitación mensual y la influencia de los regímenes de lluvias estacionales en el cálculo de la severidad de la sequía meteorológica (Carrao *et. al*, 2015a).

Para el cálculo del MDSI se utilizaron datos de totales mensuales de precipitación completos de reanálisis de la versión 6.0 del Centro de Climatología Global de Precipitación (GPCC, siglas en inglés), con resolución espacial de 0,5° y período de 1902 a 2010 (100 años de datos). La metodología de procesamiento de los datos fue dividida en 5 etapas que serán definidas a continuación:

Se calcularon los cuantiles para 5, 10, 16, 20 e 50 años para todos los meses de la serie.

Utilizando el algoritmo de clasificación de Fisher-Jenks, fue calculado el límite total de precipitación debajo de la mediana histórica ( $PrcThr_m$ ) para cada mes, en el intervalo de 50 años, con el propósito de cuantificar y estandarizar la precipitación.

A partir de esa clasificación, fueron creados mapas normalizados de los límites de sequía para cada mes, oscilando de 0 a 1, donde los valores más próximos de 0 indican menor probabilidad de ocurrencia de sequías y viceversa.

Siendo así, el MDSI es calculado por la sumatoria de la multiplicación entre la variación de la precipitación mensual observada y la relación entre el límite de precipitación mensual y la sumatoria intra-anual de la precipitación límite mensual, considerando el cuantil de 50 años para cada mes. El cálculo es expresado por las ecuaciones abajo:

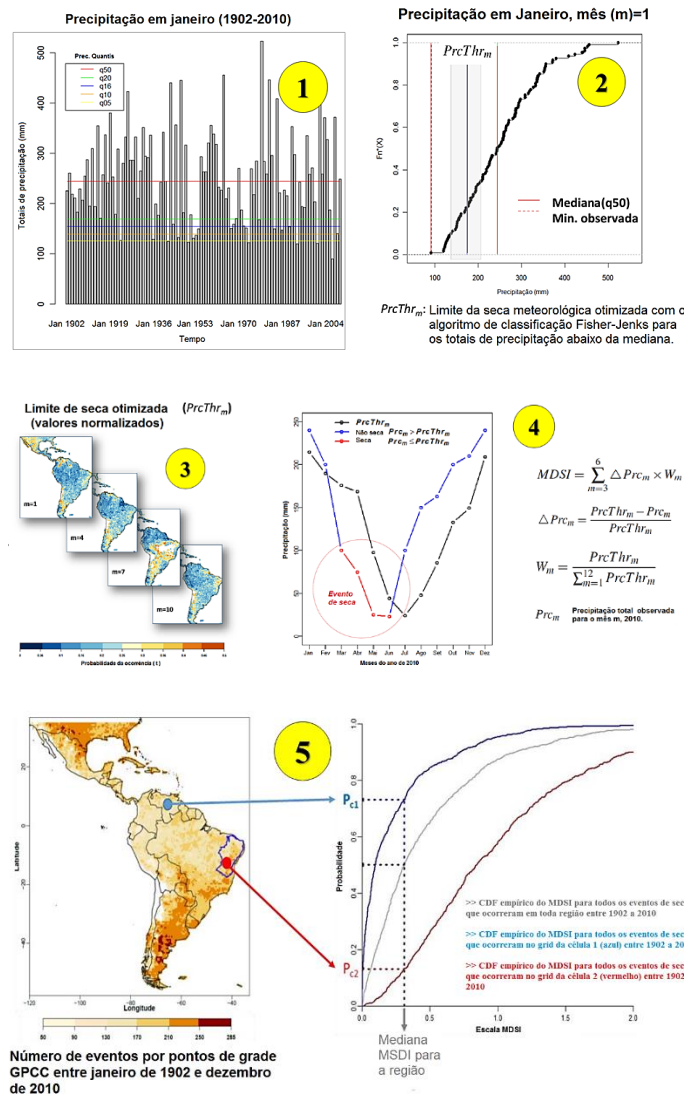
$$MDSI = \sum_{m=3}^6 \Delta Prc_m \times W_m$$

$$\Delta Prc_m = \frac{PrcThr_m - Prc_m}{PrcThr_m}$$

$$W_m = \frac{PrcThr_m}{\sum_{m=1}^{12} PrcThr_m}$$

$Prc_m$  = Total de precipitación observada para el mes m de un año Y de la serie.

Se hizo el mapa del número de ocurrencia de sequías en la variación espacio-temporal.



**Figura 3.16** Representación metodológica del cálculo del MDSI. Fuente: Carrão, 2015b.

### 3.2.10.2.2 Índices de propensión social, económica y agropecuaria

Los índices de propensión social, económica y agropecuaria están insertos en la metodología empleada por el INSA publicada en 2014, a fin de evaluar el grado de vulnerabilidad de las tres dimensiones al fenómeno de la desertificación (INSA, 2014). Estas tres dimensiones compusieron un grupo de 5 subíndices que tuvo por objetivo analizar la situación da cobertura vegetal, degradação ambiental, produção agropecuária, situação económica e indicadores de orden social. Cada subíndice puede ser clasificado de acuerdo con su grado de susceptibilidad. Los atributos categorizados en tres niveles 1, 2 y 3 que indican susceptibilidad baja, media y alta respectivamente.

En este trabajo fueron utilizados los subíndices de propensión agropecuaria (SIPap), económica (SIPe) y social (SIPs). Para la creación de los SIPe y SIPs fueron utilizados datos del IBGE, IPEA y PNUD, de los períodos censitarios de 2000 y 2010. No obstante para el SIPap fueron utilizados los datos de censo agropecuario de 2006.

Los valores están presentados a escala municipal, pero las expresiones lógicas adataran la mesorregión, la región de la cual el municipio forma parte, como base de cálculo del subíndice. Se seleccionaron 35 mesorregión de la región semiárida y para ser comparadas con aspectos homogéneos, así para los subíndices para poder ser calculados fue necesario aplicar los criterios abajo:

1. Cada mesorregión precisaba tener un mínimo de 5 municipios pertenecientes al polígono del SAB;
2. Mesorregión que tenía más de 5 (cinco) municipios en el SAB, estas fueron comparadas entre sí, sin considerar los municipios fuera del límite del SAB;
3. Las mesorregión con menos de cinco municipios perteneciente al SAB, se agregaron a mesorregiones del SAB más cercanas geográficamente, tomando en consideración la definición de mesorregión;

De acuerdo con el INSA (2014), a través de la metodología de Sampaio, los subíndices (SIPe, SIPs, SIPap) siguieron una clasificación lógica a través de una ecuación distinta cada uno (Anexo 1). Estas ecuaciones tomaron en consideración indicadores principales y económicos para la obtención de los resultados.

#### *Subíndice de Propensión de la Condición Económica (SIPe)*

Para el SIPe, subíndice de propensión de la condición económica, el indicador principal fue el ingreso *per cápita*. Este subíndice tiene por objetivo calcular la pobreza rural y municipal, según el autor. Por eso el ingreso per cápita fue un indicador más directo para el SPe, ya que se compone de todos los recursos financieros (actividad, por auxilio gubernamental, pensiones, etc.) de una población.

También fue visto que otras fuentes que podrían influenciar en el ingreso per cápita, y que podría causar un impacto ambiental si, por ejemplo, el ingreso esté encima de la media regional por el elevado grado de actividades agropecuarias o de extractivismo del municipio o hasta incluso llegando apenas de otras diversas fuentes de ingreso. Por lo tanto, para incluir estas variables (actividad agropecuaria y extractivismo), fue utilizado el PIB agropecuario municipal.

#### *Subíndice de propensión de la condición social de la población (SIPs)*

El SIPs, subíndice de propensión de la condición social de la población, fue calculado a partir de la comparación del IDH municipal (IDHM) con el IDH regional, observando la proporción de la población rural en relación al total y la densidad demográfica rural, municipal y regional. Según Sampaio, el IDH presentó los principales aspectos sociales que tornan el municipio más o menos susceptible al deterioro que condujo al ciclo de desertificación. Siguiendo ese raciocinio, la ecuación abajo expresa la dimensión de la propensión causante de la condición social de la población.

**SE**  $IDH_m < IDH_r$  **E**  $Pop_{rm} > 40\%Pop_m$ , SIPs = 2

**SE**  $IDH_m < IDH_r$  **E**  $Pop_{rm} > 40\%Pop_m$  **E**  $DPop_{rm} > DPop_{rr}$ , SIPs = 3

#### *Subíndice de propensión de la condición de la producción agropecuaria (SIPap)*

En el SIPap, subíndice de propensión de la condición de la producción agropecuaria, el cálculo está basado en los datos de productividad de las principales culturas, proporción de áreas cultivadas, densidad de rebaños por área, densidad de personas ocupadas en la agricultura por área, con datos del censo agropecuario de 2006, (IBGE, 2006).

El índice de riesgo de sequías es un dato desarrollado y puesto a disposición por el *Joint Resarch Centre* (JRC). La metodología de creación del producto se enfocó en la evaluación de la severidad de las sequías históricas y el mapeamiento de la frecuencia de ocurrencia de ellas (Figura 3.16). Para eso fue utilizado el Índice de severidad de sequía meteorológica (MDSI, siglas en inglés), estandarizado en el espacio y en el tiempo, considerando los déficits de precipitación mensual y la influencia de los regímenes de lluvias estacionales en el cálculo de la severidad de la sequía meteorológica (Carrao et. al, 2015a).

### **3.2.10.3      3.2.10.3 Análisis estadístico entre los índices del IVDN y precipitación**

Analizar la tendencia de la dinámica de la vegetación y variabilidad de la precipitación fue el punto focal de este ítem, pues el objetivo de esta etapa fue correlacionar las variables presentadas en este trabajo (precipitación, IVDN, índice de riesgo de sequías y subíndices socioeconómico), asociándolas a la cantidad de municipios y los niveles de propensión socioeconómica (1, 2 e 3).

Para estandarizar los valores de las variables para todos los municipios del SAB y eliminar las diferencias de la resolución espacial, en cada polígono municipal fue extraída la aritmética de los puntos de cada variable en el formato matricial (precipitación, IVDN e índice de riesgo de sequías). Esto indica que para cada municipio fue considerado un valor medio de cada variable. En general, cada variable obtuvo un total de 1.135 puntos referentes a cada municipio del SAB. En el caso de los SIPE, SIPs y SIPap no fue necesario realizar esa operación por el hecho de que los valores ya estaban en el formato adecuado las futuras operaciones. Este procedimiento permitió la creación de tablas con valores medios de cada variable y así poder realizar los análisis estadísticos.

En los análisis estadísticos fueron utilizados diagramas de dispersión, con el fin de analizar cuantitativamente la relación entre variables. También fue calculado el coeficiente de correlación lineal para verificar el grado de relación entre ellas y se trazó la recta de regresión lineal, para verificar la tendencia de la relación. Los índices de propensión social, económica y agropecuaria están insertos en la metodología empleada por el INSA publicada en 2014, a fin de evaluar el grado de vulnerabilidad de las tres dimensiones al fenómeno de la desertificación (INSA, 2014). Estas tres dimensiones compusieron un grupo de 5 subíndices que tuvo por objetivo analizar la situación.

### **3.2.11      Resultados**

En este capítulo serán presentados todos los resultados de la investigación ante la metodología aplicada y atendiendo a los objetivos propuestos en este trabajo.

#### **3.2.11.1      Análisis de la tendencia de la dinámica de la vegetación**

Con base en los análisis de Barbosa *et al* (2015), es visto que existe una correlación distinta entre el SDVI y SPI. La correlación positiva (azul) aparece en casi toda la superficie del SAB, presentando valores más altos en las regiones Este y Noreste y valores más débiles en las demás áreas. En general, para estas áreas, los mejores desfases ocurrieron en 3-6 meses. La producción de biomasa es determinada por la cantidad de lluvia, donde las relaciones positivas entre la vegetación y precipitación en tierras secas.

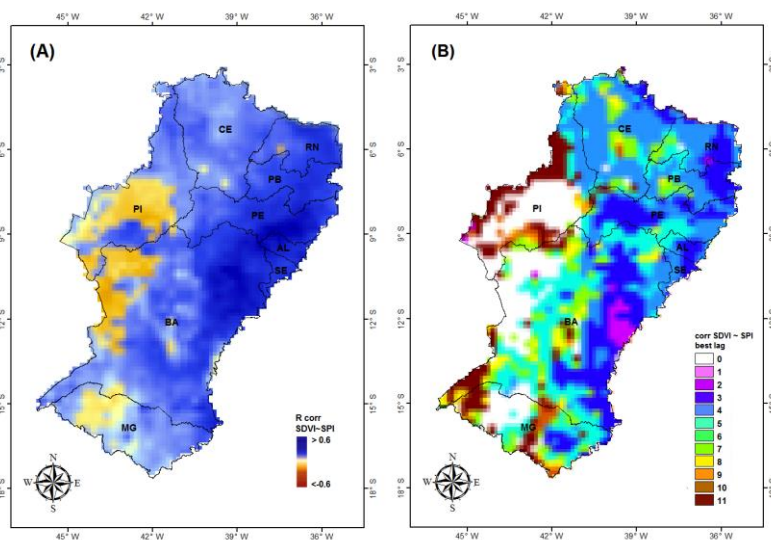
El oeste de Bahia, Minas Gerais y Piauí que muestran algunas áreas de correlación débil negativa. Estas áreas están localizadas en el bioma Cerrado, este es caracterizado por una cobertura vegetal con interferencia antrópica, puesto que los resultados pueden estar relacionados a áreas de vegetación cultivada, o sea, pastizales convertidos en aéreas de producción agrícola.

Los resultados presentados en la Figura 3.2.17 B, aún presentan limitaciones e incertezas en cuanto a la dinámica de la vegetación relacionada con la precipitación. Ello se debe a la falta de comprensión de la interacción de los mecanismos de precipitación y ecosistemas en el espacio e en el tiempo, donde es normal que existan efectos de desfases temporales heterogéneos (Barbosa, 2015).

En comparación, las Figuras 3.17.A y B, muestran que las respuestas de los ecosistemas se pueden diferenciar en relación a los cambios de la precipitación dentro del período estudiado, pudiendo ocurrir en diferentes intervalos de tiempo y ser heterogénea espacialmente. Como se señaló anteriormente, las áreas con desfase cero (respuesta directa), generalmente son asociadas con valores de correlación negativa. Al contrario, los valores de correlación positiva se asocian a desfases de 1-11 meses.

Algunas áreas presentadas al inicio de los análisis como en naranja (Figura 3.17.A) y blanco (Figura 3.17.B), Barbosa *et al* (2015), pueden ser identificadas como degradación del suelo inducida por intervención antrópica. La respuesta del IVDN puede variar por alteración del uso del suelo. Basado en los datos del MMA (2002), la influencia antrópica en el SAB alcanza cerca del 45,6% del área total de toda la cobertura vegetal y ello puede ocasionar diferentes efectos en el IVDN dependiendo del bioma y tipo de cultivo. La deforestación de bosques para fines agrícolas o pastoreo, reduce el IVDN, de lo contrario el IVDN aumentaría. El azul oscuro (Figura 3.17.A) y magenta, morado, azul claro, cian y verde (Figura 3.17.B), sugieren que la señal de cambios de las lluvias altera la dinámica de la vegetación en tierras secas, pudiendo alcanzar el máximo enverdecimiento en 2-3 meses después de la máxima precipitación. De hecho, el verde de la vegetación sufre impactos con las alteraciones en el ciclo de lluvias. En las áreas con desfase máximo (marrón 11 meses) y mínima (verde 7 meses), puede ser explicada hipotéticamente con la señal de El-Niño Oscilación Sur (ENOS) que marca los cambios en los patrones normales de la precipitación en el período lluvioso. Estas señales están sujetas a problemas en las correlaciones, debido al largo período de ocurrencia del fenómeno, causando restricción en el crecimiento de la vegetación por restricción de la ocurrencia de la precipitación, implicado en la reducción de la confianza estadística.

La Figura 3.18 muestra la tendencia de la pendiente del SDVI y SPI para el SAB. En el SDVI mostró una tendencia positiva y significativa al norte del SAB, indicando áreas de enverdecimiento, mientras en el suroeste de Piauí mostró una tendencia negativa también significativa. En la región central del SAB la tendencia se muestra nula, mayor parte en los estados de Bahia, Piauí, Minas Gerais y Sergipe. Analizando la tendencia positiva del SDVI, es posible sugerir que las áreas en enverdecimiento pueden estar relacionadas a una contribución de una vegetación nativa; después de todo, esta región tiene una predominancia de la vegetación del tipo sabana estépica, típicas del bioma Caatinga. El descenso del SDVI al suroeste del Piauí, es un indicador de degradación, como sugiere la metodología, en contrapartida la respuesta nula indica que no hubo variación de la vegetación durante el período analizado.

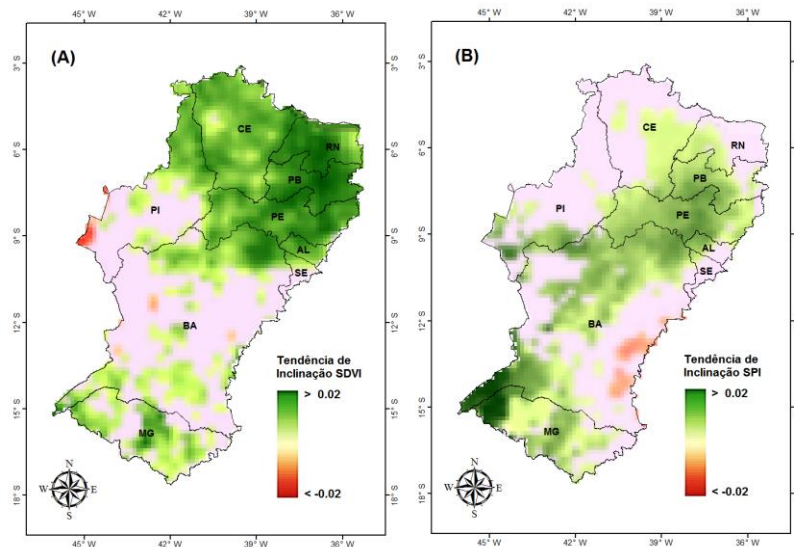


**Figura 3.17** Comparación de la correlación punto a punto entre SDVI mensual y valores SPI mensuales sobre el SAB para el período 1998-2012. Coeficientes de regresión (coeficientes beta) entre SDVI y SPI mayor o menor que 0,6 (um). Los coeficientes de correlación de Pearson (r) entre SDVI y SPI desfase de un atraso de 0-11 meses (b).

El SPI mostró solamente una leve tendencia negativa en el sureste de Bahia. La tendencia positiva estuvo presente en todos los estados, sin embargo, los valores más significativos fueron Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Paraíba. Eso indicó que en esas regiones con tendencia positiva significativa existe menor déficit de precipitación.



En comparación con las tendencias del SDVI (fig A) y SPI (B), se nota que en áreas con tendencias nulas en el SPI las tendencias en el SDVI continúan positivas en algunos estados como, por ejemplo, Parte de Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba y Alagoas. Lo contrario acontece en algunas áreas de Bahia y Minas Gerais.



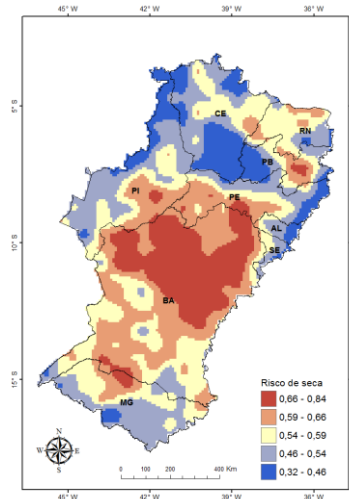
**Figura 3.18** Comparación de los campos de tendencia de la pendiente entre SDVI (a) y SPI (b) en el SAB para el período 1998-2012. La escala de colores muestra los valores de la pendiente mayor (positivo) o menor (negativas) a 0,02. Tendencias no significativas fueron enmascaradas en gris. La pendiente de la tendencia lineal fue calculada por mínimos cuadrados ordinarios.

### 3.2.11.2 Relación IVDN y precipitación entre factores biofísicos y socioeconómicos

#### 3.2.11.2.1 Índice de riesgo de sequías

En la Figura 3.19 el mapa de la distribución espacial de los datos del índice de riesgo de sequías, muestra que los valores más altos (rojo) del índice están concentrados en la región central y en algunas áreas aisladas del SAB. En contrapartida, valores más bajos (azul) del índice están localizados en regiones norte y sur del SAB. Los valores más altos del índice representan un riesgo mayor de sequías, indicando un área en que la ocurrencia de eventos de sequías es más frecuente, mientras los valores más bajos el riesgo es menor, pero eso no quiere decir que no hay ocurrencia de sequías. El estado de Bahia es el que presenta los mayores riesgos de sequía, por el hecho de mostrar una extensa área de altos valores predominantes en el territorio. Puesto que en los estados de Paraíba, Piauí y Pernambuco también presentan altos valores del índice en grandes extensiones.

En comparación con la precipitación, abordada anteriormente, existe una fuerte concordancia en la distribución espacial entre los datos, tal que en las áreas donde los índices pluviométricos son menores el riesgo de sequía es mayor.



**Figura 3.19** Distribución geográfica del índice de riesgo de sequías. En la barra de colores muestran los valores que están relacionados a la intensidad de los riesgos de sequías, donde el riesgo aumenta para los valores próximos de 1 y disminuye con valores próximos de 0.

### 3.2.11.2.2 Análisis socioeconómico

Frente a los resultados obtenidos por los subíndices de propensión socioeconómica, se percibe que todos tuvieron respuestas distintos terminos de distribución espacial de los datos. En la Tabla 3.4 están presentados de forma detallada los subíndices conforme su nivel de propensión, correspondiente a cada condición analizada, en valores absolutos y relativos. Con el fin de analizar la cantidad de los municipios propensos a desertificación, se puede constatar que en la condición económica (SIPe), los niveles alto y medio suman 80% de los municipios analizados con solamente 20% de estos en bajo nivel, en la condición social (SIPs), case 70% de los municipios están en el nivel bajo, indicando una mejor situación que el SIPe (20%), y al final la condición agropecuaria (SIPap) que presenta 52% de los municipios en el nivel bajo, teniendo apenas 10% en el nivel alto, eso indica que pocos municipios pueden estar siendo altamente susceptibles a desertificación.

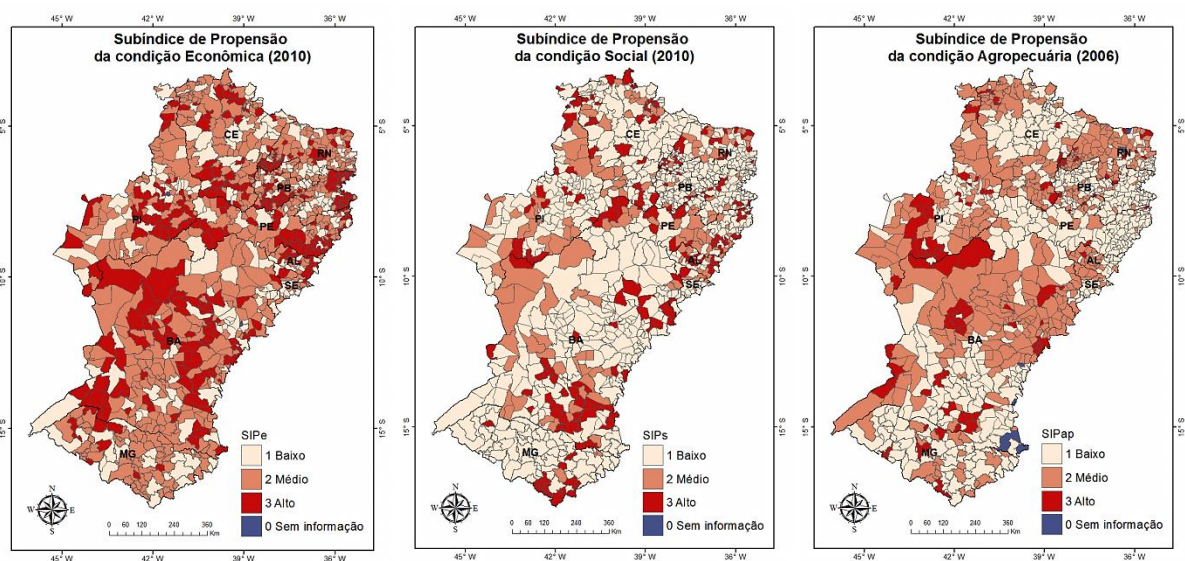
**Tabla 3.4** Representación cuantitativa de los municipios respecto a la condición y el nivel de propensión.

Subíndices	Niveles	Nº de municipios	(%)
Condición económica (SIPe)	1- Bajo	230	20
	2- Medio	557	49
	3- Alto	348	31
Condición Social (SIPs)	1- Bajo	788	69
	2- Medio	142	13
	3- Alto	205	18
Condición Agropecuaria (SIPap)	1- Bajo	583	52
	2- Medio	431	38
	3- Alto	113	10

De modo general, analizando todos los subíndices de forma puntual, se puede concluir que el SIpe merece atención, debido a los resultados siendo más acentuados que los demás subíndices, apuntando 80% de los municipios para los niveles medio-alto. Eso indica mayor vulnerabilidad económica para la población del SAB, sabiendo que el índice toma como objeto principal para el cálculo lógico el ingreso *per cápita*, que se enfoca en calcular la pobreza rural y municipal. De modo contrario, el subíndice social presenta, aproximadamente, 70% de los municipios en el nivel bajo, eso puede estar relacionado al hecho del subíndice ha sido calculado por la comparación entre el IDH municipal de 2000 y 2010.

Con base en los datos del IDH-M para la región del SAB los valores fueron 0.434 (2000) y 0.598 (2010), eso muestra que el aumento fue significativo pasando del nivel muy bajo (2000) para bajo (2010), de acuerdo con la clasificación del PNUD (2013). En el SIPap, a pesar de los datos presentar una gran cantidad de municipios en el nivel bajo (583), pero merece atención también para los de medio nivel (431), pues subtiende que el medio nivel está en el límite de transición y por este motivo puede pasar para un nivel más alto o más bajo, dependiendo de las condiciones ambientales, ya que el principal es factor del cálculo lógico de este subíndice son los datos agropecuarios.

La distribución espacial de los subíndices socioeconómicos se comporta de forma distinta, variando espacialmente los niveles de propensión (Figura 3.20). En este contexto, se percibe que en el SIpe presenta una situación crítica en casi todos los municipios en una distribución prácticamente uniforme. Mientras para el SIPs predomina el nivel bajo, como fue mostrado anteriormente por los valores de la Tabla 3.4, aunque espacialmente, se percibe que los niveles medio y alto están localizados en áreas aisladas del SAB. El SIPap tiene una configuración que coincide con algunos resultados ya visto en este trabajo, donde los valores críticos se localizan en la región central del SAB y en áreas aisladas en el norte y sur.



**Figura 3.20** Distribución espacial de los subíndices de propensión socioeconómica, respecto al nivel y condición.

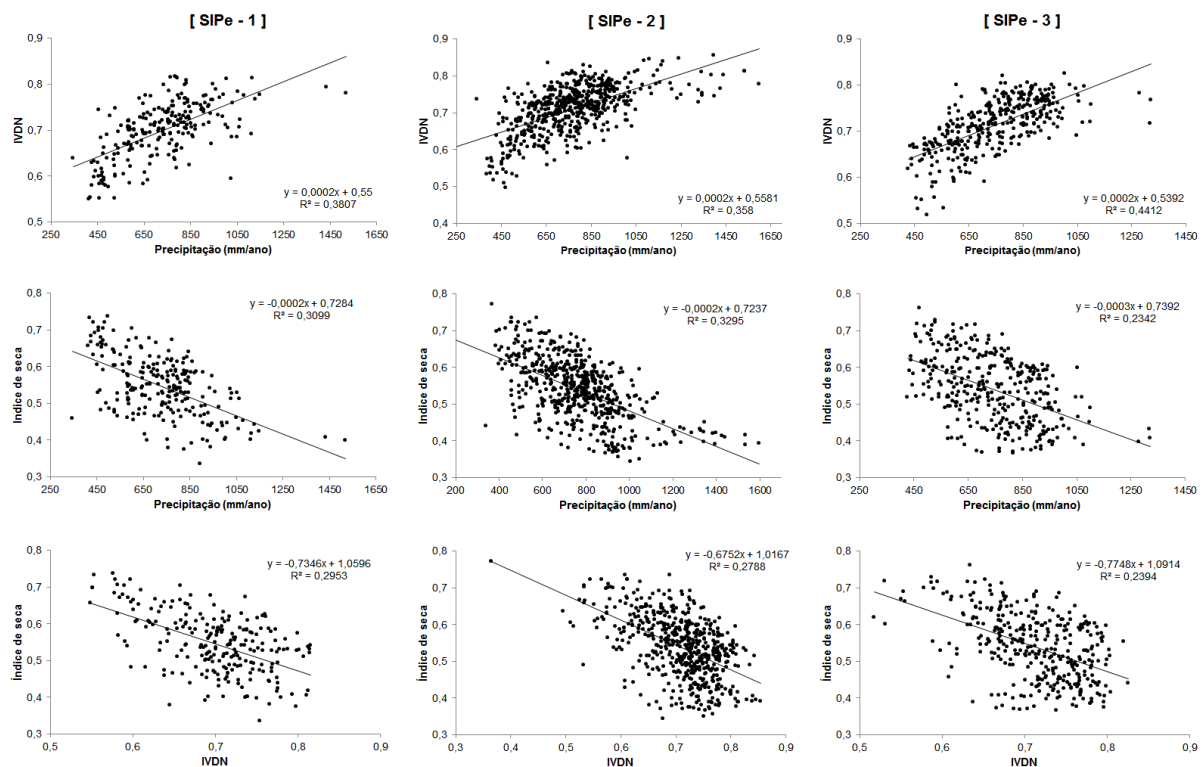
### 3.2.11.3 Análisis estadísticos entre los índices, IVDN y precipitación

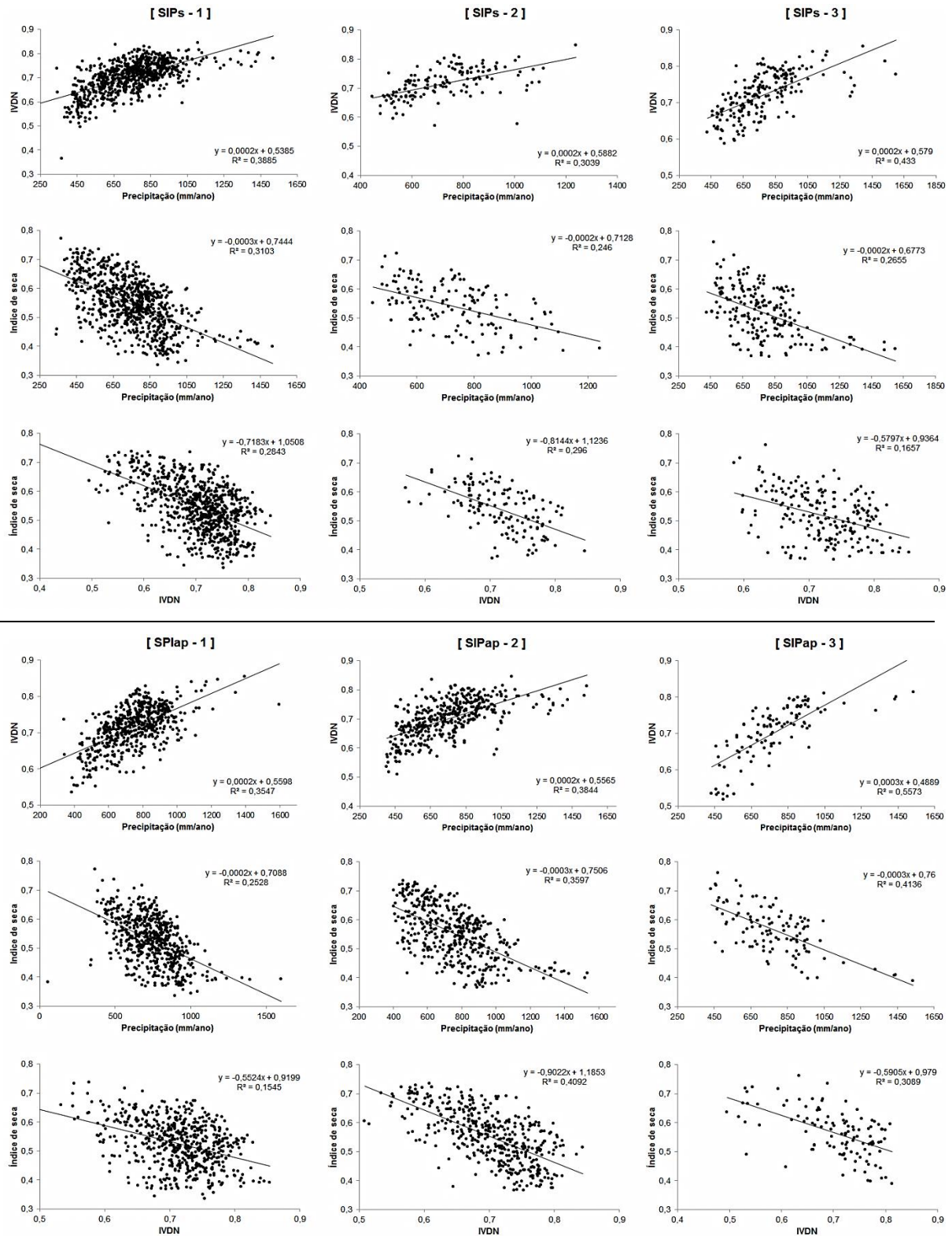
Los siguientes análisis, muestran los gráficos de la correlación entre el índice de riesgo de sequías, precipitación y IVDN, el objetivo del análisis es verificar la relación entre las variables vistas a lo largo del trabajo y entender la dinámica de ellas con los subíndices de propensión socioeconómica. En los gráficos, las nubes de puntos representan la cantidad de municipios por nivel de propensión, presentadas anteriormente en el Tabla 3.4. Respecto a la organización, cada columna de gráficos corresponde a un nivel de

propensión en orden creciente de izquierda a derecha. En las líneas están organizadas por variables dependientes conforme al orden del análisis. Los valores de la correlación representa la media por municipio de las variables.

La Figura 3.21 muestra los gráficos de correlación para los municipios del SAB, para los subíndices de propensión socioeconómica. En los gráficos de la relación entre el IVDN y precipitación muestran una correlación positiva y significativa en los tres niveles, indicando una relación directa de la precipitación con el aumento o disminución de la vegetación en los municipios analizados. Siendo así, se constata que la precipitación actúa como un factor determinante en la condición cobertura vegetal del SAB. Otro punto importante es que en el nivel 3 el grado de correlación mayor es que los demás niveles.

La correlación del índice de riesgo de sequías con la precipitación y con el IVDN se presentó negativa. Esta respuesta puede estar asociada a la variabilidad de la precipitación como también de la vegetación, debido a la localización de los municipios analizados (Figura 3.21). Eso es porque, la respuesta del IVDN puede variar dependiendo de la región como fue visto en el análisis de la tendencia como también en la correlación interanual.





**Figura 3.21** Correlación de la precipitación, índice de riesgo de sequías y IVDN, para los subíndices de propensión de la condición económica (SIPe), social (SIPs) y agropecuaria (SIPap), y en los niveles 1, 2 y 3.

### **3.2.12 Notas Finales**

Este capítulo tuvo por objetivo analizar la vulnerabilidad biofísica y socioeconómica del Semiárido de Brasil (SAB) mediante un estudio de los impactos biofísicos y socioeconómicos sobre el bioma de la Caatinga que es predominante en esta región. Para ello utilizaron dos metodologías complementarias que mostraron ser de gran utilidad para este tipo de trabajo: (1) el análisis de la dinámica de la vegetación en correlación con las anomalías de precipitación y (2) también introdujeron índices socio-económicos. Se pueden usar los métodos presentados aquí en otras aplicaciones para evaluar la vulnerabilidad ante la desertificación en otras regiones.

### **3.3 Vulnerabilidad a la sequía de familias en tierras comunes en la Región de Coquimbo, Chile**

Alejandro León, Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

#### **3.3.1 Introducción**

Durante las recurrentes sequías, las comunidades agrícolas ven sus medios de vida interrumpidas debido a la disminución de la producción agrícola, pérdidas de ganado y la consiguiente emigración. Las comunidades corresponden a un arreglo de tenencia de la tierra adoptada durante la colonia como un medio para evitar las subdivisiones de la tierra que dieran lugar a parcelas de agricultura insostenibles. Parcelas más grandes probablemente permitirían a los miembros de la comunidad lidiar mejor con los menores rendimientos agropecuarios producto de las recurrentes sequías (Gallardo, 1998). Al igual que en todas las comunidades, sin embargo, hay familias que pueden estar mejor adaptados para hacer frente a la sequía que otras para una variedad de razones.

El objetivo de este estudio fue analizar la vulnerabilidad diferencial, definida ésta como la diferente capacidad de los individuos o comunidades para adaptarse (o hacer frente, o responder) a una presión externa, como la sequía. Esta visión se basa en la sugerencia de Kelly y Adger (2000), quienes señalan que el análisis de la vulnerabilidad debe ser un punto de partida para medidas correctivas para hacer frente a los impactos de la variabilidad climática. Las respuestas de adaptación que la población afectada ha desarrollado a lo largo del tiempo son también un problema importante relacionado con la vulnerabilidad. El marco analítico propuesto por Liverman (1994) considera que la evaluación de la vulnerabilidad como un ejercicio multidimensional consistente en muchos aspectos como el medio ambiente físico, político-económico, y las condiciones sociales.

El estudio de la vulnerabilidad y la adaptación a la sequía puede contribuir a informar a la política gubernamental con el propósito de minimizar los impactos de la variabilidad climática en aquellos grupos sociales más afectados. Por consiguiente, este estudio buscó medir, describir y comparar la vulnerabilidad a la sequía de los diferentes tipos de familias rurales de tres comunidades agrícolas de la región semiárida de Coquimbo en el norte de Chile. Las preguntas que este trabajo pretendió resolver, son las siguientes: (1) ¿Son los hogares miembros en las comunidades agrícolas vulnerables a la sequía, y cuáles son los diferentes grados de vulnerabilidad dentro de una comunidad agrícola?, (2) ¿Cuáles son los principales determinantes de la vulnerabilidad a la sequía?, y (3) ¿Cuáles son las principales estrategias desarrolladas por las familias vulnerables para hacer frente a la sequía?

#### **3.3.2 Área de Estudio**

La Región de Coquimbo ha soportado tradicionalmente los más altos niveles de pobreza en el país, con una alta proporción de población que vive en zonas rurales y, de ella, la mayor proporción se encuentra en las comunidades agrícolas (CIREN 1978, Schneider 1982, Universidad de Chile, 1994). Los comuneros tienen derechos de usufructo a estos sistemas agrícolas/pastoreo, y dependen de un ecosistema muy degradado con pérdida de la cubierta vegetal natural y aumento de la erosión, y de escasos recursos naturales para su subsistencia (Bahre 1979), lo cual genera una constante emigración (Schneider 1982).

Las principales actividades agrícolas en una comunidad agrícola típica incluyen la producción de hortalizas como tomates, pimientos, pepinos, así como la alfalfa para los que tienen acceso al agua de riego, y la crianza de cabras (CIREN 1978). Debido a que sus parcelas regadas suelen ser de pequeña superficie, el mayor impacto que los comuneros han tenido en el paisaje es en grandes extensiones de tierra de libre acceso para los comuneros, conocidas localmente como Campo Común, donde suelen pastar el ganado y ser fuente de leña (Schneider 1982, Avendaño y Gallardo 1986, Comisión

Regional de Ganado Caprino 1994). El cultivo de trigo de secano se practicaba en áreas conocidas como 'lluvias' en el pasado, pero ha sido abandonado debido a la disminución de la fertilidad del suelo y los rendimientos bajos (Ledin 2000).

Estos pastizales, aun cuando pobres, han sido la principal fuente de forraje para cabras. Si la lluvia es adecuada, hay pastos de mayo a noviembre, dependiendo de la ubicación (Ledin 2000). Durante la estación seca, los rebaños son trasladados tradicionalmente a las montañas en una forma de trashumancia. Sin embargo, según Ledin ésta práctica ha sido abandonada debido a la degradación de la vegetación en las tierras altas.

La precipitación media anual en toda la provincia de Limarí varía de 189 mm cerca de las montañas de los Andes a 142 mm cerca de la costa, y son muy variables: el coeficiente medio de variación es alto (0.73). La sequía es la característica dominante de esta zona: 60% de los años registrados reciben precipitaciones por debajo del promedio.

Precipitación, temperatura y gradientes de evapotranspiración contribuyen a la definición de las tres unidades ecológicas más importantes de toda la provincia: precordillera, interior y costa (Pouget et al., 1996). Las tres comunidades agrícolas incluidas en este estudio y sus unidades ecológicas correspondientes son: (i) Los Clonquis (precordillera), (ii) El Tome (interior), y (iii) El Durazno (costa).

Los Clonquis se encuentra a 1.000 metros sobre el nivel del mar (CIREN 1978), al lado del piedemonte andino, y unos 120 kilómetros hacia el interior desde la línea de la costa. Esta comunidad agrícola de 48 miembros abarca 3,780ha de terreno accidentado con 40ha bajo riego.

El Tome se encuentra a mitad de camino entre las montañas y el océano en un estrecho valle con orientación norte-sur cercano al río Guatulame, y goza de condiciones climáticas sin heladas. La actividad agrícola por tanto se extiende todo el año. Hortalizas de invernadero se venden en mercados lejanos como Santiago, la capital del país. El Tome cuenta con 275 miembros, de los cuales sólo 105 viven en la comunidad. El Tome tiene una superficie de 3.000ha, incluyendo 65 bajo riego.

La comunidad más occidental, El Durazno, se encuentra en un valle flanqueado por las terrazas del Estero Punitaqui, un pequeño río que desemboca en el tramo inferior del río Limarí. Es la más pequeña de las tres comunidades agrícolas (937 ha) y tiene 60 miembros registrados, de los cuales sólo 34 viven en ella. La producción incluye el cultivo de papas, otras hortalizas y la cría de cabras.

El acceso a los mercados de cada comuna agrícola varía en función de la proximidad: la mayoría de los productores en Los Clonquis y El Durazno venden sus productos en el mercado de Ovalle, mientras que los de El Tome venden su producción a través de varios canales abasteciendo lugares más distantes en Chile.

Este estudio se llevó a cabo a finales de 1998, año extremadamente seco, percibido por los agricultores como la continuación de la sequía del periodo 1993-1997. A inicios de 1997 se le consideró como un año seco, pero fuertes lluvias a finales de la temporada (agosto) recargaron el caudal de los ríos y los tres embalses casi vacíos de esta provincia. Esta sequía tuvo un gran impacto en los sistemas agrícolas de los comuneros: el gobierno central transfirió alrededor de US\$10 millones en ayuda de emergencia a la Región de Coquimbo, que se utilizó en ayuda de emergencia a las familias en tierras comunes (SEREMIA 1998).

### **3.3.3 Métodos**

La definición de vulnerabilidad de Kelly y Adger (2000) se ajusta a la finalidad de este estudio, ya que se centra en la capacidad de la familia para hacer frente a los impactos de la sequía recurrente. Desde esta perspectiva, el acceso a los recursos es un factor determinante que hace a las familias más o menos vulnerables (Adger y Kelly 1999, Blaikie et al. 1994, Finan et al. 2002, Vogel 1997). Kelly y Adger (2000) también consideran que



hay una "construcción social de la vulnerabilidad" que abarca procesos socio-económicos y políticos y que a su vez dan forma a la vulnerabilidad.

El acceso a los recursos, las actividades generadoras de ingresos, y las estrategias de sobrevivencia constituyen algunos de los elementos que dan forma a la capacidad de un individuo o un grupo de resistir los impactos de la sequía (Reilly y Schimmelpfennig 1999). Los datos que describen estas variables fueron recogidos y analizados según la siguiente metodología:

La caracterización de las economías familiares en comunidades agrícolas se realizó con los datos recogidos a través de un cuestionario socioeconómico estructurado. El cuestionario constó de secciones tales como la demografía de la familia, actividades generadoras de ingresos agrícolas y no agrícolas, acceso a los recursos tierra y agua, los patrones de consumo de alimentos durante las sequías y otras estrategias de sobrevivencia empleadas en momentos de estrés.

La encuesta se llevó a cabo en las tres comunidades descritas, que fueron seleccionadas después de entrevistar a expertos locales de la Universidad de La Serena y organismos públicos tales como la Secretaría Regional del Ministerio de Bienes Nacionales, y una evaluación rápida de la zona de estudio basada en un cuestionario preliminar. La intención era localizar muestras dentro de cada una de las tres principales unidades ecológicas en la provincia de Limarí. Cuarenta hogares por comunidad fueron seleccionados al azar en el campo, y los habitantes fueron entrevistados en diciembre de 1998. El estado de cada encuestado como miembro válido de cada comunidad (es decir, alguien con derecho a vivir en, y que utiliza los recursos de una comunidad agrícola) se verificó mediante un lista de miembros de cada comunidad proporcionada por la Secretaría Regional del Ministerio de Bienes Nacionales, agencia que lleva un registro de todos miembros de las comunidades agrícolas y de las transferencias de tierras.

Se encuestaron 120 familias y 500 personas. Con una muestra tan pequeña, los resultados son representativos descriptiva y no estadísticamente de las 160 comunidades agrícolas y sus 80.000 miembros existentes en la Región. Con el fin de completar el tamaño de muestra proyectada en el caso de El Durazno, se identificaron y entrevistaron a 6 miembros de la comunidad agrícola vecina El Espinal de Chalinga. Ambas comunidades agrícolas comparten características similares en términos de demografía, actividades generadoras de ingresos agrícolas dentro y fuera del predio, y el acceso a tierras de regadío. Por lo tanto los resultados reflejan los dos grupos combinados.

Los ingresos anuales de los hogares se estimaron directamente de las respuestas. También se preguntó a los encuestados sobre los precios de los productos y bienes que fueron comprados, vendidos y consumidos. En ausencia de estos datos para algunos de los encuestados, los precios medios se calcularon a partir de otros encuestados en el mismo lugar. El ingreso per cápita anual se calculó en función del número de miembros de cada hogar. Para los análisis posteriores, los hogares fueron clasificados siguiendo las definiciones del gobierno chileno para las categorías socio-económicas de 'indigentes', 'pobres' y 'no pobres'. Los umbrales para la asignación de cada encuestado a una categoría se basan en el costo de un conjunto de bienes estandarizados considerados como necesarios para satisfacer las necesidades básicas.

De acuerdo con las definiciones oficiales (MIDEPLAN 2000) la indigencia es una condición en la cual las necesidades alimenticias de una familia no pueden ser adecuadamente satisfechas, incluso cuando todos los ingresos se utilizan para comprar alimentos. Los hogares se consideran pobres cuando sus ingresos no son suficientes para satisfacer algunas de las necesidades no alimentarias después de la compra de alimentos. No pobres son aquellas familias con ingresos suficientes para satisfacer las necesidades alimentarias y no alimentarias.

El ingreso familiar incluye ingresos "autónomos" (como la venta de productos, salarios, empleos independientes y pensiones), las remesas de los migrantes, y las transferencias del Estado como las subvenciones. Los umbrales de 1998 para las líneas de indigencia y

de pobreza rural anualizadas fueron 175.176 pesos chilenos (\$) y Ch \$ 306.552, respectivamente (MIDEPLAN 2000), per cápita. Al 30 de diciembre de 1998 estas cantidades corresponden a US\$388 y US\$679. Los hogares cuyos ingresos superaron estos umbrales fueron clasificados como no pobres.

Para medir la vulnerabilidad diferencial a la sequía, el cuestionario contenía preguntas relativas al acceso de los hogares a: (a) la tierra; (b) agua; (c) la tecnología agrícola (es decir, semillas mejoradas fertilizantes, fungicidas, herbicidas, insecticidas); (d) la transferencia de tecnología (ya sea por entidades públicas o privadas); (e) el crédito para la producción agrícola; y (f) los mercados (es decir, dónde y a quién se vendió la producción, y la distancia al mercado principal en la zona). También se registraron las explotaciones ganaderas de cada hogar al final de 1998 porque el ganado puede ser considerado como un activo relativamente líquido cuya venta puede ayudar a sostener la familia durante una sequía (Hutchinson 1998).

El acceso a otros recursos como los servicios prestados por el Estado (es decir, educación, salud, agua potable, electricidad, alcantarillado), y el ahorro de las familias en forma de mercancías, tales como TV, refrigerador y cocina se clasificaron como "recursos no productivos" ya que no contribuyen directamente a la producción agrícola.

Como un medio para medir la vulnerabilidad, Vogel (1997) argumentó que podemos usar "una matriz de indicadores sociales que puede formar parte de un perfil de vulnerabilidad que incluye la clase, la edad, el género, el origen étnico por un lado, y el acceso a los recursos y localización patrones, por el otro".

Finan y Nelson (2001) utilizaron una matriz para resumir los datos de campo recogidos para su análisis de la vulnerabilidad a la sequía de Ceará, noreste de Brasil. Esta combina diferentes niveles de ingresos y la producción agrícola. Un procedimiento similar se siguió en este estudio generando una matriz que resume los datos de acceso a los recursos por categoría de ingresos (es decir, indigentes, pobres y no pobres) y por ubicación (es decir, Los Clonquis, El Tome, El Durazno). Se utilizaron también ponderadores para obtener una matriz de "acceso a los recursos" de valores sin unidades, en una manera similar a Yohe y Tol (2002). Sin unidades, esta matriz permite comparaciones entre diferentes mediciones de vulnerabilidad. Las ponderaciones son un valor medio calculado a partir de los valores determinados de forma independiente por un panel de tres expertos (dos antropólogos y un geógrafo) y el autor, quienes clasificaron cada variable de 1 a 10 sobre la base de la influencia que cada variable podría tener en la disminución de la vulnerabilidad de las personas. Cuanto mayor su peso, mayor su efecto en la reducción de la vulnerabilidad.

El acceso a recursos como el agua para el riego, la tecnología, el crédito, la asistencia sanitaria y la educación se calcula como el porcentaje de familias que tienen acceso a estos bienes relativos a la muestra en cada comunidad agrícola. Las excepciones fueron 'superficie', las variables "área cubierta con invernaderos", y "cabezas de ganado", que se suma en todas las ubicaciones en un total, y la cifra real para cada lugar se expresa como porcentaje en relación con el total de toda la muestra. Luego, estos porcentajes se multiplican por el peso. Los valores ponderados de los recursos "productivos" y "no productivos" se suman para formar un índice compuesto llamado "Índice de Acceso a los Recursos" (Desai et al., 1992). El índice se dividió en terciles: bajo, medio y alto acceso a los recursos. Estos tres niveles se combinaron con las categorías de ingresos en una "matriz de vulnerabilidad" que categoriza los hogares en más, intermedio o menos vulnerable.

### **3.3.4 Breve recuento de los resultados**

#### **3.3.4.1 Población, Educación, Salud**

Los datos del censo del distrito mostraron que, a excepción de El Tome, la población se redujo drásticamente en un período de 22 años. En El Tome hay mayor cantidad de

familias pobres y no pobres debido a mayores oportunidades de empleo en la agricultura comercial.

Casi todos los hogares tienen electricidad. Este factor fue considerado por los encuestados como el único signo tangible de modernización llevado a las comunidades agrícolas durante las anteriores décadas.

La provisión de educación, salud, y electricidad por el Estado influye en la vulnerabilidad relativa ya que estos son los recursos que contribuyen a la capacidad de resistir impactos climáticos. Educación y cuidado de la salud se han identificado por algunos autores (Liverman 1994, Yohe y Tol 2002) por tener fuertes correlaciones positivas con el ingreso per cápita y en el aumento de la capacidad de los grupos para resistir tensiones externas.

#### **3.3.4.2 Los arreglos institucionales dentro de las comunidades agrícolas**

El suelo en todas las comunidades agrícolas de Coquimbo se divide en tres categorías: (1) áreas comunes (Campo Común) que representan la mayor parte de la zona controlada por una comunidad, a la que cada miembro tiene libre acceso y es donde el ganado suele pastar; 2) goce singular, que es una parcela relativamente pequeña con regadío que el directorio de la comunidad, con la aprobación de la Asamblea General, asigna de forma permanente a los titulares de derechos individuales; y 3) la 'lluvia', o parcela de secano ubicada dentro del Campo Común que se asigna a los miembros individuales temporalmente, que se utilizan durante los años lluviosos para cultivar trigo de invierno.

Todos los miembros participan en la Asamblea General y tienen derecho a votar para aprobar las iniciativas propuesta por la junta, como el presupuesto anual y la distribución de la tierra. Esto es especialmente crítico para las lluvias porque se asignan de forma temporal y, por otra parte, generalmente no hay tierra disponible para distribuir como goce singular.

Los estatutos de las comunidades agrícolas permiten al consejo de administración establecer un límite al número de animales que un comunero puede mantener en la comunidad. Algunas comunidades agrícolas han establecido este límite en 50 cabras por familia, otros en 80, pero este es un límite fijado arbitrariamente. Si el comunero supera este límite, se supone que debe ser multado. Sin embargo, rara vez se hace cumplir la regla. Por lo tanto, el tamaño de los rebaños combinados que pastan por las tierras comunales depende de la voluntad de los comuneros, y la capacidad de carga técnica es usualmente superada con creces.

En cuanto a los principales problemas dentro de las comunas, las respuestas más frecuentes tienen que ver con la mala gestión de las tierras comunes, la injusta distribución de la tierra, la mala gestión de los fondos externos, y por lo tanto la falta de igualdad de oportunidades para las personas.

#### **3.3.4.3 Generación de Ingresos por actividades**

La ganadería representa una importante fuente de ingresos sólo para las familias indigentes en Los Clonquis y los pobres en El Durazno, a pesar que existe una gran proporción de las tres categorías de familias en ambas comunidades agrícolas se dedican a esta actividad. Esto es un reflejo del bajo nivel de ingresos que los hogares derivaron de esta actividad durante 1998. Las cabras constituían el 68 % del ganado criado por las familias estudiadas. Sin embargo, la sequía obligó a estas familias a vender parte de su ganado, y no pudieron producir queso.

Había muy pocas opciones para el trabajo asalariado dentro de las comunidades agrícolas, y por lo tanto pocas familias estaban involucradas. El trabajo asalariado corresponde a empleo temporal proporcionado por miembros de las comunidades agrícolas para sus propios familiares u otras familias. Estas actividades se limitan principalmente al pastoreo de cabras para los niños y algunos tipos de trabajo agrícola para los adultos.

Por lo general, adicional a esos empleos y las pensiones, el grueso de los ingresos familiares durante 1998 se explica por el empleo fuera de las comunidades, en actividades

productivas del sector privado. En los tres lugares de estudio hubo al menos una empresa dedicada a la producción de fruta fresca o empresas vitivinícolas exportadoras que proporcionaron empleo durante todo el año para algunos miembros de cada familia. Durante la temporada de cosecha estas empresas proporcionan empleo para toda la familia, especialmente para los de El Tome.

Entonces, los ingresos de las familias provenían mayormente de ingresos no agrícolas (es decir, el trabajo asalariado). Esto es importante en términos de la comprensión de la vulnerabilidad de los hogares a la sequía: cuanto más pobre es la familia, más dependientes que estaban en los recursos de fuera de la comunidad, debido a los escasos recursos a los que tenían acceso dentro de la comunidad agrícola.

#### **3.3.4.4 Algunos comentarios sobre el Acceso a los Recursos no Productivos**

Las familias pobres e indigentes saben que la educación es una herramienta para mejorar su acceso a los recursos. Según Schultz (1956) esto no debería ser sorprendente, ya que los pobres son extremadamente competentes en la obtención de beneficios a partir de sus recursos limitados, y están muy preocupados por mejorar el futuro de sus hijos a través de la educación.

Aumentar el acceso al agua potable representa un gran desafío para los gobiernos locales. Algunas familias no pobres e indigentes en El Tome obtienen su agua directamente de un canal de riego, mientras que la mayoría de la población en Los Clonquis y El Durazno dependía de la visita semanal durante todo el año de un camión municipal. Las familias cuyos hogares fueron conectados a la red de distribución de agua se encuentran principalmente en El Tome. Por otra parte, no hay casas que tuviesen conexiones con los sistemas de alcantarillado, y muy pocas casas tenían un baño interior con agua corriente. La gran mayoría de los hogares, incluidos los de mayores ingresos, tenían letrinas. Algunos de estos se instalan directamente sobre los canales de regadío, lo que aumenta el riesgo de propagación de enfermedades. La falta de sistemas de agua potable y alcantarillado obstaculiza dificulta las opciones para mejorar el bienestar en las comunidades agrícolas debido a los riesgos para la salud.

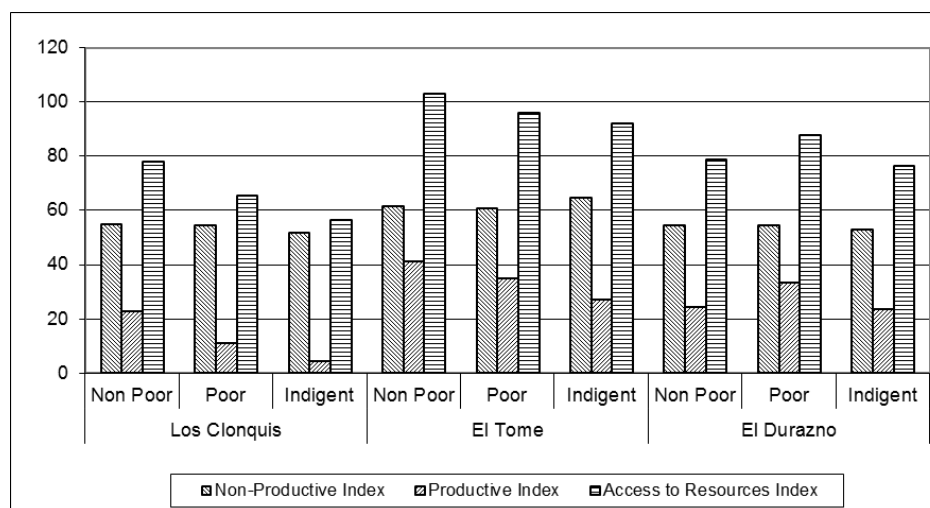
Artículos para el hogar, tales como televisores, refrigeradores y similares se distribuyeron homogéneamente en todos los grupos. Hubo grandes diferencias, sin embargo, en la disponibilidad de otros bienes tales como medios de transporte propio. Algunas personas del segmento no pobre de El Tome poseían un auto o una camioneta pick-up, mientras que en Los Clonquis y El Durazno el vehículo más común fue la bicicleta.

Las familias tenían poco acceso al crédito para el consumo, excepto en algunas tiendas en la ciudad de Ovalle, donde las tasas de interés eran por lo general más altas que en las tiendas por departamentos. Esto podría haber tenido un impacto potencial negativo en la capacidad de sobrevivencia de los hogares pero, de acuerdo con las respuestas de la encuesta, el suministro de alimentos no representó una limitante para las familias durante las sequías, ya que fueron capaces de sobrevivir con sus salarios no agrícolas y las pensiones. Además, aunque algunos encuestados reportaron cambios en la dieta durante períodos de sequía, la sensación general era que la situación nunca fue tan mala como para que las familias sufrieran de hambre.

#### **3.3.4.5 Índice de Acceso a los Recursos**

Se añadieron todos los recursos "productivos" por nivel de ingresos y ubicación, al igual que los recursos "no productivos", para formar un "Índice de acceso a recursos" compuesto (Figura 3.22). El acceso a los recursos no productivos resultó ser bastante uniforme en todas las ubicaciones y categorías de ingresos. En este sentido, el Estado ha sido eficaz en el suministro de una red de servicios que satisfacen las necesidades básicas de la población rural. Es el acceso a los recursos productivos que hacen la mayor diferencia entre los hogares. En este sentido, El Tome tiene las mejores condiciones generales respecto de las otras dos comunidades agrícolas, pero con altos niveles de desigualdad interna: se produjo un fuerte contraste en el acceso a los recursos productivos entre las

familias que son no pobres y las indigentes, debido a la disponibilidad diferencial de agua para riego, de invernaderos, el acceso al crédito, la tecnología y opciones de comercialización. El Durazno se encontraba en una situación intermedia, en la que el acceso a los recursos productivos fue similar entre los tres niveles de ingresos. En ese momento, El Durazno había distribuido la tierra de manera uniforme entre sus miembros por lo que casi no había hogares sin tierra, y la proporción de parcelas sin agua era marginal, excepto entre los hogares indigentes. En este sentido, El Durazno fue la más equitativa de las comunidades estudiadas. Los Clonquis presenta el reto más grande para la subsistencia en términos generales, especialmente durante los años de sequía: el segmento de mayores ingresos de Los Clonquis estaba en peores condiciones que los indigentes de El Tome porque los recursos productivos de ésta eran muy escasos y la distribución de los recursos hecha de manera no equitativa.



**Figura 3.22.** Índice de acceso a los recursos por nivel de Ingresos y Localización.

### 3.3.4.6 Matriz de Vulnerabilidad

Con el fin de evaluar la vulnerabilidad diferencial a la sequía, los datos se combinaron en una matriz de vulnerabilidad (Tabla 3.5) que representa el acceso a los recursos productivos y no productivos en un eje, y el nivel de ingresos en el otro. La matriz permite una clasificación arbitraria de las familias (Finan y Nelson 2001). La Tabla muestra un patrón bimodal de la vulnerabilidad porque había dos grupos principales de los hogares. Un 26% de la muestra correspondió a los más vulnerables, esto es familias indigentes y pobres con bajo y medio acceso a los recursos, mientras que el grupo menos vulnerables incluye 70,5% de las familias, y está conformado por las familias pobres y no pobres con tasas medias y altas de acceso a los recursos.

Las familias más vulnerables son los que tienen acceso restringido a la tierra y el agua, que eran dueñas de pocos animales, o que dependían casi por completo del empleo no agrícola. Este grupo de familias también tenía menor cantidad de ingresos, lo que los hacía muy vulnerables a las sequías a largo plazo. Su capacidad para hacer frente a las sequías está ligado a la suerte de las explotaciones privadas cercanas que, a su vez, dependen de factores tales como los precios internacionales del mercado y la disponibilidad de agua durante las sequías de larga duración. Por ello las familias más vulnerables no pueden hacer frente de forma independiente a la sequía y requieren recursos generados fuera de los límites físicos de sus propios recursos para sobrevivir, a menos que emigren o puedan depender completamente de la red de seguridad del Estado.

**Tabla 3.5** MATRIZ DE VULNERABILIDAD: número de hogares por categoría.

		Annual Per Capita Income from Agriculture, Livestock, Salaries, Pensions, and Remittances (Chilean Pesos)		
		≤\$175,176	\$175,177-\$306,552	> \$306,552
Access to Resources Index	Low	AC1: 7	AC1: 10	
	Medium	AC3: 10		AC1: 21 AC3: 11
	High	AC2: 3	AC2: 10 AC3: 11	AC2: 19

AC1: Los Clonquis; AC2: El Tome; AC3: El Durazno  
 Dark gray: most vulnerable - 26 percent of households  
 Light gray: least vulnerable - 70.5 percent of households  
 No shading: intermediate level of vulnerability - 3 percent  
 Empty cells: n/a for a given income range

### 3.3.4.7 Caracterización de los hogares vulnerables

Los datos correspondientes a los hogares de alta y baja vulnerabilidad clasificados en la matriz de vulnerabilidad, se volvieron a analizar usando un número reducido de variables en un intento de identificar qué elementos determinan su vulnerabilidad relativa (Downing y Baker 2000) a la sequía (Tabla 3.5). Este análisis, que incluye 99 de 102 hogares muestreados, reveló algunas diferencias con el análisis anterior. Entre las principales diferencias está la alta incidencia de miembros de la familia mayores de 15 años de edad sin educación más allá de la escuela primaria, así como los cambios en la dieta durante las sequías. Un máximo de 44% de las familias de ambos grupos comieron menos durante la sequía de 1998. Sin embargo, los miembros de la familia menores de 15 años que asisten a la escuela reciben desayuno y almuerzo durante los días de semana, facilitados por el Estado. Esta fue sin duda una ayuda significativa para los pobres y los hogares vulnerables. Los hogares encabezados por mujeres eran pocos pero más frecuentes en el grupo de vulnerabilidad baja que los encabezados por hombres. Esto coincidió con la opinión de las mujeres que respondieron que consideraban a las mujeres más conscientes en la preparación de sus familias.

El acceso a los recursos productivos como la tierra, el agua de riego, y la tecnología (es decir, invernaderos, sistemas de riego mecanizado, insecticidas, fertilizantes, fungicidas, semillas mejoradas) fue diferente para los dos grupos, y fue menor para el grupo más vulnerable, el que tenía parcelas de tierra que eran casi la mitad del tamaño de los menos vulnerables, sin invernaderos, y en donde casi el 60 % no tenía agua para el riego. En cuanto a la tecnología, no había casi ningún sistema de riego mecanizado (goteo o aspersores), mientras que los insumos químicos y semillas mejoradas fueron utilizados en tasas bajas. Al mismo tiempo, la masa ganadera caprina al final de 1998 era tres veces más pequeño que en el grupo menos vulnerable.

Las familias en el grupo más vulnerable derivan sus ingresos principalmente de (a) el empleo fuera de la finca, una actividad a la que se dedica el 81,5% de las familias en esta categoría, (b) las pensiones, y (c) las remesas.

Por el contrario, en el grupo de menor vulnerabilidad un 58,3 % de las familias obtiene el 32% de sus ingresos de empleos no agrícolas, en comparación con el 81,5% de las familias del grupo más vulnerable. El grupo menos vulnerables se basó más en la producción agrícola obtenido a partir de sus propios recursos. Además, las familias menos vulnerables

(45,8%) dependían de las pensiones en comparación con 11.1 % en el grupo más vulnerable.

### **3.3.4.8 Hacer frente a la sequía**

Sobre las estrategias a largo plazo desarrolladas por las poblaciones que son físicamente vulnerables, se preguntó a los encuestados acerca de las decisiones que las familias tomaron durante la sequía de 1998. Como era de esperar, el empleo no agrícola fue la estrategia más frecuente en ambos grupos de familias: el 37% del grupo más vulnerable se basó en estos puestos de trabajo, en comparación con un relativamente bajo 14,1% del grupo menos vulnerable. Para el grupo más vulnerable, las otras estrategias de adaptación más frecuentes fueron (i) la venta de cabras, (ii) el abandono de los cultivos anuales, y (iii) la venta de animales mayores. Para el grupo menos vulnerables las principales estrategias restantes fueron (i) la emigración de toda la familia, y (ii) excavación de pozos autofinanciados, (iii) el abandono de los cultivos anuales, y (iv) traslado de animales a otros pastos, o en última instancia, la venta de ellos. La emigración fue, en este caso, una opción temporal, similar a la reportada en Ceará, Brasil (Finan y Nelson 2001).

### **3.3.5 Notas Finales**

Durante siglos, las familias en las comunidades agrícolas de Coquimbo se han adaptado a las variaciones climáticas para utilizar sus tierras. Sin embargo, debido a la distinta arquitectura de los derechos, es decir, los recursos que los individuos o grupos habían tenido derecho a utilizar para poder afrontar mejor el estrés (Adger y Kelly 1999), algunos estaban mejor que otros y por lo tanto menos vulnerables a las sequías. En las tres comunidades agrícolas estudiadas, el acceso a los "recursos productivos" (por ejemplo, la tierra, el agua, la tecnología, crédito) tuvo un papel importante en el acondicionamiento de estas variaciones, en comparación con el acceso a los "recursos no productivos" (por ejemplo, la educación, la atención de la salud, electricidad).

El acceso diferencial a los recursos productivos tiene que ver con el gobierno de cada comunidad agrícola, y algunos criterios con que las juntas directivas funcionan: esencialmente ausencia de normas objetivas e impersonales, y el favoritismo. Esto obliga a muchos miembros comunitarios a soportar duras condiciones, con pocas opciones para mejoras en el futuro la limitada cantidad de tierras de regadío que las comunidades agrícolas controlan.

Otras fuentes de vulnerabilidad fue la desigualdad de acceso a los programas de crédito, la tecnología, y programas contra la sequía administrados por el Estado.

En el caso de salud y educación, se distribuyeron de manera equitativa por el Estado, independientemente de los niveles de ingreso y la ubicación geográfica. La disponibilidad de estos servicios prestados a la población rural contribuyó a disminuir los impactos de las sequías, y probablemente a reducir las tasas de emigración, y mantener a las familias unidas.

El nivel de ingresos por sí solo no explica del todo la vulnerabilidad diferencial, pero es un indicador importante. Hogares indigentes y pobres podrían ser menos vulnerables que otros en el mismo nivel de ingreso debido a las diferencias en la arquitectura de derechos. Algunas familias pobres se clasificaron como menos vulnerables a causa de los recursos a los que tenían acceso.

En cuanto a las estrategias utilizadas por los diferentes grupos de hogares durante las sequías, el empleo no agrícola fue más a menudo utilizado por el grupo de alto vulnerabilidad, seguido por las ventas de ganado menor y mayor, y el abandono de los cultivos. Estas estrategias fueron similares a los reportados en Bolivia (Valdivia et al., 1996), Brasil (Finan y Nelson 2001) y México (Eakin 2000).

## **4 Casos de Estudio sobre los costos de la desertificación, la degradación de las tierras y la sequía**

### **4.1 Gasto Fiscal en Chile Durante la Sequía 2011-2012 en la Región Metropolitana de Santiago**

Lorena Medina de la Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile y Alejandro León del Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

#### **4.1.1 Introducción**

La Región Metropolitana de Santiago (RMS) se ubica en la zona central de Chile, con un clima mediterráneo semiárido y donde el río Maipo es la principal fuente de agua. Este río abastece cerca del 70% de la demanda actual de agua potable y un 90% de las demandas de riego (DGA, 2004). Tal como otras áreas mediterráneas del mundo y debido a la limitación de precipitaciones, esta zona de Chile se considera entre las más vulnerables a las sequías, que tienen gran impacto socioeconómico, tanto por las pérdidas directas que origina el fenómeno como los gastos que el sector público debe realizar para paliar algunas de sus consecuencias (Espinoza y Hajek, 1988; Kalma y Franks, 2003). Por lo demás, el aumento de actividades económicas asociadas al crecimiento del país, en su mayoría a partir de la explotación de los recursos naturales, ha incrementado los impactos socioeconómicos de las sequías (Patrick, 2003; Askew y Rodda, 1996).

#### **4.1.2 Chile: un particular sistema de distribución y gestión del agua**

El sistema de asignación de agua en Chile se basa hasta ahora en la propiedad privada del agua mediante derechos de aprovechamiento concedidos por la Dirección General de Aguas (DGA) a título gratuito, pero que sus titulares pueden transar en el mercado. El Código de Aguas de 1981 (Decreto con Fuerza de Ley N° 1.222) es el marco legal que regula el uso del agua superficial como subterránea, y las denomina como bienes nacionales de uso público y otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento para su uso y goce. Los derechos pueden hipotecarse, heredarse, no están asociados a usos específicos para el agua, se encuentran separados de la propiedad de tierra y se concedieron a perpetuidad (Peña, 2004). Por otra parte, en el 2005, mediante la Ley 20.017, se modificó el Código avanzando en la especificación de usos específicos, introduciendo una patente por no uso, y estableciendo que respecto a la sequía el Presidente de la República, a petición o con informe de la DGA, podrá, en épocas de extraordinaria sequía, declarar zonas de escasez por períodos máximos de seis meses, no prorrogables, pudiendo la DGA en dicho período autorizar extracciones superficiales o subterráneas desde cualquier punto sin necesidad de constituir derechos ni respetar el caudal ecológico.

En términos generales, al existir un sistema privado del agua, los servicios públicos no interfieren en su gestión. Son las organizaciones de usuarios del agua (Juntas de Vigilancia, Asociación de Canalistas y Comunidades de Agua) los responsables de administrar los recursos hídricos y repartir el agua conforme a los derechos de cada cual desde las diferentes fuentes naturales y obras de aprovechamiento (Brown, 2005).

#### **4.1.3 Ocurrencia de las sequías en la Región Metropolitana de Santiago durante cuatro décadas**

Las sequías son un evento recurrente en la zona central de Chile, donde se ubica la RMS. Aldunce y González (2009) basadas en Bonilla (1999), la Unidad de Emergencia Agrícola (2003) y Urrutia y Lanza (1993), y La Red (2011 y 2012), que corresponde a un sistema de inventarios de desastres a través de información de fuentes hemerográficas, principalmente el diario 'El Mercurio' de cobertura nacional (ver Tabla 4.1), muestran que éstas afectan este territorio de manera periódica.



**Tabla 4.1** Años catalogados como secos o de sequías, según autor y la zona afectada.

<b>Año</b>	<b>Fuente</b>	<b>Zona Afectada</b>
1970	La Red (2001) Urrutia (1993) <b>La Red (2012)</b>	II a RMS, VIII y IX Norte Chico <b>Til-Til, Curacaví</b>
1972	La Red (2001) <b>La Red (2012)</b>	II a VIII, y X <b>Las Condes</b>
1973	La Red (2001) <b>La Red (2012)</b>	RMS, VII y VIII <b>Las Condes, Quinta Normal</b>
1976	La Red (2001) <b>La Red (2012)</b>	I, II y IV a IX <b>Til-Til, Lampa, Colina, San José de Maipo, Paine, Alhué, María Pinto, Melipilla, Pirque, Puente Alto, Buin, Calera de Tango, San Bernardo, El Monte, Isla de Maipo, Padre Hurtado, Peñaflores, Talagante, Santiago</b>
1977	La Red (2001) <b>La Red (2012)</b>	V y RMS <b>Colina</b>
1978	La Red (2001) <b>La Red (2012)</b>	I, V, RMS, VII, VIII, IX, X, XII <b>Colina, Til-Til</b>
1979	<b>La Red (2012)</b>	<b>Provincia de Santiago</b>
1985	Bonilla (1999) La Red (2001)	Río Choapa a Talca IV y VI
1990	La Red (2001) Urrutia (1993) <b>La Red (2012)</b>	I, III, IV, V, RMS, VI y VIII II a VIII <b>Las Condes</b>
1991	La Red (2001) Urrutia (1993) <b>La Red (2012)</b>	III a VIII III a VIII <b>Colina, Lampa, Alhué</b>
1996	Bonilla (1999) La Red (2001) <b>La Red (2012)</b>	III a VI y VIII a X I, V, RMS y VII a X <b>Alhué, Melipilla, Curacaví, María Pinto, San Pedro, Colina, Lampa, Til-Til, San Bernardo, Calera de Tango, Buin, Paine, Talagante, Isla de Maipo, El Monte, Padre Hurtado, Peñaflores, Lo Barnechea, Las Condes</b>
1997	Bonilla (1999) La Red (2001) <b>La Red (2012)</b>	III a VI y VIII a X IV, RMS, VI, VIII y IX <b>Provincia de Santiago, Colina, Lampa</b>
1998	La Red (2001) UEA (2003) <b>La Red (2012)</b>	II a X V a VII, y algunas comunas de la IX <b>RMS</b>
1999	UEA (2003)	IV, RMS a X, y algunas comunas de la V
2008	<b>Intendencia (08)</b>	<b>Melipilla, María Pinto, Curacaví, Alhué, San Pedro, Til Til y Colina</b>

Nota: en negrita aparecen destacadas comunas de la RMS afectadas por sequías

Fuente: Aldunce y González (2009) y La Red (2012).

El 17 de febrero de 2011 la DGA decretó como 'zona de escasez' la comuna de Melipilla, el 13 de Abril 2011<sup>1</sup> la comuna de Til-Til, y el 20 de enero de 2012 se decretó como tal a la provincia de Melipilla. El Ministerio de Agricultura declaró en 'emergencia agrícola' a las comunas de Til-Til, San Pedro, Alhué y San José de Maipo el 4 de enero, y luego el 9 de febrero le siguieron las comunas de Paine, Melipilla, Curacaví, Lampa y Colina, por lo que un total 10 comunas rurales de la RMS presentaron déficit hídrico., las cuales representaban un 5,6% de la población total de la RMS en el año 2002<sup>7</sup>. Las 10 comunas

<sup>7</sup> Datos censo de población y vivienda del año 2002, Instituto Nacional de Estadística (INE).

(ver Figura 4.1) abarcan un 83% del total de hectáreas con uso para explotaciones agropecuarias de la RMS y un 63% de las hectáreas con cultivos de la región, donde un 34,4% corresponde a frutales, 21% a hortalizas y 11,2% a cereales.

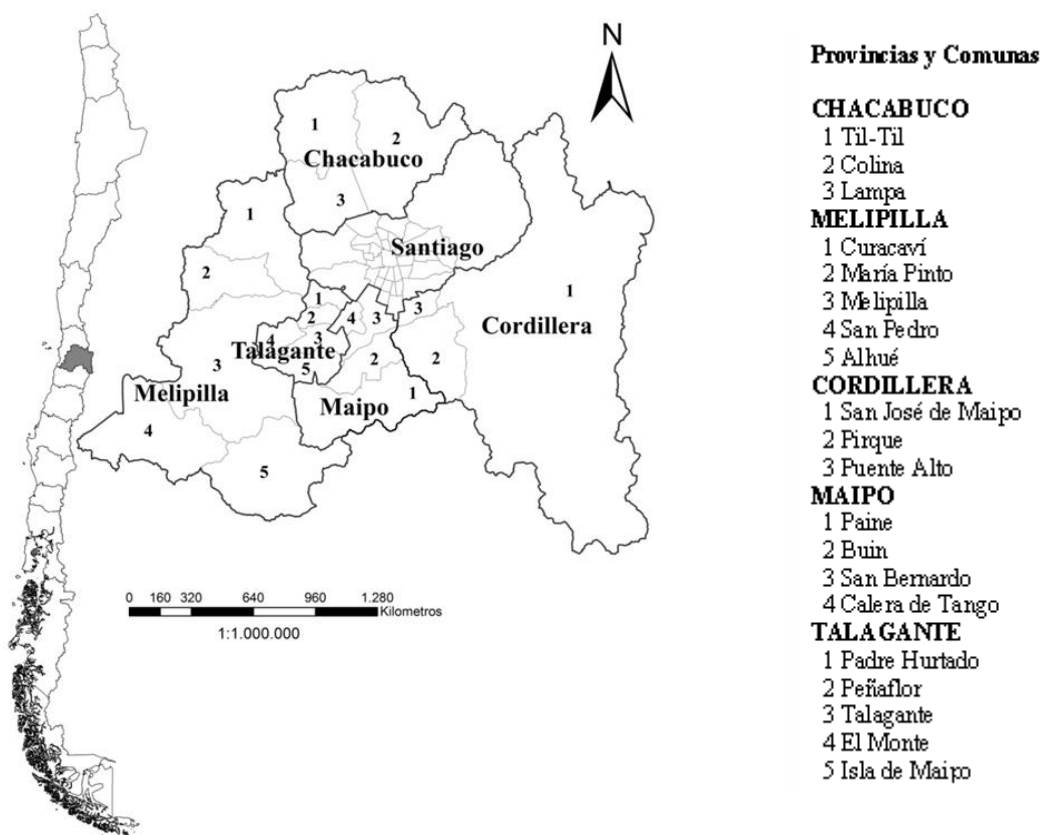


Figura 4.1 Comunas rurales de la RMS.

#### 4.1.4 Coordinación, medidas implementadas y costos para el Estado durante el período 2011 - 2012

Para conocer las medidas implementadas durante una parte de la sequía actual, primero se identificaron los organismos públicos que tienen injerencia en temas relacionados al agua y cuáles son sus competencias frente a la sequía en la región. Estos son cuatro: 1) Gobierno Regional Metropolitano (GORE), 2) Ministerio del Interior, 3) Ministerio de Obras Públicas, 4) Ministerio de Agricultura.

El GORE tiene la facultad de entregar el 5% del Fondo Nacional de Desarrollo Regional para gastos de emergencia, según lo estipula la Ley N°1 sobre gobierno y administración regional.

El Ministerio del Interior cuenta con la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, que coordina el Sistema Nacional de Protección Civil, el que a su vez cuenta con el 'Plan Nacional de Protección Civil', aprobado el 12 de marzo de 2002, el que estipula que al ocurrir una emergencia siempre participa al menos un organismo de respuesta, que se relaciona con el conocimiento y manejo del evento específico, constituyendo un Mando Técnico: "Para el caso de la sequía las acciones iniciales son abordadas por organismos técnicos del sector Agricultura separadamente. Al detectarse la necesidad de abordar el problema más integralmente, se crea una instancia sectorial denominada Comisión Sequía, que puede cumplir acciones concretas con respecto a un mejor aprovechamiento del recurso agua en el sector, entregar forraje, créditos, etc". Respecto a la coordinación ejemplifica que "se detecta que pese a los

esfuerzos y acciones que realiza la Comisión Sequía, el problema de fondo está en el recurso Agua, que no sólo afecta al sector agricultura en su globalidad, sino también a la personas fuera del sector y a la generación de energía. La agricultura no puede resolver el problema del agua por sí sola, por lo tanto adquiere relevancia el Sector Obras Públicas. Esta situación hace sugerir que la instancia de trabajo pase a ser una Comisión Multisectorial, liderada por el sector agricultura (Mando Técnico) conjuntamente o con el apoyo directo del sector Obras Públicas. Aquí se requiere la constitución de la instancia de Coordinación - ONEMI- que maneje la información global y se establezca una relación con otros sectores y la Autoridad, en este caso, Ministro del Interior". Así el Ministerio de Interior cuenta con mecanismos que permiten coordinar a los servicios técnicos con el propósito de mejorar las respuestas.

El Ministerio de Obras Públicas cuenta con la DGA, que tiene la facultad de declarar 'zona de escasez' por períodos máximos de seis meses, no prorrogables. Esta declaración no está asociada a presupuesto, y permite autorizaciones excepcionales y facultades en caso de no haber acuerdo entre los usuarios, ya sea para la distribución o redistribución de las aguas. La primera es proporcional al derecho mientras que la segunda es según necesidades de los usuarios, ya que el Código estipula que todo aquel titular de derechos que reciba menor proporción de aguas que la que le correspondería de conformidad a las disponibilidades existentes, tendrá derecho a ser indemnizado por el Fisco (artículo 314). La Dirección de Obras Hidráulicas tiene injerencia en temas de planificación y diseño de obras de infraestructura de riego y es responsable del Programa Agua Potable Rural (APR). Cuenta con facultades para declarar sistemas de APR en emergencia, en este caso por déficit hídrico.

El Ministerio de Agricultura ha desarrollado un Sistema Nacional de Gestión del Riesgo Agroclimático en el 2008, y busca transitar desde una "gestión de crisis" hacia una "gestión de riesgos", el que busca formular e implementar medidas anticipatorias que disminuyan y/o mitiguen los efectos de un fenómeno climático extremo o catástrofe natural<sup>8</sup>. Ello se concretó con la creación de la Comisión Asesora Nacional de Emergencias Agrícolas y Gestión del Riesgo Climático. A nivel regional se crearon las Comisiones Regionales de Emergencia Agrícola y Gestión del Riesgo Climático (CREA) y la Unidad Nacional de Emergencia Agrícola, permitiendo una mejor articulación técnico-política para la declaración de emergencia agrícola en las comunas donde existen efectos sobre la actividad silvoagropecuaria.

A continuación se describen las medidas implementadas por cada uno de los servicios públicos. Esta información fue obtenida a través de la Ley N°20.285 sobre acceso a la información pública y fue posteriormente corroborada por medio de entrevistas a los correspondientes encargados de los servicios públicos.

#### **4.1.4.1 Gobierno Regional Metropolitano**

En 2012 el Gobierno Regional de la RMS aportó una suma de un millón de dólares para gastos de emergencia, correspondiente al 5% del Fondo Nacional de Desarrollo Regional, cuya administración estuvo a cargo del Instituto de Desarrollo Agropecuario (76%), que atiende a pequeños agricultores y campesinos según se detalla más abajo, y la Secretaría Regional Ministerial del Ministerio de Agricultura (24%).

#### **4.1.4.2 Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública (ONEMI)**

En 2011 la ONEMI gastó 900 mil dólares, equivalente a 13,51% del gasto total de emergencia por condición de déficit hídrico. Un 45,6% fue para Elementos y 54,4% para Recursos Financieros. Los "Elementos" corresponden principalmente a estanques de almacenamiento de agua, mientras que los "Recursos Financieros" se destinan principalmente a la contratación de camiones aljibe.

---

<sup>8</sup> Ministerio de Agricultura, disponible en: [http://www.minagri.gov.cl/agroclimatico/quienes\\_somos.php](http://www.minagri.gov.cl/agroclimatico/quienes_somos.php)

Durante el 2012 (hasta el mes de julio) la ONEMI desembolsó en la RMS algo más de 1 millón de dólares, donde un 22,8% fue para elementos y 77,2% para recursos financieros. En la medida que la crisis se acentúa, aumenta el gasto, especialmente durante la temporada más seca (dic-marzo).

#### 4.1.4.3 Secretaría Regional Ministerial (Seremi) del Ministerio de Agricultura

Esta Secretaría tiene a su cargo el proyecto "Zanjas de Infiltración" que se financia con una parte del dinero entregado por el GORE (16%), y beneficia agricultores de las comunas de Colina, Til-Til, San Pedro y Alhué y cuyo objetivo es lograr 200 hectáreas atendidas y 70.000 metros lineales de zanjas. Las zanjas son excavaciones en el terreno, en zonas de baja precipitación, donde se pueda acumular agua lluvia y que infiltre en el suelo, proporcionando humedad a las plantas durante un periodo más prolongado y recargando los acuíferos. Con ello también se busca activar la mano de obra en las comunidades agrícolas.

#### 4.1.4.4 Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP)

INDAP apoya a los pequeños agricultores, definidos por ley como aquel que explota una superficie no superior a las 12 hectáreas de riego básico, sus activos no superan el equivalente a unos 140.000 dólares, su ingreso proviene principalmente de la explotación agrícola y trabaja directamente la tierra, cualquiera sea su régimen de tenencia<sup>9</sup>. Las medidas correspondieron a riego, mediante el Programa de Obras Menores de Riego, destinado a la ejecución de inversiones que permiten mitigar los efectos del déficit hídrico y cuya modalidad de acción una vez declarada la emergencia agrícola es la "ventanilla abierta", que se caracteriza por la agilización del proceso y aprobando de forma rápida los proyectos o demandas, que se adjudican por orden de llegada. Los tipos de proyectos pueden tener modalidad de obra individual por autoconstrucción, ejecución de obra individual por terceros, ejecución de obra asociada con contratista y adquisición de materiales de riego. También el agricultor puede financiar con este instrumento la profundización y entubamiento de norias, captación y conducción desde vertientes, instalación de estanques, bombas y mangas plásticas, entre otros.

**Tabla 4.2** Organismos, medidas y montos estimados desembolsados por entidades públicas durante la sequía 2011-2012 en la RMS.

Institución	Medida	Monto (US\$)		
		2011	2012	
ONEMI	Recursos Financieros	462,129	783,459	
	Elementos	386,982	230,949	
	<b>Sub-Total</b>	<b>849,111</b>	<b>1,014,409</b>	
Seremi	Zanjas de Infiltración	-	164	
	INDAP	Riego	1,196,352	
Ministerio de Agricultura	SIRSD	-	576,191	
	Bono Incendio	-	38,400	
	Bono Ganadero	-	302,426	
	Bono Apícola	-	103,161	
	Proyecto Microtranques	-	600,000	
	SAG	SIRSD	-	25,048
	<b>Sub-Total</b>	-	<b>2,841,743</b>	
DOH	APR Espinalillo	206,226	-	
	APR Rungue	629,134	-	
	APR La Viluma	-	772,284	
	<b>Sub-Total</b>	<b>835,360</b>	<b>772,284</b>	
<b>Total Anual</b>		<b>1,684,471</b>	<b>4,628,436</b>	
<b>Total 2011-2012</b>		<b>6,312,907</b>		

Fuente: Elaboración propia.

<sup>9</sup> Ley N°18.910 del Instituto de Desarrollo Agropecuario.

#### **4.1.4.5 Dirección de Obras Hidráulicas (DOH)**

La DOH, desde el punto de vista de los sistemas de agua potable rural, concretó tres obras de infraestructura enfocadas en asegurar la dotación de agua potable para los hogares en las comunas de las zonas más afectadas. Dado que la construcción de dichas obras requiere cierto período de tiempo, no es una ayuda inmediata sino de mediano a largo plazo, pero su origen fue la escasez hídrica y el descenso de las aguas subterráneas, lo cual afectó directamente el consumo humano.

La Tabla 4.2 resume las medidas aplicadas y los montos asociados a cada uno de los organismos. La distribución del presupuesto por comuna del Ministerio de Agricultura y la Dirección de Obras Hidráulicas muestra que el 75% se concentra en las comunas de Til-Til, Melipilla y San Pedro. Los beneficiarios del Ministerio de Agricultura se ubican en las comunas de San Pedro, Alhué y Melipilla. Entre éstas, San Pedro lideró el número de beneficiados además de contar con el bono incendio y el proyecto microtranques. La mirada institucional: discursos frente a la escasez hídrica

Con el objetivo de conocer la visión de los organismos centrales frente a las situaciones de escasez hídrica, se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas<sup>10</sup> relacionadas con las acciones y competencias, las dificultades para cada servicio público, la coordinación con los beneficiados y el cambio climático.

Existe una variedad de definiciones de sequía, todas desarrolladas dentro de lo académico y técnico, sin embargo la gestión de un territorio es mucho más compleja y el tema de la sequía no es la excepción, debiendo ponderar aspectos de presupuesto, medidas y acciones, por lo que la declaración de escasez si bien tiene una base técnica se encuentra muy ligada a las medidas que se vayan a implementar, o intervenciones que la misma DGA pudiese llegar a realizar.

Respecto a las medidas y su distribución espacial en la región, coinciden los distintos servicios en que las provincias de Melipilla y Chacabuco son las más afectadas, especialmente aquellos con captaciones superficiales como esteros. También se plantean otros factores que influyen en la forma de enfrentar una sequía, como es el caso los APR y donde la autogestión es clave para el servicio al momento de descubrir problemas de abastecimiento por efecto del déficit hídrico, requiriendo que los mismos servicios controlen los niveles de los pozos y así prevenir si la bomba quede sin agua. Ello es necesario al considerar la pequeña planta profesional a cargo y la gran cantidad de sistemas y sondajes.

Un tema transversal planteado directamente por diversos informantes dice relación con los derechos de aprovechamiento de agua y el mecanismo de acción del Código de Aguas. Todos expusieron la relevancia que poseen hoy en día los derechos tanto en la agricultura como en el agua potable rural. Se asume el mercado del agua como una realidad aún presente en la región y que para obtener nuevos derechos es necesario comprarlos.

En este sentido, los entrevistados plantearon un aspecto relevante del mercado y que tiene que ver con las prioridades en su uso. El Código de Aguas de 1951 estableció prioridades que fueron suprimidas en el Código de Aguas de 1967, aun cuando se mantuvo como prioritario el agua para bebida y servicios de agua potable. En 1981 se eliminaron por completo las prioridades entre los diversos usos de aprovechamiento de nuevo derechos (Peña, 2004), lo cual incide en los conflictos relacionados con el agua (Bauer, 1993), como por ejemplo en el caso de los APR. Anteriormente muchos de estos sistemas se construían para luego solicitar los derechos de aprovechamiento. Hoy es un requisito tenerlos lo cual limita la provisión de este servicio en el sector rural.

A nivel local se llevaron a cabo entrevistas con funcionarios municipales<sup>11</sup> con el objetivo de aproximarnos a la realidad local frente a la escasez hídrica. En general, la acción de los municipios se orienta a la entrega de agua potable para consumo humano. La ONEMI

---

<sup>10</sup> Se entrevistó a diez funcionarios públicos, DGA, ONEMI, DOH, Seremi Ministerio de Agricultura, INDAP, SAG.

<sup>11</sup> Se entrevistaron funcionarios cinco municipios: Alhué, Curacaví, Lampa, Melipilla, San Pedro.

financia el arriendo de camiones aljibes y la compra de estanques de almacenamiento, mientras que el municipio debe adquirir el agua a repartir.

#### **4.1.4.6 Municipios como entidades claves en el conocimiento del territorio y la canalización de medidas para las poblaciones sin acceso al agua**

En algunos casos de municipios estudiados fue posible acceder a información sobre el número de familias afectadas por la sequía, y en otros, el informante entregó una estimación; Melipilla, 4018 personas, Alhué 1100 personas, Curacaví 300 personas, en San Pedro, un 50% de la población no tenía acceso al agua (4,200 personas)<sup>12</sup>, y en Lampa alrededor de 5000 personas estaban en la misma situación. Si bien los datos son mayoritariamente una estimación, concuerdan en que durante el verano hay un notorio aumento de solicitudes para entrega de agua, que pueden incluso triplicarse.

Es importante rescatar las diferencias que muchos informantes identifican como causas de la falta de abastecimiento de agua: i) imposibilidad de obtener agua de las norias durante la sequía, ii) personas que compran terrenos sin acceso a agua, por lo que son más económicos y luego acuden al municipio a solicitar agua potable.

#### **4.1.4.7 Costos asumidos por los municipios debido a la sequía**

Otro tema importante son los costos asociados con la sequía que deben asumir los municipios: principalmente el agua, combustible y chofer y operario. Considerando el estándar que plantea la ONEMI y que fue coincidente con todos los informantes, se entregan aproximadamente 2000 litros de agua a la semana para una familia (promedio de 4 integrantes), es decir 71 litros por persona al día. Los costos del agua informados son 1.4 dólar/m<sup>3</sup> en Melipilla, 2.2 en Alhué<sup>13</sup>, San Pedro es apoyado sin costo con pozos de la empresa Agrosuper además de contar con uno propio del municipio, activo desde el 9 de febrero 2012. Lampa tiene costos variables que van desde US\$0.4 hasta 1.6/m<sup>3</sup>. El costo del combustible asciende a unos 200 dólares semanales.

### **4.1.5 Notas Finales**

Hemos podido comprobar que frente a eventos de gran impacto social y económico, cada institución del Estado funciona, se articula y rige por legislaciones independientes. Las coordinaciones siguen siendo principalmente entre organismos o servicios del mismo Ministerio, lo que dificulta las acciones durante los períodos de sequía, especialmente en temas cruciales como el de los derechos de aprovechamiento de agua.

A pesar que mucho se ha insistido en años recientes, y con posterioridad al gran desastre ocasionado por el terremoto de Febrero 2010, la acción de la ONEMI permanece centrada en medidas reactivas, y percibe la sequía como algo momentáneo. Sus acciones corresponden principalmente a la entrega de agua y ciertos elementos que ayudan a paliar sus efectos, tales como la entrega de dinero o de especies como alimento para el ganado. Medidas como zanjas de infiltración para los acuíferos y micro-tranques de acumulación de agua, fueron proyectos nuevos, generados a partir de las demandas de los mismos agricultores.

Por otra parte, el mercado del agua requiere mejorar el nivel de inscripción legal de los derechos de aprovechamiento y contar información de acceso público al respecto. Esta debilidad dificulta la ayuda a los agricultores y el acceso a beneficios del Estado (por ejemplo: financiamiento para mejoramiento de la infraestructura de riego).

Respecto de las municipalidades, éstas deben asumir gastos que no les corresponden pues carecen de facultades para perforar pozos y entregar agua. La compra de agua a precios elevados, las obliga a destinar importantes partidas presupuestarias con este fin, en circunstancias que las comunas rurales afectadas por la sequía corresponden por lo

---

<sup>12</sup> Se tomó como referencia el resultado preliminar del Censo de Población y Vivienda 2012

<sup>13</sup> Existe ayuda por parte de ONEMI en la compra de agua.

general a municipalidades con bajos presupuestos, poco personal profesional, y que carecen de herramientas para plantear soluciones a largo plazo.

## **4.2 Los costos de inacción de la desertificación, degradación de las tierras y la sequía**

Cesar Morales, Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL.

### **4.2.1 Introducción**

El proceso de desertificación, degradación de las tierras y sequía, afecta a lo menos a la mitad de las tierras del mundo donde habitan entre 1.500 y 1.800 millones de personas e implica costos económicos y sociales significativos para quienes sufren este flagelo, como también para los gobiernos.

La estimación de los recursos necesarios para implementar medidas de emergencia e instalar políticas públicas y acciones de más largo aliento, es un proceso complejo y difícil, tanto por las metodologías disponibles para ello, como por la carencia de suficiente información.

Dado que se trata de procesos que obedecen a muchas causas, definir una metodología de aceptación amplia ha sido un proceso arduo que aún no está agotado. De otro lado no siempre está disponible la información necesaria para dichas estimaciones.

Por lo anterior, los países no han contado con las herramientas necesarias para dimensionar adecuadamente la magnitud de los costos que implica la DDTS y por ello los recursos asignados a prevenir, mitigar y combatir los efectos económicos y sociales de la DDTS, no siempre guardan relación con lo que se requiere. Aun cuando no existan restricciones de recursos, la asignación sobre dimensionada de estos puede conducir a ineficiencias importantes.

Pocos son los estudios sobre los costos que implica la DDTS y menos aún para ALC. Desde hace algunos años, la CEPAL junto al PNUD, el Mecanismo Mundial de la UNCCD y la Cooperación Alemana, GIZ, han venido trabajando en esta temática a fin de aportar a la toma de decisiones en los procesos de asignación de recursos para el combate a la DDTS. Otro tanto ha venido haciendo la Iniciativa The Economics of Land Degradation (ELD) que ha desarrollado y puesto a punto una metodología conocida como Valor Económico Total para estimar los costos de la DDTS.

A continuación se presentan un resumen de las metodologías posibles de aplicar a distintas escalas según la información disponible con los resultados obtenidos

Cuando están disponibles los microdatos de los censos agropecuarios, es posible realizar un análisis de corte transversal que permite comparar regiones y grupos de unidades productivas afectadas y no afectadas por la DDTS y por diferencia, establecer los costos de esta situación. También es posible estimar mediante el método de las fronteras económicas eficientes, la producción que hubiera sido posible alcanzar en las áreas afectadas, si estas no estuvieran afectadas por problemas de DDTS.

Si no se cuentan con datos microcensales de un censo reciente, muchas veces es posible contar con series temporales de datos sobre producción y áreas, y por tanto de rendimientos. Las diferencias de productividad de las áreas afectadas y no afectadas, permiten establecer valorando a precios de productor, las pérdidas generadas por la DDTS. Tanto la información obtenida como los resultados, deben ser respaldados por talleres de validación con informantes calificados y organizaciones de productores y campesinos de las áreas afectadas.

Idealmente es posible comparar la evolución de los costos de inacción de la DDTS comparando data de dos censos y utilizar métodos como los índices de Tornqvist para medir las diferencias de productividad de áreas afectadas y no afectadas por la DDTS.

Cuando no es posible contar ni con la información censal ni tampoco con series de datos, la cartografía satelital de alta resolución, los informantes calificados y los talleres de validación pueden ser de gran utilidad para avanzar al conocimiento de los costos de la DDTD.



Otra alternativa posible de implementar es la estimación de las pérdidas debido a la erosión neta y otras pérdidas asociadas como agua y biodiversidad si se cuenta con antecedentes para esta última.

## **4.2.2 Los métodos**

### **4.2.2.1 Costos de reemplazo**

Como su nombre lo indica, corresponden a los costos de reemplazar un servicio por la alternativa menos costosa (Adhikari and Nadella, 2011; Nkonya et al., 2011; Requier-Desjardins et al., 2011). Para su determinación se debe estimar la pérdida monetaria del capital natural (suelo) y lo que implicaría reemplazarlo por capital artificial (fertilizantes, nutrientes del suelo), a fin de mantener a un nivel adecuado las funciones del mismo. Como todos los métodos aplicados, éste puede tener algunas limitaciones que deben ser consideradas.

Un problema que puede presentarse es que de acuerdo a algunos expertos, las estimaciones pueden subvalorar o sobre valorar la realidad, por lo cual la validación por expertos calificados, como ocurre con cualquier método, es fundamental. Las causas de este problema pueden radicar en que por lo general se utiliza como patrón de referencia, un estado de degradación cero, lo que nunca ocurre en la realidad (Barbier, 1998).

La subestimación de las pérdidas puede deberse también la escasez o el exceso de precipitaciones lo que puede agravar la pérdida de nutrientes (Craswell et al, 2004), o bien puede ocurrir un exceso de lixiviación debido a las lluvias o el riego. Estas últimas pueden ser por sí mismas un factor limitante tanto o más importante que la propia pérdida de nutrientes. (Bojö, 1996).

Este método usado en conjunto y complementariamente con otros, puede ayudar a establecer la magnitud de los costos de la desertificación y degradación de las tierras, sobre todo cuando no se cuenta con suficiente información.

En el caso de un estudio realizado para Chile por ejemplo, se utilizó información del Censo Agropecuario del 2007 a partir del cual se obtuvieron las superficies cultivadas a nivel de comunas de cada una de las regiones estudiadas. Los fertilizantes aplicados por cultivos, se obtuvieron a partir de las fichas de costos de producción elaboradas por el Ministerio de Agricultura, y de algunos estudios sobre el tema, realizados por otras agencias especializadas, como por ejemplo, la Comisión Nacional de Riego, CNR, el que permitió acceder a información a nivel regional y por áreas homogéneas, que agrupan comunas con características similares. Esta información fue confirmada con especialistas e informantes calificados consultados en los Talleres de Validación realizados en regiones.

### **4.2.2.2 Costos de la erosión y otros costos asociados a ella**

Otro procedimiento consiste en estimar la cantidad de suelo perdido cada año debido a la erosión. A ello se puede agregar el agua contenida en el suelo perdido y la biodiversidad asociada. Dichas pérdidas se relacionan con la reducción de producción o con el valor del.

En esta línea se pueden mencionar los trabajos pioneros de Matallo, H. en Brasil quien ha enfocado su análisis en la medición de los costos de la desertificación y degradación de las tierras a través de la valoración de la erosión, uno de los principales agentes de estos procesos. Un enfoque similar puede encontrarse en un trabajo realizado por R. Estrada, E. Girón y X. Pernnet del Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecoregión Andina (CONDESAN), quienes presentan un método similar basado en las tasas de erosión por tipos de cultivos en ambientes diferentes.

### **4.2.2.3 Funciones de producción y de rendimientos**

Estas se estiman para áreas afectadas y no afectadas por la desertificación y degradación con base a la información de series temporales provistas por las agencias oficiales como

el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Instituto de Estadísticas, oficinas regionales especializadas, organizaciones de productores, etc.

La formulación de los modelos debe respetar las características y restricciones biológicas de los cultivos presentes en las áreas analizadas, particularmente en cuanto se refiere a las variables climáticas. La idea es que los modelos seleccionados, reproduzcan de la mejor forma posible, lo ocurrido en el período cubierto con información histórica. De este modo se obtienen estimaciones de los rendimientos y partir de ellos, de los Valores Brutos de Producción, tanto para áreas afectadas por los procesos de desertificación y degradación de las tierras, como para las áreas no afectadas. El método empleado, ha sido de Mínimos Cuadrados Ordinarios.

Entre las limitaciones de este método, debe tomarse en cuenta el hecho de que al no considerar las posibles modificaciones en los precios, estos modelos que son de tipo Ricardianos pueden sesgar las estimaciones del bienestar (Cline, 1996; Mendelsohn et al., 1994) ya que el supuesto de precios fijos implica normalmente sobreestimar los beneficios y reducir los impactos negativos (Kabubo-Mariara y Karanja, 2007; Maddison et al, 2007).

Las funciones de producción y de rendimientos utilizadas fueron la Trascendental logarítmica conocida comúnmente como translogarítmicas o simplemente Translog, y luego su expresión reducida, la función Cobb – Douglas. Las funciones de rendimiento por su parte, se especificaron en base a variables climáticas considerando la fenología de los cultivos existentes en las áreas afectadas y no afectadas.

Para las funciones de producción las variables explicativas fueron los factores de producción utilizados, es decir, tierra, capital y trabajo. Para las funciones de rendimientos, se consideraron como variables explicativas, las variables climáticas relevantes para los cultivos del área, según su fenología.

De acuerdo a lo anterior, la expresión de la función es la siguiente:

$$\mathbf{VBP} = \alpha + \beta_1 T + \beta_2 K + \beta_3 T + \beta_4 T^2 + \beta_5 K^2 + \beta_6 L^2 + \beta_7 TK + \beta_8 TL + \beta_9 KL + \varepsilon$$

Donde:  $\alpha$  = Coeficiente de posición

$\beta_1$  a  $\beta_9$  = Coeficientes de las variables

T, K, L; factores de producción

$\varepsilon$  = Término de error

#### **4.2.2.4 Productividad Total de Factores medida a través del Índice de Tornquist**

La Productividad Total de Factores (PTF) es una relación entre el valor agregado de todos los productos obtenidos y el conjunto de los insumos y factores productivos utilizados para generarlos. De acuerdo a esta definición, los índices de PTF miden el producto generado por unidad de insumos utilizados, dando de esta manera una idea de la eficiencia. Bottomley y Thirtle (1992), propusieron utilizar este tipo de medidas para analizar la eficiencia de la producción agrícola.

El índice de Tornquist o Tornquist-Divisia o índice Translog, es un número índice exacto para una función de producción trascendental logarítmica o Translog, desarrollada por Christensen y Jorgenson a inicios de los años setenta y que es ampliamente utilizada para la estimación de cambios de la Productividad Total de Factores o PTF en diversos sectores productivos, en especial en la agricultura. El Índice de Tornquist es un derivado de las funciones de producción translogarítmicas que tienen la ventaja de ser poco restrictivas.

Entre sus ventajas está el hecho de que considera precios de los productos para el cada año que se utilice en la comparación, a diferencia de otros índices como el de Laspeyres. Esto podría ser también una desventaja en caso de que dicha información no exista o sea incompleta para los productos analizados. También se considera una ventaja, su flexibilidad ya que no está sujeto a la restricción poco realista de que todos los insumos son sustitutos perfectos en la producción.

El índice de Tornquist se puede describir como la diferencia entre la variación de la producción y las variaciones ponderadas de la utilización de insumos. En otras palabras es una medida relativa de productividad que compara un índice agregado de producto y un índice agregado de factores productivos e inputs. Así las alteraciones de producto que no pueden ser explicadas por variaciones en el uso de insumos, corresponden a cambios en la productividad. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, (USDA) usa el índice de Tornquist para registrar y analizar el comportamiento de la agricultura de ese país y dispone de una serie desde 1947 en adelante. Formalmente el Índice se puede representar de la siguiente forma:

$$\text{Log}(X1 / X0) = \sum (wi1 + Wi0)/2 * \log(xi1 /xi0),$$

Donde X1 = PTF de un año determinado y X0 es la PTF del año anterior y wi = Participación relativa de cada componente del Índice en el valor agregado total ( $Wi = Pi * Xi / \sum pj * Xj$ ).

Para un estudio realizado en la Región Piura del Perú, se utilizó información productiva aportada por la Oficina Regional de Agricultura a nivel de los distritos de cada provincia, y a partir de ella, se estimó el Valor Bruto de Producción (VBP) y el valor de los insumos utilizados para generarlos (Costos totales). En este último agregado se incluyeron además de los insumos clásicos, el trabajo medido en jornadas, así como las horas de maquinarias empleadas y el valor de la tierra utilizada estimada como alquiler de la misma.

Con ambos agregados se construyeron como un proxy el Indicador de Tornquist, la relación entre el VBP y los Costos totales para cada cultivo en cada distrito. Estos se agregaron posteriormente a nivel de distrito y de provincias. Los resultados obtenidos mediante este cociente para una serie de años, da una idea de la evolución experimentada por la actividad analizada en términos de su eficiencia. Los resultados fueron ordenados, sistematizados y luego presentados a los participantes de tres Talleres de Validación realizados en los distritos estudiados con participación de técnicos y especialistas de las Agencias Agrarias, de las Municipalidades, de las Agencias Locales de Agua y representantes de organizaciones de productores.

### 4.2.3 Estimaciones de costos de inacción de la DDTS para algunos países de América Latina: Métodos utilizados y resultados obtenidos

La Tabla 4.3 resume los distintos métodos aplicados en diferentes estudios realizados en varios países de América Latina. Estos como se ha dicho anteriormente, dependen de la información disponible y de su calidad. La experiencia alcanzada gracias a la realización de estos trabajos, da fundamentos a la idea de que siempre es posible hacer algún tipo de estimación en base a los métodos descritos, y que las variaciones no son demasiado grandes en términos de resultados.

**Tabla 4.3** Resumen de métodos aplicados por países.

País	Método	Fuentes de Información
1 – Centroamérica: Panamá, C. Rica, Nicaragua, Honduras, El Salvador, Guatemala, Belice	Análisis de series temporales y Análisis de corte transversal	Series temporales, censos agropecuarios, Data socio económica, Data climatológica
2 – Sud América:		
Chile	Análisis de series temporales y Análisis de corte transversal, Fronteras Económicas Eficientes, Comparación areas desertificadas y no desertificadas	Censos agropecuarios, Series temporales, Data socio económica, Data climatológica
Ecuador	Análisis de series temporales y Análisis de corte transversal, Fronteras Económicas Eficientes, Comparación areas desertificadas y no desertificadas	Censos agropecuarios, Series temporales
Paraguay	Análisis de series temporales Comparación areas desertificadas y no desertificadas	Estadísticas Series Temporales, Data climática, data socio económica
Perú	Análisis de series temporales Comparación areas desertificadas y no desertificadas, Indices de Tornqvist	Estadísticas Series Temporales, Data climática, data socio económica
Haití	Cartografía e informantes calificados	Talleres de validacion GIS
Chile, C. Rica, Ecuador	Erosion y costos asociados	Erosion neta, perdidas de biodiversidad y otros

### 4.2.4 Notas Finales

En la Tabla 4.4 se muestran los resultados resumidos de los estudios realizados a la fecha. Algunos corresponden al año 2011, otros al 2012 y otros al 2014, y han sido realizados con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe de las Naciones Unidas (CEPAL), el Mecanismo Global de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y los Efectos de la Sequía (UNCCD), la Agencia Alemana de Cooperación, (GIZ) y el Joint Research Center (JRC) de la Unión Europea. Los resultados que se presentan, muestran en algunos casos, la sensibilidad de la desertificación y degradación de las tierras al cambio climático.

Los escenarios analizados en este caso son aumentos de temperaturas de 1,5°C y 3°C. Como puede verse, en la línea base, es decir la situación BUS (Business as Usual) que corresponde a un promedio de 1997 a 2010, Guatemala y Bolivia presentan las pérdidas más elevadas. Este último país junto con Paraguay, son a su vez los que presentan la mayor sensibilidad a los aumentos de temperatura de 1,5°C hasta 3°C.

En algunos casos se han realizado dos estudios por país o por región y ello obedece a que ha sido posible acceder a más y mejor información para realizar las estimaciones. Por último cabe señalar que los costos se expresan en términos de costos de inacción, es decir, no hacer nada y dejar que la situación siga tal como está. La expresión de estos costos, es como pérdidas anuales respecto del Producto Interno Bruto del sector agropecuario.

**Tabla 4.4 Países seleccionados de América Latina: costo anual de la desertificación y degradación de las tierras. Resultados como proporción del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola. Línea de base (promedio 1998 – 2010), y escenarios en años 2050 y 2100, escenario a2 (en porcentajes).**

País	Línea de base	Incremento de 1.5°C	Incremento de 3°C
América del Sur			
Bolivia (2013)	15.5	26.8	50.1
Ecuador (2012)	7.6		
Ecuador (2014)	10.4		
Chile (2012)	14		
Chile (2014)			
Paraguay (2012)	6.6	17.6	28.7
Perú (2012)	5.4	13	10.1
Perú, Región de Piura (2012)	13.4		
Perú, Región Piura (2014)			
Centroamérica			
Panamá (2012)	12.4	14.1	15.2
Costa Rica (2012)	8.7	10.2	11.4
Nicaragua (2012)	17.7	18.6	19.9
El Salvador (2012)	9.6	7.2	8.6
Guatemala (2012)	24.3	26.3	27.3
Belice (2012)	12.8	20.7	22.2
Total Centroamérica (2012)	12.4	14.1	15.2

Fuente: Cesar Morales, Los costos de la inacción ante la desertificación y degradación de las tierras en escenarios alternativos de cambio climático, CEPAL, The Global Mechanism, LC/W.499, 2012

Otras Estimaciones realizadas por Matallo, H. el año 2006 y luego el año 2012 utilizando el método de los costos de las pérdidas de suelo y agua debido a la erosión, llegan a los resultados que se indican en la Tabla 4.5.

**Tabla 4.5 Países seleccionados de América Latina: estimación de los costos de la desertificación y degradación de las tierras por el método de las pérdidas de suelo y aguas debido a la erosión.**

País	Áreas en proceso de Desertificación (Millones ha)	Pérdida de suelos (Ton/año)	Costo pérdidas suelos (USD 10.00/ha/año)	Pérdida de agua (Millones m3)	Costo pérdidas de agua (Millones USD)	Costo total (Millones USD)
Argentina	195.4	1465.7	14657.0	293.1	146.6	14803.6
Brasil	66.6	499.2	4991.6	99.8	49.9	5041.5
Colombia	19.4	145.1	1451.3	2.9	1.5	1452.8
Costa Rica	0.1	0.4	3.9	0.1	0.0	3.9
Ecuador	7.1	53.0	529.5	10.6	5.3	534.8
El Salvador	0.4	2.7	27.2	0.5	0.3	27.2
México	58.7	440.2	4401.7	88.0	44.0	4445.7
Panamá	1.9	14.1	140.8	2.8	1.4	142.2
Paraguay	1.0	7.5	75.0	1.5	0.8	75.8
Rep. Dominicana	3.3	24.7	246.8	4.9	2.5	249.3
Venezuela	9.9	74.1	741.2	14.8	7.4	748.6
Total	363.5	2726.6	27266.0	519.2	259.6	27525

Fuente: Heitor Matallo Jr., Cesar Morales. Two economic evaluation methods of land degradation and desertification: the convergence of results. UNCCD 2da Conferencia Científica, 2012

Estos resultados si se expresan como proporción del PIB agropecuario, no son muy distintos a los obtenidos por los métodos vistos anteriormente y que se basan en microdatos censales, series de tiempo e información cualitativa provista por informantes calificados.

## 5 Revisión de indicadores utilizados

Olga C. Penalba y Pablo Krieger, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Como se mencionó en secciones previas, el término "vulnerabilidad a la sequía y desertificación" es un concepto complejo que incluye tanto aspectos biofísicos como socio-económicos. Poder sintetizar las múltiples componentes en una escala común en toda Latinoamérica es aún más complejo. Sin embargo, poder brindar indicadores simples que permitan conocer el estado del arte de la vulnerabilidad a la sequía ayudará a identificar regiones vulnerables, con el fin de proponer acciones efectivas de prevención y mitigación.

Un punto de partida sugerido es la necesaria identificación de la ocurrencia de sequía. A partir de las dimensiones geográficas del área de estudio (Latinoamérica) se analizaron distintos índices teniendo en cuenta su flexibilidad, adimensionalidad y simplicidad para ser utilizado por un amplio rango de usuarios. Se consideró el Índice de precipitación estandarizado (SPI: Standardized Precipitation Index por sus siglas en inglés) como el indicador para establecer la ocurrencia de sequía.

Una vez establecida la sequía, es necesario la caracterización de las condiciones de vulnerabilidad de la misma, las cuales deben incluir aspectos económicos, ambientales y sociales. Estas componentes pueden tener relación entre ellos. En la Tabla 4.6 se sintetizan estos diferentes aspectos de la vulnerabilidad: capital natural renovable; capacidad económica; recursos humanos y cívicos; infraestructura y tecnología. El indicador o índice de cada una de estas componentes dependerá de la disponibilidad de esta información. En la Tabla 4.6 se presenta un ejemplo de algunos aspectos relevantes a tener en cuenta para cada uno de los componentes y el indicador que pueda ser utilizado para sintetizarlos.

**Tabla 4.6** Aspectos de la vulnerabilidad: capital natural renovable; capacidad económica; recursos humanos y cívicos; infraestructura y tecnología.

MACRO - MESO - MICRO					
Índice dinámica de la capacidad productiva de la tierra o desertificación por país	Índice de sequía: SPI	Índice Socio-económico	Componente	Aspectos relevantes a la desertificación	Indicador (ejemplos)
			capital natural renovable	influencia positiva / manejo de agua	% área irrigada
			capacidad económica	beneficio económico /riqueza	PIB per capita / costos de inacción
			recursos humanos y cívicos	Desarrollo humano: IDH / población	% alfabetización
			infraestructura y tecnología	Manejo de agua	% infraestructura de agua

Con el fin de promover el interés y la participación pública en los procesos de decisiones y el desarrollo de políticas para mitigar los aspectos adversos de la sequía y desertificación, desde la macro (Latinoamérica), pasando por la meso (país/región) hasta la micro (municipio/comunas) escala se utilizaron las estadísticas censales de los distintos países hasta la información dada por los municipios.

En las Tabellas 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10 se comparan los indicadores que se obtienen de los Censos Nacionales, Censos Sectoriales, Datos de las unidades administrativas menores y generadas por encuestas. En particular se presentan los distintos indicadores para cada una de las componentes y la fuente en donde se puede obtener la información. La misma

fue disgregada desde una escala macro (Latinoamérica), país (p. ej. Argentina) hasta una escala regional (Provincia de Mendoza, Argentina). La provincia de Mendoza fue seleccionada debido a que en ella se concentra más del 50% de la actividad vitivinícola de la región de Cuyo y es una región afectada por la desertificación.

El análisis de estos indicadores permitirá llevar a cabo la evaluación del impacto de la sequía, el establecimiento del contexto de vulnerabilidad ante sequía, para finalmente evaluar y poner en prácticas las estrategias para enfrentar la sequía a partir de un análisis institucional (organismos públicos y privados).



**Tabla 4.7** Indicadores de vulnerabilidad a la escala continental.

América Latina/América Latina y El Caribe/Sudamérica								
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación		Indicador	Unidad	Fuente	Ficha Técnica		
Demográficos y Sociales	Demográficos	Población	Población total, según sexo	Miles de personas, a mitad del año	1	si		
			Tasa de crecimiento de la población por grupos de edad	Tasa anual media, por cada 1000 hab	1	si		
			Relación de dependencia demográfica, por grupos dependientes, según sexo	Porcentaje	1	si		
			Tasa de crecimiento de la población, nacional y por áreas urbana y rural	Tasas anuales medias, por cada 100 hab	1	si		
			Población, por áreas urbana y rural, según sexo	Miles de personas, a mitad del año	1	si		
			Tasa de migración	Tasa por 1000 hab	1	si		
			Estimaciones y proyecciones de población	Numero a mitad de año	2	excel		
	Sociales	Empleo y Remuneraciones		Población económicamente activa, según sexo	Miles de personas de 15 años y más	1	si	
				Tasa de crecimiento de la población económicamente activa	Tasa media anual por cada 100 personas activas al inicio del período	1	si	
				Ingreso medio de la población ocupada urbana en sectores de baja productividad, por sexo	Porcentaje	1	si	
				Tasa de ocupación por sexo y área geográfica	Tasa anual media	1	si	
		Vivienda y Servicios Básicos			Proporción de la población que utiliza fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, por área nacional, urbana y rural	Porcentaje	1	si
					Salud			Proporción de niños menores de 5 años con peso inferior al normal
		Esperanza de vida al nacer, según sexo	Número de años	1				si
		Proporción de la población por debajo del nivel mínimo de consumo de energía alimentaria	Porcentaje	1				si
		Razón de mortalidad materna	Tasa por 100000 nacidos vivos	1				si
		Tasa de mortalidad infantil (IGME)	Tasa por 1000 nacidos vivos	1				si
		Pobreza			Líneas de indigencia y pobreza	Monto mensual por persona	1	si
					Coeficiente de la brecha de pobreza (Banco Mundial)	Índice entre 0 y 1	1	si

América Latina/América Latina y El Caribe/Sudamérica								
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación		Indicador	Unidad	Fuente	Ficha Técnica		
			Coefficiente de la brecha de indigencia y pobreza según área geográfica	Índice entre 0 y 100	1	si		
			Población que vive con menos de 1 y 2 dólares por día, valores de PPA (Banco Mundial)	Porcentaje del total de la población	1	si		
			Población en situación de indigencia y pobreza según inserción laboral y área geográfica.	Porcentaje	1	si		
			Población en situación de indigencia y pobreza según área geográfica (CEPAL)	Porcentaje del total de la población en cada área geográfica	1	si		
		Distribución del Ingreso	Población con ingresos inferiores a distintos porcentajes de la mediana del ingreso per cápita según área geográfica	Porcentaje	1	si		
			Distribución del ingreso laboral de los ocupados, según área geográfica	Porcentaje	1	si		
			Distribución del ingreso de las personas por deciles, según área geográfica	Porcentaje del ingreso nacional total	1	si		
		Económicos	Sector real	Cuentas Nacionales	Brecha Externa, a precios corrientes	Sobre la base de cifras en millones de dólares	1	si
					Producto interno bruto real por habitante por tipo de gasto, a precios de paridad de poder de compra	Dólares de Estados Unidos	1	si
					Consumo Efectivo de los Hogares real por habitante por tipo de gasto, a precios de paridad de poder de compra	Dólares de Estados Unidos	1	si
Precios Internos	Variaciones del índice de precios al consumidor, promedios anuales			Tasas anuales medias	1	si		
Sector externo	Comercio exterior de bienes y servicios			Exportaciones e importaciones anuales de bienes	-	4	no	
			Comercio intrarregional total de bienes	Millones de dólares	1	si		
			Exportaciones intrarregionales de bienes por país de origen	Porcentajes de las exportaciones intrarregionales con respecto a las exportaciones totales	1	si		
			Importaciones intrarregionales de bienes por país de destino	Porcentajes de las importaciones intrarregionales con respecto a las importaciones totales	1	si		
			Exportaciones de productos primarios según su participación en el total	Porcentajes del valor total de las exportaciones FOB de bienes	1	si		
Exportaciones totales de bienes FOB por grupos de productos: productos primarios	Millones de dólares		1	si				

América Latina/América Latina y El Caribe/Sudamérica							
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación		Indicador	Unidad	Fuente	Ficha Técnica	
		Indicadores del sector externo	Exportaciones de bienes por grandes categorías económicas: Alimentos y bebidas	Millones de dólares	1	si	
			Valor de las importaciones totales de bienes y servicios	Millones de dólares	1	si	
			Valor de las exportaciones totales de bienes y servicios	Millones de dólares	1	si	
			Índices de volumen de comercio exterior	Índice 2010 = 100	1	si	
Ambientales	Condiciones Físicas	Información geológica y geográfica	Superficie de aguas continentales	Miles de hectáreas	1	si	
			Índice de Aridez (según UNEP)	Porcentaje de la superficie nacional	6	no	
			Superficie del país	Miles de hectáreas	1	si	
	Cobertura terrestre, ecosistemas y biodiversidad	Cobertura terrestre	Proporción de las áreas terrestres protegidas	Porcentajes	1	si	
			Cambio en la superficie boscosa sobre superficie total de bosques	Miles de hectáreas y porcentaje	1	si	
			Superficie bajo plantaciones forestales	Porcentaje de la superficie de bosques	1	si	
			Tierras arables y de cultivo permanente, per capita	Hectáreas por habitante	1	si	
			Superficie de las áreas terrestres protegidas	Kilómetros cuadrados	1	si	
		Ecosistemas	Superficie de humedales bajo la convención de Ramsar	Hectáreas	1	si	
		Biodiversidad	Índice lista roja de la supervivencia de especies	Índice	1	si	
	Tierra	Usos del suelo	Bosques	Proporción de la superficie cubierta por bosques	Porcentajes	1	si
			Superficie regada	Miles de hectáreas	1	si	
	Recursos Biológicos	Cultivos	Superficie agrícola	Miles de hectáreas	1	si	
			Uso de pesticidas	Kilogramos por hectáreas	1	si	
			Uso de fertilizantes	Kilogramos por hectáreas	1	si	
	Recursos Hídricos	Captación, uso y devolución del agua	Superficie cosechada	Miles de hectáreas	1	si	
			Extracción anual total de agua	Millones de metros cúbicos	1	si	
			Recursos renovables hídricos actuales per capita	Metros cúbicos por habitante	1	si	
	Emisiones de aire	Emisiones de GEI	Extracción de agua como porcentaje del total de recursos hídricos internos	Porcentaje	1	si	
			Emisiones de dióxido de carbono (CO2) (Total, por habitante y por producto interno bruto)	Miles de toneladas de CO2   Toneladas de CO2 por habitante   Toneladas de CO2 por cada 1.000 dólares de PIB a precios constantes de 2005   Tasas de variación	1	si	

América Latina/América Latina y El Caribe/Sudamérica						
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación		Indicador	Unidad	Fuente	Ficha Técnica
		Consumo de sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO)	Consumo de todas las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	Toneladas de potencial de agotamiento del ozono (PAO)	1	si
	Eventos naturales extremos y desastres	Ocurrencia e impactos de eventos naturales extremos y desastres	Ocurrencia e impactos de desastres naturales	Numero	1	si
	Asentamientos Humanos	Acceso a agua, saneamiento y energía	Proporción de la población que utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas, por área nacional, urbana y rural	Porcentaje	1	si
		Condiciones de la vivienda	Población urbana que vive en tugurios	Porcentaje de la población urbana	1	si

**Fuentes:**

- 1 "CEPAL, Estadísticas e Indicadores, [http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB\\_CEPALSTAT/estadisticasIndicadores.asp?idioma=e](http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB_CEPALSTAT/estadisticasIndicadores.asp?idioma=e)"
- 2 " CELADE - División de Población, [http://www.cepal.org/celade/proyecciones/basedatos\\_BD.htm](http://www.cepal.org/celade/proyecciones/basedatos_BD.htm)"
- 3 "CELADE - División de Población, <http://www.cepal.org/celade/depualc/>"
- 4 "BADECEL, División de Estadística y Proyecciones Económicas, <http://interwp.cepal.org/badecel/index.html>"
- 5 "CyT DES Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, [http://www.cepal.org/iyd/website/default\\_004.asp](http://www.cepal.org/iyd/website/default_004.asp)"
- 6 "Observatorio Nacional de la Degradación de Tierras y Desertificación, <http://www.desertificacion.gob.ar/indicadores-descripcion/>"
- 7 "Banco Mundial, Banco de datos mundial, <http://databank.bancomundial.org/data/home.aspx>"
- 8 "Observatorio Mundial de la Salud, Organización Mundial de la Salud, <http://apps.who.int/gho/data/node.country.country-ARG?lang=en>"
- 9 "ONU, Indicadores de los Objetivos de desarrollo del Milenio, <http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Data.aspx>"
- 10 "AQUASTAT database, División de Tierras y Aguas, FAO, <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en>"

**Tabla 4.8** Indicadores de vulnerabilidad a la escala nacional.

Argentina						
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación		Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica
Demográficos y Sociales	Demográficos	Población	Población total, según sexo	Miles de personas, a mitad del año	1	si
			Población, total		7	no
			Tasa de crecimiento de la población por grupos de edad	Tasa anual media, por cada 1000 hab	1	si
			Tasa de crecimiento de la población, nacional y por áreas urbana y rural	Tasas anuales medias, por cada 100 hab	1	si
			Población, por áreas urbana y rural, según sexo	Miles de personas, a mitad del año	1	si
			Relación de dependencia demográfica, por grupos dependientes, según sexo	Porcentaje	1	si
			Crecimiento de la población	Porcentaje anual	7	no
			Population total	Thousands	8	no
			Population proportion under 15	Porcentaje	8	no
			Population proportion over 60	Porcentaje	8	no
			Population median age	Years	8	no
			Población total	Miles de hab	10	no
			Población rural	Miles de hab	10	no
			Densidad de población	Habitantes por km2	10	no
			Población económicamente activa	Miles de hab	10	no
			Población económicamente activa en la agricultura	Miles de hab	10	no
			Población masculina económicamente activa en agricultura	Miles de hab	10	no
			Población femenina económicamente activa en agricultura	Miles de hab	10	no
			Población con acceso al agua potable saludable	Pocentaje	10	no
			Población rural con acceso a agua potable saludable	Pocentaje	10	no
			Población urbana con acceso a agua potable saludable	Pocentaje	10	no
			Población afectada por enfermedades relacionadas con el agua	Miles de hab	10	no
			Indice de Desarrollo Humano (IDH)	el máximo = 1	10	no
			Migración neta		7	no
			Total (recorded + unrecorded) adult (15+ years)	per capita consumption, projected estimates for 2008	8	no
			Densidad de población	Personas por kilómetro	7	no
			Tasa de migración	Tasa por 1000 hab	1	si
			Distribución espacial de la población y urbanización	Habitantes por km2	3	excel
	Sociales	Empleo y Remuneraciones	Población económicamente activa, según sexo	Miles de personas de 15 años y más	1	si
			Tasa de crecimiento de la población económicamente activa	Tasa media anual por cada 100 personas activas al inicio del período	1	si

Argentina					
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación	Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica
		Employment-to-population ratio, both sexes	Percentage	9	no
		Youth unemployment rate, aged 15-24, both sexes	Percentage	9	no
		Youth unemployment rate, aged 15-24, women	Percentage	9	no
		Youth unemployment rate, aged 15-24, men	-	9	no
		Ratio of youth unemployment rate to adult unemployment rate, both sexes	-	9	no
		Ratio of youth unemployment rate to adult unemployment rate, women	-	9	no
		Ratio of youth unemployment rate to adult unemployment rate, men	-	9	no
		Share of youth unemployed to total unemployed, both sexes	-	9	no
		Share of youth unemployed to total unemployed, women	-	9	no
		Share of youth unemployed to total unemployed, men	-	9	no
		Share of youth unemployed to youth population, both sexes	-	9	no
		Share of youth unemployed to youth population, women	-	9	no
		Share of youth unemployed to youth population, men	-	9	no
		Employment-to-population ratio, men	Percentage	9	no
		Employment-to-population ratio, women	Percentage	9	no
		Ingreso medio de la población ocupada urbana en sectores de baja productividad, por sexo	Porcentaje	1	si
		Salario medio real anual	Índice anual medio (2000=100)	1	si
		Tasa de ocupación por sexo y área geográfica	Tasa anual media	1	si
	Vivienda y Servicios Básicos	Mejora de las instalaciones sanitarias	Porcentaje de la población con acceso	7	no
	Vivienda y Servicios Básicos	Mejora en el suministro de agua	Porcentaje de la población con acceso	7	no
	Vivienda y Servicios Básicos	Proporción de la población que utiliza fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, por área nacional, urbana y rural	Porcentaje	1	si
	Salud	Proporción de niños menores de 5 años con peso inferior al normal	Porcentaje	1	si
	Salud	Proporción de la población por debajo del nivel mínimo de consumo de energía alimentaria	Porcentaje	1	si
	Salud	Esperanza de vida al nacer, según sexo	Número de años	1	si
	Salud	Esperanza de vida al nacer, total	Años	7	no
	Salud	Prevalencia de desnutrición, peso para la edad	Porcentaje de niños <5 años	7	no
	Salud	Children under 5 moderately or severely underweight	Percentage	9	no
	Salud	Population undernourished	-	9	no
	Salud	Civil registration coverage of births	Porcentaje	8	no
	Salud	Children under 5 severely underweight	Percentage	9	no
	Salud	Prevalencia de VIH, total	Porcentaje de la población entre 15 y 24 años de edad	7	no
	Salud	Children 1 year old immunized against measles	per 1000 live births	9	no
	Salud	Low-birth-weight newborns	Percentage	8	no

Argentina						
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación	Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica	
		Prevalencia de la subalimentación (promedio de 3 años)	Pocentaje	10	no	
		Número de personas subnutridas (promedio de 3 años)	Miles de hab	10	no	
		Total fertility rate	per woman	8	no	
		Maternal mortality ratio	per 100000 live births	8	no	
		Maternal mortality ratio	per 1000 live births	9	no	
		Adolescent birth rate	Percentage	9	no	
		Children under five mortality rate	Percentage	9	no	
		Infant mortality rate (0-1 year)	Percentage	9	no	
		Tasa de fertilidad, total	Nacimientos por cada mujer	7	no	
		Tasa de mortalidad, menores de 5 años	Por cada 1000	7	no	
		Gasto total en salud como porcentaje del producto interno bruto	Porcentaje	1	si	
		Razón de mortalidad materna	Tasa por 100000 nacidos vivos	1	si	
		Tasa de fertilidad en adolescentes	Nacimientos por cada 1.000 mujeres entre 15 y 19 años	7	no	
		Tasa de mortalidad infantil (IGME)	Tasa por 1000 nacidos vivos	1	si	
			Gasto Público Social	Gasto público social por habitante. Total y por sector	Dólares a precios constantes de 2005	1
		Pobreza	Líneas de indigencia y pobreza	Monto mensual por persona	1	si
			Proporción de la población ocupada con ingresos inferiores a 1 dólar PPA por día	Porcentaje	1	si
			Coeficiente de la brecha de pobreza (Banco Mundial)	Índice entre 0 y 1	1	si
			Coeficiente de la brecha de indigencia y pobreza según área geográfica	Índice entre 0 y 100	1	si
			Population below \$1.25 (PPP) per day	Percentage	9	no
			Proportion of employed people living below \$1 (PPP) per day	Percentage	9	no
			Population below national poverty line, total	Percentage	9	no
			Poverty gap ratio at \$1.25 a day (PPP)	-	9	no
			Poorest quintile's share in national income or consumption	-	9	no
			Tasa de incidencia de la pobreza, sobre la base de la línea de pobreza nacional	Porcentaje de la población	7	no
			Tasa de incidencia de la pobreza, sobre la base de \$1,25 por día (PPA)	Porcentaje de la población	7	no
			Población que vive con menos de 1 y 2 dólares por día, valores de PPA (Banco Mundial)	Porcentaje del total de la población	1	si
			Población en situación de indigencia y pobreza según área geográfica (cifras nacionales)	Porcentaje	1	si
			Índice de Privación Material de los Hogares (IPMH)	-	6	no

Argentina								
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación	Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica			
		Población en situación de indigencia y pobreza según inserción laboral y área geográfica.	Porcentaje	1	si			
			Porcentaje del total de la población en cada área geográfica	1	si			
		Educación	Inscripción escolar, nivel primario	Porcentaje bruto	7	no		
			Total net enrolment ratio in primary education, both sexes	Percentage	9	no		
			Total net enrolment ratio in primary education ,boys	Millions	9	no		
			Total net enrolment ratio in primary education, girls	-	9	no		
			Percentage of pupils starting grade 1 who reach last grade of primary, both sexes	Percentage	9	no		
			Percentage of pupils starting grade 1 who reach last grade of primary ,boys	Percentage	9	no		
			Percentage of pupils starting grade 1 who reach last grade of primary, girls	Percentage	9	no		
			Primary completion rate, both sexes	-	9	no		
			Primary completion rate ,boys	-	9	no		
			Primary completion rate, girls	-	9	no		
			Literacy rates of 15-24 years old, both sexes	-	9	no		
			Literacy rates of 15-24 years old, men	-	9	no		
			Literacy rates of 15-24 years old, women	Percentage	9	no		
		Distribucion del Ingreso	Inscripción escolar, nivel secundario	Porcentaje bruto	7	no		
			Tasa de finalización de la educación de nivel primario, total	Porcentaje del grupo etario correspondiente)	7	no		
			Población con ingresos inferiores a distintos porcentajes de la mediana del ingreso per cápita según área geográfica	Porcentaje	1	si		
			Distribución del ingreso laboral de los ocupados, según área geográfica	Porcentaje	1	si		
		Economicos	Sector real	Cuentas Nacionales	Distribución del ingreso o consumo nacional, por quintiles y deciles de la población (Banco Mundial)	Porcentaje del ingreso o consumo nacional total	1	si
					Distribución del ingreso de las personas por deciles, según área geográfica	Porcentaje del ingreso nacional total	1	si
					Producto interno bruto anual (PIB) por actividad económica a precios constantes en moneda nacional	Moneda nacional	1	si
					Producto interno bruto anual (PIB) por actividad económica a precios corrientes en moneda nacional	Moneda nacional	1	si
Crecimiento del PIB	Porcentaje anual				7	no		
Ayuda oficial neta para el desarrollo y oficial neta recibidas	US\$ a precios actuales				7	no		
Contribución de la agricultura al PIB	Pocentaje				10	no		
Recaudación impositiva	Porcentaje del PIB				7	no		
PIB	US\$ a precios actuales				7	no		
Crédito interno provisto por el sector bancario	Porcentaje del PIB				7	no		
Superávit/déficit de efectivo	Porcentaje del PIB	7	no					



Argentina							
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación	Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica		
		Producto interno bruto anual (PIB) por objeto del gasto a precios constantes en moneda nacional	Moneda nacional	1	si		
		Brecha Externa, a precios corrientes	Sobre la base de cifras en millones de dólares	1	si		
		Precios Internos	Variaciones del índice de precios al consumidor, promedios anuales	Tasas anuales medias	1	si	
		Productividad y costos laborales	Tasa de desempleo trimestral	Porcentaje de la PEA	1	si	
		Estadísticas Sectoriales: Agricultura	Índices de producción de alimentos	Año base: promedio anual trienio 1999-2001=100	1	si	
			Agricultura, valor agregado	Porcentaje del PIB	7	no	
			Índices de producción agrícola	Año base: promedio anual trienio 1999-2001=100	1	si	
		Sector externo	Comercio exterior de bienes y servicios	Exportaciones e importaciones anuales de bienes	-	4	no
				Comercio intrarregional total de bienes	Millones de dólares	1	si
				Exportaciones intrarregionales de bienes por país de origen	Porcentajes de las exportaciones intrarregionales con respecto a las exportaciones totales	1	si
	Exportaciones de bienes y servicios			Porcentaje del PIB	7	no	
	Importaciones de bienes y servicios			Porcentaje del PIB	7	no	
	Importaciones intrarregionales de bienes por país de destino			Porcentajes de las importaciones intrarregionales con respecto a las importaciones totales	1	si	
	Exportaciones de productos primarios según su participación en el total			Porcentajes del valor total de las exportaciones FOB de bienes	1	si	
	Exportaciones totales de bienes FOB por grupos de productos: productos primarios			Millones de dólares	1	si	
	Exportaciones de bienes por grandes categorías económicas: Alimentos y bebidas			Millones de dólares	1	si	
	Indicador		Valor de las importaciones totales de bienes y servicios	Millones de dólares	1	si	
			Valor de las exportaciones totales de bienes y servicios	Millones de dólares	1	si	

Argentina						
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación		Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica
Ambientales	Condiciones Físicas	Información geológica y geográfica	Índices de volumen de comercio exterior	Índice 2010 = 100	1	si
			Superficie de aguas continentales	Miles de hectáreas	1	si
			Cobertura de la Tierra	Porcentaje de la superficie nacional	6	no
			Índice de Aridez (según UNEP)	Porcentaje de la superficie nacional	6	no
			Superficie del país	Miles de hectáreas	1	si
	Cobertura terrestre, ecosistemas y biodiversidad	Cobertura terrestre	Área selvática	Kilómetros cuadrados	7	no
			Proportion of land area covered by forest	Percentage	9	no
			Superficie bajo plantaciones forestales	Porcentaje de la superficie de bosques	1	si
			Tierras arables y de cultivo permanente, per capita	Hectáreas por habitante	1	si
			Cambio en la superficie boscosa sobre superficie total de bosques	Miles de hectáreas y porcentaje	1	si
		Ecosistemas	Superficie de humedales bajo la convención de Ramsar	Hectáreas	1	si
			Terrestrial and marine areas protected to total territorial area	-	9	no
			Terrestrial areas protected to total surface area	Percentage	9	no
			Terrestrial areas protected	Percentage	9	no
			Proportion of species threatened with extinction	Percentage	9	no
			Áreas protegidas terrestres y marinas	Porcentaje del total de la superficie territorial	7	no
			Proporción de las áreas terrestres protegidas	Porcentajes	1	si
			Superficie de las áreas terrestres protegidas	Kilómetros cuadrados	1	si
			Proporción de la superficie cubierta por bosques	Porcentajes	1	si
			Tierra	Usos del suelo	Superficie regada	Miles de hectáreas
	Superficie total	Miles de hectareas			10	no
	Superficie arable	Miles de hectareas			10	no
	Cultivos permanentes	Miles de hectareas			10	no
	Superficie cultivada (superficie arable + cultivos permanentes)	Miles de hectareas			10	no
	% de la superficie total del país cultivada	Pocentaje			10	no
	Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Trigo	Miles de hectareas			10	no
	Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Arroz	Miles de hectareas			10	no
	Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Cebada	Miles de hectareas			10	no
	Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Maíz	Miles de hectareas			10	no
	Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Mijo	Miles de hectareas			10	no
	Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Sorgo	Miles de hectareas			10	no
	Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Otros cereales	Miles de hectareas			10	no
Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Hortalizas	Miles de hectareas	10			no	
Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Soja	Miles de hectareas	10			no	
Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Maní/cacahuetes	Miles de hectareas	10			no	
Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Sésamo/ajonjolí	Miles de hectareas	10			no	

Argentina					
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación	Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica
		Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Girasol	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Papas	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Batata	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Yuca	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Otras raíces y tubérculos (taró, ñame, etc.)	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Legumbres	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Remolacha azucarera	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Caña de azúcar	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Forraje	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Algodón	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Flores	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Tabaco	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Otros cultivos	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo permanente regado: Plátanos	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo permanente regado: Bananos	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo permanente regado: Cítricos	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo permanente regado: Uvas	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo permanente regado: Otras frutas	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo permanente regado: Coco	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo permanente regado: Oliva	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo permanente regado: Palma aceitera	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo permanente regado: Café	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo permanente regado: Té	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo permanente regado: Granos de cacao	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo permanente regado: Pastos y Forraje	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo permanente regado: Caucho	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cosechada de cultivo permanente regado: Otros cultivos	Miles de hectareas	10	no
		% de la producción total de cereales bajo regadío	Pocentaje	10	no
		Superficie equipada para el riego drenada	Miles de hectareas	10	no
		Superficie no equipada para el riego drenada	Miles de hectareas	10	no
		Superficie cultivada drenada: total	Miles de hectareas	10	no
		% de la superficie equipada drenada	Pocentaje	10	no
		% de la superficie cultivada drenada	Pocentaje	10	no
		Zona de agricultura de conservación	Miles de hectareas	10	no
		Zona de agricultura de conservación como % de la superficie arable	Pocentaje	10	no
		Superficie salinizada por el riego	Miles de hectareas	10	no
		% de la superficie equipada para el riego salinizada	Pocentaje	10	no
		Superficie encharcada por el riego	Miles de hectareas	10	no
		Superficie potencial de riego	Miles de hectareas	10	no

Argentina					
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación	Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica
		Superficie equipada para el riego con dominio total: riego por superficie	Miles de hectareas	10	no
		Superficie equipada para el riego con dominio total: riego por aspersión	Miles de hectareas	10	no
		Superficie equipada para el riego con dominio total: riego localizado	Miles de hectareas	10	no
		Superficie equipada para el riego con dominio total: total	Miles de hectareas	10	no
		Superficie equipada para el riego con dominio total efectivamente regada	Miles de hectareas	10	no
		% de la superficie equipada para el riego con dominio total efectivamente regada	Pocentaje	10	no
		Superficie equipada para el riego: zonas bajas equipadas	Miles de hectareas	10	no
		Superficie equipada para el riego por derivación de crecidas	Miles de hectareas	10	no
		Superficie equipada para el riego: total	Miles de hectareas	10	no
		Superficie equipada para el riego efectivamente regada	Miles de hectareas	10	no
		% de la superficie equipada para el riego efectivamente regada	Pocentaje	10	no
		% de la superficie cultivada equipada para el riego	Pocentaje	10	no
		% de la superficie potencial de riego equipada para el riego	Pocentaje	10	no
		Superficie cultivada en áreas de decrecida de inundaciones no equipadas	Miles de hectareas	10	no
		Humedales y fondos de valles interiores no equipados	Miles de hectareas	10	no
		Superficie total con gestión del agua agrícola	Miles de hectareas	10	no
		% de la superficie con gestión del agua agrícola equipada para el riego	Pocentaje	10	no
		Superficie equipada para el riego: riego con aguas superficiales	Miles de hectareas	10	no
		Superficie equipada para el riego: riego con agua subterránea	Miles de hectareas	10	no
		Superficie equipada para el riego: riego con aguas superficiales y subterráneas mixtas	Miles de hectareas	10	no
		Superficie equipada para el riego: uso directo de agua residual municipal tratada	Miles de hectareas	10	no
		Superficie equipada para el riego: uso directo de agua residual municipal no-tratada	Miles de hectareas	10	no
		Superficie equipada para el riego: uso directo de agua de drenaje agrícola	Miles de hectareas	10	no
		Superficie equipada para el riego: riego con agua desalinizada	Miles de hectareas	10	no
		% de superficie equipada para el riego regada con agua superficial	Pocentaje	10	no
		% de superficie equipada para el riego regada con agua subterránea	Pocentaje	10	no
		% de superficie equipada para el riego regada con agua superficial y subterránea mixta	Pocentaje	10	no
		% de la superficie equipada para el riego regada por uso directo de agua residual municipal tratada	Pocentaje	10	no
		% de la superficie equipada para riego regada por uso directo de agua residual municipal no-tratada	Pocentaje	10	no
		% de la superficie equipada para el riego regada por uso directo de agua de drenaje agrícola	Pocentaje	10	no
		% de superficie equipada para el riego regada con agua desalinizada	Pocentaje	10	no

Argentina						
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación		Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica
			Superficie equipada para el riego por bombeo (agua superficial o subterránea)	Miles de hectareas	10	no
			% de la superficie total equipada para el riego regada por bombeo	Pocentaje	10	no
			Superficie cosechada total de cultivos regados (riego con dominio total)	Miles de hectareas	10	no
			Superficie cosechada de cultivo temporal regado: Total	Miles de hectareas	10	no
			Superficie cosechada de cultivo permanente regado: Total	Miles de hectareas	10	no
			Praderas y pastos permanentes regados	Miles de hectareas	10	no
			intensidad de cultivos regados	Pocentaje	10	no
	Rec. Bio.	Cultivos	Superficie agrícola	Miles de hectáreas	1	si
			Uso de pesticidas	Kilogramos por hectáreas	1	si
			Uso de fertilizantes	Kilogramos por hectáreas	1	si
	Recursos hídricos	Captacion, uso y devolución del agua	Superficie cosechada	Miles de hectáreas	1	si
			Proporción del total de los recursos hídricos utilizados	Porcentajes	1	si
			Recursos renovables hídricos actuales per capita	Metros cúbicos por habitante	1	si
			Precipitación media en profundidad a largo plazo	mm/año	10	no
			Precipitación media en volumen a largo plazo	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
			Índice nacional de precipitación (NRI)	mm/año	10	no
			Agua superficial producida al interno del país	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
			Agua subterránea producida al interno del país	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
			Recursos hídricos internos renovables totales	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
			Recursos hídricos internos renovables totales per cápita	m <sup>3</sup> /hab/año	10	no
			Agua superficial: que entra al país (total)	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
			Agua superficial: caudal total de ríos fronterizos	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
			Agua superficial: caudal contabilizado de ríos fronterizos	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
			Agua superficial: entradas contabilizadas	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
			Agua superficial que sale del país (total)	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
			Agua superficial: total externa renovable	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
			Agua subterránea: que entra al país (total)	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
			Agua subterránea: entradas contabilizadas	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
			Agua subterránea: que sale del país (total)	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
			Agua subterránea: salidas contabilizadas	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
			Recursos hídricos: totales renovables externos	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
			Agua superficial renovable total	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
			Agua subterránea renovable total	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
Recursos hídricos renovables totales			10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no	
Recursos hídricos renovables totales per cápita			m <sup>3</sup> /hab/año	10	no	
Recursos aprovechables: aguas superficiales renovables permanentes			10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no	
Recursos aprovechables: aguas superficiales renovables no permanentes	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no			
Recursos aprovechables: aguas superficiales renovables totales	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no			
Recursos aprovechables: agua subterránea renovables permanentes	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no			

Argentina					
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación	Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica
		Recursos hídricos aprovechables totales	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
		Capacidad total de presas	km <sup>3</sup>	10	no
		Capacidad de presas por cápita	m <sup>3</sup> /hab	10	no
		Extracción de agua agrícola	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
		Extracción de agua industrial	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
		Extracción de agua municipal	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
		Extracción total de agua (suma de sectores)	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
		Extracción de agua para el riego	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
		Necesidades de agua de riego	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
		Extracción de agua agrícola como % de extracción total	Pocentaje	10	no
		Extracción de agua industrial como % de extracción total	Pocentaje	10	no
		Extracción de agua municipal como % de extracción total	Pocentaje	10	no
		Extracción total de agua per cápita	m <sup>3</sup> /hab/año	10	no
		Extracción de agua superficial (primaria y secundaria)	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
		Extracción de agua subterránea (primaria y secundaria)	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
		Extracción total de agua dulce (primaria y secundaria)	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
		Volumen de agua desalinizada producida	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
		Uso directo de agua residual municipal tratada	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
		Uso directo de agua de drenaje agrícola	10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /año	10	no
		Extracción de agua dulce como % de recursos hídricos renovables totales	Pocentaje	10	no
		Proportion of total water resources used	-	9	no
		Extracción de agua como porcentaje del total de recursos hídricos internos	Porcentaje	1	si
		Extracción anual total de agua	Millones de metros cúbicos	1	si
		Extracción anual de agua dulce, total	Porcentaje de recursos internos	7	no
Emisiones de aire	Emisiones de GEI	Emisiones de dióxido de carbono (CO2) (Total, por habitante y por producto interno bruto)	Miles de toneladas de CO2   Toneladas de CO2 por habitante   Toneladas de CO2 por cada 1.000 dólares de PIB a precios constantes de 2005   Tasas de variación	1	si
		Carbon dioxide emissions (CO2)	Percentage	9	no
		Carbon dioxide emissions (CO2)	Percentage	9	no
		Carbon dioxide emissions (CO2)	Thousand metric tons of CO2 (CDIAC)	9	no
		Carbon dioxide emissions (CO2)	Thousand metric tons of CO2 (UNFCCC)	9	no
		Carbon dioxide emissions (CO2)	Metric tons of CO2 per capita (CDIAC)	9	no
		Carbon dioxide emissions (CO2)	Metric tons of CO2 per capita (UNFCCC)	9	no

Argentina						
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación		Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica
		Consumo sustancias agotadoras capade ozono (SAO)	Emisiones de CO2	Toneladas métricas per cápita	7	no
			Consumption of all Ozone-Depleting Substances in ODP metric tons	kg CO2 per \$1 GDP (PPP) (UNFCCC)	9	no
			Consumption of ozone-depleting CFCs in ODP metric tons	per \$1000 GDP (Constant 2005 PPP \$)	9	no
			Consumo de todas las sustancias que agotan la capa de ozono (SAO)	Toneladas de potencial de agotamiento del ozono (PAO)	1	si
	Eventos naturales extremos y desastres	Ocurrencia e impactos de eventos naturales extremos y desastres	Ocurrencia e impactos de desastres naturales	Numero	1	si
	Asentamientos Humanos	Acceso a agua, saneamiento y energía	Consumo de energía eléctrica	kWh per cápita	7	no
			Energy use (kg oil equivalent)	kg CO2 per \$1 GDP (PPP) (CDIAC)	9	no
			Proportion of the population using improved drinking water sources, total	sq. km.	9	no
			Proportion of the population using improved sanitation facilities, total	-	9	no
			Proporción de la población que utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas, por área nacional, urbana y rural	Porcentaje	1	si
		Condiciones de la vivienda	Población urbana que vive en tugurios	Porcentaje de la población urbana	1	si

**Fuentes:**

- 1 "CEPAL, Estadísticas e Indicadores, [http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB\\_CEPALSTAT/estadisticasIndicadores.asp?idioma=e](http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB_CEPALSTAT/estadisticasIndicadores.asp?idioma=e)"
- 2 "CELADE - División de Población, [http://www.cepal.org/celade/proyecciones/basedatos\\_BD.htm](http://www.cepal.org/celade/proyecciones/basedatos_BD.htm)"
- 3 "CELADE - División de Población, <http://www.cepal.org/celade/depualc/>"
- 4 "BADECEL, División de Estadística y Proyecciones Económicas, <http://interwp.cepal.org/badecel/index.html>"
- 5 "CyT DES Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, [http://www.cepal.org/iyd/website/default\\_004.asp](http://www.cepal.org/iyd/website/default_004.asp)"
- 6 "Observatorio Nacional de la Degradación de Tierras y Desertificación, <http://www.desertificacion.gob.ar/indicadores-descripcion/>"
- 7 "Banco Mundial, Banco de datos mundial, <http://databank.bancomundial.org/data/home.aspx>"
- 8 "Observatorio Mundial de la Salud, Organización Mundial de la Salud, <http://apps.who.int/gho/data/node.country.country-ARG?lang=en>"
- 9 "ONU, Indicadores de los Objetivos de desarrollo del Milenio, <http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Data.aspx>"
- 10 "AQUASTAT database, División de Tierras y Aguas, FAO, <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en>"

**Tabla 4.9** Indicadores de vulnerabilidad a la escala regional.

Urbano y rural							
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación		Indicador	Unidad	Fuente	Ficha Técnica	
Demográficos y Sociales	Demográficos	Población	Tasa de crecimiento de la población, nacional y por áreas urbana y rural	Tasas anuales medias, por cada 100 hab	1	si	
			Sistemas de usos de las tierras secas en Argentina	Porcentaje de la superficie de las tierras secas	6	no	
			Población, por áreas urbana y rural, según sexo	Miles de personas	1	si	
	Sociales	Pobreza	Líneas de indigencia y pobreza	Monto mensual por persona	1	si	
			Population below national poverty line, urban	Percentage	9	no	
			Population below national poverty line, rural	Percentage	9	no	
			Población en situación de indigencia y pobreza según inserción laboral y área geográfica.	Porcentaje	1	si	
			Población en situación de indigencia y pobreza según área geográfica	Porcentaje total de la población	1	si	
			Distribución del Ingreso	Población con ingresos inferiores a distintos porcentajes de la mediana del ingreso per cápita según área geográfica	Porcentaje	1	si
				Distribución del ingreso laboral de los ocupados, según área geográfica	Porcentaje	1	si
Distribución del ingreso de las personas por deciles, por área geográfica	Porcentaje ingreso nacional tot	1		si			
Ambientales	Asentamientos Humanos	Acceso a agua, saneamiento y energía	Proporción de la población que utiliza fuentes mejoradas de abastecimiento de agua potable, por área nacional, urbana y rural	Porcentaje	1	si	
			Proporción de la población que utiliza instalaciones de saneamiento mejoradas, por área nacional, urbana y rural	Porcentaje	1	si	
	Cobertura terrestre, ecosistemas y biodiversidad	Cobertura terrestre	Extensión de las medidas de conservación en las tierras secas Argentina	Porcentaje de unidades de uso	6	no	
			Tasa de crecimiento de degradación de las tierras secas en Argentina	Tendencia los últimos 10 años	6	no	
			Grado de la degradación de tierras secas en Argentina	Intensidad del proceso	6	no	
			Extensión de la degradación de tierras secas en Argentina	Porcentaje de unidades de uso	6	no	

**Fuentes:**

- 1 "CEPAL, Estadísticas e Indicadores, [http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB\\_CEPALSTAT/estadisticasIndicadores.asp?idioma=e](http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB_CEPALSTAT/estadisticasIndicadores.asp?idioma=e)"
- 2 "CELADE - División de Población, [http://www.cepal.org/celade/proyecciones/basedatos\\_BD.htm](http://www.cepal.org/celade/proyecciones/basedatos_BD.htm)"
- 3 "CELADE - División de Población, <http://www.cepal.org/celade/depualc/>"
- 4 "BADECEL, División de Estadística y Proyecciones Económicas, <http://interwp.cepal.org/badecel/index.html>"
- 5 "CyT DES Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, [http://www.cepal.org/iyd/website/default\\_004.asp](http://www.cepal.org/iyd/website/default_004.asp)"
- 6 "Observatorio Nacional de la Degradación de Tierras y Desertificación, <http://www.desertificacion.gob.ar/indicadores-descripcion/>"
- 7 "Banco Mundial, Banco de datos mundial, <http://databank.bancomundial.org/data/home.aspx>"
- 8 "Observatorio Mundial de la Salud, Organización Mundial de la Salud, <http://apps.who.int/gho/data/node.country.country-ARG?lang=en>"
- 9 "ONU, Indicadores de los Objetivos de desarrollo del Milenio, <http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Data.aspx>"
- 10 "AQUASTAT database, División de Tierras y Aguas, FAO, <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en>"



**Tabla 4.10** Indicadores de vulnerabilidad a la escala local.

Mendoza					
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación	Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica
Demográficos y Sociales	Demográficos	Población urbano, rural y rural disperso, según departamento	Numero hab	1	si
		Población urbano, rural y rural disperso por sexo, según departamento	Numero hab	1	si
		Distribución relativa de la población urbana y rural, según departamento	Porcentaje	1	si
		Población por departamento y zona de residencia según grupos quinquenales de edad	Porcentaje	1	si
		Población por zona de residencia según departamento	Porcentaje	1	si
		Población por sexo según departamento	Porcentaje	1	si
		Población por grandes grupos de edad según departamento	Porcentaje	1	si
		Población de 14 años y más por situación conyugal según departamento y zona de residencia	Porcentaje	1	si
		Población por sexo según distrito	Numero hab	1	si
		Población de Mendoza en los Censos Nacionales según Departamento	Numero hab	1	si
		Porcentaje de población urbana según departamento	Porcentaje	1	si
		Población de niños y adolescentes por grupos de edad y sexo según condición de alfabetización	Porcentaje	1	si
		Población de niños y adolescentes por condición de alfabetización según grupos de edad y sexo	Porcentaje	1	si
		Población de niños y adolescentes por grupos de edad y sexo, según condición de alfabetización y región de la provincia	Porcentaje	1	si
		Población de niños y adolescentes por grupo de edad y condición de alfabetización, según departamento y zona de residencia	Porcentaje	1	si
		Población de niños y adolescentes por grupos de edad y sexo según condición de asistencia a establecimiento educativo	Porcentaje	1	si
		Población de niños y adolescentes por grupos de edad y condición de asistencia a establecimiento educativo, según departamento y zona de residencia	Porcentaje	1	si
		Población de niños y adolescentes por grupos de edad según condición de asistencia escolar y condición laboral	Porcentaje	1	si
		Población de 65 años y más según departamento o zona de residencia.	Porcentaje	1	si
		Población de 65 años y más por régimen de tenencia de la vivienda	Porcentaje	1	si
		Población de 65 años y más según haya realizado o no una consulta médica	Porcentaje	1	si
		Población de 65 años y más según haya recibido o no capacitación no formal	Porcentaje	1	si
		Dinámica futura población	Numero hab	1	si
		Estimación de población al 1º de Enero de cada año según zonas y departamentos	Numero hab	1	si
		Estimación de población al 1º de Enero de cada año, por sexo según grupo de edad. Total Provincia de Mendoza	Numero hab	1	si
		Tasa Global de Fecundidad y Estructura de la Fecundidad	Numero hab	1	si
		Porcentaje de migrantes absolutos, internos e internacionales según departamento (Año 1991)	Porcentaje	1	si
Distribución relativa de la población por condición migratoria, según departamento (Año 2001)	Porcentaje	1	si		
Tasas demodinámicas según zonas y departamentos (Años 1991-2000; 2001-2010; 2011-2013)		1	si		
Tasa de alfabetización femenina por área de residencia, urbano o rural, y general por sexo y grupo de edad		1	si		

Mendoza					
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación	Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica
Sociales		Tasa de asistencia de la población femenina de 6 a 24 años por área de residencia, urbana o rural y general por sexo y grupo de edad		1	si
		Población de 25 años y más con estudios universitarios completos, por grupo de edad y sexo	Porcentaje	1	si
	Empleo y Remuneraciones	Tasa de participación en la actividad económica de la población de 14 años y más, por sexo y grupos de edad, según distribución urbana y rural (Años 1991 - 2001)		1	si
		Tasa de participación en la actividad económica de la población de 14 años y más, por sexo, según departamento (Años 1991 - 2001)		1	si
		Empleados según registración por máximo nivel de instrucción alcanzado	Porcentaje	1	si
		Empleados según registración por rama de actividad	Porcentaje	1	si
		Población ocupada por categoría ocupacional según departamento y zona de residencia	Porcentaje	1	si
		Población ocupada por categoría ocupacional y grupos de edad según regiones de la provincia y zona de residencia	Porcentaje	1	si
		Población ocupada por categoría ocupacional y sexo según regiones de la zona de residencia	Porcentaje	1	si
		Población ocupada de 10 y más por grupos de edad según departamento y zona de residencia	Porcentaje	1	si
		Población ocupada de 10 años y más por sexo según departamento y zona de residencia	Porcentaje	1	si
		Población de 10 años y más ocupada según rama de actividad por regiones y zona geográfica	Porcentaje	1	si
		Población de 10 años y más ocupada por rama de actividad según regiones y zona geográfica	Porcentaje	1	si
		Población de 10 años y más ocupada según sector de actividad por sexo y regiones	Porcentaje	1	si
		Población de 10 años y más ocupada por sector de actividad según sexo y regiones	Porcentaje	1	si
		Evolucio de las tasas de emipleo, desempleo y subempleo del gran Mendoza (Años 1984/2003)		1	si
		Tasa de desocupación de la población de 14 años y más según sexo, posición en el hogar y grupos de edad		1	si
		Desocupados según sexo	Porcentaje	1	si
		Tasa de desocupación según máximo nivel de instrucción alcanzado		1	si
		Desocupados según máximo nivel de instrucción alcanzado	Porcentaje	1	si
		Desocupados según edad	Porcentaje	1	si
		Desocupados según registración de su última ocupación como empleados	Porcentaje	1	si
		Desocupados según tiempo de búsqueda	Porcentaje	1	si
		Desocupados según posición en el hogar	Porcentaje	1	si
		Desocupados según motivo de la pérdida de su último empleo	Porcentaje	1	si
		Población Económicamente Activa clasificada por Condición de Actividad y rama de Actividad de la Ocupación Principal según Nivel de Educación	Porcentaje	1	si
		Población Económicamente Activa clasificada por Ingreso Total Individual por Nivel de Educación	Porcentaje	1	si
		Población Económicamente Activa clasificada por condición de actividad, catergoría ocupacional y deciles de ingreso individual, según nivel de educación	Porcentaje	1	si
		Vivienda y Servicios Basicos	Tamaño medio de los hogares según departamento y zona de residencia		1
	Hogares por tipo de hogar		Tipo de hogar	1	si
	Hogares según cantidad de menores de 0 a 14 años en el hogar, por zona de residencia.		Porcentaje	1	si
	Hogares según promedio de años de escolaridad del hogar		Porcentaje	1	si
	Hogares según hacinamiento por cuarto por departamento y zona de residencia		Porcentaje	1	si

Mendoza						
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación	Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica	
	Salud	Hogares y población según percepción o no de Asignación Universal	Porcentaje	1	si	
		Esperanza de vida	Años	1	si	
		Mujeres de 14 años y más por cantidad de hijos e hijas nacidos vivos y promedio de hijos por mujer, según grupo de edad	Numero	1	si	
		Mujeres de 14 años y más, total de hijos nacidos vivos y total de hijos sobrevivientes, según grupo de edad de las mujeres	Numero	1	si	
		Evolucion de las tasas de mortalidad general por año según departamento		1	si	
		Fetales Tardías Registradas en la Provincia según lugar de Residencia de la Madre		1	si	
		Defunciones de menores de un año registradas en la provincia, según departamento de residencia de la madre		1	si	
		Tasas de mortalidad infantil, según departamento de residencia de la madre		1	si	
		Defunciones infantiles según criterios de reducibilidad		1	si	
		Tasa de mortalidad infantil según departamento de residencia de la madre		1	si	
		Promedios móviles cuatrienales		1	si	
		Tasas de mortalidad materna		1	si	
		Tasa de mortalidad materna, según departamento de residencia de las madres	casos en miles demujeres	1	si	
		Evolución tasa de natalidad según departamento	Numero	1	si	
		Nacidos vivos registrados, por año de nacimiento, según departamento de residencia de la madre	Numero	1	si	
		Nacimientos Vivos registrados por peso al nacer según edad de la madre	Numero	1	si	
		Porcentaje de Nacidos vivos con bajo peso al nacer según edad de la madre	Porcentaje	1	si	
		Pobreza	Población por Necesidades básicas insatisfechas según departamento y zona de residencia	Porcentaje	1	si
			Hogares por Necesidades básicas insatisfechas según departamento y zona de residencia	Porcentaje	1	si
			Indigencia en hogares y personas. Total aglomerados urbanos	Porcentaje	1	si
	Hogares y población, en hogares particulares, bajo la línea de indigencia y tamaño medio de los hogares, según onda		Porcentaje	1	si	
	Hogares y población, en hogares particulares, bajo la línea de pobreza (por onda de EPH. Octubre 1991 a Mayo 2003)		Porcentaje	1	si	
	Valores de la canasta Básica de Alimentos para un adulto equivalente		ARS	1	si	
	Serie Inversa del Coeficiente de Engel para un adulto equivalente					
	Valores de la Canasta Básica Total para un adulto equivalente		ARS	1	si	
	Serie Histórica valor de la Canasta Básica de Bienes y Servicios, Ingresos de la Población Pobre y Brecha de Pobreza Per Cápita		ARS	1	si	
	Porcentaje de Hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas según departamento		Porcentaje	1	si	
	Porcentaje de Población con Necesidades Básicas Insatisfechas según Departamento		Porcentaje	1	si	
	Hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas por cantidad de indicadores de privación, según departamento.		Porcentaje	1	si	
	Hogares particulares por cantidad de personas por cuarto, según departamento	Porcentaje	1	si		

Mendoza						
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación	Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica	
	Educación	Tasa de analfabetismo por sexo, según área urbana/rural (Población de 10 años y más) Años 1980,1991,2001,2010				
		Tasa de analfabetismo de la población de 10 años y más, por sexo y departamento (Años 1991, 2001, 2010)				
		Población de 15 años y más con educación incipiente o nula por grupos de edad, sexo y departamento (Año 2001)	Numero de hab.	1	si	
		Matricula por año y sector, según departamento	Numero inscriptos	1	si	
		Población que asiste a algún establecimiento educativo por nivel de enseñanza, departamento	Porcentaje	1	si	
		Tasa neta de escolarización por nivel de enseñanza, según departamento		1	si	
		Tasas de retención y desgranamiento del nivel primario común/EGB por cohorte, departamento	Porcentaje	1	si	
		Alumnos por nivel de enseñanza y sector (Años 2000 - 2008)	Porcentaje	1	si	
		Unidades educativas por nivel de enseñanza y sector (Años 2000 - 2008)	Porcentaje	1	si	
		Población de 10 años y más por condición de alfabetismo según departamento	Porcentaje	1	si	
		Población que asiste a Preescolar, EGB, Polimodal o Educación Especial por tipo de escuela a la que asiste según departamento y zona de residencia	Porcentaje	1	si	
		Población que asiste a Preescolar, EGB, Polimodal o Educación Especial por tipo de comida que recibe según departamento y zona de residencia	Porcentaje	1	si	
		Matrícula de Nivel Inicial por año y sector, según departamento	Numero inscriptos	1	si	
		Indicadores seleccionados del nivel Educación General Básica según departamento		1	si	
		Porcentaje de repitentes del nivel Educación General Básica por grado, según departamento (Años 2001-2008)	Porcentaje	1	si	
		Repitencia en 8º y 9º de Educación General Básica 3 y Nivel Medio por año, según departamento (Años 2001-2010)	Porcentaje	1	si	
		Distribucion del Ingreso	Ingresos medios por departamentos	ARS	1	si
			Ingreso individual medio por sexo según departamento	ARS	1	si
	Ingreso individual medio por nivel educativo según departamento		ARS	1	si	
	Ingreso medio de la ocupación principal según categoría ocupacional		ARS	1	si	
	Ingreso medio de la ocupación principal según calificación ocupacional		ARS	1	si	
	Ingreso horario de la ocupación principal según rama de actividad		ARS	1	si	
	Ingreso horario de la ocupación principal según máximo nivel de instrucción alcanzado y brecha		ARS	1	si	
	Ingreso horario de la ocupación principal según sexo y brecha entre ambos		ARS	1	si	
	Evolución del ingreso medio, nominal y real de los ocupados, proveniente de la ocupación principal		ARS	1	si	
	Participación de los estratos en el ingreso de los ocupados, proveniente de la ocupación principal		ARS	1	si	
	Población Ocupada según escala de ingreso de la Ocupación Principal		Numero hab	1	si	
	Participación de los estratos en el ingreso total individual		Porcentaje	1	si	
	Evolución del ingreso individual medio, nominal y real, según estrato	ARS	1	si		
	Población Total según escala de ingreso individual	Numero hab	1	si		

Mendoza						
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación	Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica	
		Evolución Índice de Gini		1	si	
		Ingreso medio per capita familiar por estrato	ARS	1	si	
		Evolución del ingreso per cápita familiar medio, nominal y real, según estrato	ARS	1	si	
		Porcentaje de personas, tamaño medio del hogar y participación en el ingreso total por estrato.	Porcentaje	1	si	
		Hogares según escala de ingreso Per-Capita Familiar	Numero Hogares	1	si	
		Hogares según escala de ingreso Total Familiar	Numero Hogares	1	si	
Economicos	Sector real	Cuentas Nacionales	Producto Bruto Geográfico de la Provincia de Mendoza por Departamentos	ARS	1	si
			Producto Bruto Geográfico por Sector - Rama	ARS	1	si
			Valor Agregado Bruto por año y tasa de crecimiento interanual (1991-2013)	ARS	1	si
			Valor Agregado Bruto por año y tasa de crecimiento interanual (1986-1993)	ARS de 1996	1	si
			Valor Agregado Bruto por año y tasa de crecimiento interanual (1970-1985)	ARS de 1970	1	si
			Valores Corrientes de Mercado por año, según sector de actividad (1986-1993)	ARS	1	si
			Valor Agregado por año, según sector de actividad (1986-1993)	ARS de 1986	1	si
			Participación porcentual por año, según sector de actividad (1986-1993)	ARS de 1986	1	si
			Variación Relativa de cada año respecto al año anterior por año según sector de actividad (1987-1993)	ARS de 1986	1	si
			Valor Agregado Bruto por año según sector de actividad	ARS de 1993	1	si
			Valor Agregado Bruto por año según Sectores	ARS	1	si
			Participación Relativa según sector de actividad en el Valor Agregado Bruto	ARS de 1993	1	si
			Participación Relativa según sector de actividad en el Valor Agregado Bruto	ARS	1	si
			Tasa Crecimiento Anual según sector de actividad del Valor Agregado Bruto, Proyección en 2013	ARS de 1993	1	si
			Tasa de Crecimiento Anual según sector de actividad del Valor Agregado Bruto	ARS	1	si
			Valores corrientes de mercado según grandes divisiones (1970-1985)	Australes	1	si
			Valores constantes de 1970 según grandes divisiones (1970-1985)	Australes	1	si
			Participación relativa de las grandes divisiones en el P.B.G. Total (1970-1985)	Australes	1	si
			Variación Relativa de cada año respecto al anterior, según grandes divisiones (1970-1985)	Australes	1	si
			Cooperativas y federaciones, según departamento	Porcentaje	1	si
			Cooperativas, por objeto	Porcentaje	1	si
			Cantidad de Federaciones	Numero	1	si
			Cooperativas de vivienda, según departamento	Porcentaje	1	si
			Cooperativas agropecuarias por actividad que desarrollan	Porcentaje	1	si
			Cooperativas de trabajo por actividad que desarrollan	Porcentaje	1	si
			Cooperativas de provisión de bienes y servicios por actividad que desarrollan	Porcentaje	1	si
			Cooperativas de crédito y seguro por actividad que desarrollan	Porcentaje	1	si
			Gasto de consumo de los hogares por finalidad del gasto	ARS	1	si
			Gasto de consumo de los hogares por quintil de ingreso neto mensual del hogar y finalidad del gasto	ARS	1	si
			Gasto de consumo de los hogares por quintil de ingreso neto mensual per cápita y finalidad del gasto	ARS	1	si
			Gasto de consumo de los hogares por tipo de hogar y finalidad del gasto	ARS	1	si

Mendoza							
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación	Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica		
		Gasto de consumo de los hogares según nivel de educación del jefe del hogar, finalidad del gasto	Porcentaje	1	si		
		Gasto de consumo de los hogares según tenencia de la vivienda	Porcentaje	1	si		
		Producción vitícola y participación relativa. Mendoza y Total del País (2002-2013)		1	si		
		Valor de la producción vitícola. Participación relativa por destino de la uva(2002-2013)		1	si		
		Valor de la producción olivícola en número índice y precio de la aceituna según destino (2001/02-2012/2013)		1	si		
		Valor de la producción frutícola, en número índice y participación relativa por producto (2001/02-2012/13)		1	si		
		Valor de la producción hortícola en número índice y participación relativa por producto (2001/02-2012/13)		1	si		
		Ingresos del sector agrícola en número índice y participación relativa según subsectores (2001/02-2012/13)		1	si		
		Consumo de energía eléctrica según categoría de usuarios		1	si		
		Consumo total de energía eléctrica y variación porcentual respecto del año anterior		1	si		
		Gas entregado en miles de m3 de 9300 kilocalorías, según tipo de usuario	m <sup>3</sup>	1	si		
		Gas entregado en miles de m3 de 9300 kilocalorías y variación porcentual respecto al año anterior	m <sup>3</sup>	1	si		
		Promedio anual de usuarios de gas por categoría	Usuarios	1	si		
		Producción de agua potable y volúmenes evacuados de líquidos cloacales por año	m <sup>3</sup>	1	si		
	Faena bovina, caprina, ovina, porcina	Cabezas de ganado o kilogramo, según índice	1	si			
	Elaboracion de bebidas, alimentos, precios agroindustriales, sector industrial	Según subsector	1	si			
	Sector externo	Comercio exterior de bienes y servicios	Exportaciones de Mendoza por año, según país de destino. Anual	USD	1	si	
			Exportaciones de Mendoza por año, según país de destino. Primer Trimestre	USD	1	si	
			Participación porcentual de las Exportaciones Provinciales en el total de las Exportaciones Argentinas (1984-2012)	Porcentaje	1	si	
			Exportaciones de Mendoza, según grandes rubros seleccionados. Anual		1	si	
			Exportaciones de Mendoza, según grandes rubros seleccionados. Primer semestre		1	si	
			Participación relativa de las exportaciones de Mendoza, según grandes rubros seleccionados. Anual	Porcentaje	1	si	
			Participación relativa de las exportaciones de Mendoza, según grandes rubros seleccionados. Primer Semestre	Porcentaje	1	si	
			Exportaciones por monto y volumen, según Grandes Rubros (2012,2013)		1	si	
			Participación relativa y variación de las exportaciones por monto y volumen, según Grandes Rubros (2013/2012)		1	si	
			Exportaciones por Grandes Rubros, según principales destinos (2013)	USD	1	si	
			Participación relativa de las exportaciones por Grandes Rubros, monto y volumen, según principales destinos(2013)	Porcentaje	1	si	

Mendoza						
Tipo de dato	Aspecto relevante a la desertificación		Indicador	Unidad	Fuente	Ficha técnica
			Exportaciones y participación relativa, según bloque económico de destino (2008-2013)	USD	1	si
			Principales productos exportados y participación relativa en el total exportado (2013)	USD	1	si
			Exportaciones de productos primarios según principales productos (2008-2013)	USD	1	si
			Exportaciones de ajo según principales destinos (2008-2013)	USD	1	si
			Exportaciones de manufacturas de origen agropecuario según principales productos (2008-2013)	USD	1	si
			Exportaciones de vinos en recipientes menores a 2 litros según principales destinos (2008-2013)	USD	1	si
			Exportaciones, Anual	USD	1	si
			Exportaciones, Primer Semestre	USD	1	si
			Principales productos Exportados	USD	1	si
Ambientales	Tierra	Usos del suelo	Superficie cultivada con frutales por departamento según especie	ha	1	si
			Superficie cultivada con hortalizas por departamento según especie	ha	1	si
			Superficie cultivada con forrajeras por departamento según especie	ha	1	si
			Superficie cultivada con aromáticas, medicinales y condimentarias por departamento según especie	ha	1	si
			Superficie cultivada con bosques y montes implantados por departamento según especie	ha	1	si
			Superficie cultivada con cereales para grano por departamento según especie	ha	1	si
			Superficie cultivada con flores de corte por departamento según especie	ha	1	si
			Superficie cultivada con oleaginosas por departamento según especie	ha	1	si
			Superficie cultivada con pastizales por departamento según especie	ha	1	si
			Superficie cultivada para semillas por departamento según especie	ha	1	si
			Superficie implantada bajo cubierta (vivero) por departamento según especie	ha	1	si
			Superficie implantada con vid por jurisdicción y participación relativa (2002-2013)	ha	1	si
			Superficie cultivada con olivo por departamento, según campaña (2007/2008 - 2012/2013)	ha	1	si
			Superficie cultivada con cerezo por departamento, según campaña (2007/2008 - 2012/2013)	ha	1	si
			Superficie cultivada con ciruelo por departamento, según campaña (2007/2008 - 2012/2013)	ha	1	si
			Superficie cultivada con damasco por departamento, según campaña (2007/2008 - 2012/2013)	ha	1	si
			Superficie cultivada con durazno por departamento, según campaña (2007/2008 - 2012/2013)	ha	1	si
			Superficie cultivada con manzano por departamento, según campaña (2007/2008 - 2012/2013)	ha	1	si
			Superficie cultivada con peral por departamento, según campaña (2007/2008 - 2012/2013)	ha	1	si
			Superficie cultivada con almendro por departamento, según campaña (2007/2008 - 2012/2013)	ha	1	si
			Superficie cultivada con nogal por departamento, según campaña (2007/2008 - 2012/2013)	ha	1	si
			Superficie cultivada con ajo por departamento, según campaña (2007/2008 - 2012/2013)	ha	1	si
			Superficie cultivada con cebolla por departamento, según campaña (2007/2008 - 2012/2013)	ha	1	si
Superficie cultivada con papa por departamento, según campaña (2007/2008 - 2012/2013)	ha	1	si			
Superficie cultivada con tomate por departamento, según campaña (2007/2008 - 2012/2013)	ha	1	si			

**Fuentes:**

1. Direccion de Estadísticas e Investigaciones Economicas, Ministerio de Agroindustria y Tecnologia, <http://www.deie.mendoza.gov.ar/>





## **6 Conclusiones**

Este trabajo presenta un abanico de indicadores para evaluar la vulnerabilidad a la desertificación y la degradación de las tierras, con un enfoque sobre los impactos socioeconómicos. Los estudios de caso presentados analizan la utilidad de diversos indicadores utilizados para este tipo de trabajos pero vistos integradamente y adaptados a los propósitos y especificidades de cada estudio. Así mismo se aplican, analizan y evalúan diferentes metodologías aplicadas a diferentes escalas que van desde lo nacional hasta lo local y que pueden ser replicadas fuera de la región latinoamericana y caribeña con los ajustes y adaptaciones pertinentes.

## References

- Adger, W.N. and P.M. Kelly. 1999. Social Vulnerability to Climate Change and the Architecture of Entitlements. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 4: 253-266
- Adhikari, B. & Nadella, K., 2011. Ecological economics of soil erosion: a review of the current state of knowledge. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1219(1), pp.134–152. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1749-6632.2010.05910.x>.
- Aldunce, P. y Gonzalez, M. 2009. Desastres asociados al clima en la agricultura y medio rural en Chile. 118p.
- Arriaga Cabrera, L. (2009). Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. *Investigación ambiental Ciencia y política pública*, 1(1):6-16
- Askew, A. and J. Rooda. 1996. Addressing arid zone problems. *L'hydrologie tropicale: séoscience et outil pour le développement* (Actes de la conférence de Paris, mai 1995). IAHS Publ. no. 238, 1996.
- Avendaño S. and H. Gallardo. 1986. The *Comunidades Agrícolas* of Region IV: A particular Man-Land relationship. Report to the Regional Commission for the Development of the Comunidades on IV Region.
- Bahamondes M., E. Gacitúa, and T. Rivas. 1994. Peasantry, farming systems and environment. The case of the *Comunidades Agrícolas* of region IV, Chile. *Agricultura y Sociedad* 10: 7-52. Investigaciones Agrarias, Universidad Academia de Humanismo Cristiano.
- Bahre, C. 1979. Destruction of the Natural Vegetation of Northern-Central Chile. *Geography*, Vol 23. University of California Press.
- Barbier, E.B., 1998, "The Economics of Soil Erosion: Theory, Methodology and Examples," in E.B. Barbier, (ed.), *The Economics of Environment and Development: Selected Essays*, Edward Elgar, London, pp. 281-307.
- Barbosa H. A. Análise espaço temporal de índice de vegetação AVHRR/NOAA e a precipitação na região nordeste do Brasil em 1982-85. Dissertação de mestrado. Abril 1998, 170p. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: São José dos Campos, Brazil.
- Barbosa, H. A.; Lakshmi Kumar, T. V.; Silva, L. R. M. Recent trends in vegetation dynamics in the South America and their relationship to rainfall. *Natural Hazards*. Vol. 77. Feb. 2015, p. 883-899.
- Baret, F.; Smets, B.; Lacaze, R. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), SPOT/VGT. Product manual user. Version 1. 2015, 24p.
- Bartholomé, E., et al. GLC2000: A new approach to global land cover mapping from earth observation data. *International Journal of Remote Sensing*, 26, 1959, 2005.
- Bauer, C. 1993. Los derechos de agua y el mercado: efectos e implicancias del Código de Aguas chileno de 1981. *Revista de Derecho de Aguas*, volumen IV.
- Blaikie, P., T. Cannon, I. Davis, and B. Wisner. 1994. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. Routledge, London.
- Bojö J. The costs of land degradation in Sub-Saharan Africa. *Ecological Economics* 16 (1996) 161-173. Bojö, J. The economics of land degradation. Theory and applications to Lesotho. *The Stockholm school of economics*, Stockholm, 1991.
- Bonilla, C. 1999. Las sequías en Chile: contexto histórico y consecuencias en el sector silvoagropecuario. 15-22pp. En: Norero, A. y C. Bonilla (Eds). *Las sequías en Chile: causas, consecuencias y mitigación*. Ediciones Pontificia Universidad Católica de Chile. 128p.

- Thirtle, C. & Bottomley, P., 1992. Total Factor Productivity in UK Agriculture, 1967-90. *Journal of Agricultural Economics*, 43(3), pp.381-400. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1477-9552.1992.tb00233.x>.
- Bowker, D. E. et al. Spectral reflectance of natural targets for use in remote sensing studies. Scientific and technical information branch. NASA. Hampton, 1985, 184p.
- Brasil/Instituto De Pesquisa Aplicada. Produto Interno Bruto. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 08 de set. de 2015.
- Brasil/Instituto Nacional Do Semiárido. Estudo de caso: índice de propensão econômica, social e agropecuário no semiárido brasileiro. Campina Grande: Editora Instituto Nacional do Semiárido, 2014, 53p.
- Bravo Peña, L. C., Doode Matsumoto, O. S., Castellanos Villegas, A. E., & Espejel Carbajal, I. (2010). Políticas rurales y pérdida de cobertura vegetal: Elementos para reformular instrumentos de fomento agropecuario relacionados con la apertura de praderas ganaderas en el noroeste de México. *Región y sociedad*, 22(48), 3-35.
- Brown, E. 2005. Sistema de Administración de Agua en Chile. En: Ballesteros, M., E. Brown, A. Jouravlev, U. Küffner y E. Zegarra. Administración del agua en América Latina: situación actual y perspectivas, Santiago. 13-32p.
- Bunce, A.C. 1942. The economics of soil conservation. Ames, IA: Iowa State College Press.
- Burgan, R. E.; Hartford, R. A. Monitoring vegetation greenness with satellite data. United States Department of Agriculture, Forest Service, General technical report INT-297, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, Utah, 1993, 13 p.
- Burrows, J.P. et al. Scanning imaging absorption spectrometer for atmospheric cartography. *Acta Astronaut.* Bremen, vol.35, April 1995, p. 445-451.
- Burton I. 1997. Vulnerability and adaptive response in the context of climate and climate change. *Climatic Change* 36 (1-2): 185-196
- Carrao, H., Barbosa P., Vogt, J. Assessing and mapping drought hazard in Africa and South-Central America with a Meteorological Drought Severity Index (MSDI). Vienna, Austria: European Geosciences Union General Assembly. 2015, 4p. (a)
- Carrao, H., Barbosa P., Vogt, J. Assessing and mapping drought hazard in Africa and South-Central America with a Meteorological Drought Severity Index. *Geophysical Research Abstracts*. Vol. 17, nº. 15453, April 2015 (b)
- Castro, M. and M. Bahamondes. 1986. Surgimiento y transformación del sistema comunitario: Las Comunidades Agrícolas, IV Región, Chile. *Ambiente y Desarrollo* 2 (1): 111-126.
- Cazalac Centro del Agua para zonas áridas de América Latina y el Caribe (2006), "Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de América Latina y El Caribe". Programa Hidrológico Internacional, UNESCO. Documento Técnico No. 3. La Serena, Chile. 58 pp.
- Chauvet Sánchez, M. (1999). La ganadería bovina de carne en México: del auge a la crisis. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Sociología.
- CIREN (Centro de Información sobre Recursos Naturales) 1978: Study on the Agricultural Communes, Region IV. Unpublished Report.
- Ciriacy-Wantrup S. Conservación de los recursos, economía y política. Fondo de Cultura Económica, 1957.
- Cleaver, K. M. and Schreiber, G. A. 1994. Reversing the Spiral: The Population, Agriculture and Environment Nexus in Sub-Saharan Africa. The World Bank, Washington, D.C.

- Cleveland C. J, Resource degradation, technical change, and the productivity of energy use in U.S. agriculture Center for Energy and Environmental Studies and Department of Geography, Boston University.
- Cline, W., 1996. the impact of global warming on agriculture. comment. *American Economic Review*, 86, pp.1309–1312.
- Comisión Nacional de Sequía. 1998. *Sequía 1994-1997 Lecciones y Experiencias*. 78p.
- Comisión Regional de Ganado Caprino*. 1994. Informe sobre Crianza de Ganado Caprino. Unpublished Report to the Regional Governor. La Serena, Chile.
- Cosio, F. 1990. Goat production systems for arid zones in Chile. *Terra Arida* 10: 77-104.
- Craswell, Eric T.; Grote, Ulrike; Henao, Julio; Vlek, Paul L. G. (2004) : Nutrient flows in agricultural production and international trade: Ecological and policy issues, ZEF Discussion Papers on Development Policy, No. 78
- D'Andrea, N. 1997. *Recomposition de l'espace rural de la region de Coquimbo (Chili): problematique de la migration dans les communautés agricoles*. Master's Thesis. Université D'Aix-Marseilles III.
- Dávila, E., Kessel, G., & Levy, S. (2002). El sur también existe: un ensayo sobre el desarrollo regional de México. *Economía Mexicana, nueva época*, 11(2), 205-260.
- Desai, M., A. Sen, and J. Boltvinik.1992. *Indice de progreso social: Una propuesta*. Proyecto Regional para la Superación de la Pobreza. PNUD
- DGA (Dirección General de Aguas). 2004. *Diagnóstico y Clasificación de los Cursos y Cuerpos de Agua según Objetivos de Calidad*. Cuenca del río Maipo. 201p.
- Diao X, Sarpong D. *Cost Implications of Agricultural Land Degradation in Ghana*, IFPRI Discussion Paper 00698, May 2007.
- DOBIE, P. *Poverty and the Drylands*. The Global Drylands Development Partnership, Nairobi, Kenya, UNDP, 2001.
- Downing, T.E. and K. Baker. 2000. *Drought Discourse and Vulnerability*. In: Wilhite (ed) *Drought: A Global Assessment*. Natural Hazards and Disaster Series, Routledge Publishers, U.K.
- Dregne H, and N.T. Chou. *Global desertification dimensions and costs en Degradation and restauration of arid zones*. Lubbock, Texas Tech University, 1992.
- Eakin, H. 2000. *Smallholder Maize Production and Climatic Risk: A Case Study from Mexico*. *Climatic Change* 45: 19-36
- Espinoza G.A. y E.R. Hajek. 1988. *Riesgos climáticos: Evidencias en Chile central*. En: Fuentes E.R. & S. Prenafeta (eds.). *Ecología del paisaje en Chile central*. Estudios sobre sus espacios montañosos: 31-41. Ediciones Universidad Católica. Santiago.
- Estrada, B. W. J. Y S. C. Ortiz. 1982. *Plano de erosión hídrica del suelo en México*. *Revista Geografía Agrícola, Análisis regional de la agricultura* 3: 23-27.
- Felger, R. S., & Moser, M. B. (1976). *Seri Indian food plants: desert subsistence without agriculture*. *Ecology of food and nutrition*, 5(1), 13-27.
- Finan, J. T. and D. Nelson. 2001. *Making rain, making roads, making do: public and private adaptations to drought in Ceará, Northeast Brazil*. *Climate Research*, Vol. 19: 97-108
- Finan, J.T., C.T. West, D. Austin, T. McGuire. 2002. *Processes of Adaptation to Climate Variability: a Case Study from the US Southwest*. *Climate Research* 21: 299-310
- Funk, C. et al. *A quasi-global precipitation time series for drought monitoring*. U.S. Geological Survey Data Series, Technical report, vol. 832, 2014, 4p.
- Funk, Chris, Pete Peterson, Martin Landsfeld, Diego Pedreros, James Verdin, Shraddhanand Shukla, Gregory Husak, James Rowland, Laura Harrison, Andrew Hoell & Joel Michaelsen.

"The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes". *Scientific Data* 2, 150066. doi:10.1038/sdata.2015.66 2015

Gallardo G. 1998. Communal Land Ownership: Remnant of the Past? A Historical-sociological Study of the Agricultural Communities of Chile's Norte Chico. The case of Canela Baja (1600-1998). Doctoral Dissertation. Department of Sociology, University of Uppsala, Sweden.

Gastó J. and D. Contreras. 1979. A desertification case in Northern Chile: The ecosystem and its phytocenosis. Technical Bulletin 42, College of Agriculture, University of Chile.

GDAL. Geospatial Data Abstraction Library. Disponível em: <<http://www.gdal.org/>>. Data de acesso: 03 de jul de 2015

González, C. 1998. Goat herds development in Region IV: data and analysis. PRODECOP, La Serena, Chile.

Guevara, S., y Lira-Noriega, A. (2011). De los pastos de la selva a la selva de los pastos: la introducción de la ganadería en México. *Pastos*, 34(2), 109-150.

Guttman, N. B. Accepting the Standardized Precipitation Index: A calculation algorithm. *Journal American Water Resources Association*, vol.35, nº2, 1999, p. 311-322.

Hallack-Alegria, M. (2011). Análisis de frecuencias de precipitación por la metodología de L-momentos y sus efectos en la cuenca del arroyo de Guadalupe, Baja California, México. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Baja California. Hallack-Alegria, M., Ramirez-Hernandez, J. & Watkins, D.W., 2012. ENSO-conditioned rainfall drought frequency analysis in northwest Baja California, Mexico. *International Journal of Climatology*, 32(6), pp.831–842. DOI: 10.1002/joc.2310.

Hamdy, A. and G. Trisorio-Luzzi. 2008. Drought planning and drought mitigation measures in Mediterranean region. *Options Méditerranéennes, Series A*, No. 80.

Hutchinson, C.F. 1998. Social science and remote sensing in famine early warning. Diana Liverman, Emilio Moran, Ronald Rindfuss, and Paul Stern (eds.) *in* People and Pixels: Linking Remote Sensing and Social Science. National Academy Press. Washington. pp. 189-196.

Huaico Malhue, A., 2014. Modelos de desertificación de cuencas tipo mediterráneo. Universidad de Baja California.

IBGE. Mapa de Biomass e de Vegetação. 2004. Data de acesso: 20/08/2015. Acessado em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomas.shtm>>

IBGE. Censo agropecuário 2006. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo1.asp?z=t&o=3>>. Acesso em: 08 de set de 2015

IBGE. Censo Demográfico 2000. Disponível em: <[http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_estatisticas.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm)>. Acesso em: 08 de set de 2015.

IBGE. Censo populacional 2010. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo1.asp?z=t&o=3>>. Acesso em: 08 de set de 2015.

ILWIS. ILWIS, the free user-friendly raster and vector GIS. Disponível em: <<http://www.ilwis.org/>>. Data de acesso: 03 de jul de 2015.

INDAP (National Institute for Agricultural and Stock Development). 2000. Annual Report. Santiago de Chile.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas). 2007. Censo Silvoagropecuario 2007.

INE (National Institute for Statistics). Censo Agropecuario 1975/76 y Censo Agropecuario 1996/97

INSA, 2014. Estudio de caso: índice de propensión económica, social e agropecuario no semiárido brasileiro, Campina Grande, PB, Brazil: Instituto Nacional do Semiárido.

INSA, 2011. Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro, Campina Grande, PB, Brazil: Editora Instituto Nacional do Semiárido.

IPCC (2014) Summary for policymakers. In: Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea MD, Bilir TE, Chatterjee M, Ebi KL, Estrada YO, Genova RC, Girma B, Kissel ES, Levy AN, MacCracken S, Mastrandrea PR, White LL (eds). Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA

Jackson, R. D.; Huete, A. R. Interpreting vegetation indices. Preventive veterinary medicine. vol. 11, nº3, Amsterdam, p. 185-200, 1991.

Kabubo-Mariara, Jane; Karanja, Fredrick K. 2007. The Economic Impact of Climate Change on Kenyan Crop Agriculture : A Ricardian Approach. Policy Research Working Paper; No. 4334. World Bank, Washington, DC. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/7276>

Kalma, J. and S. Franks. 2003. Rainfall in arid and semiarid regions. Chapter 2. In: Simmers, I (Ed). Understanding water in a Dry Environment. Hydrological processes in arid and semiarid zones. International Association of Hydrogeologists. BALKEMA. Lissier. 15-63.

Kelly M. and N. Adger. and. 2000. Theory and Practice Assessing Vulnerability to Climatic Change and Facilitating Adaptation. Climatic Change 47: 325-352

Klein, R.J.T. and D.C. Maciver. 1999. Adaptation to Climate Variability and Change: Methodological Issues. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 4: 189-198

Kosmas, C., M., Krikby Y N. Geeson. (1999). Manual on key indicator of desertification and mapping environmentally sensitive areas for desertification, European Commission.

Kousky, V.E.; Gan, M.A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. Tellus, vol.36, nº 6, p. 538-551, Dec. 1981.

L. Berry, J. Olson y D. Campbell GM y B, 2003. Assessing the Extent, Cost and Impact of Land Degradation at the National Level: Findings and Lessons Learned From Seven Pilot Case Studies.

La Red, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres. 2001. Bases de desastres DesInventar.

La Red, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres. 2012. Bases de desastres DesInventar. Disponible en: [http://online.desinventar.org/desinventar/#CHL-1257983285-chile\\_inventario\\_historico\\_de\\_desastres](http://online.desinventar.org/desinventar/#CHL-1257983285-chile_inventario_historico_de_desastres). Leído el 9 de octubre de 2012.

Ledin, I. 2000. Rural Development in the goat sector of Region IV, Chile. Unpublished Report UNOPS INT/94/R13.

Lenton, R. 2002. Managing Natural Resources in the Light of Climate Variability. Natural Resources Forum 26: 185-194

LEY DE AGUAS NACIONALES. 2014. [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16\\_110814.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_110814.pdf)

LEYVA C. E I. ESPEJEL. 2014. Conjugando tiempos. Valle de Guadalupe. <http://webfc.ens.uabc.mx/documentos/El%20Valle%20de%20Guadalupe.pdf>

Liverman, D. 1994. Vulnerability to Global Environmental Change. In: Cutler SL (ed) Environmental Risks and Hazards. Prentice Hall, Englewood, NJ.

Lloyd-Hughes, B.; Saunders, M. A. A drought climatology for Europe. *International Journal of Climatology*. Vol.22, nº 13, p.1571–1592, jun 2002.

Maddison, David; Manley, Marita; Kurukulasuriya, Pradeep. 2007. *The Impact of Climate Change on African Agriculture : A Ricardian Approach*. Policy Research Working Paper; No. 4306. World Bank, Washington, DC. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/7510>

Magistro J, and MD Lo. 2001. Historical and human dimensions of climate variability and water resource constraint in the Senegal River Valley. *Climate Research* 19 (2): 133-147.

MAHESH, P., MATHER PM. An assessment of the effectiveness of decision tree methods for land cover classification. *Remote Sensing Environment*. vol. 86, nº 4, p.554–565, aug 2003.

Matallo H. Algunas cuestiones relativas a la economía de la desertificación, En *Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales*. CEPAL, 2005. Capítulo IV.

Matallo H. Glossário de termos e conceitos usados no contexto da UNCCD. Ministério do meio ambiente. Secretaria de Extrativismo de Desenvolvimento Rural Sustentável – SEDR Coordenação de Combate à Desertificação – CTC, 2010.

Mckee, T. B.; Doesken, N. J.; Kleist, J. The relationship of drought frequency and duration of time scales. *Eighth Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society, Anaheim CA, 1993, p.179-186.

Mendelsohn, R., Nordhaus, W. & Shaw, D., 1994. The impact of global warming on agriculture: a Ricardian analysis. *American Economic Review* 1, 84, pp.753–771.

Meza, F.J., D.S. Wilks, S.J. Riha, J.R. Stedinger. 2003. Value of Perfect Forecasts of Sea Surface Temperature Anomalies for Selected Rainfed Agricultural Locations of Chile. *Agricultural and Forest Meteorology* 116: 117-135

Meza, F.J., D.S. Wilks. 2003. Value of Operational Forecasts of Seasonal Average Sea Surface Temperature Anomalies for Selected Rainfed Agricultural Locations of Chile. *Agricultural and Forest Meteorology* 116: 137-158

MIDEPLAN (Ministry of Planning and International Cooperation). 2000. *Poverty and Income Distribution in Chile*. Online. Available HTTP: <http://www.mideplan.cl/>. November 2000.

Morales C. Los costos de la inacción ante la desertificación y degradación de las tierras en escenarios alternativos de cambio climático. (2012). CEPAL y The Global Mechanism of the UNCCD. CEPAL, Documento de Proyecto

Morales C. *Pobreza, desertificación y degradación de los recursos naturales*. (2005), LC/G.2277-P Santiago: CEPAL, 2005. 267 p. (Libros de la CEPAL, n. 87). CEPAL – Colección Documentos de proyectos

Morales C., Aranibar Z. y Dascal G. Los costos de la inacción de la desertificación y degradación de las tierras en el Departamento de Piura, Perú. CEPAL/GIZ. (2014) Documento de Proyecto, CEPAL

Morales C., Aranibar Z., Dascal G. CHILE: LOS COSTOS DE INACCIÓN DE LA DESERTIFICACIÓN Y DEGRADACIÓN DE LAS TIERRAS Resultados de un estudio. (2016). PNUD/CEPAL,

Nkonya E, Gerber N, Baumgartner P, von Braun J, De Pinto A, Graw V, Kato E, Kloos J, Walter T. The Economics of desertification, Land Degradation, and Drought; Toward an Integrated Global Assessment ZEF- Discussion Papers on Development Policy No. 150, Center for Development Research, Bonn, May 2011, pp. 184.

ODEPA (Bureau for Agricultural Planning). 2001. *A State Policy for the Chilean Agriculture during 2000-2010*. Online. Available HTTP: <http://www.odepa.gob.cl/>. January 2001

PAN BRASIL. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/Secretaria de Recursos Hídricos, 2004, 34p.

Patrick, E. 2003. Sequía: Vulnerabilidad y crisis en tierras áridas. Estrategia Internacional para la reducción de desastres.

Peña, H. 2004. Chile. 20 años del Código de Aguas. Mercados (de derechos) de agua: experiencias y propuesta en América del Sur. Comisión Económica para América Latina y el Caribe CEPAL. Serie Recursos Naturales e Infraestructura N°80. 81p.

Peters, A. J. et al. Drought monitoring with NDVI-based standardized vegetation index. Photogrammetric engineering and remote sensing, vol. 68, nº1, p. 71-75, 2002.

Pimentel D, Harvey, C, Resosudarmo P, Sinclair K, Kurz D, Crist S, Shpritz L, Fitton L, Saffourian R, Blair, R. Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits. Excerpts from Science Magazine Vol. 267, February 1995.

PNUD 2015.  
[http://www.mx.undp.org/content/dam/mexico/docs/Publicaciones/PublicacionesReduccionPobreza/InformesDesarrolloHumano/PNUD\\_boletinIDH.pdf](http://www.mx.undp.org/content/dam/mexico/docs/Publicaciones/PublicacionesReduccionPobreza/InformesDesarrolloHumano/PNUD_boletinIDH.pdf)

PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Índice de desenvolvimento humano. 2010. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 08 de ago de 2015.

PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Índice de desenvolvimento humano. 2000. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 08 de ago de 2015.

Ponzoni, F. J. Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: diagnosticando a Mata Atlântica. São José dos Campos, INPE, 2002, 28 p.

Pouget, M-J., E. Caviedes, P. Hamelin, D. Remy, R. Mathieu, V. Lira, and D. Alvarez. 1996. Ambiente árido y desarrollo sustentable: La provincia del Limarí. ORSTOM and Universidad de Chile.

PRODECOP (Project for the Rural Development of the Agricultural Communes and Small Producers in Region IV). 1997. Annual Report.

PRONACOSE, 2015a:  
<http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/Baja%20Calif.%20San%20Luis%20Río%20Colorado.pdf>

PRONACOSE, 2015b:  
<http://www.pronacose.gob.mx/Contenido.aspx?n1=7&n2=2117&n3=2117>

REDAGRES, *Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático* (CYTED, Medellín, Colombia, 2013).

QGIS. Sobre o QGIS. Disponível em: <http://qgis.org/>. Data de acesso: 03 de jul de 2015.

Reilly, J.M. and D. Schimmelpfennig. 1999. Agricultural Impact Assessment, Vulnerability, and the Scope for Adaptation. *Climatic Change* 43: 745-788

Requier-Desjardins M. Investing in recovery of arid land Working paper, international workshop on the cost of inaction and investment opportunities in dry, arid, semi-arid and sub-humid areas. Comité scientifique français de la désertification or CSFD. ROME 2006, 4-5 of December.

Requier-Desjardins M. The economic costs of desertification: a first survey of some cases in Africa *Int. J. Sustainable Development*, Vol. 9, No. 2, 2006. Centre d'Economie et d'Ethique pour l'Environnement et le Développement (C3ED), Université de Versailles St-Quentin-en-Yvelines, France *Ecological Economics* 13 (1995) 185-201.



- Riera P, Mogas J. The economy of soil degradation. European Seminar on Soil Protection for Sustainable Development. Soria, Spain, May 16, 2002.
- Roncoli, C., K. Ingram, P. Kirshen. 2001. The Costs and Risks of Coping with Drought: Livelihoods Impacts and Farmers' Responses in Burkina Faso. *Climate Research* 19: 119-132
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Saint, G. Products-vegetation system. Version 2, 1994. Disponible em: <http://www.spot-vegetation.com>. Data de acesso: 06 de jul de 2015.
- Salcedo, I. H.; Sampaio, E. V. S. B. Matéria orgânica do solo no bioma caatinga. In: Santos, G. S. et al. *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2 Ed. Porto Alegre: Metrópole, p.419-441, 2008.
- Schild J. Supervisors Quatrini S, de Groot R.S. Methodologies for economic valuation of dryland ecosystems. Annex III. Research Paper on Methodologies for Economic Valuation of Drylands.
- Schneider, H.J. 1982. Drought, demography, and destitution: Crisis in the Norte Chico. *Geojournal* 6.2: 111-119.
- Schultze, T.W. 1956. The Economic Test in Latin America. Bulletin 35. New York State School of Industrial and Labor Relations, Cornell University, Ithaca, N. York.
- SEMARNAT, *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México* (ed. 2012, 2013), d [http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_12/03\\_suelos/cap3\\_3.html](http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/03_suelos/cap3_3.html) (Accessed: 19/12/2017).
- SEREMIA (Regional Secretariat for Agriculture).1998. Expenditures of the Regional Commission for Drought 1994-1997. Unpublished Report.
- Singh J, Singh J. P. Land degradation and economic sustainability. *Ecological Economics* 15 (1995) 77-86.
- Smets, B.; Jacobs T.; Swinnen, E. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Product user manual, version 2. 2015, 88p.
- Smit, B., I. Burton, R.J.T. Klein, J. Wandel. 2000. An Anatomy of Adaptation to Climatic Change and Variability. *Climatic Change* 45:223-251
- Soto Mora, C. (2003). La agricultura comercial de los distritos de riego en México y su impacto en el desarrollo agrícola. *Investigaciones geográficas*, (50), 173-195.
- UEA, Unidad de Emergencias Agrícolas. 2003. Fenómenos climáticos.
- Universidad de Chile - GTZ. 2005. Proyecto Bases para el Ordenamiento Territorial Ambientalmente Sustentable de la Región Metropolitana de Santiago (OTAS), Informe Final. 127p.
- Universidad de Chile. 1994. Plan Nacional de Acción para Combatir la Desertificación. Technical Report. Santiago, Chile
- Urrutia, R. y C. Lanza. 1993. *Catástrofes en Chile: 1541-1992*. Editorial La Noria, Santiago. 440p.
- Valdivia, C., E.G. Dunn, C. Jetté. 1996. Diversification as a Risk Management Strategy in an Andean Agropastoral Community. *Amer. J. Agr. Econ.* 78: 1329-1334
- Venables, W. N.; Smith, D. M. R: a programming Environment for Data Analysis and Graphics. Disponible em: <<https://cran.r-project.org>>. Data de acesso: 02 de jul de 2015
- VITO. Data processing-vegetation system. 2010a. Disponible em: <http://www.spot-vegetation.com>. Data de acesso: 08 de set de 2015.

- VITO. The Spectral responses-vegetation system. 2010b. Disponível em: <http://www.spot-vegetation.com>. Data de acesso: 08 de ago de 2015.
- Vogel, C. 1997. Vulnerability and global environmental change. Paper presented at the Regional Workshop on Risk Reduction in Southern Africa, University of the Western Cape, Cape Town
- Way S A 2006. Examining the Linkages Between Poverty and Land Degradation: From Blaming the Poor Towards Recognising the Rights of the Poor in Marginal Dryland Areas. In *Governing Global Desertification. Linking environmental degradation, poverty and participation*, edited by P. M. Johnson, K. Mayrand and M. Paquin. Aldershot, UK: Ashgate.
- Webster, J.B. 1979. Drought and migration: the Lake Malawi Littoral as a region refuge *in* *Proceedings of the Symposium on Drought in Botswana*, M.T. Hinchley (Ed). Published by the Botswana Society in collaboration with Clark University Press
- Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1985). Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water international*, 10(3), 111-120.
- Worster, Donald. *Dust Bowl: The Southern Plains in the 1930s*. New York: Oxford University Press, 1979, 227 p.
- Yohe, G. and R.S.J. Tol. 2002. Indicators for Social and Economic Coping Capacity: Moving Toward a Working Definition of Adaptive Capacity. *Global Environmental Change* 12: 25-40
- Zilberman, D. (2014). The economics of sustainable development. *American Journal of Agricultural Economics*, 96(2), 385-396.



## Lista de cifras

Figura 3.1 a) Mapa de las tierras áridas, semiáridas y subhúmedas secas de México (izquierda) (Gómez y Monterroso, 2013) y b) mapa del índice de desarrollo humano (IDH) 2015 para los estados mexicanos (derecha) (tomado de PNUD, 2015). .....	13
Figura 3.2 Mapa nacional de erosión hídrica 1:50,000 (Sagarpa, Colpos, Inegi, Conafor, 2009).....	14
Figura 3.3 Mapa de México donde con los resultados del monitor de sequía. La zona de estudio de este trabajo muestra sequía extrema. Tomado de: <a href="http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=20&amp;Itemid=74">http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=20&amp;Itemid=74</a> .....	15
Figura 3.4 Resultados del índice de vulnerabilidad a la sequía socioeconómica agrícola de la CC-02 que corresponde en su mayor superficie al estado de Baja California. Los valores muy altos corresponden a la cuenca de Mexicali, la más grande y fronteriza; la cuenca del Valle de Guadalupe sobre el Pacífico al norte y la de San Quintín al sur. Tomado de Pronacose, 2015: <a href="http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/Baja%20Calif.%20San%20Luis%20Río%20Colorado.pdf">http://www.pronacose.gob.mx/pronacose14/contenido/documentos/Baja%20Calif.%20San%20Luis%20Río%20Colorado.pdf</a> . .....	18
Figura 3.5 Mapa del índice de riesgo a la desertificación del Valle de Maneadero (derecha). A la izquierda arriba, el mapa de índice de sensibilidad y abajo el mapa de uno de los indicadores socioeconómicos, el de gestión (Huaico, 2014). .....	20
Figura 3.6 Cuenca del Valle de Guadalupe donde se han realizado múltiples ordenamientos del uso del suelo. A pesar de ellos, su vulnerabilidad a la sequía socioeconómica es muy alta.....	21
Figura 3.7 Gráficas de precipitación RCP para el Valle de Guadalupe. Escenario de estabilización, que llega a un forzamiento radiativo de 4.5 W/m <sup>2</sup> al año 2100, sin haberlo excedido antes (Thomson et al., 2011). Con políticas climáticas (el RCP 8.5 indica que no hay políticas de cambio climático aunque México ya tiene ley de cambio climático, de todas maneras se consideró este escenario). .....	21
Figura 3.8 Precipitación media anual en la Cuenca del Arroyo Guadalupe para intervalos de recurrencia de 20 y 50 años estimados con un período base de 1950-2008 (Hallack-Alegría, 2011). .....	22
Figura 3.9 Parcelas del Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California donde se muestra la inequidad en el reparto de agua subterránea relacionado con la tenencia de la tierra. La sequía es importante pero no tanto como la distribución del agua para uso agrícola. 23	
Figura 3.10 Datos de volumen de agua de los 127 pozos y norias activas del Valle de Guadalupe, Ensenada, Baja California. ....	23
Figura 3.11 Análisis multiescalares para analizar la vulnerabilidad a la sequía y desertificación y ejemplo de dos indicadores socioeconómicos. ....	25
Figura 3.12 Áreas susceptibles a desertificación y núcleos de desertificación en la región del SAB. ....	27
Figura 3.13 Localización del semiárido en el espacio geográfico brasileño. ....	28
Figura 3.14 Delimitación de los biomas (izquierda) y tipo de cobertura vegetal (derecha) del SAB. Fuente: MMA, 2001.....	28
Figura 3.15 Flujograma metodológico del procesamiento del IVDN SPOT. ....	33
Figura 3.16 Representación metodológica del cálculo del MDSI. Fuente: CARRÃO, 2015b. ....	35
Figura 3.17 Comparación de la correlación punto a punto entre SDVI mensual y valores SPI mensuales sobre el SAB para el período 1998-2012. Coeficientes de regresión	

(coeficientes beta) entre SDVI y SPI mayor o menor que 0,6 (um). Los coeficientes de correlación de Pearson (r) entre SDVI y SPI desfase de un atraso de 0-11 meses (b)... 38

Figura 3.18 Comparación de los campos de tendencia de la pendiente entre SDVI (a) y SPI (b) en el SAB para el período 1998-2012. La escala de colores muestra los valores de la pendiente mayor (positivo) o menor (negativas) a 0,02. Tendencias no significativas fueron enmascaradas en gris. La pendiente de la tendencia lineal fue calculada por mínimos cuadrados ordinarios. .... 39

Figura 3.19 Distribución geográfica del índice de riesgo de sequías. En la barra de colores muestran los valores que están relacionados a la intensidad de los riesgos de sequías, donde el riesgo aumenta para los valores próximos de 1 y disminuye con valores próximos de 0. .... 40

Figura 3.20 Distribución espacial de los subíndices de propensión socioeconómica, respecto al nivel y condición. .... 41

Figura 3.21 Correlación de la precipitación, índice de riesgo de sequías y IVDN, para los subíndices de propensión de la condición económica (SIPE), social (SIPs) y agropecuaria (SIPap), y en los niveles 1, 2 y 3. .... 43

Figura 4.1 Comunas rurales de la RMS. .... 56

## Lista de tablas

Tabla 3.1 <i>Algunas de las instituciones y fuentes de información para el análisis de la sequía en México.</i> .....	15
Tabla 3.2 <i>Comportamiento espectral de la vegetación fotosintéticamente activa. Fuente: BOWKER et al, 1985.</i> .....	29
Tabla 3.3 <i>Comportamiento espectral de la vegetación fotosintéticamente activa. Fuente: BOWKER et al, 1985.</i> .....	31
Tabla 3.4 <i>Representación cuantitativa de los municipios respecto a la condición y el nivel de propensión.</i> .....	40
Tabla 3.5 <i>MATRIZ DE VULNERABILIDAD: número de hogares por categoría.</i> .....	52
Tabla 4.1 <i>Años catalogados como secos o de sequías, según autor y la zona afectada.</i> .	55
Tabla 4.2 <i>Organismos, medidas y montos estimados desembolsados por entidades públicas durante la sequía 2011-2012 en la RMS.</i> .....	58
Tabla 4.3 <i>Resumen de métodos aplicados por países.</i> .....	66
Tabla 4.4 <i>Países seleccionados de América Latina: costo anual de la desertificación y degradación de las tierras. Resultados como proporción del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola. Línea de base (promedio 1998 – 2010), y escenarios en años 2050 y 2100, escenario a2 (en porcentajes).</i> .....	67
Tabla 4.5 <i>Países seleccionados de América Latina: estimación de los costos de la desertificación y degradación de las tierras por el método de las pérdidas de suelo y aguas debido a la erosión.</i> .....	68
Tabla 4.6 <i>Aspectos de la vulnerabilidad: capital natural renovable; capacidad económica; recursos humanos y cívicos; infraestructura y tecnología.</i> .....	69
Tabla 4.7 <i>Indicadores de vulnerabilidad a la escala continental.</i> .....	71
Tabla 4.8 <i>Indicadores de vulnerabilidad a la escala nacional.</i> .....	75
Tabla 4.9 <i>Indicadores de vulnerabilidad a la escala regional.</i> .....	86
Tabla 4.10 <i>Indicadores de vulnerabilidad a la escala local.</i> .....	87

## **ANEXO 1. Metodología de cálculo de los subíndices de propensión agropecuaria (SIPap), económica (SIPE) y social (SIPs) en la región del Semiárido de Brasil**

### **Subíndice de condición económica**

Como muestra en la ecuación abajo:

**SE**  $70\%RPC_r < RPC_m < RPC_r$  **E**  $PPIB_a > PPIB_{ar}$ ,  $SIP_e = 2$

**SE**  $RPC_m < 70\%RPC_r$  **E**  $PPIB_{am} > PPIB_{ar}$ ,  $SIP_e = 3$

Donde:

$RPC_m$  – Ingreso per cápita municipal (IPEA, 1999 e 2000);

$RPC_r$  – Ingreso *per cápita* regional, expresada por:

$$RPC_r = \frac{\sum(RPC_m \times Pop_m)}{\sum Pop_m}$$

Donde:

$Pop_m$  – Población del municipio (IBGE, 2000 e 2010).

$PPIB_{am}$  - participación del PIB agropecuario y extractivista del municipio en el PIB municipal, expresada por:

$$PPIB_{am} = \frac{PIB_{am}}{PIB_m} \times 100$$

Donde:

$PIB_{am}$  – Producto interno bruto agropecuaria municipal (IPEA, 2000 e 2010);

$PIB_m$  – Producto interno bruto municipal (IPEA, 2000 e 2010).

$PPIB_{ar}$ – Participación del PIB agropecuario y extractivista de la región en el PIB regional, expresado por:

$$PPIB_{ar} = \frac{\sum PIB_{am}}{\sum PIB_m} \times 100$$

### **Subíndice de la condición de la producción agropecuaria**

Para eso fue utilizada la ecuación lógica a continuación:

**SE**  $PPP_m < PPP_r$  **E**  $PAC_m > PAC_r$  **E**  $DR_m > DR_r$  **E**  $DPO_m > DPO_r$ ,  $SIP_{pa} = 3$

**SE** ( $PPP_m < PPP_r$  **E**  $PPP_m > 70\%PPP_p$ ) **OU**  $PAC_m > PAC_r$  **OU**  $DR_m > DR_r$  **OU**  $DPO_m > DPO_r$ ,  $SIP_{pa} = 2$

Donde:

$PPP_m$  – Productividad, expresada por la relación entre la producción, en toneladas, y el área cosechada, en hectáreas, de los principales productos de la cosecha de temporada en el municipio, dada por la ecuación a seguir. Según el Censo agropecuario del IBGE (2006), el frijol (todas las variedades) y el maíz representaron 79,3% de la producción de la cosecha de temporada en el SAB, excluyéndose del cálculo la producción forrajera y de semillas.

$$PPP_m = \frac{\Sigma(\text{Producción de frijol y maíz})}{\Sigma(\text{Área cosechada de frijol y maíz})}$$

Donde:

$\Sigma$  de frijol y maíz (IBGE, 2006);

$\Sigma$  Área cosechada de frijol y maíz (IBGE, 2006);

Producción nacional de frijol y maíz = 44.755.810t (IBGE, 2006);

Área cosechada nacional de frijol y maíz = 16.285.585 ha (IBGE, 2006);

PPP<sub>r</sub> – Productividad en la región de los principales productos municipales, en las mismas condiciones de PPP<sub>m</sub>, expresada por la ecuación anterior, tomada para todos los municipios de la región:

$$PPP_r = \frac{\Sigma(\text{Producción regional de frijol y maíz})}{\Sigma(\text{Área cosechada regional de frijol y maíz})}$$

PPP<sub>p</sub> – Productividad en el país de los principales productos municipales, en las mismas condiciones de PPP<sub>m</sub>, expresada por la ecuación anterior, tomada para todos los municipios del país:

$$PPP_p = \frac{\Sigma(\text{Producción nacional de frijol y maíz})}{\Sigma(\text{Área cosechada nacional de frijol y maíz})} = 2,7482$$

PAC<sub>m</sub> – Proporción del área cultivada del municipio, expresada por la relación entre el área:

$$PAC_m = \frac{\Sigma(\text{Área cosechada de frijol y maíz del municipio})}{\Sigma(\text{Área del municipio})}$$

PAC<sub>r</sub> – Proporción del área cultivada en la región, expresada por:

$$PAC_r = \frac{\Sigma(\text{Área cosechada de frijol y maíz de la mesorregión})}{\Sigma(\text{Área de la mesorregión})}$$

DR<sub>m</sub> – Densidad de rebaños en el municipio. Tomando en consideración que en el SAB una cantidad representativa de animales es del tipo bovino, caprino y ovino, los números correspondientes a estos, en cabezas, fueron contabilizados para componer la variable. Al área de uso para el rebaño fue calculada a través de la suma de la variable referente al área de pastizales (naturales, plantados degradados y plantados en buenas condiciones), pues no se encuentran datos que se apliquen para el año de 2006, por municipio referente al área exclusiva de pecuaria. Expresada por:

$$DR_m = \frac{\Sigma \text{Número de cabezas de rebaño del municipio caprino, bovino y ovino}}{\Sigma \text{Área de pastizales naturales, plantados degradados y plantados en buenas condiciones del municipio}}$$

Donde:

$\Sigma$  del número de cabezas de caprinos, bovinos y ovinos del municipio (IBGE, 2006);

$\Sigma$  del área de pastizales naturales, plantados degradados y plantados en buenas condiciones del municipio (IBGE, 2006);



DR<sub>r</sub> – Densidad de rebaños por área en la región, expresada por:

$$DR_r = \frac{\sum \text{Número de cabezas de rebaño del municipio caprino, bovino y ovino de la mesorregión}}{\sum \text{Área de pastizales naturales, plantados degradados y plantados en buenas condiciones de la mesorregión}}$$

DPO<sub>m</sub> – Densidad de personas ocupadas en la agropecuaria en el municipio (IBGE, 2006). Para esta variable, el IBGE consideró personal ocupado en establecimientos agropecuarios. Así, la variable referente al área, enfocada a mantener la coherencia para la expresión lógica, también consideró el área de estos establecimientos agropecuarios, expresada por:

$$DPO_m = \frac{\text{Personal ocupado en establecimientos agropecuario del municipio}}{\text{Área de los establecimientos agropecuarios del municipio}}$$

Donde:

Personal ocupado en establecimientos agropecuario (IBGE, 2006);

Área dos establecimientos agropecuarios del municipio (IBGE, 2006);

DPO<sub>r</sub> – Densidad de personas ocupadas en la agropecuaria en la región, expresada por:

$$DPO_r = \frac{\text{Personal ocupado en establecimientos agropecuarios de la mesorregión}}{\text{Área de los establecimientos agropecuarios de la mesorregión}}$$



## **GETTING IN TOUCH WITH THE EU**

### **In person**

All over the European Union there are hundreds of Europe Direct information centres. You can find the address of the centre nearest you at: <http://europa.eu/contact>

### **On the phone or by email**

Europe Direct is a service that answers your questions about the European Union. You can contact this service:

- by freephone: 00 800 6 7 8 9 10 11 (certain operators may charge for these calls),
- at the following standard number: +32 22999696, or
- by electronic mail via: <http://europa.eu/contact>

## **FINDING INFORMATION ABOUT THE EU**

### **Online**

Information about the European Union in all the official languages of the EU is available on the Europa website at: <http://europa.eu>

### **EU publications**

You can download or order free and priced EU publications from EU Bookshop at: <http://bookshop.europa.eu>. Multiple copies of free publications may be obtained by contacting Europe Direct or your local information centre (see <http://europa.eu/contact>).

## JRC Mission

As the science and knowledge service of the European Commission, the Joint Research Centre's mission is to support EU policies with independent evidence throughout the whole policy cycle.



**EU Science Hub**  
[ec.europa.eu/jrc](https://ec.europa.eu/jrc)



@EU\_ScienceHub



EU Science Hub - Joint Research Centre



Joint Research Centre



EU Science Hub



Publications Office

doi:10.2760/239732

ISBN 978-92-79-77700-4