



Fomento de las Capacidades para la Etapa II de

Adaptación al Cambio Climático

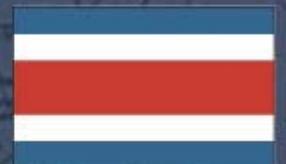
en Centroamérica, México y Cuba

..... La Vulnerabilidad Actual

Costa Rica



Adaptación del Sistema Hídrico al Cambio Climático



**FOMENTO DE LAS CAPACIDADES PARA LA ETAPA II
ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN
CENTROAMÉRICA, MÉXICO Y CUBA**

**ADAPTACIÓN DEL SECTOR HÍDRICO
AL CAMBIO CLIMÁTICO**

***Vulnerabilidad Actual de la zona noroccidental
del Valle Central de Costa Rica***

**INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL
MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA**

San José, Costa Rica

Marzo 2005

CONTENIDO

ÍNDICE de TEMAS

Resumen	1
1. Introducción	3
2. Metodología	5
2.1. Grupo de actores	5
2.2. Diagnóstico del área de estudio	5
2.3. Generación de un escenario base	5
2.4. Análisis de vulnerabilidad	6
2.4.1. Desarrollo de indicadores	6
2.4.2. Selección de indicadores	6
2.4.3. Peso de indicadores y agregación en índices	7
2.4.4. Expresión en unidades espaciales y análisis de mapas	7
2.5. Análisis de impactos	7
2.6. Políticas y medidas de adaptación	7
3. Escenario base	8
3.1. Ubicación y situación del área del proyecto	8
3.2. Estado del componente biofísico	9
3.2.1. Ecología	9
3.2.2. Áreas Silvestres Protegidas y recursos biológicos	9
3.2.3. Clima	9
3.2.4. Hidrología	10
3.2.4-1. Aguas superficiales	10
3.2.4-2. Aguas subterráneas	11
3.3. Estado del componente socioeconómico	11
3.3.1. Asentamientos humanos	11
3.3.2. Estructura de edades	11
3.3.3. Inmigración	12
3.3.4. Empleo y desempleo	12
3.3.5. Hogares encabezados por mujeres	12
3.3.6. Hacinamiento	12
3.3.7. Educación y analfabetismo	12
3.3.8. Ocupación	12
3.3.9. Necesidades básicas insatisfechas	13
3.3.10. Salud	13
3.3.10-1. Discapacidades físicas y mentales	13
3.3.10-2. Morbilidad de enfermedades infectocontagiosas	13
3.3.11. Servicios básicos	14
3.3.12. Administración del recurso agua	14
3.3.13. Oferta hídrica y aprovechamiento de agua	14
3.3.14. Abastecimiento de agua potable	15
3.3.15. Saneamiento	15

Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Vulnerabilidad actual.

3.3.15-1. Red de cloacas	16
3.3.15-2. Tratamiento de aguas residuales	16
3.3.15-3. Manejo de desechos sólidos	16
3.3.16. Situación institucional	16
4. Síntesis e integración de la vulnerabilidad actual	18
4.1. Vulnerabilidad actual del sistema	18
4.2. Vulnerabilidad de indicadores asociados a la característica poblacional	19
4.3. Vulnerabilidad de indicadores relacionados al uso del suelo	21
4.4. Vulnerabilidad de indicadores relacionados a la pobreza	21
4.5. Índice de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático	23
4.6. Análisis de impactos	24
4.6.1. Impactos durante años secos	24
4.6.2. Impactos durante años lluviosos	27
4.6.3. Otros problemas de origen antrópico	28
4.6.3-1. Calidad del agua superficial	29
4.6.3-2. Calidad del agua subterránea	29
4.7. Políticas de adaptación	29
4.7.1. Marco constitucional	30
4.7.2. Marco internacional	30
4.7.3. Marco regional	30
4.7.4. Marco nacional	30
4.7.5. Políticas económicas, sociales y ambientales	31
4.8. Medidas de adaptación	34
4.9. Capacidades	37
4.9.1. Fortalezas	37
4.9.2. Debilidades	38
5. Conclusiones	41
6. Recomendaciones	44
7. Lecciones aprendidas	45
8. Literatura citada	46

ÍNDICE de CUADROS y FIGURAS

Cuadro 1. Indicadores seleccionados por componente de vulnerabilidad	19
Cuadro 2. Escenarios climáticos para la evaluación de impactos	20
Cuadro 3. Impactos durante años secos	21
Cuadro 4. Impactos durante años lluviosos	23
Cuadro 5. Políticas para reducir la vulnerabilidad ante cambios en el clima actual	28
Cuadro 6. Medidas de adaptación realizadas por diferentes sectores	31
Cuadro 7. Fortalezas, debilidades y necesidades del sector hídrico ante la adaptación	35
Mapa 1. Indicadores sociales asociados al uso de tanques sépticos	20
Mapa 2. Indicadores de uso de suelo asociados al analfabetismo	21
Mapa 3. Indicadores de vivienda relacionados a la pobreza	22
Mapa 4. Distribución espacial de indicadores	22
Mapa 5. Índice de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático	23

Lista de acrónimos

ACCVC	Área de Conservación Cordillera Volcánica Central
ACOPE	Asociación Costarricense de Productores de Energía
ALIDES	Alianza para el Desarrollo Sostenible
ARESEP	Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos
ASADAS	Asociaciones Administradoras de Acueductos Rurales
ASP	Áreas Silvestres Protegidas
AyA	Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CADETI	Comisión Asesora sobre Degradación de Tierras
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
CCCC	Consejo Centroamericano sobre Cambio Climático
CCT	Centro Científico Tropical
CEGESTI	Centro de Gestión Tecnológica e Informática Industrial
CINPE	Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible
CMCC	Convención marco sobre Cambio Climático
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CNE	Comisión Nacional de Emergencias
CNFL	Compañía Nacional de Fuerza y Luz
CNP+L	Centro de Producción Más Limpia
COENOS	Comisión El Niño Oscilación del Sur (ENOS)
COVIRENA	Consejos de Vigilancia de los Recursos Naturales
CRRH	Comité Regional de Recursos Hidráulicos
EBAIS	Equipos Básicos de Atención Integral en Salud
ENOS	El Niño Oscilación del Sur
ESPH	Empresa de Servicios Públicos de Heredia
FI&F	Florida Ice and Farm
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
FUDEU	Fundación para el Desarrollo Urbano
FUNDECOR	Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central
GAM	Gran Área Metropolitana
GWP	Global Water Partnership
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
IMAS	Instituto Mixto de Ayuda Social
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
INTECO	Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica
INVU	Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo
IPCC	Intergovernmental Panel on climate Change
ITCR	Instituto Tecnológico de Costa Rica
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería.
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MEP	Ministerio de Educación Pública
MIDEPLAN	Ministerio de Planificación
MINAE	Ministerio del Ambiente y Energía.
MINSA	Ministerio de Salud.
MOPT	Ministerio de Obras Públicas y Transporte
OCIC	Oficina Costarricense de Implementación Conjunta
OMM	Organización Meteorológica Mundial
OMS	Organización Mundial de la Salud
ONG	Organización No Gubernamental
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PNBC	Parque Nacional Braulio Carrillo
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Vulnerabilidad actual.

PSA	Pago de Servicios Ambientales
SENARA	Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento.
SETENA	Secretaría Técnica Nacional Ambiental
SICA	Secretaría de Integración Centroamericana
SINAC	Sistema Nacional de Áreas de Conservación.
SNE	Servicio Nacional de Electricidad
UCR	Universidad de Costa Rica
UICN	Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza
UNA	Universidad Nacional

Este documento condensa la dedicación y esfuerzo de una serie de instituciones y personas que se comprometieron en forma desinteresada con el tema de la adaptación al Cambio Climático. Constituye una respuesta responsable y organizada de una representación de la sociedad costarricense ante un problema real que exige acciones concretas hoy, para disminuir los impactos futuros del clima en nuestras comunidades.

RESUMEN

Costa Rica concluyó la etapa de Análisis de Vulnerabilidad Actual del Sistema Hídrico al Cambio Climático, dentro del marco técnico y administrativo del Proyecto Regional Fomento de las Capacidades para la Etapa II Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. Este proyecto es implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y utiliza como agencia regional de ejecución al Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (CATHALAC).

El proyecto busca fortalecer la capacidad de adaptación al cambio climático de todos los países de la región, por medio del aumento de la capacidad nacional de análisis y evaluación de la vulnerabilidad actual y futura de los sistemas. Si por medio de este conocimiento la vulnerabilidad se logra disminuir, el riesgo de la amenaza climática también disminuirá y el impacto en las sociedades será menor. Operativamente, el proyecto se compone de cinco etapas:

1. Formación de un grupo de actores base para dar a conocer el proyecto y establecer los lineamientos de trabajo.
2. Estimación de la vulnerabilidad actual
3. Estimación de la vulnerabilidad futura
4. Elaboración de la estrategia y el plan de acción para la adaptación
5. Seguimiento del proceso de adaptación y divulgación de resultados

Se espera que el grupo de actores base se convierta en la fuerza capacitada para impulsar los resultados del proyecto y que a su vez sea el órgano social que proponga las medidas de adaptación que respondan a la realidad nacional existente. Esta línea de acción está diseñada para invertir en la sociedad y que a su vez, de ella nazcan las propuestas de trabajo futuro.

En Costa Rica, el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) como coordinador del proyecto, eligió el sistema hídrico y un área de la Región Central del país para desarrollar la experiencia piloto. La zona de estudio se encuentra ubicada geográficamente dentro del Valle Central, limitada al norte por las estribaciones del volcán Barva y al este por la Depresión de La Palma entre los volcanes Barva e Irazú, mientras que al sur está limitada por el río Virilla. Los demás límites corresponden a divisiones administrativas de cantones que no coinciden necesariamente con accidentes geográficos importantes. Administrativamente pertenece al Gran Área Metropolitana (GAM) y comprende parte de las provincias de San José, Heredia y Alajuela, envolviendo 13 cantones y 60 distritos.

La elección del área y el sistema hídrico como objetos de análisis del proyecto en Costa Rica obedece a una combinación de factores entre los que están la concentración de importantes núcleos poblacionales y de desarrollo industrial que presionan sobre una densa red hidrográfica asentada sobre los principales acuíferos del Valle. Del recurso hídrico depende la vida social, la producción agroindustrial y la biodiversidad de la zona. Además, la variabilidad climática, representada principalmente por períodos estacionales extremadamente secos, ha puesto de manifiesto la vulnerabilidad de muchas de las actividades socio productivas y los ecosistemas que dependen del agua.

El proyecto inició con la conformación de un grupo de actores clave, provenientes de instituciones gubernamentales, privadas, administradores civiles del recurso hídrico y participantes de organizaciones comunales. Es un grupo multidisciplinario que fue capacitado en temas de variabilidad climática, cambio climático y gestión del riesgo (entre otros) con el fin de formar mayor criterio para el análisis y validación de resultados. Además se creó un subgrupo de comunicación y educación, cuyo objetivo es el desarrollo de una estrategia que permita llevar los resultados del proyecto y a diferentes públicos meta.

El diagnóstico del área de estudio se constituyó en el documento central para establecer la línea base y el análisis de la vulnerabilidad actual. El diagnóstico ofrece una caracterización detallada

Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Vulnerabilidad actual.

de la zona y una plataforma de información a nivel distrital, incorporando eventuales indicadores sociales, económicos y biofísicos. Reúne información sobre acuíferos, ríos, calidad de agua, flora, fauna, asentamientos humanos, pobreza, infraestructura, vivienda, acueductos, etc. La condición socioeconómica de la zona permite pensar que la respuesta social para enfrentar el cambio del clima, es ventajosa. Esto se refuerza con una legislación rica que ofrece un camino legal para el fundamento de futuras medidas de adaptación. A pesar de esto, la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, la presión demográfica sobre una zona especialmente rica en el recurso hídrico y la ineficiente organización institucional, son los mayores limitantes.

Utilizando el marco referencial PER (presión-estado-respuesta) para el diseño y desarrollo de indicadores, el grupo base eligió un total de 15 indicadores a nivel de distrito que reflejaran el estado de vulnerabilidad actual del sistema. Los indicadores elegidos fueron: población mayor a 64 años de edad, población menor a 12 años de edad, analfabetismo, pobreza, discapacidad física y mental, población afectada por asma, dotación doméstica de agua¹, hacinamiento habitacional, casas con paredes de madera, casas sin cielo raso, casas con tanque séptico como método de eliminación de excretas, área con peligro de deslizamiento, área con peligro de inundación, área con sobre uso y área dedicada a labores agropecuarias. Todos los indicadores están expresados en porcentaje y responden a un movimiento positivo: a mayor valor del indicador, mayor vulnerabilidad. Además, presentan una cobertura nacional y pueden ser replicables a todas las zonas del país. Son sostenibles en el tiempo porque hay instituciones responsables de actualizar estos indicadores como parte de sus funciones. Otros indicadores importantes y recomendados en literatura científica no pudieron ser seleccionados porque no reunían todos los requisitos de análisis para nuestro caso particular.

Los indicadores fueron pesados e integrados en un Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático. Los resultados fueron llevados a un formato de Sistema de Información Geográfica, con el fin de que esta herramienta permita reflejar resultados en forma espacial, actualizar la base de datos en el tiempo, comprobar la eficacia de acciones y evaluar la estrategia seleccionada.

Los resultados indican que la mayor vulnerabilidad se concentra en las partes bajas de los cantones de Alajuela y las zonas altas de Heredia y Vásquez de Coronado de la provincia de San José. Estas presionan la zona central, que está más poblada y es menos vulnerable. Las zonas más vulnerables corresponden a los distritos con mayor porcentaje de su área dedicada a labores agropecuarias y con problemas de conflicto de uso de suelo. Además presentan un mayor porcentaje de población analfabeta, y una deficitaria infraestructura de vivienda, en algunos casos con un alto porcentaje de hacinamiento. Son distritos de características rurales y no son centros importantes de población en cuanto a número de habitantes se refiere. La zona menos vulnerable corresponde a los distritos de menor índice de pobreza, analfabetismo y hacinamiento. Se encuentran circunscritos en la zona central del área de estudio y corresponde con los mayores núcleos de población, con mejores condiciones de infraestructura, servicios básicos y oportunidades. Sin embargo, son distritos que presentan altos índices de población teóricamente vulnerable: niños y adultos mayores, así como mayores problemas de asma. Por otro lado, estas zonas menos vulnerables tienen una alta concentración de tanques sépticos como medio de eliminación de excretas y los mayores índices de consumo potencial de agua por persona.

Las áreas más vulnerables están presionando las áreas de conservación y protección de nacientes, así como al principal centro poblacional. El aumento de eventos hidrometeorológicos extremos experimentado en las últimas décadas, pueden causar una mayor presión al cambio de uso de suelo, un avance de la frontera agrícola y la consiguiente expansión urbanística en suelos de poca productividad. Todo esto aumentaría la vulnerabilidad social asociada al sistema hídrico de esta zona importante del GAM, por lo tanto es necesario que con apremio se diseñen estrategias integrales para enfrentar la amenaza climática.

¹ El indicador se estimó multiplicando la población del distrito por la dotación de uso doméstico unipersonal calculada para 1 a 10 personas (250 litros/día/persona) según aparece en el capítulo 1, inciso 1.4 del Manual Técnico del Departamento de Agua, publicado en La Gaceta N°98 del 20 de mayo del 2004.

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el PNUD (2004), un 75% de la población mundial vive en zonas que han sido impactadas, al menos una vez entre 1980 y el 2000, por un terremoto, un ciclón, una inundación o una sequía. Lo anterior pone de manifiesto dos situaciones importantes. La primera es la gran cantidad de personas alrededor del mundo que se encuentran en riesgo por la amenaza de fenómenos naturales. La segunda, no tan evidente, es la cantidad de estos fenómenos recurrentes en un período de tiempo relativamente corto. Se estima que el 65% de la población mundial impactada por algún evento natural, lo ha sido por fenómenos de origen hidrometeorológico (EIRD/UN, 2004). Según información del sistema EM-DAT de la Universidad de Lovaina, Bélgica, citada por OMM (2004), en el período 1993-2002, los extremos hidrometeorológicos afectaron el 87% de las personas impactadas por desastres. Un 52% de muertes reportadas en ese período se producen por sequías mientras que el 11% por inundaciones.

A pesar que las comunidades siempre han vivido bajo amenazas de orden climático, en las últimas décadas el nivel de riesgo ha aumentado debido principalmente a dos factores. El primero se refiere a la presión demográfica sobre superficies propensas a inundación y zonas degradadas. Las actividades sociales y productivas asociadas al frente urbanístico que transgrede tanto las zonas de alto riesgo como el cinturón de amortiguamiento de áreas silvestres protegidas, dejan a su paso problemas de degradación e impermeabilización de suelos, contaminación ambiental, deforestación y una serie de problemas sociales asociados a un ineficiente desarrollo sostenible y que hacen más vulnerables a las comunidades. De acuerdo con EIRD/UN (2004), las poblaciones y los países pobres son más vulnerables a las variaciones climáticas y los extremos meteorológicos. La OMM (2003) cita también que las zonas urbanas seguirán creciendo y sobre poblándose, haciendo que los grupos sociales de mayor edad y menos recursos, sean más vulnerables a condiciones climáticas adversas, como las olas de calor que en las zonas urbanas se acrecentarán por el sobrecalentamiento de estructuras. Estas comunidades presentan una baja capacidad de reconocimiento de los cambios en el ciclo hidrológico y una baja capacidad de respuesta.

El segundo factor que ha contribuido a aumentar la vulnerabilidad de las comunidades ante amenazas hidrometeorológicas es el cambio climático antropogénico. En las últimas décadas el cambio en el patrón normal del clima de muchas zonas del planeta es evidente sobre la base de las variaciones de las características físicas de la atmósfera y en la fauna y la flora (OMM 2003). Zwiers *et al* (2003) encontraron cambios en el clima del Caribe y en otras partes del mundo; por ejemplo, en el Caribe ha disminuido el número de días secos y aumentado el número de episodios lluviosos fuertes, mientras que el número de días y noches muy cálidos ha aumentado. En el istmo centroamericano, los resultados de estudios regionales y nacionales referenciados en las comunicaciones nacionales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UN-FCCC), muestran variaciones importantes en la temperatura y la precipitación (Rojas *et al*, 2003).

El riesgo (visto como una función de la amenaza y la vulnerabilidad), llega a un punto crítico en el momento en que la vulnerabilidad aumenta. Por un lado, la contaminación atmosférica producto de la actividad humana está potenciando la amenaza del clima sobre la misma comunidad (cambio climático). Por otro lado, la presión del hombre sobre el sistema (presión demográfica) hace aumentar su vulnerabilidad ante la amenaza. Más aún, los peligros asociados a esta amenaza son de carácter hidrometeorológico y son precisamente estos fenómenos (sequías e inundaciones) los que vienen a impactar decididamente sobre el sistema hídrico dentro del cual se desarrollan las comunidades. De acuerdo con Diaz (2000), el cambio climático junto con la presión demográfica son los principales factores que están afectando la biodiversidad y la habilidad natural de los ecosistemas de California para suplir los servicios esenciales relacionados con el agua como recreación y abastecimiento. El agua continúa siendo el eje principal de vida en el planeta y define el asentamiento, actividades y hasta las festividades del hombre (CIID, 1988).

El sistema hídrico, base del desarrollo de las comunidades, es vulnerable a las condiciones climáticas puesto que el origen de la oferta es la precipitación. Esta, a su vez, está influenciada en su distribución espacial y temporal, por otros elementos propios del clima como la temperatura, la evaporación, los vientos, entre otros. Las alteraciones de los patrones climáticos normales, incidirán en la oferta de agua del sistema, alterando el ciclo hidrológico y todas las actividades que de él dependan. El cambio climático por tanto, se presenta como una amenaza real. El cambio climático es un elemento modulador del clima, sin embargo la precisión a escala local, sobre las variaciones que provocará en un futuro cercano, son todavía tema de discusión. Recientemente la modelación de escenarios futuros incorpora los efectos pasados de los extremos climáticos producto de la variabilidad climática registrada. La variabilidad climática registrada, es utilizada entonces como el punto de partida hacia los efectos del cambio climático en el corto y mediano plazo. Por ejemplo, las alteraciones de los períodos lluviosos a consecuencia del fenómeno de El Niño (modulador del clima) pueden provocar escenarios de alto riesgo de contaminación para las estructuras de captación superficial y tuberías cercanas a las fuentes de abastecimiento de agua (OPS, 1998). Este escenario conocido a nivel local y que ya ha generado impactos y respuestas, deben ser básicas para la elaboración de proyecciones futuras del clima.

En Costa Rica, de acuerdo con Solera (2000), las experiencias de eventos El Niño, ponen de manifiesto las variaciones de los patrones de lluvia y la vulnerabilidad del sistema hídrico a estas perturbaciones atmosféricas. La forma irregular en que se presenta la estación lluviosa en todo el país, afecta los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario ya sea por exceso o déficit de precipitaciones. Déficit de precipitación que provoquen situaciones de sequía afectan las fuentes superficiales y subterráneas de agua ya sea por desabastecimiento o por contaminación al disminuir su capacidad de auto purificación y al aumentar la concentración de agroquímicos, o al contaminarse de peces muertos por disminuir el oxígeno libre o por animales muertos cerca de los cauces (OPS, 1998). Los excesos de precipitación provocan un aumento en los caudales de los ríos y quebradas, aumentando el arrastre de sedimentos que hace imposible el abastecimiento de agua potable debido a la cantidad de sólidos en suspensión, turbiedad, color, etc. (Solera, 2000).

El impacto del cambio climático sobre el sistema hídrico, va más allá de los daños causados sobre las condiciones físicas de las trayectorias de aguas. No es solamente el cauce, el pozo o el acueducto. La implicación social, más que la económica, trasciende al tema cultural, patrimonial y político en regiones donde la migración y el traslado de bienes son formas de sobrevivencia para las comunidades afectadas. Bajo este punto de vista, las condiciones dominantes de la vulnerabilidad en la gestión y reducción de riesgos de desastres de origen hidrometeorológico, involucran el marco físico, social, cultural, económico y político de un país (EIRD/UN, 2004).

El **objetivo** del presente estudio es definir la vulnerabilidad del sistema hídrico ante la amenaza del cambio climático, en una zona del Valle Central de Costa Rica, utilizando una visión integral del sistema, que contempla indicadores físicos, sociales, culturales, económicos y políticos e integrándolos en Índices de Vulnerabilidad. Estos índices deben ser manejados en dos vertientes. La primera eminentemente técnica con el fin de desarrollar escenarios de riesgo al anteponer los índices de variación climática. La segunda, deben proporcionar información sistematizada que pueda ser usada como planificadora de actividades o medidas de adaptación que hagan disminuir la vulnerabilidad de la zona.

METODOLOGÍA

2.1. Grupo de Actores

La primera etapa del proyecto consistió en la identificación, selección y consolidación de un grupo de actores claves quienes son los multiplicadores del proyecto (en el anexo 1 se presenta un mapeo general de actores). Este grupo fue capacitado en temas de cambio climático bajo la perspectiva de Gestión del Riesgo, la cual es una rama técnica que ofrece una serie de ventajas para abordar el tema: conceptualización y uniformidad de términos, integración de diferentes disciplinas científicas, sociabilización y proyección comunitaria.

2.2. Diagnóstico del área de estudio

La segunda etapa del proyecto (Vulnerabilidad Actual), se inicia con un diagnóstico del área de estudio. Esta presenta características urbanas importantes para el análisis de vulnerabilidad al cambio climático ya que según Diaz (2000) y la OMM (2003) las zonas urbanas presentan la característica de capturar más el calor que las zonas rurales creando islas de calor más vulnerables a calentamientos atmosféricos lo cual disminuye la capacidad del sistema para brindar el servicio básico de agua.

El diagnóstico del área incorporó información en formato SIG dejando una base de datos sociales, económicos o biofísicos como eventuales indicadores de la vulnerabilidad de la zona. Se definió como unidad de trabajo el distrito que es la mínima división político-administrativa. La selección de esta unidad responde a varias consideraciones. Primero, mucha información socioeconómica proveniente de los censos nacionales, se puede obtener a este nivel. Además, los censos de población están cubiertos por una legislación y una institucionalización que garantiza sostenibilidad en el tiempo y, el carácter nacional del censo permite la replicabilidad de indicadores a otras zonas del país. La segunda consideración para elegir el distrito como unidad de análisis radica en la necesidad de que las comunidades (como fuente de participación ciudadana) y las municipalidades (como representantes políticos del gobierno central) se apropien del proyecto. El distrito ofrece la posibilidad no solo de identificar mejor estas instancias, sino de participarlas del proyecto al mostrar resultados a nivel de cantón y distrito. Dado el tipo de información recopilada como eventuales indicadores, los distritos ofrecen mayor detalle que otras coberturas mayores como las microcuencas o cuencas. Sin embargo, la estrategia de adaptación puede obedecer perfectamente a estas últimas coberturas donde existe una buena experiencia en el país en el manejo integral de cuencas.

La unidad de distrito crea una dificultad a la hora de trabajar con coberturas de diferente escala. Sin embargo, debido a que lo que se persigue es crear índices integrados que representen “parches” altos, medios o bajos en cuanto a su vulnerabilidad y a que, el índice es tan solo un valor agregado de múltiples condiciones, el factor escala deja de ser una limitante primaria. Coberturas de bajas escalas, serían necesarias si esta información va a ser base para la toma de decisiones a nivel de finca por ejemplo.

2.3. Generación de un escenario base

El escenario base se definió como la “situación al año 2000”, que es el año de realización del último Censo Nacional de Hogares llevado a cabo por el INEC, de donde se obtuvo la mayor parte de la información social y económica. Se incluye en este escenario otra información anterior y posterior al 2000 aportada por los diagnósticos y que es importante para dar cuerpo al estado del sistema, como por ejemplo algunos análisis de la calidad del agua, medición de caudales de ríos y otros aspectos biofísicos. Alguna información de este escenario se considera una constante y no un estado al año 2000, como por ejemplo el componente geológico o el climático.

2.4. Análisis de la vulnerabilidad

De acuerdo con la expresión “riesgo = $f(\text{amenaza, vulnerabilidad})$ ” y según el esquema de abordaje utilizado (anexo 2), la síntesis de la vulnerabilidad actual integra la información de los diagnósticos del área, los impactos, las políticas y medidas de adaptación. La amenaza climática es un componente que luego se agregará a la vulnerabilidad actual con el fin de obtener expresiones de riesgo en un formato SIG.

2.4.1. Desarrollo de indicadores de vulnerabilidad

Se usó un análisis de multicriterio, por medio de indicadores, e integrándolos en un índice de vulnerabilidad. La representación final se encuentra en un formato SIG a nivel de distrito. Para el desarrollo de indicadores se adoptó el marco conceptual **Presión-Estado-Respuesta (PER)** diseñado originalmente por Statistics Canada en 1979. En 1991, ese esquema fue adoptado y modificado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). El marco conceptual PER garantiza un enfoque integral a la hora de seleccionar y desarrollar indicadores.

La construcción de indicadores es la parte medular del trabajo, ya que si un indicador no está bien desarrollado, proporcionará información falsa o incierta, máxime si se pretenden agrupar en índices. Se siguieron los criterios de OCDE (2001) para desarrollar indicadores:

- a. Desarrollar un marco conceptual
- b. Evaluar la pertinencia del indicador con relación al marco conceptual
- c. Analizar la exactitud de la información que brindan
- d. Que sean de fácil interpretación

2.4.2. Selección de indicadores

A partir del concepto de vulnerabilidad adoptado, se construyó la “expresión ideal” que va a definir el estado de vulnerabilidad para cualquier zona del país. Esta expresión intenta identificar los grandes componentes de la vulnerabilidad bajo una perspectiva nacional. Con la información de los diagnósticos se identificaron todos los indicadores posibles y se separaron en biofísicos y socioeconómicos. En talleres con los actores se propusieron nuevos indicadores que fueron igualmente evaluados y filtrados para reducir el número de indicadores por categorías, fuentes de información y por el rol que juegan dentro del marco conceptual utilizado. Todos los indicadores seleccionados fueron calificados con los criterios propuestos por la OCDE (2001).

La selección final de indicadores se realiza de acuerdo con una calificación elaborada con criterios específicos para el proyecto nacional.

Ajuste al esquema de vulnerabilidad propuesto. Se evalúa la inclusión del indicador dentro de alguno de los grandes componentes que conforman la expresión de “vulnerabilidad ideal”

Movimiento del indicador de vulnerabilidad. Por asuntos prácticos, se trabajó con el esquema: “a mayor valor del indicador, mayor vulnerabilidad”. Esto es importante para la agregación.

Cobertura distrital. Se evalúa si el indicador se encuentra a nivel de distrito y si hay información para todos los distritos que cubren el área.

Sostenibilidad en el tiempo. Se refiere a la sistematización de la recolección de la información del indicador, la existencia de un ente encargado de levantar los datos, si existe un proceso sistemático de medición, la dependencia de proyectos de inversión extranjera o de esfuerzos puntuales de alguna institución.

Replicabilidad a otras zonas del país. Se refiere si el indicador puede ser obtenido para otras zonas del país fuera del área del proyecto, y en la misma escala.

Luego de haber calificado los indicadores se priorizaron y se seleccionan aquellos que vengán a satisfacer el concepto de vulnerabilidad con el que se trabaja. Para cada uno de los indicadores seleccionados, se deben establecer sus características por medio de una ficha (anexo 3). Este ejercicio es parte de la sostenibilidad del sistema de observación ya que permite conservar su identidad para aplicaciones y réplicas futuras. La ficha de los indicadores es el inicio para la sostenibilidad de acciones que deben ser sistematizadas.

2.4.3. Peso de indicadores y agregación en índices

El peso o ponderación se estableció por medio de un perfil mecánico de vulnerabilidad y validado por juicio de experto. Según lo propuesto por SEI (2004) se representa el estado actual (promedio) de los indicadores con relación a su mínimo y máximo y se lleva a una expresión gráfica para ser validada. El Índice de Vulnerabilidad (IV) se desarrolló por agregación simple (sumatoria) de indicadores. Para hacer comparables los indicadores y el Índice de Vulnerabilidad entre regiones, se usaron rangos similares o absolutos tal y como lo proponen SEI (2004), CADETI (2004). Las unidades particulares de cada indicador fueron llevadas a una base porcentual, tomando el valor máximo del set de datos de cada indicador como el 100% del registro.

2.4.4. Expresión en unidades espaciales y análisis de mapas

Los índices se construyeron a nivel de distrito y los resultados finales se llevaron a un formato SIG. La expresión final es un mapa de división político-administrativa, que condensa el aspecto social con el biofísico, a nivel de distrito donde claramente se identificaron las áreas más vulnerables de acuerdo con la definición adoptada, el marco conceptual, la expresión de vulnerabilidad construida y la disponibilidad de información al año 2000. Las imágenes obtenidas al final se analizaron de acuerdo con la correspondencia entre las condiciones locales que presionan al sistema hídrico y los nexos de estos con otros macro indicadores a nivel político, físico, económico y social.

2.4.5. Análisis de impactos

Debido a la falta de información local sobre impactos y la imposibilidad de llevar la información a un formato SIG a nivel de distrito, se optó por analizar y expresar el tema por medio de matrices. Para ello se consideraron dos escenarios climáticos producto de la variabilidad en el clima de acuerdo a lo propuesto por Retana (2004): el escenario de años secos y escenario de años lluviosos. Para cada uno, se analizaron los impactos sobre el ambiente biofísico y socioeconómico con relación al sistema hídrico. La valoración de cada impacto se basó en la metodología propuesta por Conesa *et al* (1993) y Canter (sf) (ver anexo 4). La información se recopiló de fuentes secundarias, entrevistas, criterio de experto y talleres de validación. Los impactos no fueron contemplados dentro de la expresión de vulnerabilidad ya que son documentados a escalas regionales más que locales, por lo que la interpretación tiene un carácter macro.

2.4.6. Políticas y medidas de adaptación

Para identificar las políticas y medidas de adaptación se utilizaron diferentes metodologías de abordaje. La primera consistió en la búsqueda bibliográfica para identificar en cada sector y organización las políticas y medidas de adaptación enfocadas con la gestión del recurso hídrico, aunque no respondan ante la amenaza del clima. Un segundo componente metodológico consistió en la implementación de entrevistas personales o telefónicas con personal de entidades clave en el área de estudio. De esta forma se documentó experiencias que por su naturaleza no estaban registradas. Finalmente, se realizó un taller con expertos para validar el análisis de las políticas y medidas de adaptación encontradas y medir su efectividad. Adicionalmente se analizaron las fortalezas y debilidades del sector hídrico. Se enlistaron una serie de necesidades que deben trabajarse para enfrentar la vulnerabilidad del sector hídrico a los cambios en el clima actual. La información recopilada se llevó a matrices debido a la imposibilidad de bajar la escala para expresarla en un formato SIG a nivel distrital.

ESCENARIO BASE

3.1. Ubicación y situación del área de estudio

Se ubica en el Valle Central (anexo 8). Limita al norte con las estribaciones del volcán Barva (2906 msnm), al este se encuentra el Paso de la Palma entre los volcanes Barva e Irazú (3432 msnm) y al sur limita con el Río Virilla. Los límites restantes se encuentran determinados por ríos y quebradas que definen a su vez la división administrativa de los distritos involucrados. Forma parte de la cuenca del Río Grande de Tárcoles cuyas aguas vierten hacia el Océano Pacífico. Tiene una gran riqueza en el recurso agua superficial, aparte de que es una zona de recarga de los principales acuíferos del Valle Central.

Es una zona de origen volcánico. En la parte alta y en las orillas de algunos ríos las pendientes llegan a ser mayores a 50%; mientras en la parte media y baja sobresale el relieve plano ondulado, lomas y valles, predominando pendientes menores al 20%. Las zonas con mayor fertilidad del suelo se ubican al suroeste, mientras que en las partes altas localizadas al noreste de la zona dominan los suelos con baja fertilidad que deberían ser dedicados a áreas boscosas. La mayor parte de la zona presenta valores entre baja y muy baja susceptibilidad a la erosión hídrica.

El área puede ser dividida en tres plataformas altitudinales: La zona baja entre los 400 y 800 msnm, la zona media que se ubica entre los 800 y 1400 msnm y la zona alta entre los 1400 y los 1900 msnm. Administrativamente está incluida en la Gran Área Metropolitana (GAM) y cubre parte de las provincias de Alajuela, Heredia y San José, incluyendo 13 cantones y 60 distritos. Su área es de 73 753 hectáreas y tiene una población de 642210 personas (Censo 2000), casi un 30% de la población metropolitana de más de dos millones de habitantes. El uso urbano y suelo descubierto tiene una extensión del 14% del área donde se localizan dos de las ciudades más importantes del país: Alajuela y Heredia. Pese a la presión demográfica, alrededor de un 15% de la zona analizada tiene condiciones que deberían restringir significativamente el crecimiento urbano ya que presenta pendientes mayores al 30%. La accesibilidad física es muy alta con un crecimiento dinámico de las actividades productivas albergando lo que podría denominarse la Nueva Concentración Industrial de Exportación de Costa Rica. Los cultivos prevaecientes en la zona están relacionados con tres aspectos importantes: (a) la elevación que está también muy asociada a la precipitación; (b) la cercanía a las ciudades que elimina a los cultivos poco rentables y (c) la tradición que incluye el café en las alturas medias, frutales en las partes bajas y ganado lechero y flores en las partes más altas.

La zona ha sido uno de los pilares del desarrollo agrícola de Costa Rica desde el siglo XIX, con el desarrollo del cultivo del café, y la producción lechera. A partir de 1950, tiende a la urbanización acelerada como foco para el desarrollo industrial, lo cual paralelamente induce al abandono del agro como actividad de sustento y se inicia la emigración acelerada hacia ciudades.

En la actualidad, el sector en estudio está sufriendo un vertiginoso cambio en su uso del suelo, dada la sustitución de los cultivos de café por uso urbano, fincas de recreo y desarrollo turístico. El acelerado desarrollo económico ha producido un rápido crecimiento urbano con poca o ninguna planeación. Además, existe un auge industrial creciente debido a la infraestructura existente, la demanda propia del casco urbano y la cercanía al principal aeropuerto internacional del país. Se encuentran zonas francas y gran cantidad de industrias (microprocesadores, pan, cerveza, llantas y productos lácteos entre otros). El crecimiento urbano desordenado ha favorecido la contaminación de los cursos de agua, e incluso de los acuíferos (Reynolds y Fraile 2000). Por otro lado, la urbanización significa una impermeabilización de los suelos, en detrimento de la infiltración del agua de lluvia, provocando fuertes avenidas de corta duración durante la época lluviosa. A pesar de esto, la zona no presenta amplias planicies de inundación natural. Las inundaciones son de carácter urbano y obedecen a la modificación del entorno por el hombre. Los períodos secos

prolongados son recurrentes, principalmente asociados con la fase cálida de ENOS (El Niño-Oscilación Sur).

El proceso de cambio social y estructural ha promovido la eliminación del bosque natural en la mayor parte del territorio. Las áreas silvestres protegidas que se han establecido se ubican sobre todo en las partes altas, sin que se hayan seguido los criterios básicos del diseño de áreas de protección (Primack 2002), por lo que no se han protegido áreas representativas de todos los tipos de bosque que cubrieron originalmente la zona. El abastecimiento de agua potable mediante la captación de ríos y manantiales, y la explotación de acuíferos son muy importantes en esta zona, pues proveen cerca del 50% del agua potable de la GAM, donde se localiza aproximadamente la mitad de la población del país. Además se ubican las zonas de recarga de los acuíferos, que son amenazadas por el crecimiento urbano.

3.2. Estado del componente biofísico

3.2.1. Ecología

El clima favorece la producción agrícola y forestal sin embargo solo una pequeña parte del área pertenece a Áreas Silvestres Protegidas (ASP) que cubren principalmente las cuencas colindantes que drenan hacia el Caribe. Predominan las zonas de cultivos o pastos y quedan pocas zonas boscosas en propiedades privadas. A pesar de esto, existe diversidad en flora y fauna y una gran cantidad de nacientes, quebradas, ríos. Esta región incluye zonas de vida de bosque húmedo tropical a bosque pluvial premontano. Los últimos reductos de bosque primario se encuentran en la zona alta en una de las Áreas Silvestres Protegidas, en el área de conservación Cordillera Volcánica Central. En esta zona están representadas cinco zonas de vida: Bosque húmedo Premontano transición a basal, Bosque húmedo Premontano, Bosque muy húmedo Premontano, Bosque muy húmedo Montano Bajo y Bosque Pluvial Montano Bajo. Sin embargo, el uso del suelo en las cuencas ha modificado significativamente la cobertura vegetal.

3.2.2. Áreas silvestres protegidas y recursos biológicos

Las zonas dedicadas a bosque alcanzan el 34% del área total, del cual aproximadamente el 28% se encuentra protegido por ley, pues han sido declaradas ASP: Parque Nacional Braulio Carrillo y Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central. El restante se encuentra disperso por toda la zona, protegiendo las márgenes de los ríos y/o formando parches boscosos dentro de fincas ganaderas o agrícolas. El bosque primario (Bosque Pluvial Montano Bajo y Bosque muy húmedo Montano Bajo) se concentra en las partes altas al norte y este de la zona de estudio, principalmente dentro de las ASP, con pequeñas manchas a lo largo de algunos ríos.

La diversidad de flora y fauna que presentaba la zona ha desaparecido en su mayor parte producto de la deforestación y desarrollo urbano. La mayor biodiversidad y riqueza se presenta en las zonas altas cercanas a la divisoria de aguas donde se puede decir que en la zona podrían habitar un total de 17 especies de anfibios, 19 de reptiles, principalmente serpientes, 172 de aves incluyendo especies migratorias y 99 especies de mamíferos.

3.2.3. Clima

Es un área de influencia Pacífica, sin embargo la zona alta presenta también influencia del Caribe principalmente en los meses de diciembre a febrero debido a los frentes fríos propios de la época y que logran atravesar la Cordillera Volcánica Central por el Paso de La Palma. Por esta razón la zona alta es más lluviosa y húmeda, lo que ayuda a mantener la zona boscosa y su biodiversidad. En promedio, en la zona alta precipitan 2600 mm al año, mientras que en la media precipitan 2100 mm y 1800 mm en la baja que es la más seca y calurosa. Se diferencian perfectamente 2 períodos lluviosos: El más seco (período seco) se da entre enero y abril, seguido de un mes de transición que es mayo. El segundo período va de junio a noviembre, seguido de diciembre que es transición hacia el período menos lluvioso. El primer máximo de lluvia se presenta en junio para

luego entrar a un período de veranillo o disminución de lluvias entre julio y agosto. Setiembre y octubre marcan el período de mayor aporte de lluvias que luego desciende en noviembre. El 84% del total de lluvia, precipita entre mayo y diciembre.

La temperatura de este valle intermontano se encuentra entre los 18 y 22°C (Solano y Villalobos 2001). La zona baja del área de estudio presenta temperaturas promedio de 29.7 la máxima y 18.9°C la mínima. Las temperaturas en la zona media oscilan entre los 27.0 y 16.2°C en la máxima y mínima, mientras que la zona alta es la más fría con temperaturas máximas promedio de 21.9°C y 13.4°C en la temperatura mínima.

La zona es afectada periódicamente por extremos meteorológicos que están asociados con las fases de ENOS (El Niño-Oscilación del Sur). Durante los eventos El Niño (fase cálida), hay una probabilidad de un 69% de que se presenten condiciones secas. Un evento extremo seco (sequía) tiene un período de recurrencia de 5.6 años en promedio para toda la zona. La reducción de la lluvia anual durante estos eventos es de 340.5 mm (16.5%) y se presenta principalmente en los meses de agosto, setiembre y octubre. Generalmente este tipo de sequías son de carácter estacionario, en otras palabras hacen extender el período seco (enero a mayo). El período lluvioso es deficitario, con un veranillo muy marcado. Se han registrado duplas de años deficitarios (no necesariamente secos extremos). Las sequías registradas se han concentrado principalmente en la zona media del área del proyecto, afectando los principales centros de población e industria. El efecto directo se presenta en el suministro de agua potable y para uso agroindustrial, además de la disminución lógica del agua de lluvia, caudal de ríos y profundidad de pozos que son la fuente primaria en el uso agrícola y ecológico.

Durante años La Niña (fase fría de ENOS), se presenta una probabilidad de 74% de que se presenten condiciones lluviosas. Los años lluviosos extremos tienen un período de recurrencia de 8.0 años y presentan un aumento de lluvia anual de 567.8 mm (26.1%) concentrados en el período lluvioso. Estos años no generan necesariamente inundaciones naturales. Muchas de las inundaciones que presenta el área son de carácter urbano y se pueden dar bajo condiciones de lluvias normales. El problema es de carácter estructural y de ordenamiento urbanístico y no está completamente relacionado con factores climatológicos. Existen pocas áreas de inundación natural. A pesar de ello, desde el 2002 se han registrado períodos mensuales de fuertes precipitaciones pero concentrados en pocos días de lluvia. Esta distribución irregular de la lluvia a nivel mensual y diaria, pone de manifiesto la vulnerabilidad del alcantarillado pluvial, colapsado desde hace varios años.

3.2.4. Hidrología

3.2.4-1. Aguas superficiales

Los ríos de la zona son de cauce estrecho y empinado, con una fuerte corriente y sustrato grueso, muchos de los cuales discurren por profundos cañones. La fauna de estos ríos está compuesta principalmente por invertebrados bentónicos, es decir que viven adheridos sobre o entre las rocas del fondo, y peces en las zonas más bajas, por debajo de los 1500 m de altitud.

La red hídrica presenta en la parte oeste del área (Alajuela) una importante obra de construcción de canales debido a la gran actividad agrícola que se desarrolla en esta zona. Por el contrario la red disminuye en el sector sur donde se localizan los principales núcleos de concentración de población.

El clima de la zona permite que durante el período lluvioso, los caudales prácticamente se dupliquen, en comparación a lo que se presenta durante la época seca, lo cual evidencia un potencial grande para el mantenimiento de actividades productivas y el sostenimiento ecológico.

3.2.4-2. Aguas subterráneas

El área de estudio está formada mayoritariamente por rocas volcánicas. Entre ellas, las más apropiadas para formar acuíferos son las lavas que presenten una fracturación adecuada. La recarga a los acuíferos se produce por infiltración de la fracción del agua de lluvia que queda después de eliminar lo correspondiente a escorrentía superficial y a evapotranspiración. Se conocen áreas en las que existen varios horizontes acuíferos y donde la recarga a los de mayor profundidad se realiza por percolación vertical del agua de los acuíferos de menor profundidad. Ejemplo de estos casos lo constituyen los acuíferos Barva y Colima, en donde según estudios de simulación (SENARA/BGS, 1989) los primeros recargan al segundo a través de una unidad de tobas, aunque estudios más recientes (Protti, 1998) concluyen que la recarga a los acuíferos Colima se produce en gran medida en la zona este del Valle Central, en donde el acuífero Barva está ausente. No hay evidencia de que los acuíferos de la zona de estudio reciban agua subterránea de la vertiente atlántica, por lo que la recarga estaría influenciada por los cambios climáticos que se produzcan en la vertiente del Pacífico.

Los acuíferos más productores, y sobre los que se han hecho estudios más detallados son los acuíferos Colima. Se ha calculado (SENARA-BGS, 1989; TAHAL, 1990) que la recarga a estos acuíferos es del orden de los 5500 a 8000 litros/segundo (170 millones a 252 millones de metros cúbicos al año). Abastecen una cantidad de pozos para uso público y privado y de ellos brotan importantes manantiales como La Libertad, Puente de Mulas y Potrerillos. El acuífero Barva, también es de gran importancia cubriendo una extensión de 135 km² (Losilla y otros, 2000) y abasteciendo una gran cantidad de pozos y manantiales. En el anexo 5 se presenta la ubicación de los principales acuíferos del área de estudio

3.3. Estado del componente socioeconómico

3.3.1. Asentamientos humanos

Hay una gran diversidad de tipos de asentamientos humanos. Desde ciudades importantes (Alajuela y Heredia), viejos núcleos urbanos (Sto Domingo de Heredia), zonas de rápido crecimiento poblacional (San José de Alajuela y los que rodean el distrito central del cantón de Heredia) hasta distritos totalmente rurales (Cascajal y San Jerónimo de Moravia al este de la zona de estudio) o distritos "totalmente rurales" pero llenos de casas de campo (Garita y La Guácima al Oeste de la zona en estudio).

Los indicadores de calidad de vida y servicios públicos para zonas rurales son siempre inferiores a los de zonas urbanas, sin embargo ambos valores son buenos debido a que los pobladores de casi toda la región tienen acceso a fuentes de trabajo urbano que complementan sus ingresos familiares.

El área experimenta una homogenización a consecuencia de la urbanización de las periferias de los núcleos urbanos originales de la región, integrándolas poco a poco en una sola zona urbana. A pesar de ello, todavía existe una gran independencia funcional de las tres ciudades más importantes San José, Alajuela y Heredia.

La población de la región creció de 1984 al 2000 a una tasa anual del 3,44% por año, tasa superior en 0,55% a la correspondiente para todo el territorio de Costa Rica. Este fenómeno está directamente asociado con el proceso de crecimiento urbano disperso que prevalece en la GAM y en particular en las ciudades de San José, Heredia y Alajuela.

3.3.2. Estructura de edades

Cerca de un 37% de la población se encuentra por debajo de los 18 años, mientras que el 6% son mayores de 64 años, representados en su mayoría por las mujeres. Los núcleos urbanos más antiguos y homogéneos de la región como el distrito central de Heredia y Santo Domingo así como el distrito central del Cantón de Alajuela y el distrito de Tibás, tienen porcentajes de personas

mayores de 64 años muy altos, especialmente mujeres. En los distritos con mayor presencia de personas pobres se nota una menor proporción de habitantes mayores a 64 años.

3.3.3. Inmigración

Los habitantes de nacionalidad extranjera representan el 4,56% de la población que es un valor bastante menor que el promedio nacional. Por otro lado un 1,11% de los habitantes son nacionalizados. Hay una proporción bastante más alta de extranjeros en algunos distritos de altos ingresos como Asunción de Belén donde representan el 15,81%.

3.3.4. Empleo y desempleo

El desempleo abierto es del 3,47%, cifra bastante más baja que la del 6% para Costa Rica. El desempleo en los distritos rurales es bastante más alto. Las tasas de participación en la población económicamente activa son del 50,38% para la región y no varían significativamente en los diferentes distritos de la región. Para Costa Rica la población económicamente activa es el 45,1%, lo que indica que las oportunidades de empleo en la región son mejores que en el resto del país.

3.3.5. Hogares encabezados por mujeres

El 23,44% de los hogares de la zona de estudio están encabezados por mujeres. Existe la tradición de que los jefes de hogar sean hombres (al menos de palabra) y que los hogares encabezados por mujeres implican que el padre o padres no permanecían en el hogar. Por lo tanto este indicador se ha usado para definir diferenciales en niveles de pobreza dada su coincidencia con situaciones previas de embarazo adolescente y dificultades para mantener una familia con un solo ingreso. Por otro lado el indicador también refleja la presencia de mujeres longevas que se convierten en jefes de hogar después de enviudar o mujeres maduras divorciadas.

3.3.6. Hacinamiento

El 4,3% de las viviendas se encuentran en condición de hacinamiento. En las viviendas rurales ese porcentaje es del 6,67. El valor porcentual más alto se da en el cantón de Río Segundo de Alajuela con el 11,23% de las viviendas rurales con hacinamiento.

3.3.7. Educación y analfabetismo

En la zona de estudio existe una alta densidad de centros de educación preescolar, de enseñanza primaria, secundaria y universitaria. El 49% de los estudiantes cursan los ciclos I y II de educación media y el 30% se encuentran matriculados en colegios académicos diurnos. Los cantones de Alajuela y Heredia presentan la mayor cantidad de estudiantes en general.

A pesar de que la zona en estudio tiene niveles de educación bastante más altos que el promedio nacional, el analfabetismo muestra valores sorprendentemente altos para algunos distritos de la región, especialmente las zonas rurales, donde alcanza un 9,30%. Para Costa Rica el porcentaje de personas analfabetas de acuerdo al Censo del 2000 es de 7,9%. Esto representa un problema importante para la divulgación y la toma de decisiones realmente democráticas. Las zonas urbanas, tienen porcentajes de analfabetismo mucho más bajos, pero en varios cantones albergan más personas analfabetas que las zonas rurales.

3.3.8. Ocupación

Un 11,8% de la población de la zona de estudio trabajaba como personal profesional, intelectual, un 9,56% en apoyo administrativo y un 3,8% ocupa puestos de nivel de dirección en la administración pública o privada. En todas estas categorías la zona en estudio muestra proporciones más altas que el promedio nacional. El 13,6% trabajan en ventas y prestación de servicios personales, 16,8% son técnicos y profesionales medios, el 25,5% en actividades productivas no agrícolas y un 1,5% en puestos relacionados al sector agropecuario. El 17,5%

restante son trabajadores no calificados que se distribuyen en todas las actividades productivas. Esta distribución indica con claridad que la agricultura es una actividad importante pero no dominante en la región y que gran parte de la población de la zona de estudio está directamente relacionada con actividades industriales de carácter urbano con cierta concentración relativa en las que requieren un uso intenso de la información y el conocimiento.

3.3.9. Necesidades básicas insatisfechas

El indicador de necesidades básicas insatisfechas (referidas a la falta de albergue, higiene, saber y consumo), propuesto por el Instituto Nacional de Estadística y Censos, es bastante eficaz para detectar la situación de pobreza relativa dentro de una zona y en puntos específicos de la misma. El 75,2% de las viviendas de la zona de estudio no tiene ninguna necesidad básica insatisfecha, un 19,89% tiene una, el 4,08% tiene dos necesidades básicas insatisfechas, el 0,75% tiene tres y solo un 0,09% de las viviendas tienen las cuatro necesidades básicas insatisfechas.

Para muchos distritos la carencia más frecuente es la del saber, sin embargo en unas zonas específicas se presentan altos valores para higiene y albergue.

La mayor pobreza se concentra en tres tipos de zonas: rurales montañosas en las tres provincias, rurales más calurosas del cantón de Alajuela y en los alrededores de las ciudades de Alajuela y Heredia. Para el caso de necesidades insatisfechas de albergue los resultados más altos se presentan en Cascajal de Vázquez de Coronado, La Guácima y San Francisco de Heredia, sin embargo, a nivel de cantón, Alajuela es el que tiene el mayor número de viviendas con necesidades básicas insatisfechas. Los cantones que siguen son Heredia que tiene alrededor de 2500 viviendas con necesidades básicas insatisfechas en saber y albergue y Vázquez de Coronado con 1423 viviendas con deficiencias en saber y poco más de 1000 con necesidades básicas insatisfechas de albergue.

3.3.10. Salud

La gran concentración de población en el área de estudio, provoca una importante movilización de recursos referidos a salud, que pretenden cubrir las necesidades crecientes de servicios básicos en esta área. Algunos indicadores de salud evidencian un nivel favorable. Por ejemplo, la mortalidad infantil (que en Costa Rica es una de las más bajas de América Latina) muestra valores mejores que el promedio nacional.

3.3.10.1. Discapacidades físicas y mentales

El total de discapacitados representa el 4,61% de la población de la zona de estudio. De estos discapacitados, el 27,33% sufren de ceguera, 14,33% de parálisis y/o amputación, 14,24% sufren de sordera, 9,31% de retardo mental, 6,15% de trastorno mental y hay 28,68% clasificados como sufriendo de otra discapacidad.

Los porcentajes más altos de personas con discapacidad en la zona de estudio se presentan en Paracito de Santo Domingo, San Pedro de Santa Bárbara y Ángeles de San Rafael de Heredia. El cantón con mayor número de discapacitados es Alajuela y le siguen Heredia, Vázquez de Coronado y Moravia.

3.3.10.2. Morbilidad de enfermedades infectocontagioso

La información disponible de morbilidad para el 2003 presenta un bajo número de casos de dengue (450), algunos de los cuales son importados y se concentran en el cantón de Alajuela (356). Existe un alto grado de morbilidad por enfermedades respiratorias principalmente en Coronado, Alajuela y Tibás. Los casos de diarreas son altos en Coronado, Alajuela, Belén y Flores de la provincia de Heredia.

3.3.11. Servicios básicos

Por ser una zona metropolitana, hay una buena cobertura de servicios básicos. Los principales servicios están concentrados en los cantones de Heredia, Alajuela, Tibás y Moravia. Dentro del área de interés se tienen 11 instalaciones de la Cruz Roja y únicamente 3 Estaciones de Bomberos. Existen en el área aproximadamente 224 iglesias dispersas por todos los cantones y en su mayoría corresponden a Iglesias Católicas. Hay 16 Áreas de Salud que se encuentran asociadas a alguno de los tres hospitales de especialidades médicas y que están cubiertas por 122 centros de atención o EBAIS.

Existen grandes facilidades para el desarrollo de actividades industriales. La cercanía con la capital, la red de carreteras para el tránsito de vehículos pesados y la accesibilidad por transporte público brinda mayor posibilidad de conseguir mano de obra a un costo menor. Por ello, en los últimos años se han establecido en esta zona importantes empresas que contribuyen fuertemente al producto interno bruto, entre ellas INTEL, zonas francas, zonas industriales, industria cervecera y lechera. Los tipos de actividades industriales que más se realizan corresponden a la fabricación de productos de panadería y fabricación de prendas de vestir. Los cantones de Alajuela y Heredia presentan la mayor cantidad de empresas mientras que San Isidro de Vásquez de Coronado es el cantón con la menor actividad industrial.

3.3.12. Administración del recurso agua

El recurso hídrico es administrado por diferentes empresas o instituciones. La zona rural está cubierta principalmente por gran cantidad de pequeños acueductos rurales, administrados por aproximadamente 60 Asociaciones de Administración de Acueductos (ASADA). La administración incluye la operación y mantenimiento de toda la infraestructura de los acueductos como las captaciones, redes de conducción y distribución, medidores, el control de la calidad del agua y desinfección, cobro por servicio, protección de las fuentes, entre otros. Las municipales cubren los cantones de Barva, Santa Bárbara, Belén, Alajuela, Flores y Santo Domingo; en tanto que Heredia, San Isidro y San Rafael son administrados por la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH); San Pablo, Moravia, Tibás y Vásquez de Coronado son administrados por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA).

3.3.13. Oferta hídrica y aprovechamiento de agua

No existe un balance hídrico superficial ni subterráneo que brinde la verdadera magnitud de la situación de la oferta en la zona de estudio. Se han hecho estimaciones preliminares de un balance hídrico, que indican que en la cuenca del Río Grande de Tárcoles, la precipitación promedio en el período 1970 a 1994, fue de 2.443 mm, representando un volumen de 5,31 km³/año, con una escorrentía superficial de 1,54 km³/año, donde la recarga a los acuíferos es de 1,52 km³/año, y una evapotranspiración real de 1,92 km³/año. (Reynolds V. J. 1997).

La cuantificación de la recarga es complicada, porque depende de las características de los acuíferos mismos, del tipo de materiales, del tipo de suelos, de la cobertura vegetal, de la topografía, etc. (IPCC, 2001). La elaboración de un balance hídrico con comprobación de campo es una investigación alto presupuesto que no ha sido asumido por las instituciones responsables. De acuerdo con World's Water (2002), el capital hídrico disponible para Costa Rica en el año 2000 fue de 112,4 km³/año. Según información de la base de datos del Departamento de Aguas del MINAE, para el año 2003, el porcentaje abstraído legalmente en el otorgamiento de concesiones para el uso de agua (doméstico, poblacional, industrial, animales, etc), en la zona de estudio fue de 1,74 km³/año, apenas un 1,5 % con respecto a la oferta total de agua de Costa Rica.

De los 1,74 km³/año, el mayor consumo lo tiene el riego, principalmente para plantaciones de ornamentales de exportación, producción de cultivos perecederos y mantenimiento de zonas verdes. El uso doméstico ocupa el segundo lugar de demanda mientras que el uso industrial es la tercera actividad de importancia.

El tipo de fuente más frecuentemente solicitado son los pozos (54%) y los principales usuarios son los sectores doméstico, riego e industrial. Las nacientes representan la fuente más utilizada para explotaciones dedicadas al sector poblacional y para estanques de piscicultura. El 58% de las explotaciones en ríos se localizan en las zonas altas del área de estudio donde predomina el uso del suelo para pastos, cultivos o bosques; mientras que el 21% se ubican en las zonas medias, densamente pobladas, con usos para riego y actividades pecuarias.

En cuanto al aprovechamiento en quebradas, el 74% se localiza en las zonas altas del área de estudio (en especial en las faldas de los volcanes Barva e Irazú), mientras que el resto se encuentra en las partes bajas al oeste de la zona de estudio.

Excluyendo al sector fuerza hidráulica, en forma global los ríos son la fuente que aporta mayor caudal, seguido por los pozos y las nacientes. La actividad que demanda más caudal es el riego (71% del caudal explotado en ríos), seguido por la poblacional y la industrial. Analizando el aporte de caudal por fuente, la explotación de pozos representa la principal fuente de caudal para los sectores industrial, doméstico y animal (casi la mitad del caudal explotado en pozos se utiliza en el sector industrial), mientras las nacientes aportan la mayoría del caudal utilizado en el sector poblacional.

3.3.14. Abastecimiento de agua potable

La infraestructura de conducción de la mayoría de los acueductos que sirven la zona, presenta problemas de distribución, fugas, rupturas de tuberías, materiales obsoletos, conexiones ilícitas, deterioro y problemas con los diámetros de las tuberías, que afectan el abastecimiento de agua potable, siendo considerado por algunos expertos como el mayor problema en la administración del recurso. A pesar de esto, la calidad del agua es asegurada por los entes administradores de los acueductos por medio de las pruebas de calidad, cloración, desinfección y tratamiento de aguas, sin embargo en algunos casos se han registrado problemas principalmente por presencia de coliformes totales, temperatura, color y pH. Por otra parte, en muchos de los acueductos todavía no se instalan medidores y las tarifas en la mayoría de los casos son bajas, lo que fomenta consumos más altos. Algunas fuentes de agua se encuentran en propiedades privadas y no están registradas en el Departamento de Aguas del MINAE.

Los principales conflictos por el recurso hídrico en esta zona son disponibilidad del recurso (cantidad, calidad y competencia), alto consumo, poca protección de fuentes, problemas de infraestructura, incumplimiento de la legislación existente y falta de control en la administración.

3.3.15. Saneamiento

Los alcantarillados pluviales funcionan por gravedad y se utilizan para coleccionar las aguas de lluvia procedentes de calles, techos y otras fuentes. No deben incluir aguas residuales por lo que los alcantarillados pluviales y sanitarios se consideran independientes, con el objeto de evitar la contaminación asociada. A medida que ha ido aumentando el conocimiento de los efectos producidos por la contaminación por aguas pluviales, el tratamiento de las mismas ha recibido mayor atención. En el área no existe información técnica detallada sobre los alcantarillados pluviales.

3.3.15-1. Red de cloacas

Se utiliza principalmente el tanque séptico (tanque sedimentador), y una zona de absorción para la disposición final de aguas residuales domésticas como medio de eliminación de excretas. Los porcentajes de uso por distrito son muy altos y obviamente disminuyen cuando existe alcantarillado sanitario (por ejemplo en los distritos: Alajuela, Heredia, San Juan y San Vicente); o se emplea otra forma de disposición (por ejemplo: pozo negro o letrina).

Los tanques sépticos y las correspondientes zonas de absorción tienen ventajas comparativas con las letrinas pues, entre otras: descargan a un nivel significativamente más alto del perfil del suelo brindando condiciones más favorables para la eliminación de patógenos, además de la remoción del efluente sólido con alto contenido de nitrógeno (Pulido, 2000). Sin embargo ambos pueden contaminar el agua subterránea.

Las ciudades de Alajuela y Heredia tienen alcantarillado sanitario y estos recolectan gran parte de las aguas residuales producidas, sin embargo en ningún caso están en operación las plantas de tratamiento donde deberían ser tratadas las aguas y cumplir con el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales (26042-S-MINAE). Las aguas son descargadas sin tratamiento a una quebrada en Alajuela y al Río Pirro en Heredia. San Juan de Tibás y San Vicente de Moravia pertenecen al sistema de alcantarillado sanitario del Área Metropolitana (Colector Rivera), que al igual que los anteriores, descarga las aguas residuales a los ríos sin previo tratamiento.

Existen varias urbanizaciones que poseen sus propias plantas de tratamiento para las aguas residuales domésticas. De acuerdo con Reynolds y Fraile (2000) se ha detectado una incipiente contaminación por nitratos en pozos y manantiales localizados en la parte baja y media de la cuenca del Río Virilla, y se sospecha que la fuente sean las aguas negras (material orgánico nitrogenado) y del uso intensivo de fertilizantes nitrogenados en la agricultura.

3.3.15-2. Tratamiento de aguas residuales

Solo un porcentaje pequeño de las empresas registradas en la zona cumple con lo establecido en el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales. La mayor cantidad de empresas son alimenticias, en menor cantidad: hotelería, gasolineras, beneficios, tenerías, porcinas, procesamiento de frutas, suministros eléctricos, textiles, parques industriales y aeroportuarias.

3.3.15-3. Manejo de desechos sólidos

La recolección de los desechos sólidos en los cantones de la región de estudio es realizada en la mitad de los casos por las mismas municipalidades y en los otros casos por empresas privadas. Los sitios de disposición final de desechos sólidos son principalmente: el Relleno Sanitario Los Mangos ubicado en el barrio San José de Alajuela (dentro de la zona de estudio) y el Relleno Sanitario Río Azul ubicado en La Unión de Tres Ríos (fuera de la zona de estudio). Santo Domingo, San Pablo y San Isidro depositan los desechos sólidos en botaderos municipales, localizados en la zona de estudio. Son escasos los programas de reciclaje. Hay algunos casos en San Rafael con el Club de Leones y en Alajuela en las escuelas.

3.3.16. Situación institucional

Los gobiernos municipales son los responsables de planificar y controlar el desarrollo urbano dentro de los límites de su territorio jurisdiccional. Los planes reguladores son la herramienta más importante que poseen estos gobiernos para llevar a cabo dichas tareas, ya que definen las políticas de desarrollo. Los gobiernos locales que no cuenten con Planes Reguladores deben acatar las leyes y reglamentos nacionales de regulación, las cuales en muchos casos son muy generales y no son adecuadas para las necesidades o problemas específicos. De los 13 cantones que conforman la zona de estudio, solo cuatro municipalidades poseen Planes Reguladores vigentes, a saber Alajuela, Belén, Moravia y Vázquez de Coronado.

Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Vulnerabilidad actual.

Los planes reguladores deben tener mapas y especificaciones de zonificación que incluyen: intensidad del uso del suelo, fraccionamientos permitidos, usos de la tierra permitidos y/o recomendados, principalmente en lo que concierne a vivienda, comercio, industria, educación, recreación, fines públicos, actividades agrícolas y áreas de protección. Además, deben cumplir con las regulaciones territoriales de la Gran Área Metropolitana que preservan como no aptos para los asentamientos humanos, las zonas al norte y este de la zona en estudio. Las restricciones a los procesos de urbanización se fundamentan en la necesidad de proteger las zonas de recarga de los acuíferos, proteger suelos agrícolas valiosos y disminuir el peligro de inundaciones en las zonas bajas por ejemplo el cantón de Belén.

Solamente el Plan Regulador de Alajuela tiene zonas de reserva para la expansión urbana futura, donde se establece que los proyectos urbanísticos no se podrán desarrollar hasta que se cuente con la infraestructura y los servicios básicos necesarios en las zonas.

4. SINTESIS E INTEGRACION DE LA VULNERABILIDAD ACTUAL

4.1. Vulnerabilidad actual del sistema

Los desastres raramente son acontecimientos aislados (Oxley, 2003). De igual manera, la vulnerabilidad no es un solo elemento, sino un conjunto de debilidades en un sistema. Estas se relacionan y a veces se potencian unas con otras. Se puede hablar entonces de una vulnerabilidad de diferentes componentes de un sistema o bien de una vulnerabilidad general del sistema. El uso de indicadores puede estimar la vulnerabilidad para cada uno de los componentes o bien para todo el sistema si se integran en un índice.

De acuerdo con el marco conceptual PER (PRESION-ESTADO-RESPUESTA) una **presión** aplicada sobre un sistema que se encuentra en un **estado** dado, va a provocar una **respuesta** para tratar de amoldarse o equilibrarse nuevamente. En nuestro caso, la presión va a estar representada por el clima, que es la amenaza que se cierne sobre el sistema hídrico. El estado está representado por los indicadores socio económicos y biofísicos que definen el escenario base y algunos impactos, mientras que la respuesta son las medidas de adaptación o las fortalezas propias de las localidades. El **análisis de vulnerabilidad actual** contempla entonces la **vulnerabilidad** propiamente definida por los indicadores de estado seleccionados a nivel de distrito, **los impactos** identificados en forma regional para toda el área y **las políticas y medidas de adaptación** que tienen un carácter macro.

Por definición propia, los indicadores muestran el estado del sistema al año 2000. Un grupo de estos indicadores se seleccionó para representar las debilidades del sistema. El primer paso fue la construcción de una expresión que defina cuáles son los grandes componentes de vulnerabilidad ante el clima.

Esta “expresión” de vulnerabilidad (construida por el grupo de actores base) no solo se aplica al área piloto, sino que puede ser utilizada en cualquier zona del país. No está basada en indicadores por sí solos, sino que estos se agrupan en “componentes” de la expresión. Cada componente está representado por al menos un indicador, que puede variar de acuerdo con la zona de estudio, pero el componente será el mismo. Por ejemplo, el componente salud puede estar representado en una zona por “casos de asma” como indicador, mientras que en otra zona el indicador más apropiado para salud sea “casos de dengue”. Otra característica de la expresión de vulnerabilidad construida es que parte de una visión integral: la vulnerabilidad del área de estudio es la suma de las vulnerabilidades de los sectores productivos, comunales, familiares e individuales con respecto al clima.

La expresión de vulnerabilidad se definió con cuatro componentes:

$$V = ASE + IV + CI + RF \quad \text{donde,}$$

V= Vulnerabilidad ante el cambio climático

ASE (agua, salud, sociedad y energía): Este componente es central para el marco del proyecto en Costa Rica. Reconoce al agua como el eje en el que giran las necesidades básicas y actividades productivas de la sociedad costarricense. A partir del agua, de su cantidad y calidad se mueven las condiciones básicas de higiene y salud, las actividades socioproductivas y la generación de energía hidroeléctrica que representa más del 80% de la energía producida en nuestro país. El agua es indispensable para la vida del planeta y el confort humano. La falta de agua (calidad y cantidad) es una muestra de vulnerabilidad, que no solo afecta el consumo, sino la salud y la energía.

IV (infraestructura y vivienda): Se refiere a la obra material que alberga bienes, servicios y al común de la sociedad, como vivienda, edificaciones para la cruz roja, bomberos, escuelas, bancos,

hospitales, carreteras, puentes. Se entiende que la falta de edificaciones o la mala edificación, principalmente de vivienda es un grave problema, porque se está perdiendo el resguardo social y la planta física necesaria para la organización y respuesta ante extremos del clima. Este componente no solo es aplicable a una zona de amplio desarrollo urbano e industrial, como el área piloto, sino que es importante en zonas marginales o rurales.

CI (conocimiento e información): Se refiere al flujo de información y conocimiento sobre el fenómeno climático, sobre el entorno biofísico de los asentamientos humanos y sobre el medio para divulgar esta información, la educación y el nivel de educación, el mantenimiento y reforzamiento de valores. Si no existe una buena información o educación, la implementación de respuestas no será todo lo efectivo que se pretende.

RF (recursos financieros): Se refiere al dinero necesario para mantener la seguridad y disminuir la vulnerabilidad social. Se considera el ingreso familiar, el financiamiento de obras físicas y proyectos de participación social para impulsar la producción y el bienestar de las comunidades.

Estos componentes constituyen los pilares de la seguridad del individuo, la familia, la comunidad y la empresa productiva ante fenómenos de carácter climático. La ausencia o debilidad de alguno de estos se manifestará en vulnerabilidad. Por esta razón, los indicadores seleccionados manifiestan la carencia o debilidad con relación al componente. A mayor valor del indicador, mayor debilidad del componente y mayor vulnerabilidad. Los indicadores seleccionados se presentan en el cuadro 1 agrupados por componente de vulnerabilidad y clasificados de acuerdo a categorías.

Cuadro 1. Indicadores seleccionados por componente de vulnerabilidad.

Componente	Categoría	Indicador	Unidad
Agua, Salud, Sociedad y Energía	Social	1. Población menor de 12 años	Porcentaje del distrito
	Social	2. Población mayor de 64 años	Porcentaje del distrito
	Salud	3. Población discapacitada	Porcentaje del distrito
	Salud	4. Población afectada por asma	Número de casos /distrito
	Agua	5. Dotación doméstica de agua	Litros/segundo/población
Conocimiento e Información	Social	6. Población analfabeta	Porcentaje del distrito
	Biofísico	7. Área propensa a deslizamiento	Hectáreas por distrito
	Biofísico	8. Área propensa a inundaciones	Hectáreas por distrito
	Social	9. Área dedicada a actividades agrícolas	Hectáreas por distrito
Infraestructura y vivienda	Social	10. Área con sobre uso de suelo	Hectáreas por distrito
	Vivienda	11. Casas con paredes de madera	Porcentaje de viviendas
	Vivienda	12. Casas sin cielo raso	Porcentaje de viviendas
	Social	13. Casas con hacinamiento	Porcentaje de viviendas
Recursos Financieros	Infraestructura	14. Casas con tanque séptico	Porcentaje de viviendas
	Social	15. Población en pobreza	Porcentaje del distrito

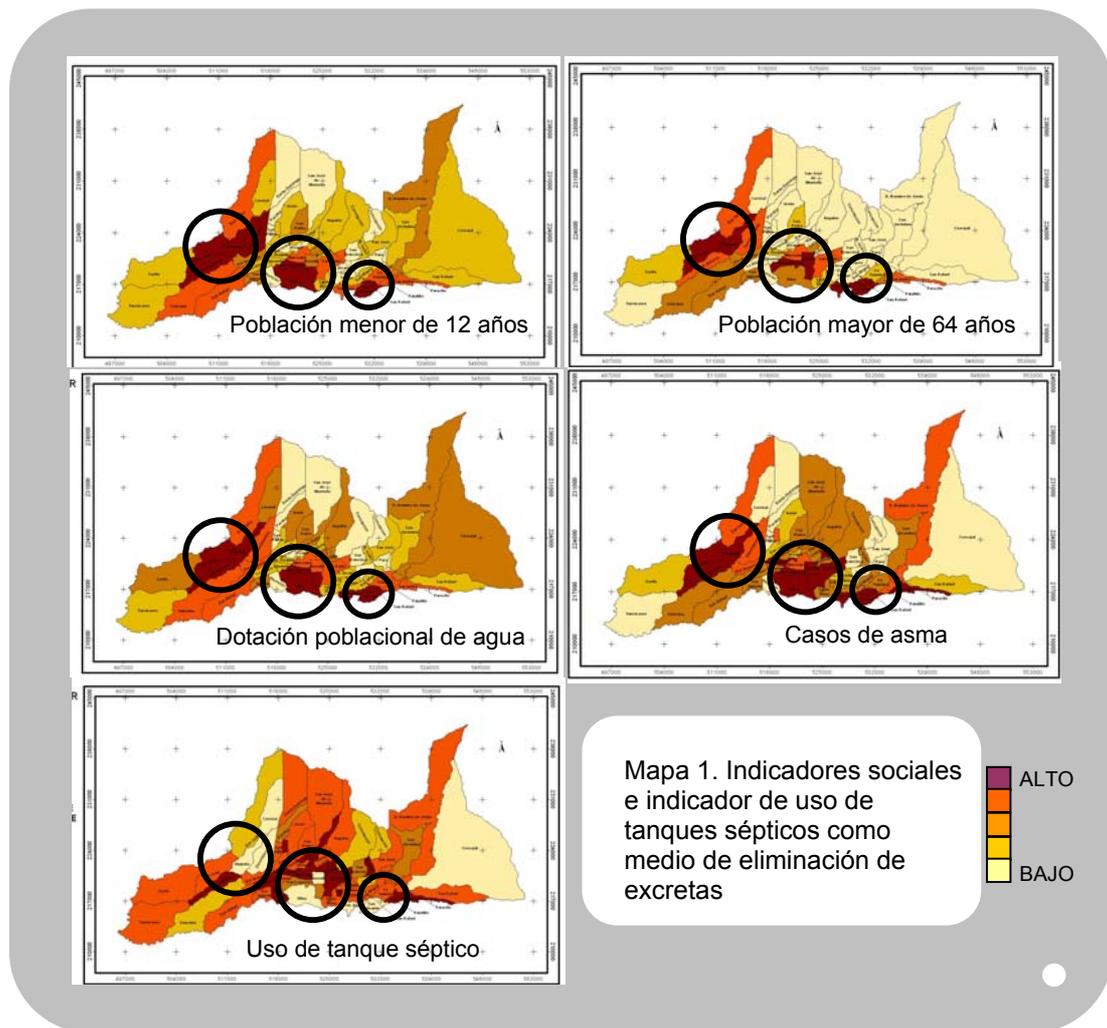
El análisis espacial por indicador permite agrupar aquellos que tienen un patrón común, o sea, aquellos parámetros sociales, biofísicos o económicos que tienen una magnitud similar en un área similar. Este análisis permite comprender mejor el resultado final del Índice de Vulnerabilidad que es la suma de estas variables.

4.2. Vulnerabilidad del grupo de indicadores relacionados a la característica poblacional

Los indicadores de población infantil y población adulta mayor, los casos de asma, el consumo potencial de agua y el uso de tanque séptico, muestran un patrón similar en cuanto a las áreas más vulnerables. Teóricamente las poblaciones más vulnerables ante eventos meteorológicos extremos son la infantil y la adulta mayor (por movilización y dependencia) según la OMM (2003).

Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Vulnerabilidad actual.

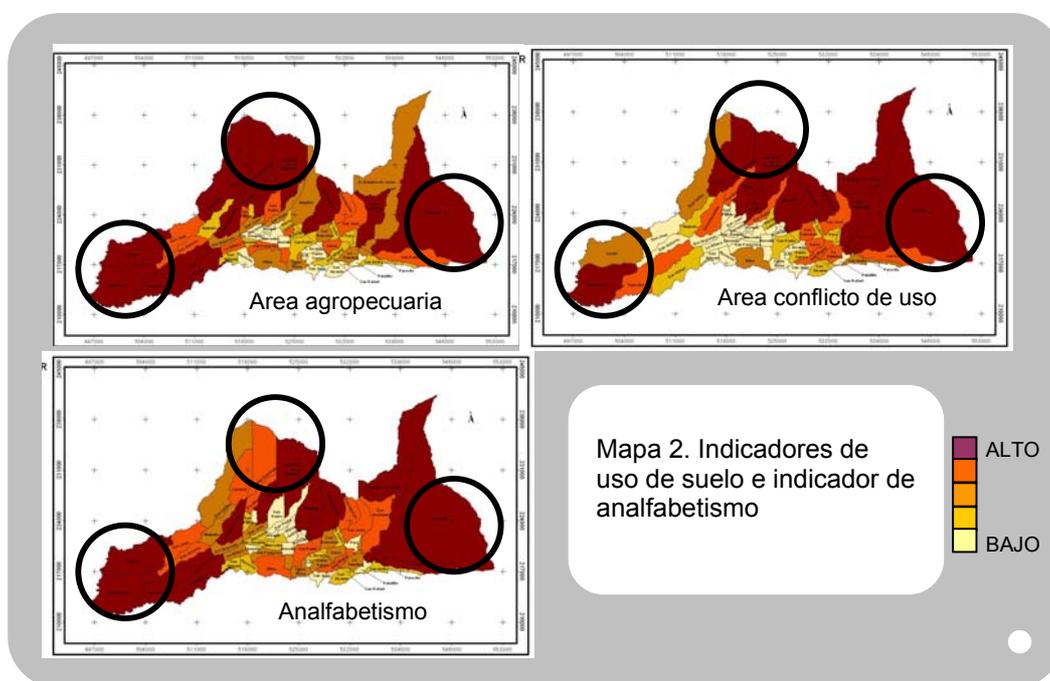
Sumado a esta característica la incidencia de enfermedades respiratorias asociadas al clima (Galindo et al. 1988, Varela y Ojeda 1988) hacen más vulnerable a estas poblaciones. Por otra parte, se ubican en zonas de alto potencial de consumo de agua con una alta concentración de fuentes de contaminación de acuíferos como son los tanques sépticos. Se distinguen tres zonas que concentran núcleos de población importantes: Alajuela, Heredia y Moravia. La primera zona está hacia el noreste. Una segunda zona se ubica al sur, en el cantón central de Heredia y que incluye los distritos de Heredia centro, Ulloa y San Francisco. La tercera zona se ubica en los distritos de San Juan de Tibás y San Vicente de Moravia. En el mapa 1 se resumen las representaciones espaciales de los indicadores mencionados. Los colores más oscuros obedecen a las vulnerabilidades mayores. Los patrones definidos están encerrados en círculos.



El indicador de uso de tanque séptico como medio de eliminación de excretas, no muestra una distribución tan definida como los otros cuatro indicadores, sin embargo, por su importancia y concentración cercana a los patrones espaciales definidos, se incluye dentro de este análisis grupal de indicadores. Además, los tanques sépticos son potenciales fuentes contaminantes de acuíferos de amplia distribución en la zona.

4.3. Vulnerabilidad del grupo de indicadores relacionados al uso del suelo

Estos indicadores son el área destinada a actividades agropecuarias, el área con conflicto de uso de suelo y el porcentaje de la población en condición analfabeta. En este caso se relaciona una condición social (analfabetismo) a las prácticas socioeconómicas. Se presume que poblaciones con bajo nivel académico y analfabetas, son menos permeables a la respuesta organizada y la implementación de medidas correctivas. Si a eso se suma que viven en zonas de conflicto de uso de suelo, la vulnerabilidad agregada es mayor. Las áreas patrón son tres. La primera hacia el oeste de la zona de estudio, que comprende los distritos de Turrúcares, La Garita y Guácima, pertenecientes al cantón central de Alajuela. Son distritos rurales, de zonas bajas y cálidas. La segunda zona se puede ubicar en las partes altas de Heredia, en los cantones de Santa Bárbara, Barva y San Rafael. Son igualmente distritos rurales, de zonas altas y templadas. La tercera zona se localiza en las partes altas del cantón Vásquez de Coronado, caracterizadas por la producción de leche vacuna. En el mapa 2 se resumen las relaciones entre indicadores por medio de los círculos. El color oscuro indica la mayor vulnerabilidad del indicador representado en el mapa.



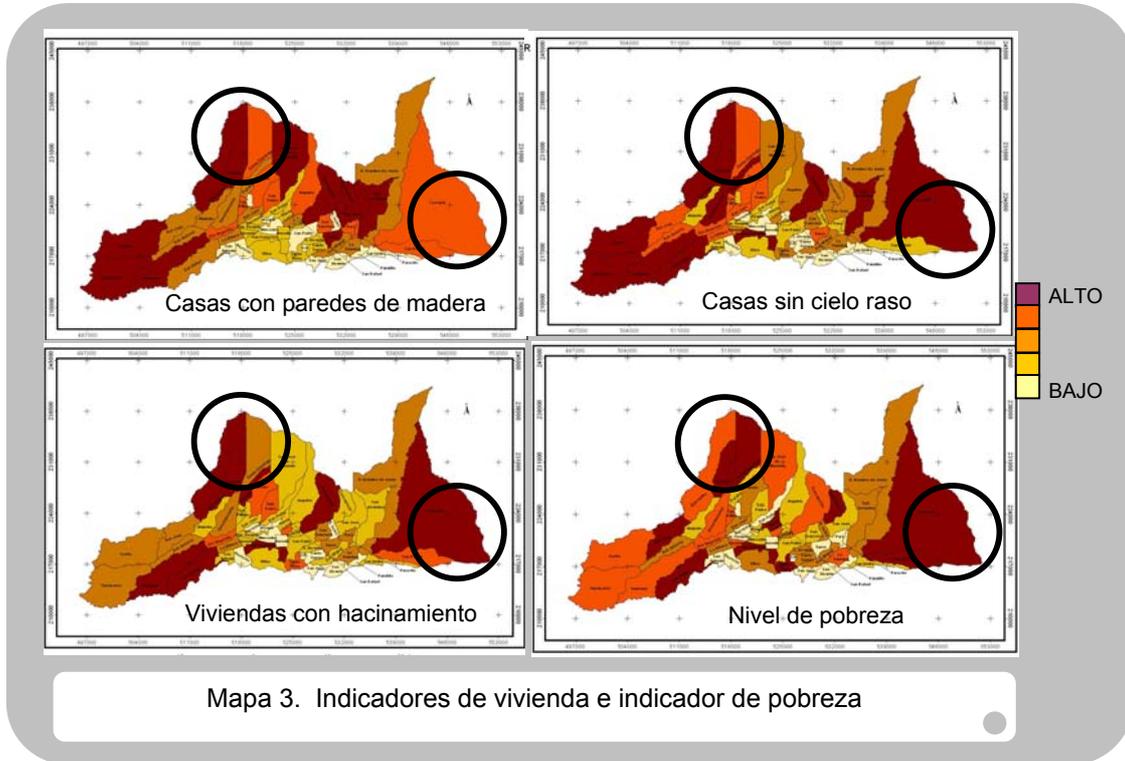
La relación de estos indicadores parece asociar la baja escolaridad característica de las zonas rurales tradicionalmente agrícolas, pero que se encuentran en conflictos de uso de suelo y que están sometidas a una gran presión urbanística. Esta presión hace transgredir el cinturón de amortiguamiento de las Areas Silvestres Protegidas, poniendo en riesgo la conservación de nacientes y fuentes de agua de las zonas altas.

4.4. Vulnerabilidad del grupo de indicadores relacionados a la pobreza

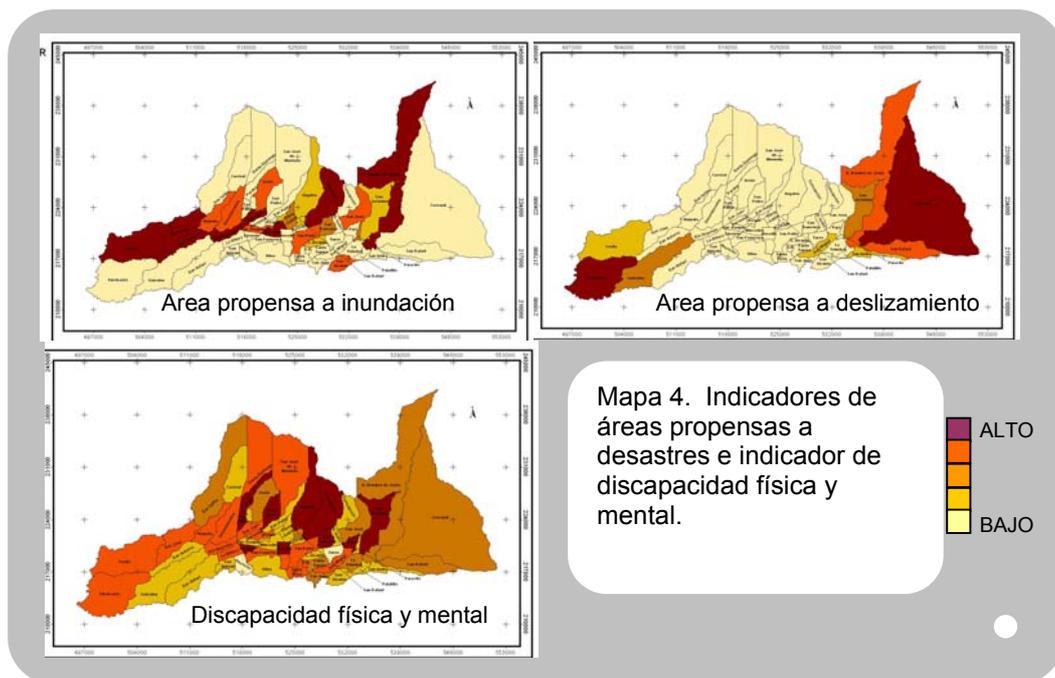
Los indicadores que se pueden agrupar en esta clase son los que se refieren al tipo de material usado en la construcción de la vivienda: madera en las paredes y ausencia de cielo raso en el techo. Estos indicadores se pueden relacionar con el nivel económico de las familias, asociando la pobreza con una vivienda en mal estado y por lo tanto vulnerable a los extremos de clima. El nivel de pobreza está asociado además con el hacinamiento en las viviendas, que es mayor en los distritos de tipo rural.

Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Vulnerabilidad actual.

De acuerdo con el mapa 3, se distinguen dos zonas más vulnerables. La primera se ubica en las zonas altas de Heredia (Santa Bárbara) y Alajuela (San Isidro). Una segunda área vulnerable se encuentra en el distrito de Cascajal, del cantón Vásquez de Coronado.



Los indicadores restantes de áreas propensas a deslizamiento, áreas propensas a inundación y discapacidad (física y mental), no guardan un patrón que pueda ser definido dentro de alguno de los tres grupos anteriores.



4.6. Análisis de impactos

Una modificación del marco referencial PER diferencia los impactos de los indicadores usados estrictamente para definir el estado del sistema (CADETI 2004). En nuestro caso, algunos indicadores de estado son coincidentes con la descripción de impactos, por lo que pueden ser considerados como parte misma del estado del sistema.

Los cambios de temperatura y los extremos en precipitación, afectan una diversidad de sistemas físicos y biológicos y podrían tener consecuencias adversas sobre el sistema hidrológico. La vulnerabilidad social y de los sistemas naturales ante estos extremos se pone de manifiesto en los impactos causados.

El impacto de este tipo de fenómenos recae, desproporcionadamente sobre la población más pobre ya que están asociados con el elemento antrópico que interviene y que en algunas ocasiones afecta más que el clima mismo. Por estos motivos, la evaluación de problemas ambientales, es una situación compleja, dada la gran cantidad de variables relacionadas. En ocasiones es difícil incluso dilucidar cuáles son las causas y cuáles las consecuencias (Campos, 2004). Para analizar los impactos se consideraron dos situaciones: impactos durante años secos (períodos secos prolongados, aumento de la temperatura, aumento de días secos, disminución de cantidad de lluvia y alteraciones en su distribución) e impactos durante años lluviosos (lluvias de fuerte magnitud y corta duración, aumento de días con lluvia). En el cuadro 2 se presentan las principales características de estos escenarios estimados a partir de análisis de variabilidad climática.

Cuadro 2. Escenarios climáticos para la evaluación de impactos

Características	Años secos	Años lluviosos
Relación con fases ENOS	69% con Niño	84% con Niña
Recurrencia de eventos (años)	5.6	8.0
Déficit-superhábit (mm/año)	-340.5	+567.8
Déficit-superhábit (%/año)	-16.5	+26.1
Meses afectados	jul-oct	may-nov

Adicionalmente, los impactos se analizaron en tres áreas a saber: ambiente biofísico, ambiente social y económico.

4.6.1. Impactos durante años secos

Los impactos provocados por disminuciones de lluvias sobre las aguas superficiales y subterráneas son la disminución de la recarga a los acuíferos y la disminución de la escorrentía de aguas superficiales. En el ambiente **biofísico**, los principales impactos se dan en la reducción de la calidad del agua, debido al aumento en la concentración de microorganismos y sustancias potencialmente tóxicos debido a la reducción de la capacidad de dilución. Condiciones secas pueden provocar stress térmico en animales y plantas, cambios en los patrones de floración, aumento de probabilidades de propagación de incendios forestales, aumento de población de insectos vectores de enfermedades y fluctuaciones importantes de plagas y sus controles biológicos. Según Pounds (1999, 2001) y Pounds y Puschendorf (2004), en las zonas altas de Monteverde (1540 msnm) cambios en el clima (temperatura, humedad, nubosidad) pueden estar alterando la población y distribución de algunas especies de anfibios, aves y reptiles. El suelo puede verse impactado por una mayor concentración de sustancias tóxicas² y sales que, por lo general, se diluyen con el agua y se transportan vía escorrentía.

² Las áreas dedicadas a la producción de flores, helechos y otras plantas ornamentales para exportación acumulan gran cantidad de residuos químicos por fertilizantes que por lo general los diluyen las aguas. La dilución no significa que no haya contaminación.

Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Vulnerabilidad actual.

El componente **social** se ve impactado por un deterioro en la calidad de vida de la población, afectando la salud pública especialmente en poblaciones pobres con pocos hábitos de higiene y limpieza. Las diarreas y enfermedades transmitidas por vectores aumentan debido a los racionamientos y el mal almacenamiento de agua, afectando los grupos más vulnerables: niños y adultos mayores. La poca disponibilidad de agua causa desequilibrios en la zona de confort social que puede provocar trastornos emocionales. La exposición a los rayos solares puede incrementarse producto de condiciones turísticas de mercado y contribuir a aumentar las posibilidades de desarrollar cáncer de piel. También se evidencia un aumento de enfermedades respiratorias como asma y alergias por efectos del incremento en el polvo y otras partículas presentes en el aire (Harrison, 1994). Todo lo anterior se traduce en un incremento en la demanda por servicios de salud en los centros hospitalarios. Los impactos asociados a la agricultura (baja producción o rendimiento) se traducen en situaciones sociales agobiantes por la inseguridad alimentaria, la migración, el desempleo, aumentos de costo de producción.

Algunas situaciones secas se han relacionado con fenómenos de variabilidad climática como El Niño. En el anexo 6 se presenta un cuadro resumen de estas situaciones. En el cuadro 3 se presenta los principales impactos en el ambiente social, biofísico y económico durante años secos. La valoración se puede consultar en el anexo 4.

Cuadro 3. Impactos valorados durante años secos

Ambiente biofísico	Ambiente social	Ambiente económico
1. Hidrología:		
Disminuye la recarga a los acuíferos ● Disminuye la escorrentía ● Disminución de la cantidad del agua disponible para los diversos usos ●	Racionamiento de agua ● Mayor consumo de agua para todas las actividades domésticas ● Deterioro de la calidad de vida ●	Reducción de la generación hidroeléctrica ● Aumento de costos por generación térmica ● Aumento en las inversiones por extracción de agua en pozos ● Incremento en los costos por abastecimiento ● Aumento en inversión de tecnología limpia ●
Aumenta la concentración en el agua de microorganismos, debido a la menor dilución ●	Deterioro de la salud humana	
Modificación de las características físicas y químicas en acuíferos, manantiales y otros ●		
2. Suelo		
Deterioro y erosión del suelo ● Concentración de sustancias químicas (sales, agentes contaminantes, lluvia ácida) ●		Incremento en los costos por fertilizaciones ● Reducción en la producción por disminución en la calidad del suelo ●
3. Biodiversidad		
Stress en fauna por calor ● Fluctuaciones en las poblaciones y desplazamiento de especies ● Los períodos de la floración varían ●		
Cambios en el paisaje ●		

Cuadro 3. Impactos valorados durante años secos (continuación)

Ambiente biofísico	Ambiente social	Ambiente económico
4. Salud		
Mayor número de días secos relacionados a una mayor posibilidad de exposición a la radiación ●	Aumento en la incidencia de enfermedades como cáncer de piel ●	Disminución en la productividad ●
No precipitación de partículas sólidas suspendidas en la atmósfera debido a la falta de lluvia ●	Aumento en la incidencia de enfermedades respiratorias ●	
Incremento en la producción de microorganismos en el agua y el medio ambiente ●	Aumento en la demanda de servicios por salud ●	Aumento en el número de días no laborados por incapacidades ● Mayores costos asociados a los incrementos por atenciones en centros de salud ●
	Aumento en la incidencia de diarrea ●	
	Deterioro del confort de algunas personas ●	
5. Agropecuario		
Disminución de rendimiento animal y vegetal por problemas fisiológicos ●	Pérdida en algunas cosechas y actividades pecuarias ● Reducción en los ingresos ● Desempleo por condiciones adversas para el mantenimiento de actividades agropecuarias ● Reducción del suministro de alimentos y oferta alimentaria ●	Incremento en el precio de productos agrícolas y en los costos de producción en general ● Aumento en el costo de paquetes tecnológicos de manejo ● Aumento en la importación de insumos y productos agrícolas ● Pérdidas económicas por problemas de riego y enfermedades ● Menor productividad y rendimiento de los cultivos y ganadería ●
Aparición de plagas y enfermedades ●		
Muerte de animales zootécnicos ●		
Disminuye la cantidad y calidad del agua ●		
6. Energía		
Aumenta el número de días secos asociados al aumento de la sensación térmica ●	Aumenta el consumo de energía por el uso de medios refrigerantes (ventiladores, aires acondicionados, etc) ●	Posible incremento en las tarifas eléctricas ● Importación de electricidad ó combustibles fósiles para generación ● Posible incremento en el precio de los servicios públicos ●
7. Aire		
Aumento de partículas en el aire ●	Deterioro del confort de algunas personas ●	Incremento de gastos en salud por atención de personas ●

Fuente: Campos 2004, adaptado por Miranda et al. 2005.

Valoración de impactos	
●	Impacto negativo alto
●	Impacto negativo medio
●	Impacto negativo bajo
●	No es significativo
●	No hay información sobre la medición de este impacto

4.6.2. Impactos durante años lluviosos

Los principales impactos en años lluviosos son inundaciones y deslizamientos (en anexo 7 se presenta un resumen de eventos hidrometeorológicos en la zona). Las inundaciones obedecen condiciones naturales, como la disposición de la cuenca, la morfología del terreno, la condición hidrológica y la magnitud de las lluvias; y a condiciones antrópicas, como el mal uso y manejo del suelo, crecimiento urbano desordenado y acelerado, impermeabilización de áreas de recarga y una inadecuada disposición de excretas y desechos sólidos. Muchas veces, el factor social es más determinante que el factor natural, produciéndose inundaciones de carácter urbano durante períodos de lluvia normal (Tucci 2004). Los mayores riesgos de inundación y deslizamiento se presentan entre junio y noviembre (temporada lluviosa), generados a partir de tormentas locales que producen lluvias intensas (Solano 2002). El período de recurrencia de inundaciones en algunos ríos se ha reducido a un año o menos, producto del frente urbanístico y el descargue de desechos sólidos a los cauces. Además, la conformación hidrológica de la zona de altitud media del área del proyecto, facilita las inundaciones.

Los deslizamientos son el movimiento lento o rápido del material superficial de la corteza terrestre, debido a un aumento de peso, pérdida de consistencia de los materiales o algún otro factor que genere un desequilibrio en la ladera. En el área del proyecto hay pocas zonas vulnerables a deslizamiento, sin embargo el crecimiento urbano marginal pone en riesgo social a muchas familias. Las áreas con mayor incidencia de deslizamientos son aquellas cercanas a los cauces de los ríos en especial en la zona este de la microcuenca del río Virilla. En el cuadro 4 se resumen los impactos durante años lluviosos. La valoración se puede consultar en el anexo 4.

Cuadro 4. Impactos durante años lluviosos

Ambiente biofísico	Ambiente social	Ambiente económico
1. Hidrología		
Aumento en la recarga acuífera ●	Mayor disponibilidad del recurso agua ●	
Aumento de escorrentía (aumento nivel de ríos, aumento de avenidas) ●	Disconformidad con los servicios básicos debido a inundaciones y deslizamientos ●	Aumento de costos en el mantenimiento de acueductos ● Costos asociados a la atención inmediata por emergencias ●
Disminuye la calidad del agua ●	Población afectada por contaminación del agua, turbidez y sedimentos ●	Aumento de los costos para el abastecimiento de agua potable a nivel familiar ●
	Acumulación de desechos sólidos y atascamiento de alcantarillas ● Contaminación por aguas negras ●	
2. Suelo		
Pérdida de suelo por deslizamientos e inundaciones ●	Desarraigo familiar por movilización en emergencias ●	Aumento de costos por fertilización de enmienda de suelos agrícolas ●
Contaminación por lixiviación de agroquímicos ●		Disminución de productos alimentarios ●
Enriquecimiento de suelos en zonas aluviales ●	Mejora de la productividad agrícola ●	Mayores ingresos por mejores cosechas ●
3. Biodiversidad		
Movilización de poblaciones de fauna ●		
Disminución de especies (flora y fauna) ●		
Pérdida de los hábitat ●		

Cuadro 4. Impactos durante años lluviosos (continuación)

Ambiente biofísico	Ambiente social	Ambiente económico
4. Agropecuario		
Desarrollo de agentes patógenos en ganado y cultivos ●	Pérdida en algunas cosechas ●	Pérdidas económicas por cultivos destruidos ●
	Desempleo ●	Reducción en la disponibilidad del ingreso ●
	Variación de los períodos de siembra ●	Incremento en los costos de producción y traslado de esos costos al consumidor ●
	Contaminación de cultivos ●	Aumento en la importación de productos agrícolas y reducción exportaciones ● Disminución de la productividad ●
5. Salud		
Contaminación de agua por sustancias químicas ●	Aumento en la demanda de servicios de salud ●	Mayores costos asociados al incremento de atenciones en centros de salud ● Disminución en el rendimiento laboral ●
	Deterioro del confort en las personas ●	Aumento en el número de días no laborados por incapacidades ●
Aumento de condiciones favorables para el desarrollo de patógenos ●	Aumento de casos de diarrea ●	Aumento en el número de atenciones por dengue, diarrea y enfermedades respiratorias ●
	Aumento de casos por dengue ● Aumento de enfermedades respiratorias ●	
6. Infraestructura		
Cambios en el paisaje debido a inundaciones y deslizamientos ●	Inhabilitación de servicios viales, de electricidad, acueductos y comunicación ●	Mayor inversión en sistemas de acueductos y alcantarillados colapsados o destruidos ●
	Mejoras en la organización de grupos de atención comunitaria ●	Aumento de costos por atrasos en construcciones ● Deterioro en infraestructura ●
	Mejoras en la calidad de la infraestructura ●	Aumento de costo por mejoras en la calidad de las construcciones ●
Exceso de sedimentos en el cauce de los ríos ●		Reducción en la capacidad de generación de energía de los embalses ●

Fuente: Campos 2004, adaptado por Miranda *et al.* 2005.

Valoración de impactos			
●	Impacto negativo alto	●	Impacto positivo alto
●	Impacto negativo medio	●	Impacto positivo bajo
●	Impacto negativo leve		
●	No es relevante ni significativo		
●	No hay información sobre la medición de este impacto		

4.6.3. Otros problemas de origen antrópico que afectan el recurso hídrico

El urbanismo desencadena efectos como la contaminación por basuras, contaminación por sonido, contaminación al aire y por ende contribuye al cambio climático (OMM sf.). La situación actual de las aguas superficiales y subterráneas en la zona de estudio, está determinada por la demanda del recurso, el estado de la infraestructura disponible, la administración del recurso, el cumplimiento de la legislación, el uso del suelo y la deforestación entre otros (PRODUS, 2004).

4.6.3-1. Calidad del agua superficial

Los ríos de la cuenca están altamente contaminados, principalmente con aguas residuales (domésticas y aguas negras). De acuerdo con estudios puntuales en el área existe una tendencia de disminución de la calidad del agua en las partes bajas en comparación a las zonas altas. De acuerdo con Fournier (1997) la alta concentración de población en las zonas medias y la entrada de aguas residuales al cauce abierto, hacen que los ríos se encuentren contaminados por componentes orgánicos. La contaminación con plaguicidas se ha detectado en estudios puntuales.

Solamente las partes superiores de algunos ríos se encuentran en condiciones poco alteradas. A pesar de esto, los ríos presentan un gradiente longitudinal de sus condiciones ambientales, que hacen variar estas condiciones en la parte alta comparativamente con las zonas medias o bajas del cauce (Kalff 2002). Debido a la fuerte contaminación de los ríos las poblaciones de peces se han venido reduciendo (PRODUS 2004).

4.6.3-2. Calidad del agua subterránea

La calidad físico química natural del agua subterránea puede definirse como aceptable en esta zona, sin embargo hay evidencias de que esta calidad está cambiando. Estudios realizados por la Universidad Nacional (Reynolds y Fraile 2002) indican que en algunos sitios del Valle Central la concentración de nitratos ha alcanzado o superado en una o más ocasiones la concentración máxima recomendada. En algunos puntos se presenta una tendencia creciente que haría que en el futuro la concentración de este compuesto supere las normas, haciendo que el agua no sea apta para consumo humano. De acuerdo con Rodríguez (1993) el origen más probable es la fertilización nitrogenada y las filtraciones de los tanques sépticos (siete de cada diez habitantes del área usan tanque séptico). El exceso de nitratos es perjudicial para la salud y la evidencia de los estudios, señalan el riesgo de que otros compuestos tóxicos puedan estar en camino o se encuentren ya en las aguas subterráneas.

En relación con la calidad bacteriológica, Valiente y González (2002) señalan que no existe una contaminación regional en los acuíferos del Valle Central sino más bien una contaminación local en algunos puntos debido a construcciones inadecuadas de pozos o deficiente protección de manantiales.

4.7. Políticas de adaptación al cambio climático

Desde mediados del siglo pasado el Estado costarricense ha realizado esfuerzos en materia de conservación y protección de los recursos naturales. Esto ha permitido que el país sea pionero en algunas apreciaciones sobre el cambio climático. A partir de la cumbre de Río en 1992, Costa Rica inicia un proceso de creación de capacidades dirigidas a acceder las oportunidades de mercados innovadores relacionados con la mitigación de los efectos del cambio climático y el mecanismo de desarrollo limpio (MDL) enfocándose en los sectores forestal y energético.

Si bien es cierto no existen políticas propiamente dichas dirigidas al tema de adaptación al cambio climático, existen iniciativas de acciones de carácter ambiental que pueden cambiar hacia lo primero.

4.7.1. Marco Constitucional

El conocimiento generado sobre el cambio climático y sus efectos, ha obligado a la sociedad a iniciar un proceso de preparación para enfrentarse de manera eficiente e inteligente a dichos efectos. Se han hecho esfuerzos en el ámbito internacional para definir lineamientos y pautas a seguir por parte de la sociedad. Igualmente, a nivel de regiones geográficas también se han iniciado procesos compartidos para mitigar efectos y prepararse de manera conjunta a los cambios en el clima. Asimismo, a lo interno de los países también se ha iniciado la preparación de los diversos sectores para mitigar y adaptarse.

4.7.2. Marco Internacional

Desde inicios de la década anterior un grupo de organizaciones, convenciones y protocolos internacionales han desarrollado actividades tendientes a llamar la atención mundial sobre la urgente necesidad de preparar a los países para la adaptación al cambio en el clima. Destacan la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), el Protocolo de Kyoto, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (PICC), los Principios y Políticas sobre recursos hídricos (Dublín/Río), la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Foro Mundial del Agua (realizado en Japón 2003), la Convención de las Naciones Unidas sobre Desertificación y Sequía, Convenio sobre diversidad biológica y el Protocolo de Montreal.

En el campo hidrometeorológico algunas organizaciones, foros, estrategias y planes de acción han hecho un trabajo significativo en la discusión, proposición y direccionamiento de acciones hacia la adaptación del sector hídrico al clima actual. Por ejemplo, los Principios de Dublín son producto de la Conferencia Internacional del Agua y Medio Ambiente en 1992. Por su parte, la Sociedad Global del Agua (GWP, por sus siglas al inglés) ha sido pilar fundamental para la socialización de los Principios de Dublín. Igualmente destacan el Consejo Mundial del Agua que tiene como tarea trazar una visión futura de los recursos hídricos y el Plan de Acción de Santa Cruz de la Sierra establece la necesidad de desarrollar políticas, leyes y regulaciones nacionales y locales que aseguren la protección y conservación de los recursos hídricos, la necesidad de abastecimiento de agua potable, la cuenca hidrográfica como unidad de planificación y fortalecimiento institucional y llama a tomar acciones intersectoriales como agua-salud.

4.7.3. Marco Regional

El marco regional para la definición de políticas y medidas de adaptación al clima actual está fundamentado en el marco internacional ya mencionado. La orientación es favorecer, impulsar y crear capacidades para adaptarse al clima a nivel de región y de país. La capacidad de adaptación de Centroamérica depende en gran medida de la efectividad y agilidad con que actúen las organizaciones regionales. El resultado es la existencia de un marco político regional que ha ayudado a establecer relaciones de coordinación entre los países para aunar esfuerzos en beneficio de la adaptación de la región al clima.

Se pueden definir cinco políticas prioritarias en este marco regional: a) Establecer el balance hídrico regional y a nivel de país, b) mejorar la gestión y gobernabilidad del agua, c) valorar el agua como recurso vulnerable y escaso, d) interiorizar la responsabilidad social en el uso y gestión del agua, y e) establecer la cuenca como unidad de manejo (Ballesteros, 2004).

4.7.4. Marco Nacional

Costa Rica no ha logrado elaborar un marco de políticas nacionales tendientes a disminuir la vulnerabilidad del territorio a la variabilidad climática. Se ha delegado en el Instituto Meteorológico Nacional (IMN). El IMN ha creado y concentrado el conocimiento e información referente a la temática; elabora los estudios técnicos y construye el conocimiento necesario que son los

instrumentos básicos para una propuesta de política en este sentido. Sin embargo, este conocimiento se ha quedado en los niveles técnicos, con muy poco éxito en el traslado de información y conciencia a los niveles políticos o a las organizaciones no gubernamentales (ONG), que son las llamadas a organizar la sociedad para que esta responda y presione a favor de los cambios y obligue a quien corresponda a considerar el tema de la adaptación al clima, con responsabilidad.

Los diversos sectores sociales y económicos no están preparados mediante políticas para adaptarse al clima actual. Algunos de ellos han hecho esfuerzos pero no han logrado crear políticas viables, operativas y sobre todo coordinadas entre sectores. Aunque Costa Rica no ha logrado interiorizar las políticas tácitas generadas a nivel global y centroamericano para adaptar al país al clima actual, el sector hídrico —que es un sector muy desarticulado con muchos actores protagónicos y con traslape en las competencias— inicia en la década de los noventa un proceso de transformación que, aunque no se puede asegurar que se está adaptando al clima actual, se puede entender como intentos de adaptación a la variabilidad climática. Se ha trabajado en impulsar cambios jurídicos e institucionales paralelamente con la creación de capacidades para el manejo integrado de los recursos hídricos. Se creó una política nacional para reconocer a los dueños de bosques privados, los servicios ambientales que sus bosques ofrecen a la sociedad costarricense y a la sociedad global. Aunque no es una política hídrica, está íntimamente relacionada con la recuperación y protección de cuencas hidrográficas. Se desarrolla así, un activismo y un accionar por parte de los diversos actores involucrados en el uso y conservación de los recursos naturales³.

Sin embargo, debido a la ausencia de una política nacional hídrica que guíe la formulación de leyes y su aplicación, mucho del accionar no ha impactado de la manera que el recurso hídrico necesita. Las leyes, decretos, reglamentos y directrices establecidas por los poderes del estado, y que en su conjunto constituyen el marco legal que intenta regular y organizar el recurso hídrico, conviven anárquicamente donde las potestades son traslapadas y compartidas entre una gran diversidad de normas jurídicas. El resultado de lo anterior son alrededor de 115 leyes y decretos ejecutivos que se ocupan en alguna medida de la gestión del recurso agua (Segura *et. al.*, 2004).

En resumen, en Costa Rica aunque el peso político del agua es muy bajo⁴ (Ballesteros, 2004), se ha promovido un cambio estructural, se inicia un proceso para que la sociedad tome la responsabilidad social en el uso y conservación del agua. Igualmente, se trabaja en la modernización del estado para una mayor apertura del mismo a la participación privada en el manejo de los recursos públicos. Se impulsa el fortalecimiento de alcances y facultades de las autoridades ambientales y se fortalece el manejo integrado del recurso agua.

4.7.5. Políticas económicas, sociales y ambientales

El concepto de política se refiere a una directriz de acción que se elige como guía en el proceso de toma de decisiones. Para que sea realizable tiene que poner en práctica o ejecutar las estrategias, programas y proyectos específicos del nivel institucional. Estos son los instrumentos de ejecución de la política para cumplir los objetivos previamente definidos. Una política debe ser sencilla y responder a un objetivo realizable. Los alcances de la política deben quedar claros y estos responderán a los objetivos que se plantean de forma que la evaluación es solo por sus resultados. Las políticas tienen diferentes campos de acción, fiscales, financieras, comerciales, sociales,

³ Durante la década de los noventa se impulsaron y aprueban las leyes de Biodiversidad, Forestal y Ambiental. Igualmente el artículo 50 de la Constitución Política, las Garantías ambientales y se desarrolló un proceso participativo y concertado para la elaboración de una ley de aguas acorde con la dinámica social-económica y ambiental costarricense. Esta propuesta de ley está en la Asamblea Legislativa esperando turno para su debate.

⁴ Esto se refleja en situaciones como la que se presenta actualmente con la propuesta de la nueva Ley de Agua. Esta se encuentra en la Asamblea Legislativa donde no ha tenido apoyo político a pesar de que hay urgencia en la aprobación de la misma.

Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Vulnerabilidad actual.

ambientales, entre otras. En Costa Rica, aunque en diferentes campos de acción, las políticas se han dirigido a fomentar una cultura de respeto y armonía con la naturaleza.

A pesar de que las políticas analizadas no responden directamente al tema de adaptación al cambio climático, la implementación y su resultado si pueden ser relacionados con la adaptación al clima actual. En el cuadro 5 se presenta un resumen de las principales políticas por actor identificado.

Cuadro 5. Políticas para reducir la vulnerabilidad del sector hídrico ante los cambios en el clima actual

Sector	Actor	Políticas	
Prestación de servicios públicos básicos relacionados con el agua	Acueductos y Alcantarillados (AyA)	El concepto de cuenca hidrográfica como unidad básica territorial de planificación y ejecución	
		Concepto cuenca se socializa mediante programas de educación ambiental	
		Investigación del recurso agua prioritaria para el desarrollo	
		Participación activa con los diferentes actores sociales y operadores	
		Mejorar el saneamiento básico a nivel nacional	
		Conservación y reforestación en las cuencas	
		La gestión de riesgo (prevención, mitigación y reconstrucción) y la gestión de conservación trabajarán de manera integrada	
	ESPH.SA, CNFL, ICE	Preservación y recuperación de micro-cuencas	
		Inversión, investigación e infraestructura	
		Creación de capacidades organizacionales para la gestión ambiental	
		Promover la educación ambiental	
	Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)	Protección y conservación del recurso hídrico	
		La política de protección y uso sostenible de los recursos naturales (SINAC)	
		Valoración del recurso para su preservación y conservación (canon de agua y vertidos)	
		Mantener caudal ecológico de ríos	
Desarrollo del sector forestal (PSA)			
Búsqueda de recursos externos mediante el acceso a innovadores mercados verdes (CTOS)			
Sector agropecuario	MAG	Fortalecimiento de capacidades de prevención y atención de emergencias causadas por el clima que incide de manera recurrente y persistente en la producción agropecuaria nacional, en coordinación con la CNE	
		Planes, programas y proyectos con participación de la población e instituciones públicas y privadas en la gestión del riesgo y prevención de desastres.	
		Se incentivará la articulación de comités de desastres en las comunidades campesinas, partiendo de programas de capacitación y formación en gestión del riesgo y prevención de desastres.	
	Centros Agrícolas Cantonales	Manejo de desechos mediante el reciclaje de desechos de la feria del agricultor	
		Políticas de protección y sostenibilidad de los recursos naturales	
	SENARA	Capacitación a productores para la menor aplicación de agroquímicos	
		Promover investigación en aguas subterráneas	
			Mejoramiento de tecnología para aprovechar agua en riego para adaptar el riego a las disponibilidades de agua

Cuadro 5. Políticas para reducir la vulnerabilidad del sector hídrico ante los cambios en el clima actual (continuación)

Sector	Actor	Políticas
Sector Salud	Ministerio de Salud (MINSA)	Promover el manejo integral y seguro de desechos
		Prevenir y reducir los riesgos de la contaminación en la salud de la población
		Asegurar a la población el acceso de agua potable de calidad, en cantidad suficiente, de manera continua y en condiciones de equidad
		Control integral de aguas residuales antes de ser descargadas en los cuerpos de agua para proteger la salud
		Velar por un aumento en la cobertura, mantenimiento y sostenibilidad del alcantarillado pluvial y del alcantarillado sanitario.
		Promover la participación social
		Velar por la protección del recurso hídrico y prevenir su contaminación.
		Prevención, mitigación, preparación, respuesta y rehabilitación ante situaciones de emergencia y de desastres.
		Fomentar el trabajo interinstitucional e intersectorial en materia de desastres.
		Promover la participación de la sociedad civil en el desarrollo de acciones de prevención, preparación y respuesta ante emergencia
Sector Vivienda	INVU MIDEPLAN	Promover la revisión, actualización y ejecución del Plan Nacional de Desarrollo Urbano y de los Planes Reguladores y sobre esta base establecer lineamientos para la necesaria compatibilidad entre la producción de vivienda y los servicios de infraestructura física.
	Municipalidades	Velar por el desarrollo planificado de los asentamientos humanos.
		Crear y ejecutar planes reguladores y de ordenamiento urbano
		Aplicación de regulación vigente de INVU.
		Saneamiento
	CNE	Ofrecer agua en calidad y cantidad
		Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias
		Coordinar con las diversas organizaciones públicas programas de educación ambiental y de prevención de riesgos.
		Mejorar la capacidad de respuesta de la población civil ante emergencias.
	Sector industrial	Industrias
Eficiencia en el uso del recurso hídrico en los diversos procesos productivos.		
Responsabilidad ambiental en los procesos productivos		
Desarrollo sostenible eje transversal de los procesos productivos		
Mejoramiento tecnológico e implementación de tecnologías más limpias.		
Sector de infraestructura	Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT)	Búsqueda del ahorro en costos mediante el uso eficiente de los recursos como el agua.
		Dotación de tecnología y mantenimiento de bases de datos para la toma de decisiones oportuna
		Dotación de recursos humanos y materiales para el cumplimiento de sus labores de manera eficiente.
Sector educación	Ministerio de Educación Pública (MEP)	Ejecutar la gestión de conservación, mejoramiento y ampliación de la Red Vial Nacional eficientemente y en armonía con el ambiente
		La educación Ambiental se introduce como eje transversal dentro de los programas de estudios de I, II y III ciclos de enseñanza general básica
		Inclusión del tema de cambio climático en los programas de estudio
		Establecer coordinación inter-organizacional para implementar la política de Educación Ambiental

Cuadro 5. Políticas para reducir la vulnerabilidad del sector hídrico ante los cambios en el clima actual (continuación)

Sector	Actor	Políticas
Sector educación	Universidades públicas	Eficiencia en el uso del recurso hídrico en los diversos procesos productivos.
		Responsabilidad ambiental en los procesos productivos
		Desarrollo sostenible eje transversal de los procesos productivos
		Mejoramiento tecnológico e implementación de tecnologías más limpias
		Búsqueda del ahorro en costos mediante el uso eficiente de los recursos como el agua
Sector forestal	MINAE, municipalidades	El ordenamiento territorial para el desarrollo de actividades de manejo, conservación y desarrollo sostenible de los bienes y servicios relacionados con el bosque
		Se consolidará un sistema de información geográfica para mantener actualizado la situación de los recursos forestales
		Se fortalecerán las acciones gubernamentales para hacer efectivas las recomendaciones del proceso de Concertación Nacional en el tema de los servicios ambientales
		Se consolidará un mecanismo de coordinación interinstitucional formal que garantice una gestión adecuada y armónica de las políticas forestales nacionales
		Se fortalecerá los mecanismos e instrumentos económicos para la adecuada promoción, valoración, internalización, retribución y financiamiento de las actividades relacionadas con la producción de bienes y servicios derivados del bosque.
		Se consolidará una capacidad nacional de investigación y desarrollo en los diferentes aspectos de la actividad forestal para garantizar la competitividad del mismo.
		Se consolidará un sistema de seguimiento, control, evaluación y auditoría de la actividad forestal en el país.
		Se consolidarán las capacidades institucionales del sector forestal
		Se participará en el diálogo internacional sobre bosques
		Se oficializará un Programa Nacional de Desarrollo Forestal

Fuente: Miranda *et al.* 2005.

4.8. Medidas de adaptación

Las medidas de adaptación a la vulnerabilidad del sector hídrico ante los cambios en el clima son las respuestas que los sectores han dado a los impactos actuales o potenciales de dichos cambios. Las medidas se agrupan en: planificadas y espontáneas o autóctonas. Las primeras responden a las políticas y objetivos previamente establecidos y las segundas son respuestas inmediatas ante una necesidad dada. No existen políticas claras ni definidas para enfrentar los cambios en el clima, sin embargo se pueden identificar medidas de adaptación que aunque en términos generales no son respuesta directa para la adaptación al clima, pueden ser consideradas como medidas de adaptación a la vulnerabilidad climática del país.

En el cuadro 6 se resumen algunas medidas que han sido identificadas.

Cuadro 6. Medidas de adaptación realizadas por los diversos sectores

Sector	Medidas de adaptación
Forestal	Protección, reforestación y mejoramiento de paisajes degradados
	Educación ambiental formal e informal
	Introducción de madera al mercado, procedente de plantaciones
	Incremento de control de la tala ilegal
	Aumento del número de viveros forestales
	Restauración de pendientes y riberas de ríos
	Sistemas agroforestales : <ul style="list-style-type: none"> ▪ mantenimiento de la fertilidad del suelo ▪ reducción de la erosión mediante el aporte de material orgánico al suelo ▪ fijación de nitrógeno ▪ reciclaje de nutrientes ▪ conservación del agua (cantidad y calidad) al favorecer la infiltración y reducir la escorrentía superficial que podría contaminar cursos de agua ▪ captura de carbono, enfatizando el potencial de los sistemas silvopastoriles ▪ conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados
	Manejo de cuencas (Proyecto Pirris/ Platanar a nivel de nacientes)
Agropecuario	Manejo integrado de Finca (cuenca alta Virilla)
	Introducción de cultivos perennes, la producción como el café con sombra
	Nuevas alternativas de producción (hidroponía, invernadero, hortalizas para climas controlados, etc.)
	Campañas de información – organización de talleres
	Proyectos de riego y capacitación para elevar la eficiencia del riego
	Reprogramación de actividades (ajuste de épocas de siembra, por ej.)
	Suspensión de siembras en zonas muy críticas
	Sustitución de cultivos afectados en las fases tempranas de su desarrollo, por otros más resistentes a condiciones adversas (solo en extensiones grandes).
	Drenajes o zanjas en zonas afectadas por exceso de precipitación
	Vigilancia de plagas y enfermedades
	Suspensión temporal de exportaciones (privados)
	Combinación con actividades forestales y pastoriles para lograr sistemas menos vulnerables (ganado, caña de azúcar y bosque)
	Introducir fuentes de alimentación alternativas para los animales
	Aumento de los esfuerzos en investigación para lograr variedades más resistentes a condiciones adversas
	Establecimiento de estrategias de información técnica a los agricultores
	Programas de control biológico, hidroponía (INA)
Sistemas de piscicultura y sistema de riego (combinados), reciclaje de aguas	
Programas de Ganado Estabulado	
Sistema de siembra orgánicos	
Asesoría de técnicos	
Servicios públicos	1. Agua
	Programas “De verano” de Acueductos y Alcantarillado
	Campañas de educación (formal e informal)
	Construcción de pozos y tanques de almacenamiento de agua
	Reparación y cambio de tuberías en mal estado
	Disminución de sedimentos (tomas de agua)

Cuadro 6. Medidas de adaptación realizadas por los diversos sectores (continuación)

Sector	Medidas de adaptación
Servicios públicos:	1. Agua
	Inversión en infraestructura (pozos y tanques) y tecnología
	Otorgamiento de concesiones bajo nuevos criterios ⁵
	Reducir caudal de la concesión o mantener el caudal ambiental
	Protección de acuíferos y tomas de agua
	Limitar el número de concesiones de acuerdo al sector y la fuente
	Canon de vertidos
	Canon de aprovechamiento (en proyecto)
	Tarifa hídrica ambientalmente ajustada (ESPH,SA)
	Mejoramiento de las medidas de control y monitoreo en el uso del recurso (medidores)
	Mejorar la infraestructura, vigilancia y control de tomas de captación nacientes (ASADAS)
	Programa de riesgo sanitario en Acueductos y Alcantarillados
	Vigilancia y control
	Racionamiento del agua
	2. Electricidad
	Horarios alternativos
	Equipos de mayor eficiencia por ejemplo lámparas fluorescentes compactas
	Pagos de Servicios Ambientales
	Control de carga
	Utilización de sistemas de generación con nuevas alternativas
	3. Saneamiento
	Construcción de alcantarillado sanitario metropolitano
	Aplicación de legislación en construcción de tanques sépticos
Regulación en construcción de tanques sépticos y plantas de tratamiento por parte de urbanizadoras	
Sistema sanitario urbano	
Mejorar el manejo de desechos sólidos y reciclaje	
Poner en funcionamiento plantas de tratamiento en mal estado	
Industria	Eficiencia de procesos productivos mediante la innovación tecnológica
	Pagos de Servicios Ambientales
	Uso de material reciclable
	Reutilización de aguas
	Tratamiento y manejo de desechos sólidos
	Tratamiento de agua
	Sistemas de gestión ambiental (recuperación)
	Certificación Ambiental mediante ISO 14001
Salud	Participar a la sociedad civil para que exija a los diversos operadores de servicios de agua, un recurso de calidad y en cantidad que satisfaga sus necesidades básicas ⁶ .
	Coordinar el abastecimiento de las comunidades por medio de camiones cisterna con agua potable en caso de escasez
	Campañas de educación sanitaria

⁵ Basado en el Manual de Dotaciones del Departamento de Aguas de MINAE.

⁶ Ante la ineffectividad de las herramientas actuales para exigir agua de calidad a los diferentes operadores de acueductos, el ministerio esta socializando su conocimiento en torno al tema para que sea el mismo pueblo quien exija un servicio de calidad (Moreira, com. pers.).

Cuadro 6. Medidas de adaptación realizadas por los diversos sectores (continuación)

Sector	Medidas de adaptación
Vivienda	Reubicación momentánea de familias afectadas
	Subsidios de alquiler para familias afectadas
	La formulación del Plan Nacional de Desarrollo urbano
Organización	Intercambio de información entre organizaciones para identificar escenarios vulnerables
	Divulgación adecuada de la información
	Creación de comités para gestión de riesgos, prevención y atención de emergencias
	Educación y capacitación a ASADAS
Infraestructura	Grupos organizados en pro del ambiente
	Reparación de vías de acceso (puentes, carreteras) (MOPT y Municipalidades)
	Construcción de diques
	Construcción de drenajes a orillas de la red vial

Fuente: Miranda *et al.* 2005.

4.9. Capacidades

4.9.1. Fortalezas

Algunos indicadores socioeconómicos, confirman que la región tiene muy buenos índices de desarrollo comparado con los promedios nacionales, lo que facilita los esfuerzos de adaptación al cambio climático. A pesar que las prioridades de acción de adaptación y mitigación en esta zona, no siempre coincidirán con lo que podría ser conveniente en el resto del país, muchos de los problemas detectados son comunes a todo el territorio por lo que la extrapolación de las conclusiones de vulnerabilidad actual al resto de la nación es razonable dada la gran cantidad de restricciones. Por lo tanto, la replicabilidad de este estudio no solo lo impulsa como multiplicador, sino que fortalece la capacidad de adaptación del área seleccionada al poseer un marco nacional o regional que responda a problemas generalizados.

Se cuenta con una extensa revisión y análisis de las características socioeconómicas y biofísicas del área de estudio (Pujol *et al.*, 2004) con una larga lista de posibles indicadores para múltiples fines. En este sentido, la generación de conocimiento es una fortaleza proveniente no solo de la parte académica sino de las instituciones públicas y privadas que atienden el tema hídrico. Por otra parte existe una amplia legislación (y revisión de esta) que se puede asociar al tema, de tal forma que se sienta la base para estudiar el marco legal en el que se deben de trazar las futuras acciones tendientes a mejorar la capacidad de adaptación. Además, la normativa internacional, regional y nacional que protege el recurso hídrico como bien del Estado (Miranda *et al.*, 2005), dan el sustento global de acciones futuras de adaptación al cambio del clima.

Aunado al conocimiento generado, existe un marco de organización base que cuenta con conocimiento sobre el tema de Cambio Climático. La información de investigaciones realizadas por el IMN es una fortaleza en sí, que está a disposición de estos esfuerzos de organización. El sector forestal ha sido uno de los más fortalecidos en su organización con políticas claras y exitosas que han promovido la recuperación de los recursos naturales remanentes y paisajes degradados. Algunas de las micro cuencas ubicadas en el área de estudio han sido sometidas a la protección, conservación y regeneración por medio de los Pagos de Servicios Ambientales. Como último eslabón del sistema organizativo, la rápida respuesta y atención de emergencias,

institucionalizada en la Comisión Nacional de Prevención y Atención de Emergencias, es otra fortaleza que se debe sumar a una eventual estrategia de adaptación.

Otro elemento que potencia la capacidad adaptativa es la educación ambiental (formal e informal) que se ha establecido desde décadas pasadas de forma no oficial. Esto ha contribuido a la interiorización social de una cultura verde. En el 2002 el Ministerio de Educación introduce la educación ambiental como un eje transversal de educación.

Los resultados obtenidos a partir de talleres participativos, grupos focales, encuestas individuales y análisis de experiencias anteriores son importantes para formar una idea de percepción parcial del problema climático y la adaptación, para los grupos empresarial, institucional y sociedad civil.

Las instituciones públicas perciben el problema de “Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático” por medio de las políticas institucionales y primordialmente por la competencia legal de cada una. Las inquietudes sobre los impactos en los ecosistemas proceden de la academia (investigadores de universidades) y representantes de organizaciones no gubernamentales más que los funcionarios de las instituciones. La adaptación y protección del recurso hídrico ofrece problemas de implementación ya que depende de otros niveles de orden jerárquico.

En las **empresas privadas**, no existe una política concreta para atender problemas por cambio climático, pero sí existen programas para reducir el consumo del agua, por tres razones: ambientales (políticas de la empresa o para cumplir la legislación), por el prestigio de la empresa y por cuestiones económicas, que según se percibe en general es la razón principal. No existen planes de contingencia ante posibles impactos graves sobre los acuíferos que alimentan sus pozos ni tampoco una política empresarial para su protección, aunque individualmente los representantes son concientes de esa necesidad y podrían ser mediadores para llevar esta información a los niveles gerenciales para prever acciones futuras.

El grupo de la **sociedad en general** es el más heterogéneo y las referencias a la adaptación para el cambio climático son vagas y reflejan un desconocimiento de lo que en realidad significa. Existe una sensación de poca preparación para eventos extremos ocasionados por el Cambio Climático, sea por carencia de infraestructura adecuada (como alcantarillado) o por incapacidad institucional en la aplicación, especialmente a nivel Municipal. Pese a que no hay claridad de lo que es en realidad Cambio Climático existe comprensión sobre las implicaciones que para el recurso hídrico tendría un posible Cambio Climático y hasta acciones para disminuir la vulnerabilidad desde la perspectiva de la protección de las zonas de recarga y del consumo. Los habitantes perciben el problema más allá del Cambio Climático, pues no limitan la vulnerabilidad del recurso a una posible escasez o disminución de recarga de acuíferos, sino a la amenaza por una posible contaminación del recurso y sus efectos sobre los ecosistemas y zonas de vida. El actor comunal visualiza el problema de “Adaptación del Recurso Hídrico al Cambio Climático” como un problema de protección del recurso hídrico de su comunidad (presente y futura) pero no lo relaciona directamente con el Cambio Climático y que sus acciones más que regionales serán locales.

4.9.2. Debilidades

Algunas dudas sobre la capacidad adaptativa es la falta de interés por parte de los tomadores de decisión, e inclusive la carencia de información sobre el tema y los proyectos de mejoramiento del manejo de desechos sólidos que siguen siendo fuente de polémica importante. No existe estrategias institucionales por parte de cada uno de los entes involucrados sobre el tema del recurso hídrico para obtener un adecuado cumplimiento de la normativa destinada a proteger, conservar, coordinar y controlar el recurso hídrico.

Los problemas de financiamiento y adjudicación de obras, es un limitante para los proyectos de mejora en la operación de sistemas existentes ya sean vías, transporte público o plantas de tratamiento de aguas servidas. En general existe una gran debilidad institucional, falta de métodos de control del uso del recurso hídrico y desconocimiento sobre la situación actual.

Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Vulnerabilidad actual.

Muchas de las decisiones a tomar son obvias y recomendadas desde hace tiempo, pero su implementación efectiva requiere de un fortalecimiento tecnológico, de un personal adecuado y de un desarrollo del capital humano que ha sido descuidado por mucho tiempo. Por otro lado, las instituciones involucradas en el tema del agua y del control territorial tienen fuertes carencias financieras.

En particular las municipalidades que tienen la responsabilidad del ordenamiento territorial de gran parte de la región y de muchos sistemas de manejo de aguas tienen grandes dificultades para proveer servicios adecuados con tecnologías actualizadas que garanticen recaudaciones justas pero que también manejen los recursos hídricos con el máximo cuidado para evitar el desperdicio especialmente en las tuberías. En el cuadro 7 se presenta un resumen de las fortalezas y debilidades identificadas.

Cuadro 7. Fortalezas, debilidades y necesidades del sector hídrico para la adaptación al clima actual

Fortalezas	Debilidades	Necesidades
Capacidad nacional para crear políticas hídricas	Baja prioridad política y sensibilización pública	Un marco legal actualizado y que responda a los principios básicos de adaptación del sector hídrico al clima actual.
Experiencias locales en el manejo de cuencas (ejemplo Plama-Virilla y Río Segundo)	Contaminación de fuentes de agua	Visión integrada para la gestión de cuencas
Empresa privada interesada en costos ambientales (ejemplo: CNFL, FI&F, ESPH)	Baja cobertura de los servicios básicos de agua potable y saneamiento de los sectores más necesitados	Inversión en saneamiento y mejora de acueductos
Experiencia incipiente en incorporación de costos ambientales en tarifas	Vulnerabilidad a desastres naturales	Impulsar la creación de capacidades institucionales
Conocimiento e información generado por IMN y la academia	Pensamiento sectorial institucional	Valorar el agua como recurso escaso y vulnerable
Educación ambiental interiorizada en educación formal e informal	Redistribución de los servicios sociales por el alto nivel de inmigración de extranjeros (especialmente Nicaragüenses)	Interiorizar en la sociedad civil la responsabilidad social en el manejo del agua
Proceso emprendido de creación de capacidades institucionales	Baja calidad en sistemas de información	Contar con un balance hídrico nacional a nivel de cuenca
Posibilidad de almacenar agua de lluvia	Escasa valoración del agua	Socialización del conocimiento técnico hacia los sectores políticos y hacia la sociedad civil
Posibilidad de mejorar redes de distribución de agua	Escasa información y traslape de competencias	Lograr una coordinación adecuada y eficaz entre las diversas organizaciones vinculadas con el agua
Posibilidad de contar con seguros para evitar la vulnerabilidad de actividades agropecuarias	Varios sectores con potestades protagónicas	Valoración económica social de los impactos en la salud del clima actual
Alto nivel de cobertura de agua potable	Poca interiorización de costos ambientales	Dilucidar el traslape y choque de competencias por el agua entre las diversas organizaciones del Estado

Fuente: Miranda *et al.* 2005

Cuadro 7. Fortalezas, debilidades y necesidades del sector hídrico para la adaptación al clima actual (continuación)

Fortalezas	Debilidades	Necesidades
Ejemplos de políticas exitosas (ejemplo PSA)	Poco desarrollo de mercados de agua	Creación de instrumentos para el manejo inteligente de potenciales conflictos por el agua
Marco internacional y regional que guía el accionar nacional en la adaptación al clima actual y futuro	Escasa participación ciudadana en gestión del agua	Responder de manera rápida y oportuna ante desastres de origen hidrometeorológico
Marco legal ambiental básico	Riesgo de salud pública por contaminación	Reubicar familias que están a orillas de ríos
Organización de la sociedad civil	Escasa inversión en infraestructura para suministro de agua y saneamiento	Construcción de un sistema de alcantarillado sanitario urbano
Acuerdos y convenios entre MINAE-MAG-MINSA para trabajar coordinadamente en la gestión del agua	Falta de control y seguimiento (Departamento de Aguas)	Aplicación de la reglamentación en la construcción de tanques sépticos
Proceso participativo para la elaboración de una nueva propuesta de Ley	Sistema de saneamiento urbano colapsado o inexistente	Definir presupuestos para la reconstrucción de redes climáticas e históricas.
Una nueva propuesta de Ley en la Asamblea Legislativa	Debilidad institucional y descoordinación entre niveles y sectores.	Necesidad de aumentar la investigación
Reforma constitucional para declarar el agua como recurso de dominio público	Ausencia de planificación urbana, generando expansión poblacional a lo largo de carreteras y caminos	Establecimiento de mecanismos de seguimiento y monitoreo para mitigar el riesgo de cambios en el clima
Establecimiento de instrumentos como el canon de vertidos y aprovechamiento	Surgen los asentamientos y posteriormente se dotan de infraestructura y servicios	Promover la utilización de tecnologías para limpias y la eficiencia en la producción.
Hay una cultura ecológica de la academia	Sistema urbano jerarquizado pero con evidentes desequilibrios	Aplicación de los cánones de aprovechamiento y vertidos.
Existencia de un Plan de Desarrollo Urbano	Ausencia de planificación regional	Ajustar la tarifa del agua de modo que contemple el componente por el servicio hidrológico del bosque.
Capacidad académica en materia de agua	Crecimiento urbano desordenado que deteriora la estructura original de los centros urbanos	Ofrecer dos o más sistemas de tubería de acuerdo con la calidad de agua para los usos alternativos.
	Concentración urbana en el centro del país	Establecer mecanismos que le permitan a la población tener acceso a agua de calidad (filtro, tratamiento, etc).

Fuente: Miranda *et al.* 2005

5. CONCLUSIONES

Este estudio completa el Análisis de Vulnerabilidad que es apenas, una fase dentro de todo un marco metodológico de políticas que intenta conducir al objetivo de aumentar la capacidad de adaptación de nuestras comunidades. De acuerdo con el esquema tradicional de riesgo que adoptó el proyecto en Costa Rica (Riesgo = f (amenaza, vulnerabilidad)), este Análisis de Vulnerabilidad debe de ser complementado con el Análisis de la Amenaza (estudio de las condiciones climáticas extremas y su proyección futura) con el fin de obtener la visión del riesgo. La propuesta es obtener un mapa de riesgo donde se definirán espacialmente no solo las zonas más vulnerables del área del proyecto sino aquellas zonas donde los extremos hidrometeorológicos y las tendencias futuras de elementos como la temperatura y la lluvia, pueden llegar a impactar más fuertemente el sistema. Si hay áreas coincidentes (mayor vulnerabilidad, mayor impacto climático), el riesgo obtenido como resultado será mayor. Los impactos que se han identificado en este estudio como consecuencia de los escenarios climáticos extremos (seco y lluvioso), no solo tienen valor por la magnitud calificada, sino porque son la pauta de análisis del riesgo y la estrategia para reducirlo. En otras palabras, zonas de alto riesgo (alta vulnerabilidad, alta amenaza) con impactos negativos importantes documentados, se convertirán en las puntas de lanza para iniciar el diseño de la estrategia de adaptación. El grado de afectación de un impacto, es uno de los insumos más importantes para definir la estrategia de adaptación. Las políticas y el marco legal que están esbozadas en este estudio, marcan el camino por el cual se deben conducir las medidas que se propongan y que son el punto medular de la estrategia para adaptarse a las condiciones del clima futuro.

La vulnerabilidad del sistema hídrico del Valle Central ante la amenaza de un cambio en el clima del planeta, se pone de manifiesto principalmente por dos factores íntimamente relacionados. El primero es el factor social evidenciado en la presión demográfica sobre los sistemas de abastecimiento de agua por parte del principal núcleo poblacional del país. El segundo es el factor natural, representado en el impacto de extremos hidrometeorológicos sobre las actividades socio productivas y sobre el entorno mismo afectando por ende a las personas.

El componente social no puede ser analizado independientemente del factor climático. En muchas ocasiones, la disminución de la disponibilidad hídrica obedece más a un problema de administración del recurso en función del crecimiento de la demanda, que a condiciones propiamente de clima. El aumento de la población exige un incremento de la atención social en los servicios básicos. La falta de presupuesto, la desorganización y el confuso marco de acción institucional, son los principales factores que impiden satisfacer las necesidades básicas proporcionalmente al crecimiento urbano. La perforación ilegal de pozos y el traslado de agua entre municipalidades, son a veces consecuencia de estos problemas. A la par de esta evidencia social, se presentan las alteraciones climáticas documentadas, que inciden en la duración de la época seca, la distribución de lluvias y el aumento de la temperatura. Ambos factores combinados provocan una importante disminución en la cantidad de agua disponible para abastecimiento.

Uno de los principales problemas de la combinación del factor social y el climático se evidencia en el deficiente sistema de tratamiento de aguas negras y desechos sólidos y que tienen una repercusión importante durante eventos climáticos extremos. La cantidad de contaminantes que se vierten a los ríos y la incipiente contaminación de acuíferos, potencian los efectos de extremos meteorológicos (inundaciones y sequías) producto del cambio en el clima. La contaminación de las aguas superficiales y subterráneas se debe a la alta densidad de población en estas cuencas producto de la ausencia de políticas de planificación urbana, de uso del territorio y la falta de acción oportuna y eficaz de las instituciones encargadas por ley de evitar o controlar la contaminación del agua (Salazar 1991). La mayor parte de los vertidos llegan sin tratar a los ríos, y las pocas plantas de tratamiento existentes no funcionan adecuadamente. Muchos ríos han sido convertidos en basureros y en sumideros de sustancias peligrosas para la salud y el medio ambiente. Por otra parte, la vulnerabilidad manifiesta de los acuíferos está directamente relacionada con la falta de eficacia de los instrumentos de planificación de uso de la tierra, y de las regulaciones sobre la

deforestación, los vertidos, el crecimiento urbano y el uso de sustancias químicas en la industria y en el agro (Estado de La Nación, 1999)

Se ha demostrado que en condiciones climáticas que representan un escenario seco, al disminuir las lluvias también disminuye la disponibilidad superficial, lo cual repercute en la oferta subterránea del recurso y provoca un aumento en la concentración de los potenciales contaminantes. Bajo condiciones de escenarios lluviosos, un aumento en la cantidad del agua superficial no necesariamente se constituye en una mayor cantidad de agua potable de tratamiento, ya que si la calidad del agua desmejora por sedimentos, existe la posibilidad de que las plantas no sean capaces de potabilizar el agua, causando un faltante del suministro.

El análisis de vulnerabilidad por medio de indicadores supone el levantamiento de mucha y variada información. Uno de los principales problemas encontrados al respecto es precisamente la **falta de una cultura de documentación** de nuestra sociedad. Los registros meteorológicos instrumentales permiten obtener series de tiempo de considerable longitud, que a veces no pueden ser relacionadas con variables de tipo social, por ejemplo, precisamente por la falta de información en este campo. A la ausencia de información se suma el débil o **inexistente monitoreo de la situación hídrica del país**. El uso sistemático de indicadores hidrogeológicos para controlar y evaluar los recursos hídricos subterráneos debería estarse aplicando desde hace muchas décadas en diferentes acuíferos de nuestro país. La medición continua de niveles freáticos, el registro de volúmenes de extracción, así como el monitoreo de parámetros de calidad, debería realizarse como parte de una labor importante para la planificación del recurso hídrico y como componente y resultado fundamental para acciones de gestión integrada del recurso.

No obstante, ninguna de las instituciones relacionadas con el recurso hídrico del país, realiza un programa sistemático de monitoreo de las fuentes hídricas subterráneas. Existen evaluaciones locales que obedecen a intereses específicos, pero de ninguna manera son sostenibles ni replicables a otras zonas. Estos registros no son suficientes y no presentan series históricas completas que puedan ser utilizadas para realizar un análisis evaluativo y relacionarlo con parámetros de cambio climático. La complejidad de la hidrología subterránea, el alto costo de su registro instrumental, el desconocimiento de muchos acuíferos del país y la poca importancia que se le ha dado al recurso hídrico subterráneo, han sido elementos que no han favorecido la implementación de un programa sistemático de indicadores del recurso hídrico subterráneo o la implementación de un balance hídrico nacional. Todos estos aspectos han hecho que sea difícil definir con claridad y certeza indicadores representativos y específicos de impactos del cambio climático en el sector hídrico.

La falta de información adecuada, en tiempo y espacio, esconde la verdadera situación del recurso hídrico en Costa Rica, no solo en relación a oferta y demanda, sino al impacto ya que falta información estadística sobre pérdidas económicas y la existente es a una escala regional o nacional, por lo tanto la interpretación de elementos podría tener un carácter macro antes que favorecer la toma de decisiones locales.

En cuanto al **marco legal**, existe una buena plataforma para la planificación ordenada de la administración y uso del recurso por medio del planteamiento de estrategias. Sin embargo la institucionalidad es carente de políticas y estrategias congruentes. Por otro lado el régimen jurídico nacional costarricense, permite emitir medidas de adaptación del recurso hídrico al cambio climático por medio de decretos, sin la intervención de los legisladores. Ahora bien, el hecho de promulgar leyes o decretos no asegura su cumplimiento, porque al fin y al cabo siempre se requerirá el control efectivo de las normas y de las aplicaciones legales. Tal vez la mayor fortaleza de la legislación costarricense es que **permite la participación comunal**, que debiera tomar un papel decidido en la fiscalización de las normativas.

A pesar de que el **recurso humano es muy valioso, no hay recursos financieros para proyectos** sostenibles en el tiempo, que comprometan comunidades organizadas bajo la

perspectiva de un cambio en el clima. En términos generales existe una gran debilidad institucional, falta de métodos de control del uso del recurso hídrico y desconocimiento amplio sobre la situación actual. Muchas de las decisiones a tomar son obvias y recomendadas desde hace mucho tiempo, pero su implementación efectiva requiere de un fortalecimiento tecnológico, de un personal adecuado.

Las instituciones involucradas en el tema del agua y del control territorial tienen fuertes carencias financieras. En particular las municipalidades que tienen la responsabilidad del ordenamiento territorial de gran parte de la región y de muchos sistemas de manejo de aguas, tienen grandes dificultades para proveer servicios adecuados con tecnologías actualizadas que garanticen cobros justos pero que también manejen los recursos hídricos con el máximo cuidado para evitar el desperdicio especialmente en las redes de distribución. **No hay suficiente interés en mejorar la operación de los sistemas existentes ya sean vías, transporte público o plantas de tratamiento de aguas servidas**, lo que sería muy razonable dadas las enormes dificultades para invertir (PRODUS 2004).

En cuanto a la adaptación de la zona, el análisis socioeconómico, permite establecer que debido a los buenos índices de servicios públicos y privados en Costa Rica, se facilitan los esfuerzos de adaptabilidad al cambio climático a pesar de que la administración, organización y planificación social, es tema polémico. Por otro lado, las prioridades de acción de adaptación y mitigación en esta zona, no siempre coincidirán con lo que podría ser conveniente en el resto del país. A pesar de esto, muchas de las características de la zona son extensibles al resto de Costa Rica y la línea básica de resolución de situaciones puede ser replicable.

Las áreas más vulnerables están presionando las áreas de conservación y protección de nacientes, así como al principal centro poblacional. Por lo tanto es necesario diseñar estrategias integrales para enfrentar la amenaza climática. El aumento de eventos hidrometeorológicos extremos experimentado en las últimas décadas, puede causar una mayor presión al cambio de uso de suelo, un avance de la frontera agrícola y la consiguiente expansión urbanística en suelos de poca productividad, lo cual aumentaría la vulnerabilidad social asociada al sistema hídrico de esta zona importante del GAM.

La evaluación de impactos ha tenido sus limitaciones debido a la falta de información, sobretudo con las estadísticas de las pérdidas económicas o de estudios específicos sobre los impactos, ya que se documentan más a una escala regional que local, como lo es para el área del proyecto y entonces no permiten puntualizar con exactitud. Lo deseable para analizar los impactos actuales sería basarse en documentos, sin embargo se ha tenido que recurrir a periódicos, consultas personales, criterio de experto, además se realizó un Taller Consulta con expertos. Por lo tanto la interpretación de elementos podría tener un carácter macro.

Puede afirmarse que la mayoría de impactos en años secos son de carácter temporal aunque se pueden acumular en el tiempo. En el campo de la salud, la mayoría de los costos para los impactos identificados no están disponibles. Durante años lluviosos el campo de la salud es el más afectado. En términos generales, la afectación en la zona del proyecto no es tan alto como en otras partes del país y la intensidad de los mismos puede ser que no afecte la totalidad de la región.

6. Recomendaciones

- Es necesario mejorar el conocimiento de la oferta de agua no solo en la zona de estudio, sino en el país en general. Desarrollar un balance hídrico superficial y subterráneo con comprobación de campo a nivel nacional, con el fin de identificar y delimitar los acuíferos y evaluar sus potenciales. Eso debería acompañarse con un control continuo de la extracción de agua subterránea en cada acuífero para determinar con confianza un volumen máximo a extraerse sin perjuicio del recurso.
- Establecer proyectos de caracterización de la calidad del agua en forma sostenible. La recomendación es determinar científicamente puntos de muestreo, establecer indicadores de calidad del agua de lluvia y determinar variaciones asociadas a cambios en el clima.
- Realizar un inventario y diagnóstico detallado de la información existente en las instituciones para plantear en forma conjunta y consensuada el establecimiento de un programa de registro de la información necesaria para el desarrollo de un indicador de agua pertinente y sostenible.
- La propuesta de la nueva Ley de Aguas para Costa Rica debe incorporarse en las Agendas de toma de decisiones, se necesita que se le de más peso político, para bien del desarrollo económico y avance en la calidad de vida de los habitantes.
- Crear un programa cantonal de rehabilitación de cauces, cumplir con las leyes existentes y evitar la eliminación de la vegetación ribereña, dando tratamiento adecuado a todas las aguas residuales, de manera que los ríos se mantengan en buen estado. Es recomendable que este programa de rehabilitación de cauces sea utilizado para crear corredores biológicos. La zona de estudio es de gran importancia para la explotación del recurso hídrico y como zona de recarga, por lo tanto es necesario protegerla. La recuperación natural de los bosques tropicales es un proceso difícil y lento, es necesario promover activamente la reforestación de la zona con especies nativas y sería recomendable iniciar con las márgenes de los ríos. Esto permitiría crear corredores biológicos entre las zonas de bosque aún presentes en el área. Es necesario evitar que los remanentes de bosques queden como islas, pues el aislamiento las convierte en zonas críticas para la conservación, debido a su reducido tamaño y la imposibilidad de que exista un flujo de plantas y animales, lo cual es vital para la sobrevivencia de las poblaciones naturales.
- Fortalecer sistemáticamente a los gobiernos municipales para que puedan efectivamente cumplir con sus obligaciones y responsabilidades que están muy relacionadas con la agenda de adaptación al cambio climático.
- Promover que las políticas públicas se fundamenten en el conocimiento existente y el obtenible mediante esfuerzos relativamente poco costosos pero sostenidos de investigación de las implicaciones de los fenómenos de cambio climático en nuestro territorio.
- Esta etapa requiere de mucho conocimiento técnico por lo que es aconsejable contar con un equipo multidisciplinario de trabajo.
- Hacer cumplir las leyes y poner en práctica los programas ya aprobadas de protección del recurso hídrico. En particular es importante cobrar por el uso del recurso agua y utilizar esos fondos para programas efectivos y concretos de protección.
- Integrar los esfuerzos de adaptación y mitigación para que puedan ser más convincentes a los ciudadanos. Es necesario el compromiso real con los procedimientos de Kyoto.

7. Lecciones aprendidas

El análisis de la vulnerabilidad actual ante la amenaza del cambio climático es un tema novedoso a nivel mundial. El abordaje del tema pretende que se dejen los cimientos de ensayos futuros, replicables a otras zonas del país, por lo que la metodología debe ser flexible para que pueda ser seguida bajo otras condiciones diferentes a las del área de estudio seleccionada. El objetivo central del proyecto y la filosofía con la que se diseñó, presupone una amplia participación de actores en el proceso de definición y cálculo de la vulnerabilidad. Además, requiere que estas actividades puedan ser sostenibles y replicables en el tiempo y el espacio, de forma tal que se asegure la base técnica de la extensión del método y resultados. Por estas consideraciones, las principales limitantes para desarrollar la segunda fase del proyecto fueron la novedad del estudio y por lo tanto la falta de experiencia práctica a nivel mundial. La otra gran limitante fue el consolidar un grupo de actores constante y comprometido con el proyecto que constituye el punto de partida para acciones futuras. Como principales lecciones aprendidas se pueden citar:

- Es necesario mejorar el instrumento de evaluación del proceso con el fin de poder obtener pautas confiables de acciones futuras.
- El grupo de actores necesitó capacitación en el tema del Cambio Climático y Gestión del Riesgo para que el nivel de aporte del conocimiento de ellos con respecto al proyecto fuera efectivo, además debe ser un proceso continuo en todos los temas.
- El proceso le dio seguridad y confianza a los actores para hacer sus aportes en los diferentes temas.
- El proceso de recopilación de información requirió más tiempo de lo programado, implicó una solicitud formal a nivel jerárquico y a la vez clara para el técnico, un proceso de agradecimiento por la información, así como fortalecimiento de alianzas a través del producto final.
- En el caso de los facilitadores, la contratación de diferentes profesionales ha permitido nuevas ideas, crear capacidades conjuntas, y trabajar con diferentes metodologías, así como mantener despierto el interés por parte de los actores.
- El mantener la continuidad en la participación de los actores que representan instituciones u organizaciones, requiere que la coordinación mantenga la representatividad permanente de cada institución.

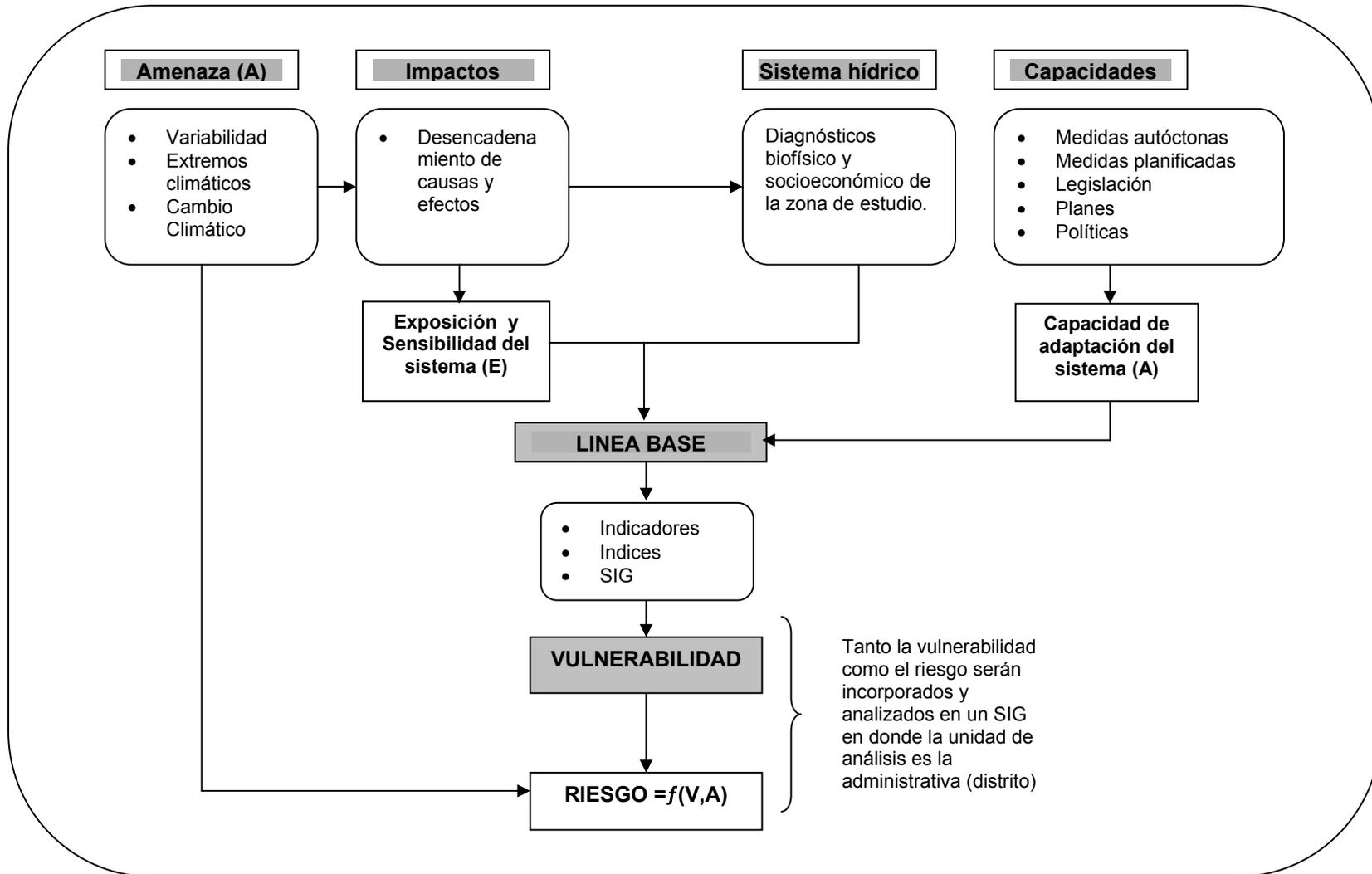
8. Anexos

Anexo 1. Mapeo de los principales actores públicos y no públicos en el área del proyecto

Descriptores	Públicos	No Públicos
Conservación y protección, calidad y cantidad de agua	SINAC - MINAE FONAFIFO-MINAE OCIC-MINAE AyA SETENA-MINAE MINSAs SENARA Tribunal Ambiental Municipalidades Universidades públicas ARESEP ICE IMN-MINAE CNFL Contraloría General de la República ÁCCVC-MINAE Departamento Agua-MINAE Órgano Asesor del Agua ASADAS	Organizaciones no gubernamentales (monitoreo de proyectos) FUNDECOR CEDARENA Red de reservas privadas ESPH Florida Ice and Farm Universidades privadas ICafé GWP CEGESTI INTECO CNP+L FIRESTONE Dos Pinos
Consumo doméstico	MINSAs AyA ARESEP Defensoría de los Habitantes Instituto Costarricense de Turismo	FUDEU ASADAS GWP Acueductos independientes
Generación hidroeléctrica	SINAC-MINAE ICE ARESEP Asamblea Legislativa	ACOPE ESPH CNFL COVIRENAS
Riego	SENARA MINAE-Departamento de aguas ARESEP	Centro Agrícola Cantonal COVIRENAS
Industrias y servicios (Consumo y vertidos)	CNE MINSAs MINAE SENARA Defensoría de los Habitantes Tribunal Ambiental	COVIRENAS
Otros	INVU IMAS Universidades MEP MAG	ONG

Fuente. Adaptado de GWP, 2004

Anexo 2. Esquema de abordaje de la vulnerabilidad actual



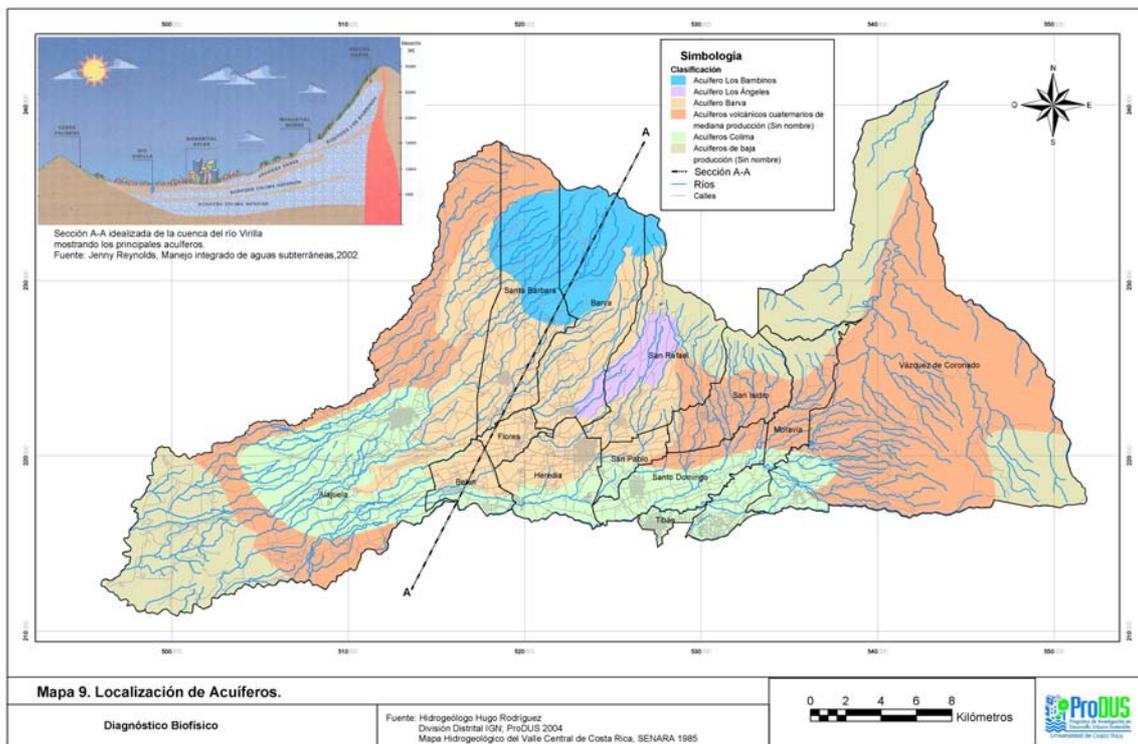
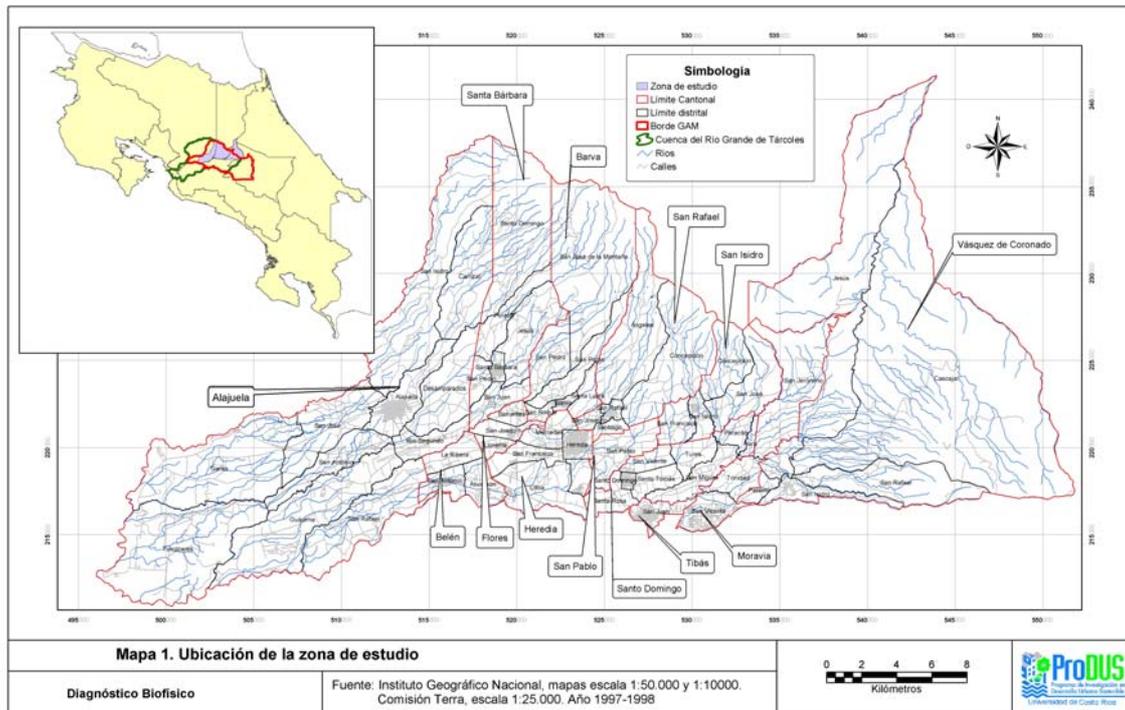
Anexo 3. Ficha técnica de indicadores (ejemplo)

Ficha de indicadores	
Nombre del indicador	Porcentaje de la población mayor de 64 años por distrito
Importancia	De acuerdo con varios autores (OMM 2003, Oxley 2003) uno de los sectores sociales más vulnerables a cambios en el clima, es el de adultos mayores. Son poblaciones vulnerables por la dependencia en la movilización, por el reducido umbral en la zona de confort térmico y por la asociación con enfermedades variadas.
Unidad de medida	Porcentaje del distrito.
Proceso de cálculo	El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) presenta la información estadística de hogares, por unidades denominadas segmentos censales. Estos pueden ser tabulados a distritos y de ahí a cantones. La expresión porcentual se basa en el total de la población distrital. No se debe considerar la expresión porcentual con base a la población total del área de estudio porque los valores serían muy bajos, de difícil manejo.
Limitantes	Los censos nacionales tienen una periodicidad no definida. La información a nivel de distrito tiene que ser construida a partir de la base de segmentos censales.
Cobertura de la información	Representa a todo el territorio nacional
Fuente de datos	INEC, 2002. Censo de hogares del año 2000.
Disponibilidad	Se cuenta con la información de censos de población anteriores al 2000 (1984). Existen además levantamientos estadísticos de población provenientes de esfuerzos puntuales a partir de programas y proyectos.
Periodicidad	No existe. Se intenta programar censos en forma periódica a partir del censo del 2000.
Rango histórico	1960-2000
Responsable del levantamiento	Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC).
Indicadores macro ligados	Población adulta mayor nacional, políticas a favor de este segmento, proyecciones de crecimiento poblacional, tasa de crecimiento de la población nacional, perspectivas o esperanza de vida para hombres y mujeres en Costa Rica.
Observaciones	La Asociación Gerontológica de Costa Rica (AGECO) tiene información importante sobre este segmento de la sociedad costarricense. En los últimos años se han promulgado una serie de leyes y normativas a favor de la población adulta de Costa Rica.

Anexo 4. Clasificación de impactos

TIPO DE IMPACTO	DEFINICION	FUENTE
Positivo	Impacto beneficioso, representa un resultado positivo ya sea en términos de mejorar la calidad previa del factor ambiental o de mejorar el factor desde una perspectiva ambiental.	Carter (sf)
Negativo	Impacto significativo adverso, representa un resultado nada deseable ya sea en términos de degradación de la calidad previa del factor ambiental o dañando el factor desde una perspectiva ambiental.	
Impacto negativo alto	Aquel cuyo efecto se manifiesta como una modificación del ambiente, de los recursos naturales o de sus procesos fundamentales de funcionamiento, que produzca o pueda producir en el futuro repercusiones apreciables en los mismos. Expresa una destrucción casi total del factor considerado.	Adaptado de Conesa 1993
Impacto negativo medio	Aquellos cuyo efecto se manifiesta como una alteración del medio o de alguno de sus factores, cuyas repercusiones en los mismos se consideran situadas entre los niveles anteriores	
Impacto negativo bajo	Aquel cuyo efecto expresa una destrucción mínima del factor considerado.	
Impacto positivo alto	Impacto beneficioso, representa un resultado positivo ya sea en términos de mejorar la calidad previa del factor ambiental o de mejorar el factor desde una perspectiva ambiental	Adaptado de Carter (sf)
Impacto positivo bajo	Impacto beneficioso pequeño, representa una leve mejora de la calidad previa del factor ambiental o que se mejora un poco el factor desde una perspectiva ambiental	
Impacto no significativo	No es relevante ni significativo	Elaboración propia
No hay calificación	No hay información sobre la medición de este impacto	

Anexo 5. Ubicación y principales acuíferos en el área del proyecto



Anexo 6. Algunas impactos de los años más secos en la zona de estudio asociados al fenómeno de El Niño

Años	*Características de El Niño	Reducción Lluvia	Efectos observados en actividades productivas relacionadas al recurso hídrico	Fuentes
1977	Moderado, con máximo de TSM de 1.23° en octubre 76. Duración del evento 76-77 de 11 meses (may 76-mar 77)	16%	Problemas en la recuperación de los mantos acuíferos principalmente en el Pacífico Norte y Central y la Región Central. Distribución irregular de lluvias. Disminución del caudal de aguas en pozos y nacientes de agua. Nivel del embalse Cachí afectado. Se recurrió a generación de electricidad por plantas térmicas. Disminuyó abastecimiento de agua en planta de Tres Ríos. Pérdidas agrícolas en granos y ganadería	La Nación (1987)
1986	Moderado, con máximo de TSM de 1.16° en noviembre 86. Duración del evento 86-87 de 10 meses (jun 86-mar 87)	26%	Disminución de caudal en ríos y mantos acuíferos. Efectos en el Pacífico Norte y Central y en la represa del Arenal y Cachí. Importación de energía para generación termoeléctrica. Pérdidas en arroz (70%), maíz (100%), frijol y sorgo (40-50%), poca recuperación de pastos y pérdida de peso en animales.	La Nación (1986) Mora (1986) Ramírez (1990)
1987	Moderado, con máximo de TSM de 1.16° en noviembre 86. Duración del evento 86-87 de 10 meses (jun 86-mar 87)	13%	Represa de Cachí poco afectada. Mayor problema de recuperación de pozos en el Pacífico. En Tejona (parte pacífica del proyecto Arenal) hay faltante de 755 mm. Importación de energía para generación termoeléctrica. Afectado el riego agrícola en la vertiente pacífica	La Nación (1987) Ramírez (1990)
1991	Moderado, con máximo de TSM de 1.48° en mayo 93. Duración del evento 90-94 de 4 años, fluctuantes (abr 90-ene 95)	13%	Déficit de lluvias en Guanacaste y el Valle Central (hasta 50%). Disminución de cosecha de granos. Nicaragua importa energía térmica de Costa Rica por un monto de \$2.6 millones por mes. Se afecta el abastecimiento de agua potable en áreas urbanas de Costa Rica	Fernández (1991)
1994	Moderado, con máximo de TSM de 1.48° en mayo 93. Duración del evento 90-94 de 4 años, fluctuantes (abr 90-ene 95)	18%	Alza en electricidad por factor térmico asociado con El Niño. En un 70% del territorio nacional se presentó un faltante de precipitación. En San José el déficit fue de 340 mm. Pérdidas ente el 4 y 6% de la producción de granos. Aguas superficiales y aguas subterráneas por debajo del promedio.	Cruz (1994) Fuentes (1994)
2001	No hubo Niño	16%	AyA racionara suministro en algunas zonas del Area Metropolitana para el período seco. Deficit de lluvias en el Valle Central entre el 10 y el 40%. Grave sequía en el pacífico centroamericano	Loaiza (2000) Jiménez (2001) Valverde (2001)

* La TSM, se refiere a la anomalía de la temperatura superficial del mar (grados centígrados) en la Región Niño 3. La magnitud y la duración del evento se define de acuerdo a Trenberth (1997) y Alvarado (2002).

Fuente: Retana 2004.

Anexo 7. Eventos hidrometeorológicos en la zona de estudio

Eventos hidrometeorológicos ocurridos entre 1998 y el 2003																									
PROVINCIA	Evento Cantón	AÑOS																							
		1998				1999				2000				2001				2002				2003			
		D	I	V	A	D	I	V	A	D	I	V	A	D	I	V	A	D	I	V	A				
ALAJUELA	Alajuela	1				1	3			1	2	9		1	6			1				1	8		
SAN JOSE	Moravia		1								1				1	1									
	Tibás					1	2								1	1							2		
	Coronado										2				3								1		
HEREDIA	S. Belén														1					1				1	
	Barva		1								2				1	1			3					1	
	Heredia					1	1				3			2	6			1	2				1	2	
	S. Pablo						1		1	1					2										
	S. Rafael						1	3			2				1									2	
	S. Domingo						1																	3	
	S. J. Flores										1				2									1	
	S. Isidro										1														
	S. Bárbara										2	3			2	1		1	1						
TOTAL		1	1	1	0	4	11	0	2	7	22	0	0	4	24	5	0	3	5	2	0	2	21	0	0

D: Deslizamiento I: Inundación V: Vendaval A: Avenida

Fuente: Campos 2004. Datos de la CNE. Dpto. de Prevención

Zonas que han sido afectadas por inundaciones

Fuente de desbordamiento	Poblados afectados
Río Alajuela	San José, San Martín y El Coyol de Alajuela
Río Zanjón y Río Segundo	San Juan Abajo, Santa Bárbara y Río Segundo
Río Ciruelas, Quebrada Caña	Río Segundo y El INVU de Alajuela
Río Burío	La Ciudad de Heredia y San Joaquín
Río Bermúdez	San Pablo, San Francisco y Santo Domingo de Heredia
Quebrada Barro	Montecillos
Quebrada Seca	Barva
Río Lajas y Río Tranque	San Josecito
Río Segundo	Barva
Río Pirro	San Rafael
Quebrada Guaria	Barreal de Heredia, Urb. Los Arcos

Fuente: Programa Educativo para Emergencias, Compendio General sobre Desastres, www.cne.go.cr

Literatura Citada

ABT Associates Inc, CONCESA S.A., CATIE, Fundación Neotrópica. 1998. Programa de Manejo de la cuenca del río Grande de Tárcoles. San José.

CADETI (Comisión Asesora sobre Degradación de Tierras). 2004. Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Degradación de Tierras. Ministerio de Energía y Ambiente (MINAE), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Mecanismo Mundial. San José, Costa Rica. 111p.

Campos, M. 2004. Evaluación de impactos. Proyecto Adaptación del Sistema Hídrico al Cambio Climático. Instituto Meteorológico Nacional. Gestión de Desarrollo. 21p. Correspondencia personal.

Carter, L. (sf). Manual de evaluación de impacto ambiental. Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. Traducción al español: Español, I.; Del Castillo, I.; Alós, M.; Alvarez, G. Ed. McGraw Hill. Universidad de Oklahoma. Sp.

CIID (International Development Research Centre). 1988. Agua dulce, imperativo humano. Búsqueda. Ottawa, Ontario. Canadá. 44p.

Conesa, V.; Garro, V.; Conesa, L. 1993. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Levante. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 128p.

Cruz, J. 1994. El Niño tendría que ver con un aumento del factor térmico. Esta Semana, La Ciencia. San José, CR. Jun 8-14:10.

Davis, M.; Shaw, R. 2001. Range shift and adaptative responses to quaternary climate change. Science 292: 673-679.

Diaz, B. 2000. Biodiversity is critical to future health of California's ecology and economy. California Agriculture. 54(2):26-34.

Enquist, C.A.F. 2002. Predicted regional impacts of climate change on the geographical distribution and diversity of tropical forests in Costa Rica. J. Biogeography. 29(4): 519-534

EIRD/UN (Secretaría Interagencias de Naciones Unidas de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres). 2004. Gestión de riesgo de peligros relacionados con el agua. En: OMM (Organización Meteorológica Mundial).2004. Boletín Tiempo-Clima-Agua. 53(1):23-28.

Fernández, M. 1991. Clima. Panorama, San José, CR. Set 23:35.

Fernández, W.; Ramírez, P. 1991. El Niño, la Oscilación del Sur y sus efectos en Costa Rica: Una revisión. Tecnología en Marcha. Vol 11(1):3-10.

Fournier, M. 1997. Estudio de impacto ambiental de la ampliación de la Planta Hidroeléctrica Brasil de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz. Biosfera Consultores S.A. (Correspondencia personal). 110 p.

Fournier, M.L. 2003. Uso de plaguicidas y calidad del agua en el área de estudio del proyecto Adaptación del Sector hídrico al Cambio Climático. Instituto Regional del Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET), Heredia. 10p.

Fuentes, J. 1994. Inquietud por sequía en el país. La República. San José, CR. Oct 11:3A

Galindo, I.; Chapela, R.; Selman, M. 1988. Asma bronquial y factores ambientales. Estudios preliminares. La Meteorología y sus aplicaciones al desarrollo Regional. Memoria del III Congreso interamericano de Meteorología. 14-18 de Noviembre. México DF. México. 237-240pp.

Giro, P.; Jiménez, A. 2003. Marco regional de adaptación al cambio climático para los recursos hídricos en Centroamérica. UICN-CRRH-SICA-Dialogue on water and climate- Global Water Partnership. San José, Costa Rica. 48p.

Gómez, L. 1986. Vegetación de Costa Rica: apuntes para una biogeografía costarricense. En Gómez, L.D. (ed.) Vegetación y clima en Costa Rica. EUNED, San José. 327 p.

Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Vulnerabilidad actual.

- GWP (Global Water Partnership). 2001. Situación de los Recursos Hídricos en los Países del Istmo Centroamericano. San José, Costa Rica. Sp.
- Hartshorn, G. 1992. Possible effects of global warming on the biological diversity in tropical forests. In: Peters, R.L. & T.E. Lovejoy (eds.) Global warming and biological diversity. Yale University Press. New Haven. p. 137-146.
- Holdridge, L. 1979. Ecología basada en las zonas de vida. IICA, San José. 216 p.
- Holzenthal, R. 1988. Catálogo sistemático de los trichópteros de Costa Rica (Insecta: Trichoptera). Brenesia 29: 51-82.
- ICAA (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado) 2003. Estudio de la tecnología de tratamiento de las aguas residuales de tipo ordinario en Costa Rica. San José, Costa Rica.sp.
- Jiménez, A. 2001. IMN prevé fuertes lluvias. La Nación, El País. San José, CR. Abr 20:4A
- Kalff, J. 2002. Limnology: inland water ecosystems. Prentice-Hall Inc., New Jersey. 592 p.
- La Nación. 1986. Daños parciales causó la sequía dice el MAG. La Nación, San Jose, CR. Oct 19.
- La Nación. 1987. Prevén peor sequía en últimos 10 años. La Nación, San José, CR. Nov 8:6A.
- Loaiza, V. 2000. Habrá racionamiento de agua. La Nación. San José, CR. Nov 12:4A
- Losilla, M.; Rodríguez, H.; Schosinsky, G.; Stimson, J.; Bethune, D. 2001. Los acuíferos volcánicos y el desarrollo sostenible en América Central. Editorial Universidad de Costa Rica. Montes de Oca
- MARENA (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales). 2003. Estado del ambiente en Nicaragua. Segundo informe GEO. SINIA-MARENA. Información en formato digital.
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía). 2000. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Cambio Climático. Instituto Meteorológico Nacional. San José.
- Miranda, M.; Otoy, M.; Gutiérrez, M. 2005. Revisión de las políticas y medidas de adaptación actuales ante la vulnerabilidad del sistema hídrico al clima actual en el área del proyecto. Proyecto Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. ACCII-PNUD-IMN. Centro Internacional de Política Económica de la Universidad Nacional (CINPE-UNA). San José, Costa Rica. 84p.
- Mora, W. 1986. El poder de la lluvia. La Nación, Enfoque. San José, CR. Nov 30:5-6C.
- OCDE (Organización para la cooperación y el desarrollo económicos). 2001. Indicadores medioambientales para la agricultura. Métodos y resultados. Volumen 3. 19p. Traducción de extractos de Environmental Indicators for Agriculture Methods and Results. Vol 3. 2001. París, France.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). sf. El Clima La Urbanización y el hombre. Ginebra, Suiza. 16p.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). 2003. Nuestro clima futuro. OMM-952. Ginebra, Suiza. 36p.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial).2004. Trabajando juntos para reducir el riesgo de desastres hidrometeorológicos. Boletín Tiempo-Clima-Agua. 53(1):15-18.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud). 1998. Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Guías para el análisis de vulnerabilidad. OPS-OMS. Washington, D.C. Estados Unidos de América. 102p.
- Oxley, M. 2003. Respuesta a los desastres. Paso a paso. 56(nov):1-2.

Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Vulnerabilidad actual.

- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) . 2003. Guía del usuario para el marco de políticas de adaptación. CATHALAC-Gobierno de Suiza y la colaboración de los gobiernos de Holanda y Canadá. Versión preliminar. 31p.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2004. La reducción de riesgos de desastres. Un desafío para el desarrollo. PNUD-Dirección de Prevención de Crisis y de Recuperación. New York. Estados Unidos de América. 146p.
- Pounds, A. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. Nature.Vol. 398. April: 611-614.
- Pounds, A. 2001. Climate and amphibian declines. Nature. Vol 410. April: 639-640.
- Pounds, A.; Puschendorf, R. 2004. Clouded futures. Nature. Vol 427. January: 107-108.
- Primack, R.B. 2002. Essentials of conservation biology (3rd ed.) Sinauer Associates, Sunderland. 698 p.
- Programa Estado de la Nación. 2000. Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible 1999. Proyecto Estado de la Nación, San José, Costa Rica.
- Protti , R. 1989. Estudios hidrogeológicos en el área de la GAM. Para Geotécnica/ICAA. San José.sp.
- PRODUS (Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible). 2004. Diagnóstico Socioeconómico del área del proyecto. Proyecto Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. PNUD-IMN. Informe Final. Mayo.114 págs.
- Pujol, R.; Zamora, L.; Salas, J.; Umaña. G.; Rodríguez, H.; Salazar, L.; Jiménez, C. 2004. Diagnóstico biofísico del área de proyecto. Proyecto Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Proyecto Regional Fomento de las Capacidades para la Etapa II Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. PNUD-IMN. Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS), Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica (UCR). San José, Costa Rica. Informe final. 61p.
- Pulido, G. 2000. Contaminación y remediación de acuíferos. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Colombia.
- Ramírez, L. 1990. Alerta por estragos de El Niño. La Nación, San José, CR. Jul 8:3A
- Ramírez, P. 1990. El fenómeno de El Niño Oscilación del Sur. Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas – Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica. Boletín Meteorológico. Año XIV-1990. Abril. p3-5.
- Retana, J. 2004. Aspectos meteorológicos relacionados con el bajo rendimiento de diferentes cultivos en la zona de Alvarado de Cartago durante el 2001 y el 2002. Gestión de Desarrollo. Instituto Meteorológico Nacional. Estudio técnico. San José, Costa Rica. (sin publicar). 4p
- Retana, J. 2004. Estudio sobre Vulnerabilidad Climática en el área de estudio. Proyecto de adaptación del sistema hídrico al cambio climático. Gestión de Desarrollo. Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica. 15 p. Correspondencia personal.
- Retana, J.; Villalobos, R. 2001. Eventos extremos meteorológicos en Linda Vista, Valle del Guarco, Cartago. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos. 9(1):49-56.
- Retana, J.; Villalobos, R. 2004. Determinación del año más seco en la Región Chorotega de Costa Rica por medio de un análisis de conteo de casos. Instituto Meteorológico Nacional. Gestión de Desarrollo. San José, Costa Rica. 6p. (correspondencia personal).
- Reynolds, J.; Fraile, J. 2000. Presente y futuro de las aguas subterráneas en el Valle Central. En Vargas J (ed), 2000 Manejo integrado de aguas subterráneas, un reto para el futuro. Editorial UNED. San José.

Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Vulnerabilidad actual.

- Rodríguez, H, 1992. Impacto del desarrollo urbano sobre la recarga de los acuíferos Colima. Departamento de Estudios Básicos, Acueductos y Alcantarillados (AyA). IV Congreso Nacional de Recursos Hídricos. San José, Costa Rica.
- Rodríguez, H. 1993. Propuesta de un método para normar el crecimiento habitacional sobre áreas de recarga acuífera, perspectiva de calidad del agua. Caso del Valle Central de Costa Rica. VI Certamen de Ciencia y Tecnología SIPAA. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. San José.
- Rojas, M.; Campos, M.; Alpizar, E.; Bravo, J.; Córdoba, R. 2003. El cambio climático y los humedales en Centroamérica. Implicaciones de la variación climática para los ecosistemas acuáticos y su manejo en la región. Unión Mundial para la Naturaleza (UICN)- Centro Científico Tropical (CCT)- Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH)- Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional (EDECA). San José, Costa Rica. 38p.
- Salazar, G.; Madrigal, R. 1991 Geomorfología del Gran Area Metropolitana. Editorial Tecnológica. San José, Costa Rica.
- SENARA/BGS (Servicio Nacional de Aguas Subterráneas y Avenamiento) 1989. Continuación de la investigación hidrogeológica en la zona norte y este del Valle Central, Costa Rica. Informe final 1984-87. SENARA, Informe Técnico No.165. San José.
- SEI (Stockholm Environment Institute). 2004. Desde los indicadores de vulnerabilidad hasta los perfiles y la adaptación. Programa de Riesgo y Vulnerabilidad. Módulo de Capacitación. ACC2 (Proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. CATALAC-PNUD-GEF. México D.F. México. 6p.
- Solano, J.; Villalobos, R. 2001. Aspectos fisiográficos aplicados a un bosquejo de regionalización geográfico climática de Costa Rica. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos. 8(1):26-39.
- Solano, J.; Retana, J.; Villalobos, R. 2002. Inundaciones. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos. 9(2):104-122.
- Solera, C. 2000. Impacto de El Niño en el sector agua potable de Costa Rica. Reducción de impactos de la variabilidad climática, el caso de El Niño 1997-1998 en Costa Rica. Coronado, Costa Rica. Sp. (correspondencia personal).
- Stenseth, N.; Mysterud, A.; Ottersen, G.; Hurrell, J.; Chan, K.; Lima, M. 2002. Ecological effects of climate fluctuations. Science 297: 1292-1296.
- TAHAL Consulting Engineers. 1990. Plan Maestro de Abastecimiento de Agua Potable de la Gran Área Metropolitana. ICAA, San José.
- Valiente, C.; González, J. 2000. Calidad microbiológica del agua subterránea en el Valle Central de Costa Rica, 1997-2000. En: Vargas J (ed), 2000 Manejo integrado de aguas subterráneas, un reto para el futuro. Editorial UNED. San José.
- Valverde, L. 2001. Nuevo ministro alerta sobre sequía. La República. San José, CR. Ago 10:8A
- Varela, P.; Ojeda, B. 1988. Relación entre las situaciones sinópticas y parámetros meteorológicos con el síndrome de asma en la ciudad de Bahía Blanca. La Meteorología y sus aplicaciones al desarrollo Regional. Memoria del III Congreso interamericano de Meteorología. 14-18 de Noviembre. México DF. México.241-244pp.
- Vega, G.; Stolz, W. 1997. El fenómeno de El Niño su impacto en la economía de Costa Rica. Ministerio del Ambiente y Energía. Instituto Meteorológico Nacional. Oficina de Pronósticos. Nota técnica. San José, Costa Rica. 9p.
- Villalobos, R.; Campos, M.; Chacón, A.; Retana, J. 2003. Plan Nacional de Trabajo de Costa Rica: Adaptación del Sistema Hídrico al Cambio Climático. Proyecto RLA/01/G31/1G/99. Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica. 47p.

Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Vulnerabilidad actual.

Villalobos, R.; Retana, J. 2003. Metodología para el análisis mensual del año más seco. En: Villalobos, R.; Zárate, E.; Soto, H.; Pacheco, R.; Sanabria, N.; Retana, J. 2003. Convenio entre SENARA, ICAA, IMN para la elaboración de mapas climatológicos de una región del Valle Central. Informe Final. Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica. 4-6. (correspondencia personal).

Zwiers, F.; Cattle, H.; Peterson, T.; Mokssit, A. 2003. Detección del Cambio Climático. OMM-Boletín. 53(2):252-258.