

## **Legal, Institutional, and Scientific Challenges for Present and Future Drought Management in the Tempisque Basin**

**Elliott Arnold (University of Florida), Amanda Broadwell (University of Florida), M. Chance Peterson (Arizona State University), Silvia Pirola (University of Costa Rica)**  
**Faculty advisor: Gabriela Stocks**

### **INTRODUCTION**

The Tempisque watershed has been and is currently under continuous and systematic deterioration, experiencing serious degradation as a consequence of contamination and progressive depletion of both its surface and ground waters. High water use activities including agriculture, ranching and tourism, are the principal causes of the deterioration of the watershed<sup>1</sup>. Natural cycles of prolonged drought and excessive rain present significant challenges for present activities and future development. These challenges will likely be augmented by the effects of climate change, with predicted increases in temperature and decreased precipitation in the region. Thus, there is a critical need for institutions to prepare for the coming challenges through coordinated planning, both to mitigate the effects of climate change and to facilitate adaptation of effective watershed management practices.

### **I. The Tempisque Watershed**

The Tempisque watershed is located in the province of Guanacaste, one of the driest zones of Costa Rica. The watershed covers 3,411 km<sup>2</sup>, some 6.7% of the national territory and 60% of Guanacaste. Approximately 190,000 inhabitants live within the watershed. The region is among the least densely populated in the country, with only 29.4 people/km<sup>2</sup>, compared to a national density of 74.6 people/km<sup>2</sup>. The principal aquifers are the Bagaces and Liberia formations, and the colluvio-alluvial aquifer of la Margen Derecha of the Rio Tempisque, which supply drinking water to Liberia, Sardinal, Filadelfia, Belen, Santa Cruz, and other small populations<sup>2</sup>.

With historical average annual precipitation of 1,833 mm/yr, the total available water of the Tempisque watershed is approximately 2.43 km<sup>3</sup>/yr<sup>3</sup>. However, the watershed presents excessive water in the rainy season, causing serious flooding, while in the dry season the availability of water diminishes significantly<sup>4</sup>. Approximately 40% of the

---

<sup>1</sup> Barrantes, G., L. Jimenez, T. Maldonado. "Disponibilidad del recurso hidrico y sus implicaciones para el desarrollo en Costa Rica". *Undecimo Informe Sobre el Estado de la Nacion en Desarrollo Humano Sostenible*, p. 16.

<sup>2</sup> Bolanos, R., J. Echeverria, M. Lisilla. "Plan de accion para la cuenca del Rio Tempisque (Aspectos Biofisicos. Diagnostico Funcional)." *Centro Cientifico Tropical* (1998).

<sup>3</sup> Astorga, Y. "Recurso Aguas Superficiales y Subterranas con enfasis en las principales cuencas hidrograficas." *Decimotercer Informe Estado de la Nacion en Desarrollo Humano Sostenible* at 26.

<sup>4</sup> Bermudez, P., R. Rodriguez, C. Vargas. "Identificacion y caracterizacion de los impactos socioeconomicos y ambientales de la construccion del puente sobre el rio Tempisque, Nicoya, Costa Rica." Tesis de Licenciatura, Escuela de Geografica, Universidad de Costa Rica. 2002.

annual precipitation occurs in September and October, and 95% between May and November, leaving five months of the year with just 5% of annual rainfall<sup>5</sup>.

As the only region of Costa Rica where marked differences between the wet and dry seasons cause intermittent droughts and flooding, water use and management is a critical issue in Guanacaste. The pressure on water resources, coupled with lack of data and political issues, have created an inefficient and ineffective management framework.

## II. Legal and Institutional Framework

The institutional structure in the Tempisque region, like that of most regions of Costa Rica, is highly fragmented and centralized. The Commission on Implementation of the Management and Development Plan for the Arenal Reservoir Watershed was created by Executive Decree No. 26395 to manage the Arenal Reservoir and associated hydrologic projects. Recently, however, various institutions, including SENARA, MINAE, OET and UCR, have proposed replacing this Commission with the already existing Commission on Implementation and Development of the Arenal-Tempisque Watershed (CIDECAT), whose primary function would be to promote the integrated management of the entire watershed<sup>6</sup>. Since April 2006, CIDECAT, in collaboration with the Organization for Tropical Studies (OET), has been developing a Strategy and Action Plan to identify the most urgent steps to be taken regarding the management of the watershed<sup>7</sup>.

## III. Existing and Emerging Threats to Availability of Water

In the 1940's SENARA counted 37 registered wells in Costa Rica. In 1999, there were 5,116 wells. By 2003, there were 9,886 registered wells. In addition to these registered wells, it is estimated there are 15,000 illegal wells in Costa Rica<sup>8</sup>. In the lower Tempisque alone, groundwater is extracted by more than 2,800 wells, without any monitoring of the rate of extraction, and without sufficient data on the capacity of the aquifers. Further, more than 20.5 m<sup>3</sup>/s have been allocated through concessions, despite average dry season flows below 7 m<sup>3</sup>/s. In average years, these concessions leave a remaining flow of just 0.5 m<sup>3</sup>/s<sup>9</sup>.

With predicted increases in temperature and decreased precipitation, the Tempisque basin will be further stressed. According to the regional climate model PRECIS, developed by the Hadley Center of the Office of Meteorology of the UK, combined with Costa Rica's climatology reports from 1961-1990, it is predicted that Guanacaste will experience a temperature increase of 4.5 C by 2100<sup>10</sup>. The model also predicts that Costa

---

<sup>5</sup> Barrantes at 16.

<sup>6</sup> Astorga at 26

<sup>7</sup> *Id.* at 19.

<sup>8</sup> Barrantes, G., L. Jimenez. "Es estado de las aguas continentales en Costa Rica: superficial y subterraneean." *Decimo Informe Sobre el Estado de la Nacion en Desarrollo Humano Sostenible* at 5.

<sup>9</sup> Astorga, Y. "Estado y gestion del recurso hidrico en Costa Rica." *Duodécimo Informe Sobre el Estado de la Nacion en Desarrollo Humano Sostenible* at 22.

<sup>10</sup> IMN. "Escenarios de cambio climatico en Costa Rica al 2100." Report prepared for the Proyecto Estado de La Nacion. IMN-MINAET, San Jose. 2009.

Rica will experience a reduction in precipitation in the central and north, which may reach a 50% reduction in Guanacaste. Various production activities both affect and are affected by variations in availability of water in the Tempisque watershed.

### *A. Ranching*

The “ganadero” (ranching) sector in Costa Rica occupies 25% of country’s land area, produces 11% of GDP, and is the principal means of income for over 300,000 people<sup>11</sup>. However, harmful and inefficient traditional methods continue to be the norm. These practices negatively impact ranching families and ecosystem services, and the effects could be aggravated by climate change, whether increased rain or extreme drought. This phenomenon already exists in the North Pacific region, where the drought period in recent years has been more intense and longer, causing a reduction in cattle productivity (meat and milk). “Sistemas silvopastoriles biodiversos” (SSP’s) can improve productivity and generation of ecosystem services of ranches, and can also aid in the adaptation to and mitigation of climate change<sup>12</sup>.

### *B. Agriculture*

Since the completion of the Lake Arenal dam in 1979, agriculture has been an increasingly influential component of the economy of Guanacaste. After passing through the ARDESA hydroelectric complex, 1,500,000,000 m<sup>3</sup>/yr are then used to irrigate approximately 28,000 hectares of farmland, as well as 700 hectares of aquaculture<sup>13</sup>. While sugarcane and rice are the principal crops in the Tempisque watershed, melon and pineapple are becoming more prevalent, and are frequently criticized for their environmental and social impacts.

Currently, only 18% of Costa Rica’s pineapple production is in the Pacific region<sup>14</sup>. However, traditional pineapple areas in the north and Atlantic regions are saturated by existing plantations. High demand from Europe and the eastern US has accelerated the growth of the industry in the Pacific region. The industry has received much negative publicity for its negative environmental impacts. In May 2011, three plantations were closed by the Tribunal Ambiental Administrativo del MINAET for violations.

In 2010, El Nino caused significant crop losses in Chorotega (Guanacaste), where 1200 hectares of rice were destroyed by drought, and 5,000 hectares of sugarcane were affected<sup>15</sup>. Other impacts have already been seen, such as the rat plague in Guanacaste in 2009 related to the decreased rainfall caused by El Nino<sup>16</sup>. Despite announcing an intent to become the first carbon neutral country by 2021, Costa Rica has not executed actions to incentivize the agricultural sector to adopt climate change mitigation and adaptation

---

<sup>11</sup> Bach, O. “Agricultura, agroforesteria y cambio climatico.” *Decimoseptimo Informe Estado de la Nacion (2010)*. p. 10.

<sup>12</sup> *Id.* at 11.

<sup>13</sup> Salguero, M. “Gestion del recurso hidrico y uso del agua, ano 2010. *Estado de la Nacion (2010)*. August, 2011. p. 35.

<sup>14</sup> Bach at 5.

<sup>15</sup> Barquero, M. “El Nino déjà perdidas por 3,200 millones colones en el agro.” *La Nacion*. April 12, 2010.

<sup>16</sup> Fonseca, P. “Cambio climatico afectara produccion de cana de azucar.” *La Nacion*. August 16, 2010.

practices. In fact, due to a lack of incentives, organic agriculture has decreased. Voluntary market mechanisms remain the primary incentive for sustainable practices<sup>17</sup>.

### *C. Tourism*

Tourism has begun to displace agriculture in some areas of the Tempisque watershed. Between 1997 and 2003, half of Costa Rica's total earnings from tourism were located in Guanacaste, amounting to \$200,000,000. More than 6,540 rooms will be built in the coastal areas of Guanacaste in the next five years. Various megaprojects including reservoirs and pumping stations are being proposed to meet this future demand<sup>18</sup>. The rapid growth of tourism has generated a series of conflicts with local organizations competing for water.

The main concern in the rapidly developing coastal regions is salinization of the aquifers due to overextraction. For example, since 1990, the Flamingo aquifer has been salinated, prompting a prohibition on new water concessions<sup>19</sup>. Further, recent studies show that the Tamarindo and Huacas aquifers are at a critical point, where extraction is equivalent to recharge. Other communities, such as Matapalo and Playa Grande also show signs of salinated groundwater<sup>20</sup>. Numerous other aquifers in the region are at risk of salinization due to the accelerated extraction by the tourist sector, principally with its mega-projects in the coastal zone. Production in these aquifers oscillates from 5 l/s to 100 l/s, which has contributed to the groundwater being seriously affected by over-extraction, affecting citizens that have used the water for years, and that have seen a large number of wells dry up<sup>21</sup>.

## **SCIENTIFIC BACKGROUND**

### **I. Sources of Precipitation in Costa Rica**

The amount of precipitation received in Costa Rica is primarily controlled by atmospheric circulation patterns and surficial topography. The country lies at the western margin of a large subtropical high pressure zone known as the North Atlantic anticyclone<sup>22</sup>. The North Atlantic anticyclone generates an east-west trending low pressure corridor which introduces cloudiness and thunderstorms to eastern Central America. Cordilleras bisect the country and act as a barrier preventing precipitation from reaching the Pacific. The Caribbean watershed is therefore characterized as a wet-tropical region, whereas the

---

<sup>17</sup> Bach at 15.

<sup>18</sup> EGIRH-CR-MINAE. "Estrategia para la Gestion Integrada de los Recursos Hidricos en Costa Rica." *Estudio de Caso Cuenca Tempisque, Costa Rica*, 2005.

<sup>19</sup> Barrantes at 17.

<sup>20</sup> *Id.*

<sup>21</sup> Barrantes, G., M. Vega, X. Jimenez, E. Chaves. "Evaluacion del servicio ambiental hidrico en la Cuenca del Rio Tempisque y su aplicacion al ajuste de tarifas." Document prepared by ASOTEMPISQUE. Heredia, Costa Rica. 2001.

<sup>22</sup> Waylen, Peter, and M. Sadi Laporte. "Flooding and the El Nino Southern Oscillation Phenomenon along the Pacific Coast of Costa Rica." *Hydrological Processes* 13 (1999): 2624. Print.

Pacific watershed is characterized as a dry-tropical watershed. The stable cyclonic activity that brings precipitation to the Caribbean coast and the topographic barriers that deny it from reaching the Pacific coast defines the stable patterns of precipitation in Costa Rica.

Interannual variability in precipitation hinders the ability of institutions to effectively adapt and manage water resources. In Costa Rica, the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) is the primary driver of interannual variability in rainfall<sup>23</sup>. El Niño conditions are characterized by anomalously high sea surface temperatures in the eastern equatorial Pacific that last longer than five months<sup>24 25</sup>. Although not entirely cyclical in nature, El Niño is more specifically defined as an irregular coupled cycle that alternates between El Niño and La Niña every 2-7 years<sup>26</sup>. During regular (non-El Niño/La Niña) years the trade winds blow the warm, surficial waters in the eastern Pacific westwardly along the equator. This transference of warm water creates an 8°C temperature gradient across the Pacific Ocean, and allows cold, nutrient rich bottom waters to upwell offshore of eastern South America. During ENSO years, the relaxation of the trade winds homogenizes equatorial sea surface temperatures and strongly dampens the thermocline in the eastern Pacific. Given that sea surface temperatures are strongly correlated to weather patterns, ENSO years are associated with global temperature and precipitation abnormalities<sup>2728</sup>. For instance, during El Niño, India, southeastern Africa, and parts of the eastern equatorial Pacific (including Australia, Indonesia, and Malaysian) all experience drier than normal conditions, while the southeastern and western United States, western equatorial South America, and central equatorial Pacific all record higher amounts of precipitation<sup>29</sup>. Although ENSO is “phase locked to an annual cycle”, the strength and seasonal onset of each event is variable<sup>30</sup>. Additionally, SSTs, rainfall patterns, and wind field anomalies differ from event to event as the “centers of action” shift<sup>31</sup>.

The Tempisque Basin lies within the rain shadow cast by the cordilleras that trend northwest to southeast to bisect the country. Northeast trade winds bring clouds and precipitation to the eastern side of the country, but lose their moisture as they condense over the mountains. The majority of the rainfall received in the Pacific basin is during the wet season which extends from June to late November<sup>32</sup>. During this time a band of clouds that circle the globe near the equator, known as the Intertropical Convergence Zone (ITCZ),

---

<sup>23</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change. 1990. *Climate Change*. World Meteorological Organization, United Nations Environment Program. Cambridge University Press, Cambridge. 265. Print

<sup>24</sup> "NOAA/PMEL/TAO: The El Nino Story." *NOAA/PMEL/TAO: The El Nino Story*. N.p., n.d. Web. 03 July 2012. <<http://www.pmel.noaa.gov/tao/elnino/el-nino-story.html>>.

<sup>25</sup> Wang, Hui-Jun, Ren-He Zhang, Julie Cole, and Francisco Chavez. "El Nino and the Related Phenomenon Southern Oscillation (ENSO): The Largest Signal in Interannual Climate Variation." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96 (1999): 1. Print.

<sup>26</sup> Gergis, Joelle L., and Anthony M. Fowler. "A History of ENSO Events Since A.D. 1525: Implications for Future Climate Change." *Climate Change* 92 (2009): 334. Print.

<sup>27</sup> NOAA at 1

<sup>28</sup> Wang et al. at 1

<sup>29</sup> NOAA at 1

<sup>30</sup> Gergis and Fowler at 344

<sup>31</sup> *Id.*

<sup>32</sup> Young, Allen M. "Foraging of Vampire Bats ( *Desmodus Rotundus*) in Atlantic Wet Lowland Costa Rica." *Rev. Biol. Trop.* 18 (1971): 74. Print.

moves northward over Costa Rica, bringing with it months of precipitation. What proceeds is an analysis and compilation of research on how ENSO cycles interrupt the “normal” patterns of precipitation within the Pacific Basin of Costa Rica. More specifically, we investigate the relationship between decreased precipitation and river flows and El Niño events.

## II. Previous research

Waylen et al. analyzed annual precipitation records from over 100 stations throughout Costa Rica to gauge the response of rainfall patterns to ENSO cycles<sup>33</sup>. The authors argue that despite the country's relatively small area, it should not be grouped into the broader Central American/Caribbean region when assessing ENSO effects because of the complex interrelations of precipitation and oceanic and atmospheric circulations<sup>34</sup>. Broadly speaking, dry years in the country correspond with low values (El Niño conditions) on the Southern Oscillation Index (SOI), and wet years are associated with high SOI values<sup>35</sup>. However, this correlation is not geographically uniform. Stations from the Caribbean were negatively correlated to the SOI index, and inversely related to Pacific stations. Although all Pacific watershed stations are positively correlated to the SOI index, many, including the Tempisque basin, reported a significant positive correlation to the SOI index at a lag period of +1 (meaning those stations were positively associated with the SOI index one year before an official El Niño)<sup>36</sup>. The authors postulate that the lag observed between El Niño and Pacific basin precipitation is related to SST induced migrations of the ITCZ. As SST rise, the ITCZ and westerlies are able to migrate northward prior to the onset of El Niño conditions.

In a more regionalized assessment Waylen and Laporte studied the flow patterns from four rivers in the Pacific watershed (Colorado, Tarcoles, Candelaria, and Terraba) to determine if flood pluses were related to precipitation anomalies associated with ENSO events<sup>37</sup>. They found that the number of floods drop during the warm (El Niño) phase of the ENSO cycle at all four sites<sup>38</sup>. However, the most significant decline in flood frequency occurs after the veranillo period (dry season), while the pre-veranillo period is characterized by an increased frequency at three of the four rivers. The opposite occurs during the cold phase (La Niña), when flooding increases in each river during both the pre and post veranillo<sup>39</sup>. The authors attribute the lower flood frequencies during warm ENSO phases to the “strengthening and increased duration of the period during which the

---

<sup>33</sup> Waylen, Peter R., Marvin E. Quesada, and Cesar N. Caviedes. "Temporal and Spatial Variability of Annual Precipitation in Costa Rica and the Southern Oscillation." *International Journal of Climatology* 16 (1996a): 176-77. Print.

<sup>34</sup> *Id.* at 173

<sup>35</sup> *Id.* at 180

<sup>36</sup> *Id.* at 186

<sup>37</sup> Waylen and Laporte 1999 pg 267

<sup>38</sup> *Id.* at 2634

<sup>39</sup> *Id.* at 2635

summer trade winds blow over the Caribbean, producing a protracted veranillos and lower flood frequencies along the Pacific<sup>40</sup>.”

Similarly, George et al. measured discharges from several rivers throughout Costa Rica from 1952-1992<sup>41</sup>. They found that the SOI index was strongly correlated (reduced flows during the warm ENSO phase) with stream and river flows in the northwest corridor of the country<sup>42</sup>. Additionally, they found that the correlation between the SOI index and discharge held constant throughout the year<sup>43</sup>. This is in contrast to the rivers in the Caribbean basin which have negative correlations during the summer and positive correlations during the winter.

### **III. Future Climate Change Scenarios and Implications for Precipitation in Northwestern Costa Rica and Ties to El Niño**

The scientific literature on modeling and predicting future climate change scenarios is regionally specific. As a result, recommendations put forth from various intergovernmental agencies specializing on climate change may fail to capture the intricacies of small scale climatic variability. This is, in part, a function of the limited resolution of current modeling techniques and the lack of a robust data set from around the world. However, broad generalizations can still be useful as a starting point for further discussion and modification of regional climate change scenarios.

In 2007 the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) published a report that detailed the effects of climate change on Latin America<sup>44</sup>. The current susceptibilities experienced by people living within water stressed basins (such as the Tempisque Basin in Costa Rica) will be magnified by further population increases and growing demands for potable water supplies for domestic, industrial, and agricultural use<sup>45</sup>. The IPCC report cites the Pacific Basin of Costa Rica as being particularly vulnerable to “severe water stress” and “serious reductions in water supply and hydroelectric generation”<sup>46</sup>. Model estimates predict a 2°C atmospheric temperature increase and a 15% reduction in precipitation in the agricultural regions of the Pacific Basin<sup>47</sup>. Rising sea levels and increased groundwater withdrawals could facilitate the infiltration of saltwater into freshwater supplies. The IPCC estimates that saltwater intrusion could penetrate an addition 100-500 meters if sea levels were to rise as little as 0.3 meters<sup>48</sup>.

Over the past three decades of observation, climatologists have noted an increase in the magnitude and frequency of ENSO events, in particular those of 1982/1983 and

---

<sup>40</sup> *Id.*

<sup>41</sup> George, Richard K., Peter Waylen, and Sadi Laporte. "Interannual Variability of Annual Streamflow and the Southern Oscillation in Costa Rica." *Hydrological Sciences* 43 (1998): 415. Print.

<sup>42</sup> *Id.*

<sup>43</sup> *Id.* at 422

<sup>44</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change. 1990. Latin America. World Meteorological Organization, United Nations Environment Program. Cambridge University Press, Cambridge. 596-598.

<sup>45</sup> *Id.* at 597

<sup>46</sup> *Id.*

<sup>47</sup> *Id.* at 598

<sup>48</sup> *Id.* at 600

1997/1998<sup>49</sup>. These findings have been called into question by Gergis and Fowler who argue that persistent ENSO events are not unprecedented and have occurred on numerous occasions throughout the past 478 years<sup>50</sup>. Although extreme ENSO events have been found throughout their record of study, 30% of extreme events have been recorded post 1940<sup>51</sup>. Trenberth et al. noted that above average SST temperatures associated with the postindustrial era have been coincident with longer and stronger El Niño events<sup>52</sup>. Gergis and Fowler noted that the strong El Niño year of 1997/1998 was associated with one of the highest observed mean temperature records<sup>53</sup>.

#### IV. Scientific conclusions

Annual stream flow and precipitation in Costa Rica is associated with atmospheric/oceanic conditions in the south Pacific. In particular, the ENSO has a strong influence on rainfall and river discharge in the Pacific Basin. As stressed by Waylen et al. the amount and sources of precipitation in the Pacific Basin is the result of myriad complex teleconnections between the atmosphere and ocean<sup>54</sup>. Intensification or reduction of trade wind velocities just prior to La Niña/El Niño is associated with increased/decreased precipitation in western Costa Rica, specifically in the Guanacaste providence. However, this relationship is not straightforward as leads and lags associated with the movement of the ITCZ could change the temporal expression of the ENSO phenomenon.

Climate change scenarios set forth in the IPCC's report on Latin America predict further reductions in precipitation and increases in temperature. Water stressed areas, such as the Tempisque Basin, are predicted to become stressed further due to the combined effects of an increasing population and reduced water supplies. Furthermore, the magnitude of groundwater withdrawals in the region is hastening the intrusion of saltwater, which will only accelerate as sea levels continue to rise. If precipitation is expected to become less common and more variable in the future, human populations will not be able to adequately supply themselves with freshwater.

Precipitation deficits and reductions in river discharges are not uniform from one El Niño to the next, thus making it difficult to develop a single drought prevention strategy for the region. Climate change scenarios presented in the IPCC reports are not regionally specific and may not be reflective of future changes to the Tempisque Basin. Associations with drought in the Tempisque and warm ENSO phases are supported by studies from

---

<sup>49</sup> *Id.* at 585

<sup>50</sup> Gergis and Fowler at 377

<sup>51</sup> *Id.* at 380

<sup>52</sup> Trenberth K, Jones P, Ambenje P, Bojariu R, Easterling D, Klein Tank A, Parker D, Rahimzadeh F, Renwick J, Rusticucci M, Soden B, Zhai P (2007) Observations: surface and atmospheric climate change. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquiz M, Averyt K, Tignor M, Miller HL (eds) *Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York

<sup>53</sup> Gergis and Fowler at 381

<sup>54</sup> Waylen, Peter R., Cesar N. Caviedes, and Marvin E. Quesada. "Interannual Variability of Monthly Precipitation in Costa Rica." *Journal of Climate* 9 (1996): 2608. Print.



numerous authors<sup>55 56 57</sup>. Moreover, data compiled by Gergis and Fowler demonstrate that more severe ENSO events have occurred over the last 70 years than over any other 70 year period since 1525<sup>58</sup>. In all, the authors agree that El Niño produces droughts and reduced flows throughout the Pacific Basin, and that climate change will likely intensify the impacts of future ENSO events. What is less clear is the specific magnitude of precipitation change, and precise temporal relationship of the change to an ENSO cycle.

## **COSTA RICAN LEGAL AND INSTITUTIONAL STRUCTURE FOR MANAGEMENT OF DROUGHT AND CLIMATE CHANGE**

### **Marco legal e institucional para la gestión de sequía y variabilidad climática de largo plazo y corto plazo**

El estado costarricense declara la sequía (Alajuela 2007) bajo el argumento de que “la vida de la población, sus bienes y el ambiente, son parte del interés público tutelado por el Estado Costarricense”<sup>59</sup> La ley Nacional de Prevención del Riesgo y Atención de Emergencias, cumple la finalidad de “integrar y definir las responsabilidades y funciones de todos los organismos, entidades públicas o privadas y poder brindar una solución acorde a la magnitud del desastre”<sup>60</sup>

Efectos de la sequía

- Pérdidas Económicas
- Vidas humanas y animales
- Degradación del suelo

Ante lo anterior aparenta ser necesario la toma de algunas importantes medidas para apaliar los posibles efectos de la misma en la cuenca, sobretodo porque esta contempla importantes factores de producción y generación de empleo para el país.

## **I. Normativa Legal**

### *A. Art 50 Constitucional*

La protección ambiental y el derecho a un ambiente sano es otorgado por la constitución política de Costa Rica en su artículo 50, este articulo es igualmente respaldado con el artículo 60 en cual indica que la explotación de los recursos naturales debe de estar enfocada al desarrollo sostenible y el 7 en el cual otorga al estado la obligación de conservar los recursos naturales<sup>61</sup>

---

<sup>55</sup> *Id.* at 2607

<sup>56</sup> Waylen 1999 at

<sup>57</sup> George et al at

<sup>58</sup> Gergis and Fowler at 380-381

<sup>59</sup> Gobierno de la República de Costa Rica, Decreto 34530, pag.2

<sup>60</sup> Gobierno de la República de Costa Rica, Decreto 34530, pag.2

<sup>61</sup> “El Estado procurará el mayor bienestar a todos los habitantes del país, organizando y estimulando la producción y el más adecuado reparto de la riqueza. Toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Por ello, está legitimada para denunciar actos que infrinjan ese derecho y para

## B. Río 1992

El Convenio Marco para las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, fue adoptado por Costa Rica en 1992 y ratificado por nuestra Asamblea Legislativa en 1994, La Convención de las Naciones Unidas tiene un sector para la lucha contra la desertificación y la sequía; de los principales objetivos que pretende este tratado debemos señalar como importantes para esta investigación:

Estabilización de Gases de Efecto Invernadero  
Asegurar la Producción de Alimentos

Por otra parte debido al sistema jurídico de Costa Rica, el Estado está obligado a adoptar una serie de normas y a implementar planes de manejo que le permitan la explotación racional de sus recursos, con la finalidad de cumplir los compromisos adoptados en dichos tratados.<sup>62</sup>

## C. Leyes

### 1. Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos

La aprobación de la presente ley tiene como objetivo principal generar un control sobre el uso de suelos y todo lo relacionado en estos; la sequía por lo tanto está necesariamente ligada con la misma, así mismo contempla dentro de sus objetivos específicos una composición integral para la obtención del ya descrito supra, objetivo principal. La realización de lo anterior, esta ley pretende “facilitar los mecanismos para una acción integrada y coordinada de las instituciones competentes en la materia, Promover la planificación por medio de inventarios ambientales y Fomentar la participación activa de las comunidades”<sup>63</sup>

### 2. Ley de CNE

Esta ley fue publicada en el diario oficial en enero de 2006<sup>64</sup> el artículo primero de la misma señala como objetivo principal, la regulación de las acciones que El Estado, deberá desarrollar con la finalidad de “reducir las causas pérdidas de vidas y las consecuencias...inducidas por factores de riesgo de origen natural y antrópico” en cuanto a un artículo tercero el cual genera los principios importantes para la misma, define como estado de necesidad y urgencia, “una situación de peligro para un bien jurídico, que solo puede salvarse mediante la utilización de otro bien jurídico”, el mismo artículo define coordinación como “el principio de acción para hacer confluir hacia un mismo fin competencias diversas de diferentes actores” en el sector de definiciones la misma indica

---

reclamar la reparación del daño causado. El Estado garantizará, defenderá y preservará ese derecho. La ley determinará las responsabilidades y las sanciones correspondientes”

<sup>62</sup> En vista de estas obligaciones se aprueba una serie de normativas que deberán ser desarrolladas en otra oportunidad, ya que las mismas requieren un análisis diverso que al que se efectúa en esta oportunidad; las que, se mencionan a continuación: Ley de Aprobación del Convenio Regional sobre Cambios Climáticos (7513). Existen además otras leyes que tienen relación con la sequía como: Ley Orgánica del Ambiente (7554), Ley Forestal y su reglamento (7575), Ley de Biodiversidad (7788),

<sup>63</sup> CADETI, Evaluación de la normativa costarricense vinculada con la aplicación de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación y la Sequía, 2002, Pág.

<sup>64</sup> Imprnta Nacional, La Gaceta, 11 de enero de 2006, N° 8, Pag. 2.

que debemos de entender como gestión de riesgo “el proceso mediante el cual se reviertan las condiciones de vulnerabilidad de la población...es un modelo sostenible y preventivo al que incorporan criterios efectivos de prevención y mitigación, dentro de la planificación...” otra importante definición para esta investigación que contempla la propia ley radica en la prevención la cual se define como “toda acción orientada a evitar que los sucesos negativos se conviertan en desastres...procura...acciones que se orienten al manejo de los factores de amenaza y a los factores que determinan la vulnerabilidad” teniendo claros los conceptos de los anteriores es importante mencionar que esta normativa genera una política de gestión de riesgo, así mismo un sistema de gestión de riesgo y un plan nacional de gestión de riesgo<sup>65</sup> así mismo otorga la competencia de coordinación para búsqueda de generación de respuesta para dichos planes y así mismo no limita a la comisión en cuanto al número de instancias que puede conformar para el acatamiento de la misma.

En otro orden de ideas esta ley crea la Comisión nacional de prevención de riesgos y atención de emergencias, la competencia para dictar las resoluciones tendientes al riesgo, las anteriores resoluciones además no podrán ser desacatadas; sin embargo la declaratoria de emergencia propiamente corresponde al poder ejecutivo, ya que la comisión se encarga de efectuar todos los estudios técnicos requeridos así como, las intenciones y justificaciones finales del mismo, así mismo hace la salvedad de que los mismos estarán sujetos a ciertos controles como “constitucionalidad, discrecionalidad y legalidad”<sup>66</sup>, sin embargo es de observar en el cuerpo normativo aquí tratado que hasta tanto no sea declarada la emergencia no se despliega ninguna de las practicas tendientes al trabajo de campo y en el lugar de los hechos, así como los beneficios que se puedan otorgar de los mismos; por otra parte tampoco indica la misma como se efectúa la declaratoria de la finalización de la emergencia ni a quien le compete la misma; finalmente cabe también la observación de que el mismo texto normativo hace una amplia descripción del

---

<sup>65</sup> Artículo 5º—**Política de gestión del riesgo.** La política de gestión del riesgo constituye un eje transversal de la labor del Estado Costarricense; articula los instrumentos, los programas y los recursos públicos en acciones ordinarias y extraordinarias, institucionales y sectoriales, orientadas a evitar la ocurrencia de los desastres y la atención de las emergencias en todas sus fases.

Toda política de desarrollo del país debe incorporar tanto los elementos necesarios para un diagnóstico adecuado del riesgo y de la susceptibilidad al impacto de los desastres, así como los ejes de gestión que permitan su control.

Artículo 6º—**Sistema nacional de gestión del riesgo.** Constituyese el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo, entendido como la articulación integral, organizada, coordinada y armónica de los órganos, las estructuras, las relaciones funcionales, los métodos, los procedimientos y los recursos de todas las instituciones del Estado, procurando la participación de todo el sector privado y la sociedad civil organizada.

Su propósito es la promoción y ejecución de los lineamientos de política pública que permiten tanto al Estado costarricense como a los distintos sectores de la actividad nacional, incorporar el concepto de gestión del riesgo como eje transversal de la planificación y de las prácticas del desarrollo.

El Sistema Nacional de Gestión del Riesgo se compone y se desarrolla por medio de los subsistemas, los cuales se definirán en el Reglamento de esta Ley y contarán con una instancia de coordinación multi-institucional.

<sup>66</sup> Ver artículo 15, 29 ley 8488

funcionamiento y el despliegue de la comisión y sus funciones ante una declaratoria de emergencia algo que no se contempla en la etapa previa; es decir, en la etapa de prevención.

## **II. Normativa Institucional**

### *A. Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)*

Este Instituto es el desarrollador del sistema de canales y del lago del Arenal, un interesante fenómeno que se encuentra en la cuenca estudiada. Sin embargo para lo que interesa, respecto de la organización de esta institución respecto del fenómeno de la sequía, el instituto cuenta con un programa de seguimiento meteorológico según se nos indico mediante nuestro experto consultado en este instituto, la pretensión primaria de este control meteorológico es la previsión de lo que estos fenómenos pueden significar para la generación de energía, la cual finalmente es el objetivo primordial de su instituto. Aunque estos datos si se ponen a disposición de la información pública, no existe una verdadera cooperación entre el ICE y otras instituciones, ni a nivel nacional, ni en la cuenca estudiada; si bien es cierto se produce una especie de cooperación entre el ICE y el SENARA en cuanto a la irrigación en los canales de la cuenca Tempisque, acorde con nuestro experto no existe en realidad ningún tipo de planificación estructurada o algún plan de manejo que conjunte al ICE ni con SENARA, ni con ninguna otra institución, los acuerdos que se pudieron haber tomado fueron simples acuerdos sin ningún tipo de característica formal. Sin embargo, el ICE si tiene una participación activa en COENOS, comisión que; se desarrollará más adelante.

Por lo anterior el ICE no posee obligación alguna respecto de la liberación de las aguas que posee, sin embargo la misma es suficientemente constante ya debe de efectuarse para posibilitar la generación de energía y en los meses en los que se disminuye la creación de energía con la finalidad de guardar agua en el embalse es en los meses que presentan más precipitaciones, por lo que esta práctica no afecta en nada al sector agro; sin embargo, a pesar de lo antes dicho, es claro al menos para el ICE que la prioridad del proyecto Arenal-Tempisque es la generación de electricidad por lo que en caso de ser necesario se procedería al cierre absoluto de las compuertas ya que no se cree que exista un compromiso de estos con la agricultura o acuicultura de la baja cuenca sino que el aprovechamiento que se ha logrado de los canales de riego es meramente aprovechamiento circunstancial.

### *B. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)*

Este ministerio ha sido uno de los más activos en cuanto a la planificación de los efectos de la sequía, ha generado una serie de importantes documentos y posee una misión de planificación en conjunto con el Ministerio de Planificación y el CNE, que tiene como objetivo generar un estudio de riegos, entre ellos pérdidas anuales por efectos hidrometeorológicos de los cuales han detectado que la sequía es uno de los que más afectación genera. Aunque este informe esta apenas en el proceso de generar estadística e investigación, solo existe un el proyecto en todo su sistema está finalizado para la provincia de Puntarenas, por lo que no se analizarán en este momento los resultados a nivel sectorial pero si a un nivel general.

En cuanto a los resultados obtenidos sus estudios han revelado que las sequías son el efecto que menos comúnmente se presentan en nuestro país, sin embargo señalan que la recurrencia de las mismas han aumentado, ya que ahora se presenta este evento cada 4 años; así mismo las consecuencias económicas son, en comparación otros eventos, una de las más importantes.

### *C. Comisión Nacional de Emergencias (CNE)*

Por parte de esta comisión, conforme la normativa analizada supra es la encargada de la coordinación para el enfrentamiento de desastres de todo tipo, incluyendo la sequía. Para la cuenca Arenal-Tempisque propiamente se ha desarrollado un plan para el uso de suelos en los alrededores del volcán Arenal, en el cual se trabajó en conjunto con el Observatorio Sismológico y Vulcanológico y el ICE, sin embargo dicho plan solo contempla el peligro de erupciones volcánicas para el uso del suelo y no así para toda la cuenca. Así mismo ha generado una serie un mapa de desastres del país el cual si está dividido por provincias y finalmente por cantones, como amenazas hidrometeorológicas para los cantones de la cuenca Arenal-Tempisque, no se contempla en ninguno de ellos, que la sequía sea considerada como tal, tampoco se prevén en el mapa general de amenazas para Costa Rica pro si contempla cambios drásticos en el uso de suelo, sin desarrollar más respecto al comportamiento del mismo.

El trabajo hecho ha permitido generar un plan de acción para el cambio climático, el cual prevé un rango de acción para el corto plazo, en este documento se reconoce la intensificación de la sequía como efecto directo del cambio climático, por lo que se pretende implementar medidas como: gestión de riesgo, planificación de uso de suelos, incentivos para la producción, sin embargo para hacer estas propuestas realidad es necesario que se implemente una cooperación institucional más amplia, así como la búsqueda de apoyo político al respecto.

### *D. Comisión Regional de Sequía de Guanacaste.*

En el 2002-2003 se efectuó un esfuerzo conjunto entre este comisión y en colaboración de importantes instituciones como: La Asociación y Federación de Cámaras de Ganaderos de Guanacaste<sup>67</sup>, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales<sup>68</sup>, el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento<sup>69</sup>, Instituto Nacional de de Innovación y Transferencia Tecnológica Agropecuaria<sup>70</sup>, distintas oficinas del Ministerio de Agricultura y Ganadería<sup>71</sup>, el Programa Sectorial de Gestión de Riesgos y la Universidad de Costa Rica<sup>72</sup>; la unificación de todas las instituciones antes dichas radica en la situación vivida en la región durante el año 2001, en el cual se registró una disminución importante en las precipitaciones, los representantes de ámbitos políticos y productivos de la región Chorotega unificaron sus esfuerzos para crear una Comisión Mixta de Sequía, el objetivo fundamental de su creación radica en “diseñar una propuesta de trabajo que permita hacer

---

<sup>67</sup> En adelante ACGG-FCGG

<sup>68</sup> En adelante FALCSO

<sup>69</sup> En adelante SENARA

<sup>70</sup> En adelante INTA

<sup>71</sup> En adelante MAG

<sup>72</sup> En adelante UCR

frente a las eventualidades que sobre las actividades económicas sectoriales”<sup>73</sup> pueda tener la sequía.

Esta comisión a su vez se dividió en 5 subcomisiones (agua, agroproductiva, forestal, infraestructura, información y comunicación)

#### *E. Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET)*

Como ministerio la obligación del mismo, responde propiamente a la preocupación que ocurre por las consecuencias que pueden resultar por las variabilidades climáticas, la finalidad de las mismas es generar una adaptación favorable para las comunidades que se vean afectadas, así mismo es la encargada de velar por la buena utilización de los recursos naturales.

#### *F. Comisión Asesora sobre Degradación de Tierras (CADETI)*

Está compuesta por tiene 2 miembros del IMN, así como miembros especializados del mismo ministerio, lo importante de lo anterior es que al menos existe buena colaboración entre dos entidades del estado aunque estas sean distintas, esta Comisión se encarga del manejo de los suelos y las problemáticas asociadas a los mismos, traban en colaboración con los ministerios de agricultura y ambiente.

#### *G. Instituto Meteorológico Nacional (IMN)*

Con relación a la sequía, la investigación en el IMN se dirige principalmente a caracterizar el efecto de las fases de ENOS sobre el comportamiento mensual y anual de la precipitación. Sistemas de alertas tempranas fue vital para el planeamiento anticipado de la atención de eventuales emergencias.

el IMN emite informes quincenales de seguimiento e información. Además se diseñó un plan estratégico de acercamiento a sectores productivos y a altos funcionarios, decisores gubernamentales y responsables de la prevención y mitigación de emergencias y trabajan como ente rector del COENOS con el cual se elaboraron planes de acción por sectores productivos y por áreas o regiones del país sin embargo en estos también concluyen que “en Costa Rica no existe un sistema de alerta temprana para fenómenos océano-atmosféricos”<sup>74</sup>

“el pronóstico climático y la información pública sobre el desarrollo y evolución de eventos extraordinarios es el insumo primario para el planeamiento de atención de emergencias” sin embargo la difusión de la información e hace básicamente por medios masivos de información, es decir, prensa, televisión, radio y web, entre otros; en este último<sup>75</sup> medio existe una sección dedicada al cambio climático

---

<sup>73</sup> Comisión Mixta de Sequía de Guanacaste, Plan Estratégico, 2002-2003, pág. 6

<sup>74</sup> Instituto Meteorológico Nacional, Retana José Alberto, Estrategias para la comunicación de información y su utilización con el fin de lograr las prácticas óptimas para combatir la desertificación y la mitigación de los efectos de la sequía, Pág., 2

<sup>75</sup> Instituto Meteorológico Nacional, [www.inm.ac.cr](http://www.inm.ac.cr), consultada el 1º de Julio de 2012

“Además, se espera en un futuro cercano iniciar un programa agresivo de educación y divulgación de información con el fin de crear conciencia entre la población civil”<sup>76</sup>

#### *H. Servicio Nacional de Aguas Subterráneas*

SENARA juega un importante papel en la cuenca, ya que es quien controla la irrigación en la zona, por medio de la dirección de riego Arenal Tempisque, aunque tiene objetivos puntuales en la región ninguno de ellos contempla la necesidad de trabajar en conjunto con otras instituciones al respecto, sin embargo si trabaja directamente con los productores de los diversos productos que se dan en la zona.

#### *I. Comisión para el fenómeno de Oscilación del Sur*

En respuesta de la sequía producida por el fenómeno del niño a mediados de los años noventa y en respuesta al artículo 50 constitucional mencionado supra, el gobierno de la época dictó un decreto ejecutivo con la finalidad de dar conformación a la Comisión para el fenómeno Oscilación del Sur, el cual tiene como objetivos el generar pronósticos que permitan la toma de acciones al respecto de la presentación de este fenómeno, así mismo que produzca evaluación sobre las variaciones climáticas con la finalidad de tomarlas en cuenta para la planificación del desarrollo en la cual se indica que “debe establecerse una coordinación interinstitucional tendiente a formalizar mecanismos dirigidos a la recopilación, intercambio e interpretación de esta información” y finalmente ser una comisión de consulta técnica.<sup>77</sup> Esta comisión continua en la elaboración de su trabajo y está continuamente generando estudios de prevención constantes al respecto, la comisión tiene un significativo número de representantes de las distintas instituciones, sin embargo es importante mencionar que algunas de ellas no tienen la asistencia esperada o bien del todo se desconoce que ocurrió con estas instituciones. Finalmente si bien es cierto que COENOS mantiene un trabajo activo, no cumple a cabalidad con todos los objetivos para los que fue creado ya que se limita al desarrollo de estudios pero en cuanto a la implementación de los mismos parece no ser tan efectivo ya que, no existe evidencia de la puesta en práctica de algún tipo de planificación e incluso las recomendaciones de COENOS.

### **III. Conclusiones**

1. La divulgación de la información obtenida por las distintas instituciones no cumplen con la publicidad que deben darse a las mismas, e incluso existen documentos que solo son utilizados a lo interno siendo que por la importancia del tema y al tratarse de instituciones públicas los mismos deberían de ser puestos a disposición del público.
2. La falta de organización entre las distintas entidades va a generar que el grado de vulnerabilidad de Costa Rica se incremente.
3. El país presenta un grado de ineficacia en el sector de toma de decisiones, lo que necesariamente se presenta conjuntamente con una larga tradición burocrática, lo anterior

---

<sup>76</sup> Instituto Meteorológico Nacional, Retana José Alberto, Estrategias para la comunicación de información y su utilización con el fin de lograr las prácticas óptimas para combatir la desertificación y la mitigación de los efectos de la sequía. Pág. 3

<sup>77</sup> Republica de Costa Rica, Presidencia, Decreto 26300, San José, Costa Rica, 1997.

además se intensifica con la existencia de falta de acuerdos, falta de visión a largo plazo, incapacidad para la toma de decisiones, ineficacia de la ley, negligencia, corrupción

4. La generación de empleo en el sector Chorotega es ya bastante reducido, sin embargo la desorganización ante un fenómeno tan importante como la sequía podría traer consigo consecuencias insuperables, para esta área, así como para los sectores que la generan.

5. En la legislación no se contempla ni indica la eficiencia y ejecutividad de la prevención.

## INTERNATIONAL RECOMMENDATIONS

### **I. Policy Responses to Drought**

Drought is one of the most under-reported natural disaster, but can lead to some of the most severe and costly impacts.<sup>78</sup> The effects of droughts appear gradually and the impacts are less obvious than other natural disasters and can be spread over large geographic areas.<sup>79</sup> Policy responses to drought may be aimed at either pre-impact or post-impact. Pre-impact policy solutions, such as mitigation and adaptation, are the most sustainable approaches and can be the most economically beneficial. Post-impact responses to drought are often criticized because they can encourage unsustainable practices in locations that are not naturally appropriate. Examples of post-impact policies are reactive programs or tactics, such as low interest loans, transportation subsidies for livestock and feed, provision for food, water transport, and drilling wells.<sup>80</sup>

Mitigation is defined as, “activities that reduce the degree of long-term risk to human life and property from natural and man-made hazards.”<sup>81</sup> There has been a greater international focus on mitigation policy rather than adaptation because there is a general understanding that long-term adaptation will not suffice. Long term mitigation policies are necessary to stabilize the emissions of greenhouse gases and halt the continued escalation of climate change.<sup>82</sup>

Policy directed towards adaptation to climate change, particularly drought, involves a preemptive assessment of a region’s vulnerability. Adaptation has been defined as, “adjustments to reduce vulnerability or enhance resilience in response to observed or expected changes in climate and associated extreme weather events.”<sup>83</sup> Examples of adaptation policy responses include early warning systems, augmentation of water supplies, and a reduction in water demand.<sup>84</sup> Adaptation policies can help reduce or delay losses from drought, but they cannot completely prevent the impacts. There is often a low

---

<sup>78</sup> Wilhite, Donald A. "A Methodology for Drought Preparedness." *Natural Hazards* 13 (1996) at 229-30

<sup>79</sup> *Id.* at 232

<sup>80</sup> *Id.* at 230

<sup>81</sup> *Id.* at 240

<sup>82</sup> Burton, Ian, Saleemul Huq, Bo Lim, Olga Piligosova, and Emma Lisa Schipper. "From Impacts Assessment to Adaptation Priorities: The Shaping of Adaptation Policy." *Climate Policy* 2 (2002) at 147

<sup>83</sup> Adger, W.N., S. Agrawala, M.M.Q. Mirza, C. Conde, K. O'Brien, J. Pulhin, R. Pulwarty, B. Smit and K. Takahashi. "Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity." *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* at 720

<sup>84</sup> Wilhite at 230



interest in research for adaptation policy due to the high variability and uncertainty with long term predictions of climate change. Global climate models are useful tools for long term predictions, but the diverse results often make long term adaptation policy ineffective.<sup>85</sup> Beyond policy measures, adaptation may also be managerial, such as more strict water regulations during times of frequent drought or built into infrastructure.<sup>86</sup>

## II. Methodological Approaches and Strategies

Wilhite provides a methodological approach to drought planning in a ten-step format.<sup>87</sup> First, there must be a national institution focused on drought to supervise and coordinate development of a preparedness plan and review alternative policy response options after implementation. Second, a drought policy, meaning a broad purpose of government involvement, and a drought plan with specific actions must be developed. Then, before implementation all conflicts between environmental and economic sectors must be resolved and the public interest must be addressed. It is also important to take into consideration the natural, biological, and human resources as well as financial and legal constraints. The development of a drought plan must be thorough, including a monitoring system, impact assessments, and mitigation tactics. Next, the institutions must identify where more research needs to be done, particularly with predictions and early warning. Then, information needs to be synthesized and shared among scientists and politicians. The last three steps involve implementation and development. Implementation requires publicization and drought simulations to ensure preparedness. Then multilevel education and training programs must be developed along with evaluation procedures of the drought plan.<sup>88</sup> Overall, this strategy for drought preparation relies on institutions getting scientific information, using this information to develop a policy and ensuring the public is involved throughout the process and properly educated.

In general, there are five basic strategies for institutions coping with climate change. First, it is important to assess mobility because risks vary across space. Second, risks of impacts in time can be managed through storage capacity. Storage technologies can play in an important role in reducing drought impacts. Next, diversification can help ensure risks are spread throughout assets. Diversification of crops and employment in the face of drought are essential to maintain some level of stability. Fourth, communal pooling can prove indispensable in times of scarcity. Finally, market exchange, such as insurance, can be facilitated by developed institutions to help reduce risks of farmers.<sup>89</sup>

There are a number of options for local institutions to help in the adaptation and mitigation of drought. Local institutions can function to gather and distribute information as well as mobilize and allocate resources. Local institutions also have the role of developing skills and building capacity such as providing knowledge of impacts and

---

<sup>85</sup> Burton et al. at 9

<sup>86</sup> Adger et al. at 724

<sup>87</sup> Wilhite at 238

<sup>88</sup> *Id.*

<sup>89</sup> Agrawal, Arun. "The Role of Local Institutions in Adaptation to Climate Change." *Social Dimensions of Climate Change*, World Bank Social Development Department, 2008, at 19

improved technologies. Finally, it is important for local institutions to provide leadership and be a liason between decision makers and institutions.<sup>90</sup> Local institutions play the important role as a facilitator most capable of addressing the immediate impacts of climate change.

### **III. International Models**

Canada provides a unique example of adaptation and mitigation policies specifically for drought preparedness in the face of global climate change in the form of the Drought Preparedness Partnership (DPP) project. The DPP is made of the Drought Early Warning System (DEWS), which researches droughts and their impacts; and the Drought Preparedness Assessment (DPA), which focuses on policy components to help improve institutional responses. The DEWS meets the adaptation approach to drought impact while the DPA's focus on policy and long term impacts is mitigation.<sup>91</sup> Mexico also provides an international example, with similar climate change impacts to those occurring the in the Guanacaste region. In Mexico, research was conducted to assess the effects of drought, particularly for small rural farmers. Recommended solutions included diversifying crops and shifting to animal husbandry.<sup>92</sup> Additional research in Mexico and Argentina provides some successful responses to drought in including adjustment of crop planting dates, diversification of income by adding livestock, and creation of local financial pools.<sup>93</sup>

In the area affected by the El Nino-Southern Oscillation, pre-impact responses to climate variability have proved the most effective. Examples of successful pre-impact adaptation responses include: crop and livelihood diversification, seasonal climate forecasting, community-based disaster risk reduction, famine early warning systems, insurance, water storage, and supplementary irrigation.<sup>94</sup> Technology, especially for forecasting weather patterns, is essential to prepare communities for drought. Post-impact responses have caused irreversible damages to ecosystems and species populations.<sup>95</sup>

## **SPECIFIC RECOMMENDATIONS**

### **I. Mitigation**

Over the past three decades the Pacific Basin of Costa Rica has been subjected to intense droughts. Increased water consumption by the agricultural sector has left the Tempisque Basin vulnerable to further water stresses. Short term climate variability in the

---

<sup>90</sup> Agrawal et al. at 31-32

<sup>91</sup> Drought Preparedness Partnership (Canada).” Institute of the Environment, University of Arizona, July 2012. <<http://www.environment.arizona.edu/change/drought-preparedness-partnership>>.

<sup>92</sup> Eakin, Hallie. “Institutional Change, Climate Risk, and Rural Vulnerability: Cases from Central Mexico.” *World Development* 33(2005) at 1930.

<sup>93</sup> Adger et al. at 722

<sup>94</sup> Adger et al. at 721

<sup>95</sup> *Id.*

form of ENSO cycles coupled with long term warming trends will likely exacerbate drought conditions in the Tempisque.

- A. Mitigation of effects of climate change through coordination with MINAET, IMN, and other institutions, including academics. These institutions should formulate and execute specific mitigation plans within the agricultural sector. They should implement mitigation programs for emission of greenhouse gases by the agricultural sector based on economic incentives, through adoption of technologies and best practices. Specifically, we recommend that these institutions develop compensation programs for sustainable production, including carbon markets and carbon neutral certification programs, to meet the national goal of carbon neutrality by 2021.

## **II. Adaptation**

Since the region is likely to be affected by climate change regardless of its greenhouse gas emissions, mitigation may not prove effective. Instead, adaptation policies will be essential for continued successful livelihood. Adaptation policies will need to vary between strengthening and inter-connecting institutions to enforcement of policies. Although the precise nature of climate cycles is not well understood, institutions must adapt to declining water resources.

- A. Incorporate risk-management criteria in development planning, promoting safe, sustainable development, and awareness of climate risks and uncertainties. Adopt strategies for ongoing adaptive management, to strengthen institutional capacity to respond to emergencies and disasters.
  - i. If IMN provides accurate and plentiful information predicting climate change impacts, residents, particularly farmer, will be better able to prepare their adaptations to seasonal variability.
  - ii. Promote and strengthen participation of relevant stakeholders in developing local risk management strategies, by facilitating coordination and implementation of the National Risk Management System between institutional, territorial and private sector interests.
  - iii. Educational programs to facilitate best management practices.
  - iv. Educate farmers on the hydrological requirements of specific crops.
  
- B. To effectively manage water resources from year to year groundwater extraction and surface water levels need to be monitored and regulated.
  - ii. Develop programs to monitor groundwater levels and withdrawals, river discharges, and precipitation. Conduct hydrologic studies to determine availability of water, particularly in coastal zones, to inform development of tourism industry.
  - iii. Acknowledge and regulate illegal water use.
  - iv. Enforcement of water permitting.
  - v. Technology improvements for water use and water storage techniques.
  - vi. Increase life-span of Lago Arenal by decreasing rate of sedimentation, identify best practices from other regions.