



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN**

**EL CASO DE LA AGRICULTURA EN MÉXICO TRAS  
LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO. EL  
PAPEL DE LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL  
COMO SOLUCIÓN. 2006-2012.**

---

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE LIC. EN  
RELACIONES INTERNACIONALES.**

**P R E S E N T A**

**ESCOBAR ROCHA MARCO DANIEL**

**ASESORA: DRA. PILAR OSTOS CETINA**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# EL CASO DE LA AGRICULTURA EN MÉXICO TRAS LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO. EL PAPEL DE LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL COMO SOLUCIÓN. (2006-2012)

## ÍNDICE.

### INTRODUCCIÓN.

1. Cooperación Internacional desde la visión del cambio climático.
  - 1.1. Cooperación Internacional: Una visión desde la Teoría de los Juegos.
  - 1.2. La Teoría de los Juegos en el cambio climático.
  - 1.3. Apreciaciones sobre la cooperación al desarrollo a nivel Nacional.
2. El agua: Un estudio sobre el cambio climático.
  - 2.1. Impacto del cambio climático en el agua.
  - 2.2. Las alteraciones en el medio ambiente y su impacto en los recursos hídricos para distintos sectores. Panorama General.
  - 2.3. El caso de la agricultura como principal sector afectado.
3. La Cooperación Internacional como solución de los problemas hídricos en la agricultura.
  - 3.1. La viabilidad de la implementación del agua tratada en la agricultura.
  - 3.2. La agricultura y el cambio climático en México.
  - 3.3. Estudio específico de cooperación. Acuerdo de cooperación México-Bolivia-Alemania.

### CONCLUSIONES.

### ÍNDICE DE FIGURAS.

- Figura 1. Ciclo de la investigación.
- Figura 2. Definición de actores en el cambio climático.
- Figura 3. Matriz de un problema internacional.
- Figura 4. Actores en materia de cooperación a nivel Nacional.
- Figura 5. Planes municipales de reutilización de agua por campo de aplicación.

## ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro 1. Resultados de los distintos escenarios en materia de cooperación.

Cuadro 2. La situación global del agua.

Cuadro 3. Escenarios del cambio climático.

Cuadro 4. Tres escenarios de adaptación. Agricultura y cambio climático.

Cuadro 5. La agricultura y el agua a nivel global.

Cuadro 6. Metodología de la cooperación triangular.

# EL CASO DE LA AGRICULTURA EN MÉXICO TRAS LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO. EL PAPEL DE LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL COMO SOLUCIÓN. (2006-2012)

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un fenómeno global que las fronteras territoriales no pueden controlar. De hecho, ni siquiera ellas estarán a salvo de las transformaciones que el calentamiento de la tierra traerá consigo. Las consecuencias del incremento de la temperatura modificarán también las relaciones internacionales. No sólo habrá nuevos conflictos por la falta de recursos. El cambio climático obligará además a redibujar el mapa global y a redefinir las fronteras. Se creará una nueva geopolítica.

Algunos ejemplos de las consecuencias geopolíticas son ya evidentes. En 2009, por primera vez, dos países tuvieron que rediseñar su frontera como consecuencia del cambio climático como son los casos de Italia y Suiza, quienes tuvieron que sentarse a negociar una nueva demarcación debido al deshielo de los Alpes.

Otros conflictos se han cerrado, como el de la isla de New Moore, en la bahía de Bengala, que se habían disputado durante los últimos 30 años India y Bangladesh. El pasado mes de marzo del 2012 la isla simplemente desapareció y con ella las pretensiones de ambos países de controlar su soberanía.

Una nueva frontera que estará por delimitar será la del Ártico. El calentamiento global ha comenzado a derretir ya los hielos del Polo Norte y ha abierto nuevas rutas de navegación antes inaccesibles.

Tradicionalmente, los espacios marinos y las formaciones de hielo del Ártico han estado sujetos al régimen propio de los espacios comunes o de interés internacional, formando parte de la zona internacional de los fondos marinos y

oceánicos de acuerdo con la Convención sobre Derecho del Mar de 1982<sup>1</sup>. En estas zonas internacionales existe libertad de navegación y pesca.

Pero el cambio climático ha cambiado sobre todo el juego tradicional de pesos y contrapesos que han reinado en las relaciones internacionales durante siglos. Los países ya no pueden moverse exclusivamente por sus intereses individuales y la toma de decisiones se hace más compleja.

El mismo secretario general de Naciones Unidas, Ban Ki-moon, expresaba antes de la cumbre de Copenhagen la importancia geopolítica del cambio climático precisamente en la ausencia de ésta, ya que es un fenómeno que no puede circunscribirse a un único lugar del planeta<sup>2</sup>.

El sociólogo Anthony Giddens asegura por su parte que este complejo juego es lo que ha llevado a un fracaso tras otro en la firma de un acuerdo contra emisiones y que los verdaderos objetivos prácticos sólo podrán alcanzarse a través de tratados regionales y bilaterales, que partan de un punto de referencia mundial, como el acuerdo de mínimos alcanzado en Copenhagen<sup>3</sup>.

En definitiva, el cambio climático ya ha modificado las Relaciones Internacionales y ha establecido un nuevo equilibrio de intereses. Sin embargo, los gobiernos siguen jugando con las reglas de antaño y de momento no parecen estar a la altura para amoldarse a este nuevo tablero mundial.

El cambio climático es en el presente un nuevo desafío para la Comunidad Internacional. Las características particulares del fenómeno y la dimensión de los impactos lo convierten en un factor de amenaza en varios escenarios, incluyendo la seguridad nacional y la supervivencia de todos los países de la Tierra.

---

<sup>1</sup> La Convención sobre Derecho del Mar en 1982. "El deseo de solucionar con espíritu de comprensión y cooperación mutuas todas las cuestiones relativas al derecho del mar y conscientes del significado histórico de esta Convención como contribución importante al mantenimiento de la paz y la justicia y al progreso para todos los pueblos del mundo." [www.un.org/depts/los/convention\\_agreements/texts/.../convemar\\_es.pdf](http://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/.../convemar_es.pdf). (Consulta 21/06/2013)

<sup>2</sup> Centro de Noticias Organización de Naciones Unidas. <http://www.un.org/spanish/News/story.asp?newsID=12801> (Consulta 21/06/2013).

<sup>3</sup> Giddens, Anthony. *Un Mundo Desbocado, los efectos de la Globalización en nuestras vidas*. 10ma ed. Taurus. México. 2007.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, por sus siglas en inglés) define al Cambio Climático como cualquier variación en el clima producido durante un período de tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o a la actividad humana<sup>4</sup>. Es decir, los estudios del IPCC y sus predicciones sobre los efectos de los cambios en el clima mundial tienen en cuenta no sólo las contribuciones humanas al Cambio Climático, sino también aquellas que derivan de las características propias de la Tierra.

Existen características distintivas de este fenómeno que permiten comprender su alcance y efectos. En primer lugar, el cambio climático es un fenómeno natural, es decir que se da pese a la intervención del hombre en la naturaleza. Las temperaturas de la Tierra cambiarán a lo largo de los siglos, provocando diferentes consecuencias e impactos en la biodiversidad y atmósfera. Sin embargo, en general se asocia este cambio directamente a la acción humana.

El Estado moderno se define por cuatro elementos fundamentales: territorio, población, gobierno y soberanía. La manera de observar y analizar el comportamiento de estos actores, depende de las diferentes visiones que brindan las Teorías de las Relaciones Internacionales. Sin embargo, aquellas que se centran en el estudio del comportamiento de la cooperación, concuerdan en que el interés primordial de estos es la supervivencia o en este caso en el de la adaptación. A lo largo del enfoque del cambio climático, las amenazas del cambio climático se han asociado al accionar de otros Estados, quienes comprometen los elementos definitorios de los mismos.

La cooperación internacional parte de la noción de un sistema internacional anárquico donde los estados se relacionan de manera egoísta, persiguiendo sus propios intereses racionalmente. Los intereses de los Estados modelan sus políticas exteriores y son definidos en términos de poder, siendo el principal y vital

---

<sup>4</sup> Panel Intergubernamental Sobre Cambio Climático (IPCC). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, 104 págs. 2007.

la supervivencia del Estado, lo cual los define como “actores defensivos”. Como supervivencia de un Estado se entiende asegurar sus elementos esenciales (territorio, población, gobierno y soberanía). De esta manera, el país debe asegurar su independencia política, integridad territorial, bienestar poblacional, instituciones gubernamentales básicas y, por supuesto, el respeto por su soberanía.

De hecho, el cambio climático amenaza potencialmente la supervivencia del mundo, por lo tanto el choque de intereses aquí se convierte en un único interés común que podría también derivar en cooperación en términos realistas, es decir cooperar para garantizar la supervivencia conjunta. Este nuevo “escenario de seguridad colectiva” estaría involucrando un trasfondo novedoso para nuevos teóricos: el no militar.

La primera Conferencia Mundial sobre el Clima reconoció por primera vez, en 1979<sup>5</sup>, el cambio climático como un problema potencialmente grave. Posteriormente, la creciente evidencia científica y el desarrollo de varias conferencias internacionales sobre el clima ayudaron a atraer el interés a nivel internacional sobre el tema.

En 1988, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) establecieron el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, en inglés). Desde su Primer Reporte de Evaluación, el IPCC reconoció que el patrón de calentamiento global no podía explicarse sólo por causas naturales y que era determinante el factor humano. Este reconocimiento se ha fortalecido con cada Reporte de Evaluación del IPCC.

Sin embargo, se reconoce que a nivel mundial la problemática citada no alcanza el nivel de importancia que debería y es que, la mentalidad de las

---

<sup>5</sup> En 1979 tuvo lugar la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima donde por primera vez se consideró a nivel internacional el cambio climático como una amenaza real a nivel planetaria. La Conferencia adoptó una declaración que exhortaba a los gobiernos a prever y evitar los posibles cambios en el clima provocados por el hombre.

<http://www.iebem.edu.mx/files/T6-L3-respuesta%20del%20mundo%20al%20cambio%20climatico.pdf>.  
(Consulta 21/06/2013)



potencias líderes, se centran en resolver los problemas del ahora, es decir, asumen que la problemática del cambio climático y sus efectos es aún muy lejana.

Distintas organizaciones internacionales preocupadas por crear concientización se han encargado de probar que los efectos del cambio climático ya son visibles, y que al contrario de lo pensado, si no se actúa desde ahora las repercusiones pueden ser irreparables e irreversibles.

El cambio climático representa la mayor amenaza para la supervivencia de la humanidad y para el desarrollo de las naciones. Este fenómeno pone en riesgo a la población por sus efectos adversos, que incluyen principalmente la variabilidad y los extremos del clima, pero también inciden directamente en la pérdida de la biodiversidad y la capacidad de los ecosistemas de ofrecer bienes y servicios ambientales.

En este sentido, se recuerda el protocolo de Kioto<sup>6</sup> y su disposición para contrarrestar los gases de efecto invernadero, a los que se le atribuye el calentamiento global, y que desencadenó una serie de posturas ligadas al crecimiento económico por parte de aquellos países que no pensaron en sacrificar su nuevo posicionamiento económico, es decir se negaron a reducir dichas emisiones, pero es curioso, el mismo protocolo dejó en claro los dos puntos clave del cambio climático: *La mitigación y la adaptación*. La primera, *mitigación*, era incierta, difícil de conseguir pero a su vez la más necesaria, la salida pronta para contrarrestar los efectos del cambio climático, pero ¿qué ocurrió? comenzó la

---

<sup>6</sup> Convención Marco de Las Naciones Unidas para El Cambio Climático (1998). “El PK, como se le denomina por abreviar, fue estructurado en función de los principios de la Convención. Establece metas vinculantes de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de GEI que hay actualmente en la atmósfera, y que son el resultado de quemar fósiles combustibles durante más de 150 años. En este sentido el Protocolo tiene un principio central: el de la “responsabilidad común pero diferenciada”. El Protocolo ha movido a los gobiernos a establecer leyes y políticas para cumplir sus compromisos, a las empresas a tener el medio ambiente en cuenta a la hora de tomar decisiones sobre sus inversiones, y además ha propiciado la creación del mercado del carbono. Recuperado el 21/06/2013 en [http://unfccc.int/portal\\_espanol/informacion\\_basica/protocolo\\_de\\_kyoto/items/6215.php](http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php)

negativa de participar en dicha propuesta y es que mitigar se convirtió en sinónimo de no crecer económicamente, y si se llegaba a plantear la mitigación en alguna propuesta legislativa, era exclusivamente para resolver los problemas que necesitaban solución inmediata. Por el contrario *la adaptación*, encontró la clave para plantear soluciones a futuro, aquellas que pudieran solventar los estragos a los que no se podían dar marcha atrás, la adaptación se convertía poco a poco en la salida viable que no condicionara el desarrollo (de cualquier índole) de los países participantes en el protocolo de Kioto.

En este marco de cooperación mundial, la Teoría de los Juegos forma parte importante del proceso en cuanto a las distintas posturas que tomaron los participantes del protocolo de Kioto, la Teoría, acompañada en distintos escenarios, permite demostrar a nivel mundial las condicionantes a las que se enfrentó el protocolo, el freno para su fiel cumplimiento y la no reiteración del mismo en recientes fechas. La cooperación constituye una actividad de creciente relevancia en las Relaciones Internacionales contemporáneas, y la Teoría de los juegos explica de manera simple el comportamiento de los Estados cuando se enfrentan a la cooperación.

Bajo buenas intenciones para contrarrestar los efectos del cambio climático, la importancia de mitigar pronto se vio opacada por aquellos recursos fuertemente afectados por el cambio climático, y es alarmante que la comunidad mundial no viese, sino hasta años después el recurso hídrico.

*Reconocer que el agua está presente en toda actividad humana, transformo la perspectiva de los argumentos referentes al cambio climático, ahora más que nunca el agua forma parte de la agenda del cambio climático, como el principal afectado.*<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Úrsula, Oswald. En el discurso de apertura de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) sobre el agua y el cambio climático*. Evento Co-organizado por la CONAGUA y el Secretariado de la CMNUCC el 18 de julio de 2012. Catedrática sobre Vulnerabilidad Social de las Naciones Unidas y miembro activo del IPCC.

Analizar y reconocer cuantos rubros son afectados por el líquido vital genera un número particular de especialidades de agua y cambio climático, pero existe una que afecta directamente el bienestar de la humanidad. El agua y la agricultura. Recordar que el agua es el sustento de la base alimentaria está por demás mencionarse, pero al convertirse la agricultura como en el trasfondo del agua y cambio climático, la convierte en un perfecto tema de análisis.

Definir la situación actual de la agricultura en México no es simple, y es que actualmente la agricultura en México se encuentra estancada por distintos factores que la han convertido en solo un pequeño grupo benefactor del capital estatal. La agricultura en México es más que un sector productivo importante. Más allá de su participación en el PIB nacional, que es de apenas 4%, las múltiples funciones de la agricultura en el desarrollo económico, social y ambiental determinan que su incidencia en el desarrollo sea mucho mayor de lo que ese indicador implicaría<sup>8</sup>.

Todo pareciera indicar que no se denota la importancia de la misma y en como la seguridad alimentaria es hoy por hoy una de las preocupaciones a nivel mundial, y en consecuencia es uno de los pilares de la agenda internacional de cualquier país.

Por otro lado también tenemos aquellas situaciones de nivel global que al pasar los años van tomando mayor fuerza, ya lo decía el ex presidente Felipe Calderón en la Expo Green Solutions 2012 “*dejamos de atender lo importante, por resolver lo urgente*” y es que el cambio climático también ha vuelto a ser tema de interés no solo para los países sino también se ha convertido en un importante rubro de beneficio económico para aquellos negocios verdes y también para aquellos estados (como el mexicano) que desean convertirse en abanderados para la transformación de ciudades ecologistas o verdes.

---

<sup>8</sup> Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura (FAO). *La Agricultura y el Desarrollo Rural en México. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. 2012 Recuperado el 04/07/2013 en [http://coin.fao.org/cms/world/mexico/InformacionSobreElPais/agricultura\\_y\\_des\\_rural.html](http://coin.fao.org/cms/world/mexico/InformacionSobreElPais/agricultura_y_des_rural.html)

El cambio climático afecta a un sin número de sectores, transformando al fenómeno por sí solo en una preocupación global que abarca a la economía, la salud, seguridad alimentaria, el clima, la agricultura, adaptación, mitigación, pérdida de la biodiversidad etc. ¿cuál es prioritario? Todas necesitan de una atención específica, acuerdos y necesidad de cooperación distintas, porque también la atención al problema se vuelve más compleja.

Para el presente trabajo se eligió el agua y la agricultura, primero el agua al ser un recurso vital que acarrea múltiples consecuencias, convirtiéndola en un factor importante para la adaptación al cambio climático que desencadena directamente en la agricultura, al final de cuentas la agricultura funciona con agua, pero ¿Qué hacer si el cambio climático ha traído un desabasto impresionante? Inundaciones considerables y sequias extremas son ahora las visiones generales del agua en el cambio climático.

En el primer capítulo, se abordará la Teoría de los Juegos, misma que explica los distintos escenarios de la Cooperación Internacional enfocada al cambio climático y mismo que puede ser la solución para la adaptación del agua en este mismo sentido, uniéndose por supuesto en el rubro de la agricultura.

En el segundo capítulo se tocará la importancia del agua y de las consecuencias con las que tiene que lidiar el recurso hídrico en la actualidad a nivel global, cifras y numeralia de distintas regiones pueden dar una clara perspectiva de la situación global de los recursos hídricos.

En el tercer capítulo, la agricultura es analizada como uno de los sectores más afectados como consecuencia del agua y el cambio climático, se dará una perspectiva general de la situación de la agricultura en México y debido a la magnitud del tema, es necesario usar un caso específico para así ejemplificar como las Relaciones Internacionales y la Teoría de los Juegos se unen para dar como respuesta un acuerdo de cooperación triangular México-Bolivia-Alemania para resolver de manera eficaz la lucha contra el cambio climático, su repercusión

en el agua y su aplicación en la agricultura, generando así casos de éxito cuya experiencia puede ser aplicada en distintas regiones del mundo.

FIGURA 1. CICLO DE LA INVESTIGACIÓN

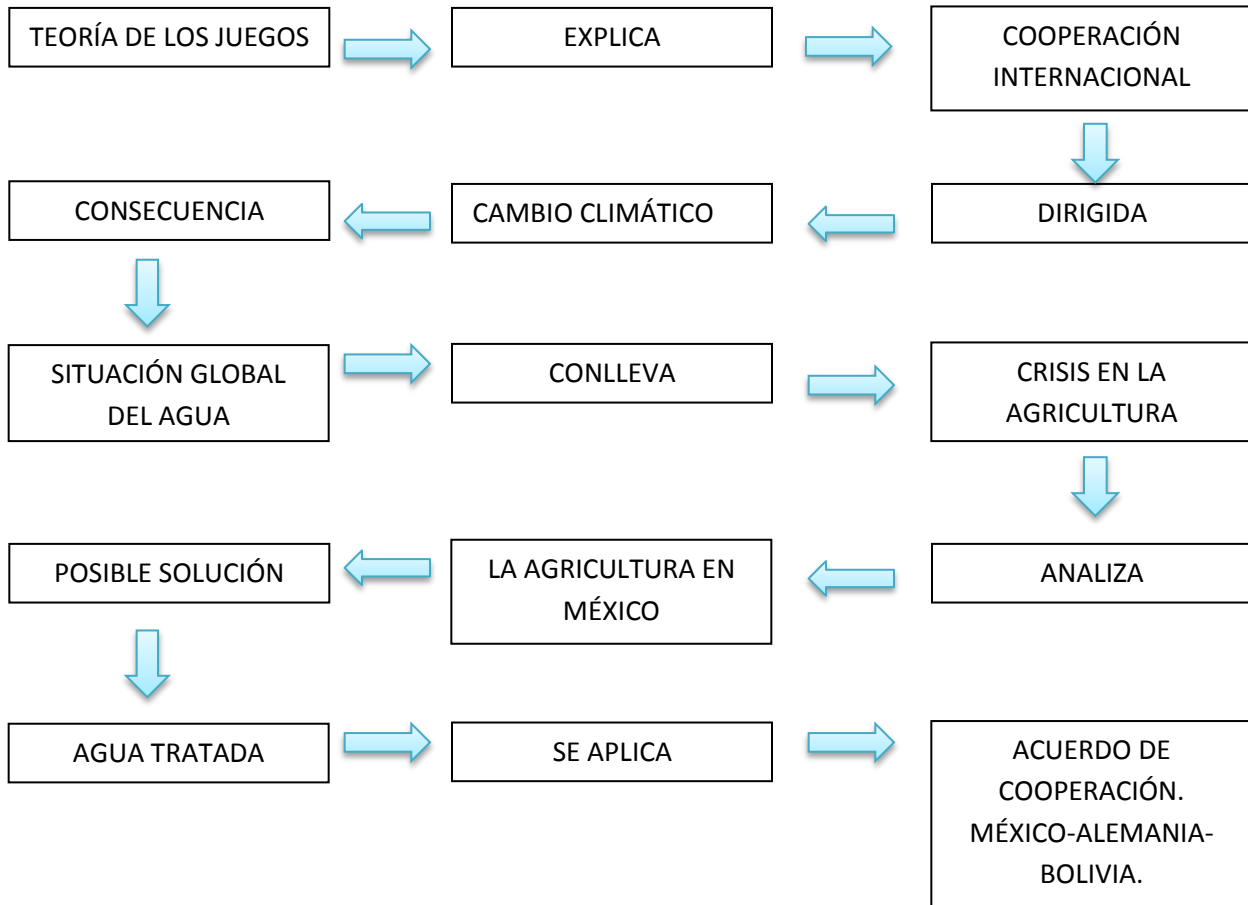


Figura realizada por Escobar Rocha Marco Daniel.

## 1. COOPERACIÓN INTERNACIONAL DESDE LA VISIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO.

### 1.1 COOPERACIÓN INTERNACIONAL: UNA VISIÓN DESDE LA TEORÍA DE LOS JUEGOS.

Sin lugar a dudas la cooperación internacional ha tomado distintas alternativas para resolver los acontecimientos internacionales, desde la solución de conflictos armados, la lucha por los derechos humanos hasta cuestiones de seguridad humana. Tras los atentados del 11 de septiembre la perspectiva mundial dio un giro de 360 grados, de repente lo más importante era combatir al enemigo mundial en común: El Terrorismo, mismo acontecimiento conllevó a desviar la mirada de los objetivos del desarrollo del milenio y cuestiones ambientales. Ahora, y tras muchos intentos de retomar su importancia, el cambio climático se convierte en uno de los pilares de la agenda internacional y no sólo de la ONU, sino de cualquier Estado que se acepte como vulnerable a las consecuencias del mismo.

Al final, es de reconocer que la cooperación internacional (sea cual fuese la razón de llevarse a cabo) se convierte en un campo de juego, en donde los distintos escenarios transforman a la misma cooperación en un constante pensamiento de ganar o perder.

Hablando en términos generales, podríamos decir que la Teoría de los Juegos estudia situaciones de conflicto y cooperación a las que denominamos juegos, en las que interactúan individuos racionales, analizando los comportamientos y resultados que son de esperar, bien mediante decisiones individuales (caso de los juegos no cooperativos), bien mediante acuerdos entre los participantes (caso de los juegos cooperativos).

La Teoría de los Juegos ha aportado instrumentos de análisis (entre ellos el equilibrio de Nash)<sup>9</sup> que han resultado eficaces y enriquecedores en el estudio de muchas situaciones de tipo económico y social.

La Teoría de Juegos se basa en una decisión racional. Las Relaciones Internacionales se consideran como un juego de los aspectos de la realidad social de los acontecimientos internacionales. El objetivo principal de la Teoría de Juegos es estudiar los papeles de conducta racional del juego. Por lo tanto es necesario establecer de manera clara a los actores que serán parte de la aplicación de la Teoría.

Según Juan Raspeño<sup>10</sup>, la Teoría de Juegos está básicamente ligada a las matemáticas, ya que es principalmente una categoría de matemáticas aplicadas, aunque los analistas de juegos utilizan asiduamente otras áreas de esta ciencia, en particular las probabilidades, la estadística y la programación lineal en conjunto con la Teoría de Juegos. Pero la mayoría de la investigación fundamental es desempeñada por especialistas en otras materias.

Cabe distinguir dos tipos básicos de juegos, o dicho de otro modo, dos enfoques básicos en el análisis de un juego, cooperativo y no cooperativo. En el enfoque cooperativo se analizan las posibilidades de que algunos o todos los jugadores lleguen a un acuerdo sobre que decisiones va a tomar cada uno, mientras que en el enfoque no cooperativo se analiza que decisiones que tomaría cada jugador en ausencia de acuerdo previo.

Entre los juegos no cooperativos cabe hacer dos distinciones básicas, juegos estáticos o dinámicos, y juegos con o sin información completa.

---

<sup>9</sup> El equilibrio de Nash es en la teoría de los juegos, un “concepto de solución” para juegos con dos o más jugadores, que asume que cada jugador: Conoce y ha adoptado su mejor estrategia, y todos conocen las estrategias de los otros. Consecuentemente, cada jugador individual no gana nada modificando su estrategia mientras los otros mantengan las suyas. En Gibbons, Robert. *Un Primer curso de Teoría de Juegos. Teoría básica: Juegos en forma normal y equilibrio de Nash*. México s.n (p. 2). 1993.

<sup>10</sup> Bravo Raspeño, Juan. *Teoría de Juegos*. 1998 [versión electrónica] Recuperado el 21/06/2013 de [http://www.ecpunr.com.ar/Docs/Teoria\\_de\\_Juegos%20II.pdf](http://www.ecpunr.com.ar/Docs/Teoria_de_Juegos%20II.pdf).

En los juegos estáticos los jugadores toman decisiones simultáneamente (o dicho de manera más precisa, cada jugador decide sin saber qué han decidido los otros), mientras que en los dinámicos puede darse el caso de que un jugador conozca ya las decisiones de otro antes de decidir.

En los juegos con información completa, todos los jugadores conocen las consecuencias, para sí mismos y para los demás, del conjunto de decisiones tomadas, mientras que en los juegos con información incompleta, algún jugador desconoce alguna de esas consecuencias.

Para poder comprender los fundamentos y las siguientes explicaciones es necesario establecer a los participantes de la Teoría empezando con los *jugadores* quienes son los participantes en el juego que toman decisiones con el fin de maximizar su utilidad, son dos o más. En este sentido se entienden las *ACCIONES DE CADA JUGADOR* convirtiéndose en las decisiones que puede tomar cada uno en cualquier momento en que le toque jugar. El conjunto de acciones de un jugador en cada momento del juego puede ser finito o infinito. Los *RESULTADOS DEL JUEGO* serán entonces los distintos modos en que puede concluir un juego. Cada resultado lleva aparejadas unas consecuencias para cada jugador. Cada jugador recibe un *PAGO* al acabar el juego, que depende de cuál haya sido el resultado del juego. El significado de dicho pago es la utilidad que cada jugador atribuye a dicho resultado, es decir, la valoración que para el jugador tienen las consecuencias de alcanzar un determinado resultado en el juego.

La *ESTRATEGIA* de un jugador es un plan completo de acciones con las que este podría proponerse participar en dicho juego. Un perfil de estrategias es un conjunto de las mismas, una por cada jugador, y por último tenemos la *FORMA ESTRATÉGICA Y FORMA EXTENSIVA* aquellas formas de describir un juego. Ambas especifican los jugadores, las acciones y los pagos. La forma estratégica (o forma normal) organiza la descripción en forma rectangular, centrandó su énfasis en las estrategias de los jugadores (como si estos fueran capaces de tomar todas sus decisiones de una vez), mientras que la forma extensiva lo hace en forma de árbol, resaltando la secuencia del juego, es decir, la



manera en que se desarrollan o podrían desarrollarse las acciones de los jugadores para alcanzar los posibles resultados del juego.<sup>11</sup>

## 1.2 LA TEORÍA DE LOS JUEGOS EN EL CAMBIO CLIMÁTICO.

En este marco en cuanto a materia de cooperación y cambio climático, se desprende el dilema del prisionero que es un problema fundamental de la Teoría de Juegos que muestra que dos personas pueden no cooperar incluso si en ello va el interés de ambas.

FIGURA 2. DEFINICION DE ACTORES EN EL CAMBIO CLIMÁTICO.

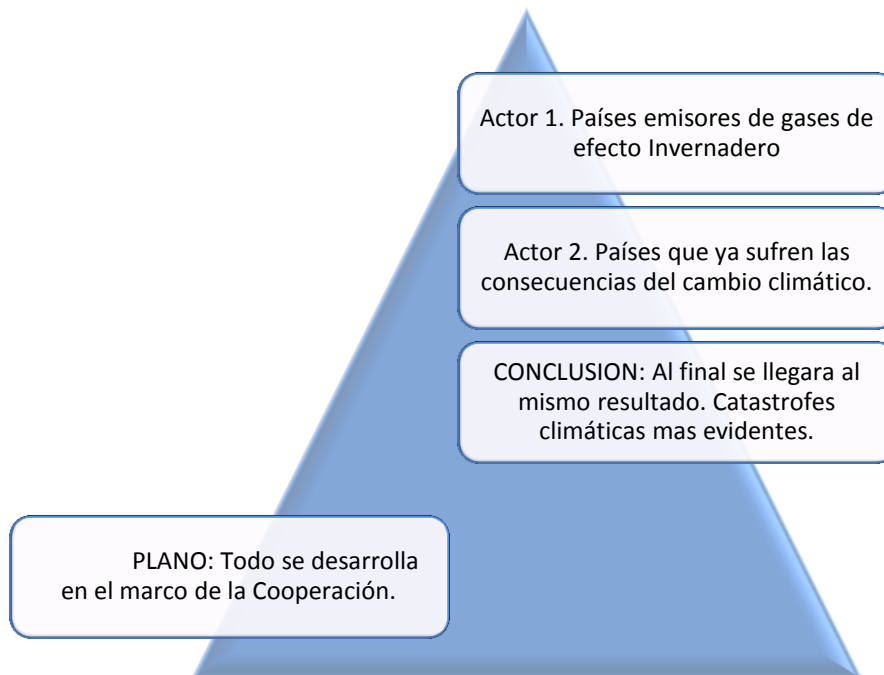


Figura realizada por el autor de la presente tesina.

Pero al hacer este análisis, es necesario denotar algunas observaciones, no todas las situaciones internacionales toman la forma del dilema del prisionero PD.<sup>12</sup> Los estados pueden hallarse tanto en situaciones de conflicto como en

<sup>11</sup>Owen, Guillermo. *Game Theory* 3ra ed. Academic Press. Estados Unidos. 1995.

<sup>12</sup>Oye, Kenneth A. *Cooperación Bajo Anarquía*. Estados Unidos. Universidad de Princeton. 1986.

situaciones de cooperación; y se reconoce de manera global que es más usual cuando se abordan cuestiones comunes que comprendan simultáneamente el conflicto y la cooperación.<sup>13</sup>

En una situación de conflicto cualquier cambio en el resultado transforma a un jugador en más rico y a otro en más pobre. En su aplicación a las acciones de cambio climático no sucede así, el resultado final (sea las consecuencias del cambio climático y la tardía aplicación de políticas de desarrollo sustentable) no colocaría a ningún ganador, ya que la problemática es mundial. Una situación de puro conflicto es aquella en la cual cualquier cambio en el resultado deja a un jugador más rico y al otro más pobre.

En contraparte, en una situación de cooperación cualquier cambio que enriquece a un jugador enriquece también al resto. Esta es la que debería de ser la funcionalidad de la aplicación para resolver a corto, mediano y largo plazo los estragos que deparan al mundo en materia de cambio climático y es que si los intereses de las partes coinciden, el comportamiento racional es cooperar siempre. Los estados no necesitan cooperar por que el interés particular de uno convergerá con el interés igualmente particular del otro: no surgen beneficios de la deserción. El comportamiento en propio interés converge en una armonía espontánea y no necesitan cooperar o coordinar conscientemente. A la inversa, a veces los estados no pueden alcanzar el beneficio mutuo de la cooperación porque no existen intereses comunes. Este es el juego de la Traba.<sup>14</sup> Los estados carecen de intereses comunes: un estado puede no obtener nada si decide cooperar aun cuando el otro estado también decida cooperar. En ambas situaciones, cada Estado carece de incentivos para preocuparse (como es el caso del cambio climático) por el comportamiento del otro. Se benefician ignorándose entre ellos.

---

<sup>13</sup> Adaptación de las definiciones que siguen a Hardin, Russell. *Morality Within the Limits of Reason* 2da ed. EEUU. University of Chicago Press. (pp. 32-33). 1988.

<sup>14</sup> Oye, Kenneth A. *Cooperación Bajo Anarquía*. Estados Unidos. Universidad de Princeton. 1986.

CUADRO 1. RESULTADOS DE LOS DISTINTOS ESCENARIOS EN MATERIA DE COOPERACIÓN.<sup>15</sup>

	COOPERAR	DESERTAR
COOPERAR	Ganancia-ganancia	Pérdida sustancial-ganancia sustancial
DESERTAR	Ganancia sustancial-pérdida sustancial	Pérdida-pérdida

De manera obvia se podría confundir las situaciones de Armonía o Traba con casos genuinos de PD. Caso teórico, si dos estados vecinos inician la carrera industrial es porque cada uno teme ser explotado por el otro si no tiene herramientas económicas sólidas; o porque no exista ventaja alguna, suceda lo que suceda, el crecimiento es el importante, independientemente de lo que haga el otro (Traba). Igualmente, si dos o más estados deciden bajar sus emisiones de gases de efecto invernadero, esto puede ocurrir ya sea porque han decidido cooperar o bien, porque espontáneamente les conviene. En el primer caso, por ejemplo, podrían estipular garantías adecuadas o represalias por incumplimiento (una solución para el PD, y caso práctico el de los intentos del protocolo de Kioto). En el segundo caso, a cada uno le conviene bajar las emisiones sin importarle lo que haga el otro (Armonía).

Así lo describe Kenneth Oye:

*Si uno observa una situación de conflicto es lógico pensar en la Traba- la ausencia del interés mutuo- antes de preguntar por qué no se alcanzó el interés mutuo. Si uno observa una situación de cooperación es lógico pensar en Armonía- la ausencia de beneficios por deserción- antes de preguntar por qué los estados fueron capaces de trascender las tentaciones del abandono.<sup>16</sup>*

Las situaciones internacionales pueden también adoptar la forma del dilema de la coordinación.<sup>17</sup> En esta matriz, la cooperación es el resultado eficiente, pero existen varias opciones cooperativas y las partes no pueden identificar fácilmente

<sup>15</sup> Cuadro Básico de la Cooperación. Gibbons, Robert. *Un Primer curso de Teoría de Juegos. Teoría básica: Juegos en forma normal y equilibrio de Nash*. México s.n (p. 2). 1993.

<sup>16</sup> Oye, Kenneth A. *Cooperación Bajo Anarquía*. Estados Unidos. Universidad de Princeton. 1986.

<sup>17</sup> Ullman-Margalit, Edna *The Emergence of Norms*. [versión electrónica] Recuperado el 21/06/2013 en <http://www.nyu.edu/gsas/dept/politics/faculty/hardin/research/EmergNorms.pdf>.

cuál de las opciones escogerán las otras. En el caso de la cooperación en el ámbito de cambio climático, por ejemplo, cierto número de países están interesados en cooperar para disminuir el riesgo del calentamiento global y gases de efecto invernadero, por lo que es crucial que lleguen a un acuerdo sobre las cantidades de gases que son cruciales reducir. No importa quién produce más o menos gases, pero deben acordar un número en especial para lograr con éxito el objetivo común. Luego de que hayan arribado a un acuerdo sobre la cantidad, resulta irracional alejarse de la norma. Todos saben que se obtendrá el objetivo si escogen un número esencial de gases de efecto invernadero. Si no coordinan sus acciones no habrá cooperación. Así en estas situaciones las partes cooperan cuando una de ellas identifica una alternativa cooperativa y hace notar a las otras su intención de comportarse de acuerdo a ella.

En esta opción se transforma en la característica *predominante* de la interacción, y se incrementa cuando se reitera indefinidamente.<sup>18</sup>El resultado es estratégicamente estable porque ninguna parte tiene interés en desertar. Por ejemplo, los estados parte de un tratado multilateral tienen interés en conocer que reservas formulan otros estados como así también cuando y como pueden objetar a tales reservas.

La Convención de Viena sobre el Derecho de los Tratados prevé algunas reglas de procedimiento para presentar y objetar a reservas. Presumiblemente, a los gobiernos no les importa demasiado cuales serán tales reglas (por ejemplo, si la fecha límite para objetar a una reserva debería ser 12 o 18 meses) pero si quieren que todos los estados acepten una de las dos alternativas. Mientras en la matriz de la coordinación los estados enfrentan obstáculos iniciales a la cooperación causados por su incertidumbre sobre los movimientos de los demás, dichos obstáculos no son tan graves como en el caso del PD y hay, por tanto, mayores oportunidades de cooperación mutua.

---

<sup>18</sup> Hollis, Martin. *The Cunning of Reason*. 1987. [versión electrónica] Recuperado el 21/06/2013 en [www.loc.gov/catdir/samples/cam034/87014630.pdf](http://www.loc.gov/catdir/samples/cam034/87014630.pdf).

Tal como lo demostró Robert Axelrod, si los actores tienen esta expectativa, la mejor estrategia a largo plazo con la que cuentan puede ser cooperar. La motivación es puramente prudencial: uno tiene que encontrarse con los mismos actores en el futuro<sup>19</sup> (como ocurrirá con los actores involucrados en el cambio climático). Un ejemplo de reiteración se da cuando la comunidad posee *cohesión social*. La teoría de los juegos concibe a los estados como *agentes anómicos*, es decir, preocupados exclusivamente por su interés personal e incapaces de hacer promesas recíprocas.<sup>20</sup> Pero si existe una gran cohesión social en la comunidad internacional, la desertión es costosa: el desertor será sancionado en relaciones futuras con los mismos jugadores (posible costo para Estados Unidos y China, por mencionar algunos). Aquí la matriz reflejara las nuevas ganancias que serán modificadas por las consecuencias de largo plazo producto de la desertión. Además, que la comunidad internacional, o un subgrupo regional, tenga la suficiente cohesión como para reducir el número de desertiones es, por supuesto un hecho contingente.

El caso del protocolo de Kioto, surgido para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Un análisis de la alianza a la luz de la Teoría de los juegos puede verlo como una cooperación relativamente cohesionada donde los gobiernos tienen la intención de cooperar. Lo hacen por que prevén interacciones futuras y no están preparados para pagar el costo de una sanción por desertión. Esta descripción de la alianza liberal es, sin embargo, incompleta. Su deficiencia proviene de una debilidad de la teoría de los juegos: su dificultad para explicar la acción moral.

Desde el punto de vista de la filosofía moral, las personas son agentes éticos que, a veces, actúan éticamente motivados. ¿Cómo explica la teoría de los juegos el comportamiento ético? El protocolo de Kioto pretende sancionar a aquellos que no cumplan con la norma de reducir las emisiones de gases,

---

<sup>19</sup> Axelrod, Robert (2009) *La Complejidad de la Cooperación* [versión electrónica]. Recuperado el 21/06/2013 en <http://hipatiavirtual.wordpress.com/2009/08/19/robert-axelrod-la-complejidad-de-la-cooperacion/>.

<sup>20</sup> Hardin, Russell. *Morality Within the Limits of Reason* 2da ed. Estados Unidos. University of Chicago Press. 1998 (pp. 32-33)

supongamos que se sanciona a Estados Unidos. Otros gobiernos, sin embargo, se niegan a unirse a esta medida, porque quieren aprovechar la sanción para aumentar de alguna manera un mejoramiento en las relaciones con el país sancionado. La comunidad internacional comprometida con el Protocolo continuará haciendo lo que cree que es correcto, aun cuando debido a eso se exponga a represalias por parte de otros países. Algunos autores denominan a esta conducta irracional o extra-irracional. Otros, sin embargo, explican las opciones morales de manera distinta. De acuerdo a Robert Keohane, un agente tiene una preferencia ética cuando prefiere ser explotado antes de actuar de manera inmoral.<sup>21</sup>

En una vertiente similar, Robert Cooter explica el proceso de internalización de una norma como la situación donde el agente experimenta un “carga de conciencia” por su violación. Es por ello que cooperan para alterar los réditos psicológicos (eliminar el sentimiento de culpa).<sup>22</sup> Podemos decir que la comunidad internacional comprende tanto a los cooperadores como a los desertores. A su vez, algunos cooperadores actúan motivados por respeto al derecho internacional (cooperadores principistas) mientras que otros lo respetan por convivencia (cooperadores accidentales). Cooter define a un agente principista como aquel que coopera aun cuando el rédito objetivo que obtiene sea ligeramente menor que el que lograría por desertar. Estos agentes han internalizado la norma. Los agentes accidentales, en cambio, son aquellos que cooperan solo si el rédito derivado de tal accionar es, común mínimo, tan alto como el de la deserción: no ha internalizado la norma. Así, los gobiernos que actúan motivados por el respeto al derecho internacional están decididos a sacrificar sus intereses levemente, mientras que aquellos que lo obedecen meramente por convivencia no renunciaran siquiera a ese pequeño beneficio. En el ejemplo del Protocolo de Kioto, tal vez la India o China podrían unirse a las sanciones contra Estados Unidos, si esto no les causara costo alguno, pero al ser ellos también estados en

---

<sup>21</sup> Keohane, Robert. *Realismo e Interdependencia Compleja*. [versión electrónica]. Recuperado el 21/06/2013 en <http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/Poder-e-Interdependencia/02.pdf>.

<sup>22</sup> Cooter, Robert D. *Derecho y Economía* Traducido por Eduardo L. Suárez. Fondo de Cultura Económica. México. 2009.

la mira de las sanciones que marca el protocolo, se abstienen de ser partícipes. Por ello de acuerdo al análisis de Cooter, estos dos Estados se convierten en desertores o, como máximo, un cooperador accidental. Por otro lado, en el mismo ejemplo, los países que estén de acuerdo con la sanción se convierten en cooperadores principistas porque estarían dispuestos a sufrir pequeñas pérdidas por su comportamiento moral. Sin embargo, cuando las pérdidas son altas (como presumiblemente los serán, debido a los estados responsables de las mayores emisiones de gases de efecto invernadero) se aceptaría la cooperación.

En las Relaciones Internacionales, el actor moral genuino no está simplemente sopesando las alternativas en términos de réditos esperados para los intereses nacionales, como las propuestas de Keohane y Cooter parece sugerir. Lo que caracteriza al deber moral es que estamos obligados a hacerlo *especialmente* cuando es costoso para nosotros, cuando frustramos algunos de nuestros intereses o preferencias. Por ello la acción moral no puede ser descripta adecuadamente por un análisis estratégico.

La cooperación dentro de la alianza liberal ilustra las diferencias entre los Kantianos y los Realistas. Para estos últimos, las democracias cooperan por que se encuentran en una situación de PD reiterada. La desertión es muy costosa por que los gobiernos esperan relacionarse en el futuro y los desertores enfrentaran así el castigo. Los primeros sugieren que la inclinación de los gobiernos democráticos por cooperar deriva, a veces, de su adhesión a los principios y valores liberales de la democracia y el respeto por los derechos humanos. Por supuesto, a veces los gobiernos democráticos poseen razones de interés nacional para cooperar, pero esta explicación no sirve para todos los ejemplos de cooperación.

En el ámbito del cambio climático existe una vertiente que se impone en lo referente a la Teoría de Juegos, que es el Dilema del Prisionero (PD) y para ilustrar una relación PD típica, imaginemos que dos estados (por ejemplo, India y China) están considerando aumentar sus emisiones de gases de efecto invernadero para poder atraer inversión industrial y aumentar su crecimiento

económico. Supongamos que ambos países están compitiendo por un liderazgo en Asia. Supongamos también que tampoco existen otros actores que puedan influir en la decisión de estos dos jugadores (por ejemplo, no existe presión alguna de los Estados Unidos para que alguno de ellos o ambos desistan en alcanzar el liderazgo). Cada gobierno solo tiene que considerar el comportamiento del otro. La matriz que sigue a continuación demuestra una estructura posible de los réditos en una situación de este tipo:

FIGURA 3. MATRIZ DEL PROBLEMA<sup>23</sup>. CASO DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL.

		INDIA	
		A	B
CHINA	A	2/2	4/1
	D	1/4	3/3

Los símbolos de esta matriz son los siguientes. Un jugador, India, está representado en la columna; el otro, China, está representado en la fila. La letra A representa la acción de aumentar las emisiones de efecto invernadero y atraer inversión industrial y la letra B la de disminuir dichas emisiones y apegarse por completo a los lineamientos del protocolo de Kioto. Cada jugador puede escoger entre disminuir emisiones o continuar emitiéndolas. De esta manera, se generan cuatro combinaciones posibles de las dos opciones originales. Los números representan los réditos correspondientes a cada combinación, para cada uno de los jugadores. La medida del rédito (lo que gana cada uno) está representada por la medida ordinal que corresponde a la cantidad obtenida (para cada actor: 4>3>2>1). El número de la derecha representa convencionalmente la ganancia del jugador ubicado en la columna; el número de la izquierda, el número del jugador ubicado en la fila.

<sup>23</sup> Cuadro Hipotético de la matriz de un problema internacional. Elaborado por el autor de la presente tesina.



En esta matriz, el mejor resultado de la India (4) es aumentar sus emisiones de efecto invernadero, atraer la inversión industrial y lograr que China disminuya sus emisiones porque, de esta manera, la India se convertiría en el líder regional asiático. Su peor resultado (1) es el reverso, esto es, apearse al protocolo de Kioto y así ser vulnerable al liderazgo económico e industrial de China. Su segundo mejor resultado (3) se presenta si ambos países aumentan sus emisiones de efecto invernadero; y su mejor tercer resultado (2) ocurre si ambos se apean al protocolo de Kioto. La cooperación mutua (aumento de gases por ambas partes) es el mejor resultado; la deserción mutua (que ambos disminuyan sus emisiones de efecto invernadero) es el segundo mejor resultado; una cooperación no correspondida (que uno acepte disminuir sus emisiones y otro por contrario aumentarla) es el peor resultado.

La estrategia dominante para cada país enfrentado a este dilema (algunas veces también llamado el Dilema de la Estabilidad) es no cooperar y, por ende, aumentar las emisiones. Al hacerlo, cada uno de ellos se asegura contra el peor resultado posible (disminuir el crecimiento económico y no convertirse en el líder de la región) y así todavía conservar la oportunidad de llegar; eventualmente, a obtener el mejor resultado si su adversario es lo suficientemente ingenuo como para reducir sus emisiones de efecto invernadero. Debido a que ambos gobiernos razonan de manera similar, ambos aumentarán sus emisiones, alcanzando el primer cuadro de la izquierda (2/2, la cooperación mutua) en la matriz precedente. El resultado colectivo de esta deserción mutua, que es la opción racional para cada país considerada individualmente. Cada uno de ellos obtendrá mayores ganancias si ambos se apearan al protocolo. Pero debido a que la disminución de gases expone un retroceso en el avance económico, su estrategia dominante es aumentar la inversión industrial.

### 1.3 APRECIACIONES SOBRE LA COOPERACIÓN AL DESARROLLO A NIVEL NACIONAL.

La teoría de los juegos puede ser entendida y aplicada a un número considerable de acontecimientos, y aunque su uso ha sido de manera principal en situaciones de carácter bélico también se ha encontrado un uso para explicar de igual manera la participación de actores, en este caso nacionales.

Ya se menciona en innumerables convenciones, reuniones y foros, para resolver el problema global, se debe de actuar de manera local. En esta materia también la teoría de los juegos puede explicar los distintos escenarios que se presenten en materia de cooperación, enumerando de nuevo a ciertos actores y por supuesto actuando en un plano de cooperación, en este caso exclusivamente nacional.

FIGURA 4. ACTORES EN MATERIA DE COOPERACIÓN A NIVEL NACIONAL.

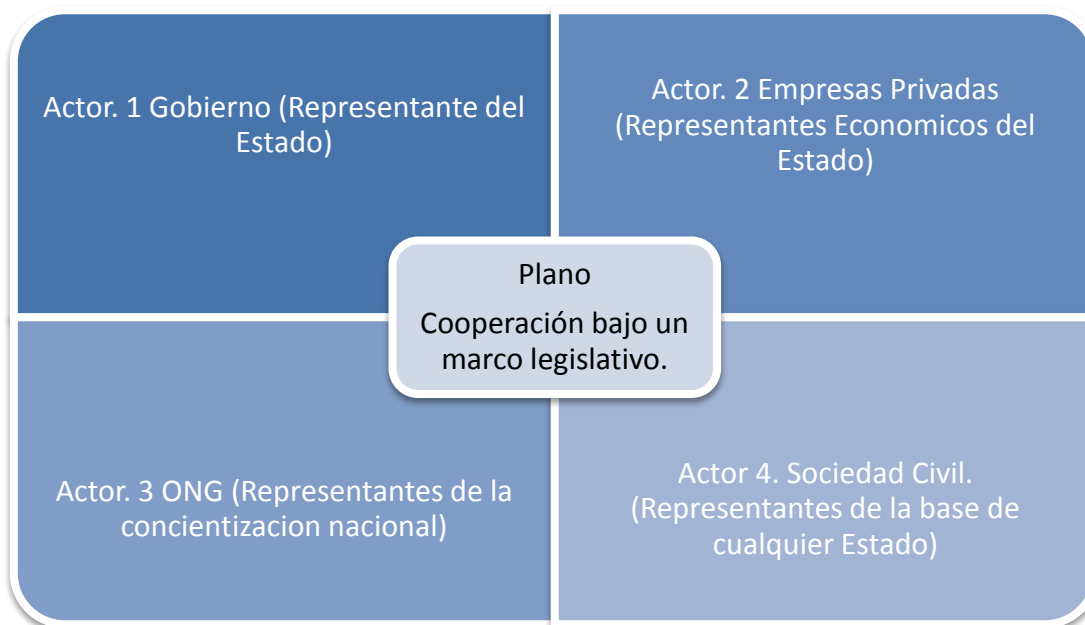


Figura realizada por el autor de la presente tesina.

En este contexto, es más evidente notar la acción en cuanto a materia de cooperación, ya que a diferencia de los ejemplos comparativos a nivel

internacional (en donde no existe un ente supranacional o una corte de justicia en materia de cambio climático con esa facultad) en el plano nacional siempre se apoyan con la mano jurídica, en donde la implantación de leyes o planeación de políticas enfocadas al desarrollo sustentable deben estar respaldadas por un senado, cámara o legislación.

Aquí no se presenta un dilema del prisionero o el problema de la gallina, debido a que la cooperación es más obligada, pero se hace la aclaración de que no por ser obligada es necesariamente una cooperación más exitosa.

En esta explicación, el Estado crea normas consuetudinarias o convencionales para realizar los intereses a nivel nacional. Entonces se entiende que estas normas jurídicas derivan de la matriz Armonía; la teoría de los juegos define la fuerza obligatoria del derecho como la mera expectativa de que los actores que participen respetaran las normas. Sin embargo, los Positivistas afirman que las normas son creadas por consentimiento. El gobierno se relaciona en una variedad de situaciones y, voluntariamente, crea reglas para regular el comportamiento del Estado.

Tres preguntas se vuelven fundamentales para la cohesión de la Teoría de los Juegos aplicada a nivel internacional y nacional.

1. ¿La Teoría de los Juegos cuando se aplica a las Relaciones Internacionales es un modelo para el análisis de la búsqueda del interés nacional?
2. ¿Por qué los estados, que actúan exclusivamente por interés, se sienten obligados por normas a las que ellos consienten?
3. ¿Es posible, en fin, considerar simultáneamente al interés nacional y al consentimiento como los pilares del derecho internacional?

La Teoría de los Juegos debería de dar una respuesta a estas preguntas, ya que es un instrumento analítico para predecir los resultados de las diversas combinaciones de intereses nacionales en la arena global, pero su aplicación para determinar las variantes a nivel nacional la convierte en algo un poco más complejo en materia aplicada. La idea es que el derecho surge como un resultado

de las relaciones de los individuos a través del tiempo. Esta afirmación suena bastante trivial. Sin embargo, se pueden obtener tres afirmaciones no triviales. La primera es que el tipo de interacción que generan las normas del derecho no es estratégica. La segunda es que las normas del derecho surgen como una solución a los problemas a los que se enfrenta los individuos miembros de cualquier Estado. La tercera es que los individuos respetan al derecho porque está sustentado por el Estado, quien garantiza la seguridad de los nacionales.

Una vez comprendido lo anterior es un poco más simple determinar la participación de la Teoría de los Juegos a nivel nacional, cuando se adquiere el fundamento jurídico, como lo es la aplicación o modificación en la constitución de algún Estado, se deja de lado la incertidumbre participativa y se le da el carácter de obligatorio para todo aquel miembro activo de la sociedad estatal.

Como se observa, la teoría de los juegos es una de las bases de entendimiento de las Relaciones Internacionales, misma que explica el comportamiento del escenario internacional a distintas escalas, como las guerras armamentistas, los acuerdos bilaterales y multilaterales siendo también la presente teoría la que explica el retroceso en los problemas que deben de ser atendidos con prioridad, mientras los mismos no atenten contra la estabilidad política, social y económica.

La teoría de los Juegos en el ámbito de cambio climático, demuestra los tropiezos a los que se enfrenta una consolidación de políticas internacionales en esta materia, el poco interés participativo de aquellos países industrializados que anteponen el desarrollo económico al futuro incierto al que se enfrentará la humanidad de las nuevas generaciones y que deja ver que el problema está agendado, pero no atendido.

Curioso, descubrir que a nivel nacional la Teoría de los Juegos también tiene un papel importante, y que al contrario del nivel internacional es la cooperación entre estado-sociedad la base para el progreso de cualquier entidad. Las soluciones y propuestas para enfrentar al cambio climático deben de ser

solucionadas, primero de manera local para después expandir las experiencias y oportunidades a nivel nacional, obtenido el alcance de las metas nacionales es posible interactuar con estados a nivel internacional, recordemos que ningún país tiene las mismas características en cuanto a medio ambiente o recursos naturales por lo que cada región, bloque o estado debe elegir la que más se acomode a sus necesidades.

## 2. EL AGUA: UN ESTUDIO SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.

### 2.1 IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL AGUA.

Para la comunidad hídrica, como las instituciones gubernamentales encargadas del suministro del recurso, sean federales y ONG's, el proceso de adaptación a los efectos del cambio climático es particularmente importante puesto que el agua, es el principal medio a través del cual los impactos del cambio climático se dejarán sentir en la población y el medio ambiente en general.

Por sí solo, ningún recurso es más integral para la salud, el bienestar, y la prosperidad de las comunidades humanas que el agua. Cada vez es más reconocido que este es el principal medio a través del cual el cambio climático impacta a las sociedades y al medio ambiente. Más que un sector, los recursos hídricos son el medio por el cual el cambio climático afecta a la seguridad alimentaria, la salud, la generación energética, la planificación del desarrollo y la protección de los ecosistemas y de la biodiversidad. Al mismo tiempo, el agua es fundamental en la mitigación del cambio climático, debido a que muchos esfuerzos para reducir las emisiones de carbono dependen de la disponibilidad del recurso.

En un futuro, el cambio climático aumentará la presión sobre los recursos hídricos, con un amplio panorama de consecuencias para los seres humanos y el medio ambiente. Al modificar el ciclo del agua, incluidas las precipitaciones, la humedad del suelo, el escurrimiento, la evaporación, el vapor atmosférico y la temperatura del agua, el cambio climático tendrá como consecuencia condiciones más extremas, que se traducirán en un exceso de precipitaciones en algunos lugares, a menudo en lapsos muy cortos (provocando inundaciones), y en

periodos prolongados de escasez en otros (provocando sequias), así como incidir negativamente en la calidad del agua, con su impacto subsecuente en la salud pública.

Registros hidrometeorológicos y las proyecciones del clima ofrecen abundantes pruebas de que los recursos de agua son vulnerables y pueden ser fuertemente afectados por el cambio climático, con consecuencias de gran alcance para las sociedades humanas y los ecosistemas.<sup>24</sup>

En el ciclo hidrológico conforme a reportes publicados por la National Geographic Society<sup>25</sup>, el derretimiento de las capas de hielo antárticas y la recesión de los hielos árticos están ocurriendo con mayor rapidez que lo predicho por los modelos. Imágenes de satélite de 300 glaciares muestran que en la antártica los glaciares fluían 12% más rápido en 2003 que una década antes, en 1993. La temperatura promedio del aire en la Antártida ha aumentado 3°C desde 1950.

Para mejorar el entendimiento de la situación del agua a nivel global tenemos las siguientes cifras:

#### CUADRO 2. LA SITUACIÓN GLOBAL DEL AGUA.<sup>26</sup>

<i>LA SITUACIÓN GLOBAL DEL AGUA : TEMAS Y NUMERÍA GENERAL</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>• 1.1 millones de personas no tienen acceso a agua limpia por lo que millones de personas se ven obligadas a recurrir a fuentes de agua inseguras.</li><li>• 2,6 millones de personas no tienen saneamiento básico.</li><li>• Cada minuto, 15 muertes se producen debido a enfermedades relacionadas con el agua.</li><li>• 83% de la población mundial utiliza fuentes mejoradas de agua potable, ya sea por tratamiento o plantas de agua.</li></ul>

<sup>24</sup> Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) *La Economía del cambio climático en Centroamérica* síntesis. Publicación realizada en el marco del Convenio entre el Programa de asistencia del Ministerio para el Desarrollo Internacional del Gobierno Británico (UKAID) y la Sede Subregional en México de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y del Convenio entre la Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca (DANIDA) Naciones Unidas, Ukaid, SICA. 2010.

<sup>25</sup> National Geographic Society. *Informes de Agua Dulce*. 2012. Recuperado el 22/06/2013 en <http://environment.nationalgeographic.com/environment/freshwater/>

<sup>26</sup> Naciones Unidas *Objetivos de Desarrollo del Milenio Informe de 2012*. [versión electrónica] Recuperado el 09/07/2013 en <http://www.objetivosdesarrollodelmilenio.org.mx/ODM/Doctos/InfONU2012.pdf>

- 58% de la población mundial tiene acceso a instalaciones mejoradas de saneamiento.
- La disponibilidad mundial de agua dulce prevé un descenso de 5.100 m<sup>3</sup> por habitante y año en 2025.
- Las extracciones proyectadas son 27% más altas para los países en desarrollo en 2025 que a mediados de la década de 1990. Esto es contrario a la tendencia en los países ricos.
- Entre 250 y 500 millones de m<sup>3</sup> de agua potable se pierden en muchas mega ciudades cada año. De ahorrarlos, se podría proporcionar agua potable a 10 o 20 millones de personas más en cada mega ciudad.
- Tan solo Brasil alberga el 20% del recurso hídrico mundial, mientras que Sudamérica tiene cuatro de los 25 ríos más caudalosos del mundo: Amazonas, Paraná, Orinoco y Magdalena.
- En todas las regiones, el acceso a agua potable es inferior en las áreas rurales que en las urbanas. En África subsahariana, un habitante urbano tiene 1,8 veces más probabilidades de disponer de una fuente mejorada de agua potable que una persona que vive en un área rural.
- En el 92% de los países en vías de desarrollo (103 de 112 países), la cobertura de agua potable aumentó entre 1990 y 2008 o continuó estable, a una tasa del 98% o más. La cobertura disminuyó solo en 13 países.
- América Latina y el Caribe, Asia oriental y Asia sudoriental ya han cumplido con la meta de los Objetivos de Desarrollo del Milenio en lo que respecta al agua potable. Los mejores resultados los tuvo Asia oriental, donde la cobertura pasó del 69% en 1990 al 86% en 2008. África subsahariana casi duplicó la cantidad de personas que usan una fuente mejorada de agua, ya que pasó de 252 millones en 1990 a 492 millones en 2008. La cobertura en la región aumentó del 49% en 1990 al 60% en 2008.
- La factura del agua, como la de la luz y el gas, también subió. El precio medio del agua subió un 4,5% en 2010, hasta los 1,36 euros por metro cúbico, según un informe de la Organización de Consumidores y Usuarios (OCU). Y en lo que llevamos de año ya han revisado otra vez sus tarifas 17 capitales de provincias.

El mundo tiene que adaptarse al cambio climático en la gestión del agua sin demora. Registros hidrometeorológicos y las proyecciones del clima ofrecen abundantes pruebas de que los recursos de agua son vulnerables y pueden ser fuertemente afectados por el cambio climático, con consecuencias de gran alcance para las sociedades humanas y los ecosistemas. Aunque el cambio climático también puede tener consecuencias positivas para algunos países, tales como una prolongada temporada de crecimiento, en general casi todos los países se ven afectados negativamente. Los impactos pueden variar mucho de región a región<sup>27</sup>.

---

<sup>27</sup> Albuquerque, de Catarina. *Droit au But, Bonnes Pratiques de réalisation des droits à l'eau à l'assainissement*, Edit. Consejo Mundial del Agua. 2012.

Estos incluyen una mayor frecuencia e intensidad de inundaciones y sequías, escasez de agua, erosión y sedimentación intensificada, la reducción de los glaciares y la capa de nieve, la elevación del nivel del mar, la salinización, la degradación del suelo, y el daño a la calidad del agua, los ecosistemas y la salud humana. Muchos países ya están experimentando algunos de los impactos y están pagando el precio económico y social. Los intentos de mitigar el cambio climático han comenzado, pero tomará mucho tiempo para mostrar resultados en el corto plazo. Por lo tanto, es urgente y rentable para empezar a adaptarse ahora.<sup>28</sup>

Úrsula Oswald, catedrática sobre Vulnerabilidad Social de las Naciones Unidas y miembro activo del IPCC, en entrevista menciona algunas opiniones en referencia al agua y al cambio climático:

*El agua debe estar dentro de las discusión de cambio climático y aun los países más reticentes en incluirlo, han tenido que aceptar que, básicamente las expresiones de cambio climático se expresan a través del manejo del agua, sea en sequias o en aumento del nivel del mar, salinización, huracanes o en variabilidades climáticas y aun en la temperatura...nadie científicamente puede negar que el tema crucial de cambio climático es agua.*<sup>29</sup>

La incertidumbre no debe ser nunca un motivo para la inacción. Acción e investigación sobre la adaptación deben aplicarse simultáneamente. Lo que se sabe sobre el cambio climático es calificado por un nivel de incertidumbre. De todos modos, se puede identificar las tendencias que permitan actuar. Un enfoque de doble vía, que combina la acción inmediata y una mayor investigación, es lo que se recomienda. La gestión del agua relacionada con las políticas y medidas debe adaptarse ahora al cambio climático sobre la base de lo que ya se sabe. Al mismo tiempo, se necesita hacer más investigaciones sobre los efectos del cambio climático para profundizar en el conocimiento. Las organizaciones nacionales e internacionales de financiación deberían dar prioridad a la

---

<sup>28</sup> Organización de Naciones Unidas (ONU). *Agua para la evaluación anual mundial de saneamiento y de consumo de agua (GLAAS) informe de 2011: el reto de la ampliación y el mantenimiento de los servicios*. 2012.

<sup>29</sup> Oswald. Úrsula. Entrevista realizada el 20 de julio de 2012, en el marco de los primeros Talleres de Agua y Climático de la UNFCCC en la Cd. de México. 04.06 pm. Realizada por el autor de la presente tesina.



investigación de gestión del agua centrada en la adaptación al clima. Obviamente, esto requiere una comunicación continua y la interacción entre ciencia y política. Siguiendo este enfoque se requiere de un liderazgo político, especialmente cuando los fondos son limitados.

La adaptación tiene que ser flexible. Esto es requerido por las incertidumbres que existe sobre la dirección y naturaleza cambiante del clima misma que actúa en los sistemas hidrológicos. Las intervenciones elegidas deben ser lo suficientemente flexible como para proporcionar los máximos beneficios en virtud de una serie de condiciones en lugar de ser diseñado para lo que se cree que son los "más probables". Si las condiciones cambian de nuevo, o si los cambios probados son diferentes de los esperados hoy en día, las medidas adoptadas deben ser capaces de cambiar en el paso. Ganar-ganar, sin pesar y arrepentimiento bajo las medidas, esa debería ser la prioridad.

Otro enfoque para la incertidumbre, es reducir las fuentes de corriente de la vulnerabilidad, por ejemplo mediante el aumento de la resiliencia y la capacidad de adaptación. Los ecosistemas proporcionan una amplia gama de servicios, incluyendo la regulación del clima y las inundaciones, lo que aumenta su capacidad de recuperación lo que es de vital importancia. El comportamiento futuro del clima terrestre dependerá del desarrollo económico, de la emisión de gases de invernadero y de la aplicación de medidas de mitigación y adaptación; fundamentalmente dependerá del uso de energías limpias.

Para estimar el comportamiento futuro del clima terrestre, se han propuesto diversos escenarios, que pueden resumirse como se indica en el Cuadro 3. El término de Investigación y Estudios en Ecosistemas y Economía (IEEE) designa los escenarios descritos en el Informe Especial del IPCC sobre escenarios de emisiones. Los escenarios IEEE están agrupados en cuatro familias principales (A1, A2, B1 y B2) que exploran vías de desarrollo alternativos incorporando toda una serie de fuerzas impulsoras demográficas, económicas y tecnológicas, junto con las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

CUADRO 3. Escenarios del Cambio Climático.<sup>30</sup>

ESCENARIO	CARÁCTERÍSTICAS	GRUPO
A1	Describe un mundo caracterizado por un rápido crecimiento económico, una población mundial que alcanza su máximo a mediados del presente siglo, empieza a declinar a partir de entonces y adopta tecnologías más eficientes. Se divide en tres grupos, que representan tres direcciones alternativas en cambio tecnológico.	A1F1 - Intensiva en combustibles A1T - Energías de origen no fósil A1B - Equilibrio entre las distintas fuentes
A2	Se refiere a un mundo venidero caracterizado por un crecimiento continuo de la población, aunque con un crecimiento económico mucho menor que en los escenarios A1, Los escenarios A2 son pesimistas en cuanto a que se mantiene un elevado aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, en particular de bióxido de carbono.	
B1	Describe un mañana en que la población, como en los escenarios A1,	

<sup>30</sup> Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. (IPCC), *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.

	alcanza su máximo a mediados del siglo XXI, con un crecimiento económico acelerado, pero orientado a los servicios y las tecnologías de la información, con un uso menor de materias primas y con un aprovechamiento de materias sustentables de los recursos, pero aún sin tomar medidas específicas respecto al clima.	
B2	Describe un porvenir en el que se asumieron prevenciones locales y regionales para la protección del medio ambiente, con crecimiento de la población menor que en los escenarios A1 y B1. Este escenario se percibe muy optimista, tal como se han observado las tendencias hasta ahora.	

## 2.2 LAS ALTERACIONES EN EL MEDIO AMBIENTE Y SU IMPACTO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS PARA DISTINTOS SECTORES. PANORAMA GENERAL.

Como se mencionó anteriormente, el agua se caracteriza por ser la base de muchas de las áreas que asumen al ser humano para conservar la vida, su calidad y mejoramiento de la misma.

De manera general las fuertes precipitaciones como una consecuencia del cambio climático repercuten generando inundaciones, así como efectos adversos sobre la calidad de aguas superficiales y subterráneas debido a derrames de

aguas negras, lo que genera contaminación del agua y la escasez del agua potable.

En materia de agricultura y ecosistemas estas fuertes precipitaciones provocan el daño a los cultivos, la erosión del suelo y la imposibilidad de cultivar la tierra debido al anegamiento de los suelos. Mientras que en materias sanitarias o de salud aumenta el riesgo de muertes, lesiones físicas y enfermedades infecciosas, respiratorias y la piel así como el riesgo de otros tipos de trastornos y por último a nivel industrial y social, provocaría la interrupción de los asentamientos, el comercio, el transporte y las sociedades debido a las inundaciones y la migración, generaría presiones sobre las infraestructuras urbanas rurales o la pérdida de propiedad.

Un fenómeno también generado por las consecuencias del cambio climático es la mayor variabilidad de las precipitaciones, entre ellos mayores sequías, un efecto previsto en los recursos hídricos son los cambios en la escorrentía, una cantidad de agua más generalizada al estrés, el aumento de la contaminación del agua debido a la menor disolución de sedimentos, nutrientes, carbono orgánico disuelto, patógenos, pesticidas y la sal, así como la contaminación térmica, en materia de agricultura este fenómeno influye en la degradación de la tierra, así como rendimientos inferiores o daños a los cultivos lo que concluirá con el fracaso de los mismos, un incremento en las muertes de ganado y una mayor cantidad de incendios forestales, la salud por su parte, genera un riesgo en la escasez de alimentos y agua lo que por consiguiente generaría un aumento de desnutrición y el aumento de enfermedades transmitidas por alimentos, mientras en cuanto al carácter industrial y social la escasez de agua para los mismos es más evidente, la industria, en particular la energía hidroeléctrica perdería su rango de ser una fuente potencial, todas estas consecuencias se verían reflejadas en una evidente migración.

Un fenómeno que percibe la sociedad como altamente perceptible, es el aumento de temperaturas, misma que en materia de recursos hídricos trajo como consecuencia el aumento de temperatura de la misma, aumento de evaporación,

deshielo temprano y fusión del permafrost <sup>31</sup>, en materia de agricultura los estragos son más evidentes, menos agua disponible para la agricultura, cambios en la productividad de los cultivos, cambios en la estación de crecimiento de peces que también alteran la composición de especies, abundancia de organismos, la productividad y los cambios fenológicos, por ejemplo a principios de la migración. En maestría de salud el aumento de muertes debido a las olas de calor y a la disminución de la productividad personal ve un crecimiento innegable, así como el aumento de riesgo de enfermedades respiratorias y la piel debido a la capa de ozono polen. La industria percibe por otra parte la degradación de la calidad del agua.

### 2.3 EL CASO DE LA AGRICULTURA COMO PRINCIPAL SECTOR AFECTADO

Ruttan en su artículo *La Transición Hacia La Sostenibilidad Agrícola*<sup>32</sup> comentaba: La complejidad de las interrelaciones entre los cambios ambientales y la producción agrícola se convertirá en uno de los temas de política pública más significativos, tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados, en las primeras décadas del Siglo XXI. El cambio climático regional y global modificara tanto la capacidad de producción de la agricultura como su localización y la intensidad de la producción agrícola contribuirá al cambio ambiental en el nivel regional y el global.

El reporte del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC)<sup>33</sup> es contundente. Afirma que “el calentamiento global es inequívoco, dado la

---

<sup>31</sup> “El permafrost, permagel o permacongelamiento es la capa de hielo permanentemente congelado en los niveles superficiales del suelo de las regiones muy frías o periglaciares, como es la tundra. Puede encontrarse en áreas circumpolares de Canadá, Alaska, Siberia, Tíbet, Noruega y en varias islas del Océano Atlántico sur como las Islas Georgias del Sur y las Islas Sandwich del Sur. *Permafrost* (s.f). Recuperado el 22/06/2013 en <http://www.wunderground.com/climate/permafrost.asp>

<sup>32</sup> Vernon W. Ruttan. *La Transición Hacia La Sostenibilidad Agrícola*. Recuperado el 22/06/2013 en <http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/RuttanSP.htm>

<sup>33</sup> IPCC, 2007: *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.

evidencia observada de incrementos en el promedio de las temperaturas medias de la atmósfera y de los océanos, el derretimiento en gran escala de hielo y nieve, y el incremento en el promedio global del nivel del mar”. El informe es producto de la contribución de alrededor de 800 científicos y 400 autores líderes en más de 130 países. Como uno de sus principales resultados, afirma que los incrementos de temperatura observados desde la mitad del siglo XX se deben a las actividades humanas. Presenta, además, evidencia de numerosos cambios de largo plazo en el clima, por ejemplo: el incremento en la temperatura y el deshielo árticos, cambios de gran escala en las cantidades de precipitación, salinidad de los océanos, patrones de viento y manifestaciones de cambios extremos en el estado del tiempo (incluso sequías), alta precipitación, olas de calor e intensificación de los ciclones tropicales.

Dos preguntas inmediatas surgen en ese contexto: ¿cuáles serán los efectos del calentamiento? y ¿cuáles son las acciones urgentes por realizar? Ante la primera pregunta, el informe señala que el cambio climático no será neutro en cuanto a sus impactos. Los países afectados más adversamente serán aquellos que se localizan en regiones tropicales y subtropicales, donde se ubica la mayor parte de los países en desarrollo y, por lo tanto, los mayores problemas de pobreza y de hambre. En esas regiones, los impactos en la agricultura serían significativamente negativos. En relación con la segunda pregunta, el informe aporta evidencia para apoyar el diseño de políticas públicas; pero dado el carácter científico del Panel, no formula recomendaciones.

La ausencia de neutralidad en los impactos del cambio climático es evidente en el caso de la agricultura. Sin lugar a duda habrá ganadores y perdedores. O al menos dependiendo de la magnitud del cambio en el clima, hay “perdedores que perderían más que otros”. Con respecto al caso específico que se estudia, en el informe el IPCC (2007) se indican los siguientes impactos asimétricos<sup>34</sup>.

Obviamente se proyecta un ligero incremento en la productividad de los cultivos en las latitudes medias y altas, para incrementos promedios regionales de temperatura entre 1 y 3°C, dependiendo del tipo de cultivo. Para temperaturas mayores, habrá reducciones en algunas regiones. En las latitudes menores, especialmente en regiones tropicales y con sequía estacional, se proyecta una reducción en la productividad de los cultivos, incluso para pequeños incrementos en temperatura media (1 a 2°C), lo cual aumentará el riesgo de hambruna. Globalmente, a partir de los incrementos en las temperaturas medias regionales de entre 1°C y 3°C se proyecta un incremento en el potencial para la producción agrícola, pero este se reduce para incrementos mayores. Y por último, se proyecta que el incremento en la frecuencia de las sequías e inundaciones afectara la producción local negativamente, especialmente en sectores de subsistencia en países de latitudes bajas.

Atendiendo a los argumentos anteriores podemos analizar una de las mayores preocupaciones, y es la de las implicaciones que tiene el cambio climático sobre la posibilidad de alcanzar las metas de desarrollo del Milenio, especialmente en lo que se refiere a la reducción del hambre. El Ing. Jonathan Martínez, representante Oficial de Programas de la FAO en México, en una reciente entrevista menciona la situación del riego en México<sup>35</sup>.

---

<sup>34</sup> Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. (IPCC) *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs. 2007.

<sup>35</sup> Entrevista realizada a Jonathan Martínez el 15 de Agosto de 2012, en el marco de los primeros Talleres de Agua y Climático de la UNFCCC en la Cd. de México. 10.20 am. Realizada por el autor de la presente tesina.

*Si analizas la eficiencia de riego en América Latina, tienes un número de eficiencia, en buenos casos del 30%, en el caso de México tienes una eficiencia del 22% o 25%, que quiere decir esto, por cada litro de agua que extraes del subsuelo, que estás utilizando realmente de una presa a la parcela, de cada 100 litros llegan entre 30 y 25, el resto se pierde, por escurrimiento, falta de mantenimiento en los canales, primarios, secundarios y terciarios...se la roban. El uso del agua en la producción de alimentos es muy complejo.*

Un estudio realizado por Bosello y Zhang<sup>36</sup>, con estimaciones al año 2050, apunta a una influencia limitada del cambio climático sobre la oferta mundial de alimentos y el bienestar. Sin embargo, subraya que habrá consecuencias distributivas importantes y que los impactos negativos más importantes se concentrarán en países en desarrollo ubicados en latitudes bajas (zonas tropicales y subtropicales). Precisamente son países que enfrentan los mayores problemas de pobreza y hambre, los cuales también son identificados como los más vulnerables al cambio climático según los informes recientes del IPCC.

La relación entre cambio climático y agricultura es compleja. Por un lado, las manifestaciones del cambio climático (especialmente cambios en temperatura, precipitación, nivel del agua e incremento de eventos extremos) desatan acciones de adaptación por parte de los productores agropecuarios. Por otro lado, las actividades agropecuarias pueden desempeñar un papel importante en la mitigación del efecto invernadero causante del cambio climático.

En cuanto a la adaptación, es importante considerar el tipo de respuestas desde el sistema socioeconómico. Existen tres posibilidades: la adaptación en la finca, en el ámbito nacional y en nivel global.<sup>37</sup>

---

<sup>36</sup> Bosello, Francesco. Zhang, Jian. *Assessing Climate Change Impacts: Agriculture. Climate Change Feedback on Economic Growth: Explorations with a Dynamic General Equilibrium Model*. Recuperado el 22/06/2013 en <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3755.pdf>

<sup>37</sup> Rodríguez Vargas, Adrián. *Cambio Climático, Agua y Agricultura*. [versión electrónica]. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2007. Recuperado el 22/06/2013 en <http://www.iica.int/Esp/prensa/Comuniica/Paginas/Archivo.aspx>



CUADRO 4. TRES ESCENARIOS DE ADAPTACION. AGRICULTURA Y CAMBIO CLIMÁTICO.

ESCENARIO	CONCLUSIÓN
Adaptación en la finca	<p>Incluye cualquier acción desarrollada por los agricultores para adaptarse al cambio en las condiciones climáticas. Abarca acciones como el cambio en los tiempos, frecuencias y localización de los cultivos; adopción de nuevas variedades o la combinación de distintos tipos de cultivos; adopción de tecnologías y prácticas de cultivo que contribuyan a preservar las condiciones ambientales originales, como la irrigación; y la investigación y desarrollo en nuevas variedades que se puedan adaptar mejor a un clima cambiante, entre otros.</p>
Ámbito nacional,	<p>El cambio climático puede generar cambios en el uso de insumos agrícolas (e.g tierra, agua, calidad genética de las semillas) y en los niveles de producción (cantidad y calidad), los cuales se propagarían al resto de la economía. Las variaciones de precios relativos derivadas de esos cambios pueden inducir a procesos de sustitución de cultivos e insumos, así como a cambios en la oferta y la demanda de bienes agrícolas y no agrícolas. Los vínculos entre los impactos del cambio climático y las variaciones de precios relativos demandan la necesidad de generar nuevas tecnologías y prácticas agrícolas que incidan en los precios. Cuanto mayor sea la capacidad de la economía para adaptarse a esas transformaciones, menores serán los impactos.</p>
Nivel global,	<p>Los impactos del cambio climático en la agricultura variarán entre regiones, dependiendo de la latitud de los países (i.e. localización), de las condiciones ambientales locales, de las respuestas</p>

	en el ámbito socioeconómico y de factores institucionales. En un mundo crecientemente integrado, pueden generarse cambios en los flujos de factores de producción, bienes y servicios, y alteraciones en precios relativos. Por lo tanto, la distribución de los cultivos entre países y regiones y los flujos de comercio agropecuario pueden modificarse significativamente en el futuro.
--	---

Por otra parte, Mendelshon distingue la adaptación privada de la conjunta. La primera corresponde a aquella que realiza cada agricultor por separado, considerando privadamente sus costos y beneficios. La adaptación conjunta se da cuando los beneficios los obtienen colectivamente todos los agricultores, pero los costos los asume cada uno por aparte<sup>38</sup>.

Si la adaptación al cambio climático en la agricultura tiene externalidades positivas<sup>39</sup>, las acciones individuales de los agricultores (i.e. la adaptación privada) generarán una cantidad de adaptación menor que la deseable socialmente. Esto constituye una justificación para la política pública en materia de adaptación. Ejemplos de adaptación pública en la agricultura incluyen la investigación y el desarrollo de nuevas especies, o de variedades y especies con estructuras diferentes a las actuales, la provisión de infraestructura de riego, la zonificación agro-hidroecológica, la provisión de información, el desarrollo de sistemas públicos de alerta temprana, entre otros.

Un estudio del Stockholm International Water Institute (SIWI) y el International Water Management Institute (IWMI), presentado ante la Comisión de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, en mayo del 2004, subraya la importancia del agua para alcanzar las metas del milenio en lo relativo a la

---

<sup>38</sup> Ramírez, Diana. Ordaz, Juan Luis. *La economía del cambio climático en Centroamérica.2010* [versión electrónica]. CEPAL. Recuperado el 22/06/2013 en <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/4/40014/L965.pdf>

<sup>39</sup> Se dice que existen externalidades positivas cuando una acción beneficia no sólo a quien la realiza.

reducción del hambre, así como el reto para la productividad del agua en la agricultura.<sup>40</sup>

Las proyecciones de ese estudio indican que los requerimientos adicionales de dicho recurso para producir los alimentos necesarios y reducir el hambre y la desnutrición en el año 2025, son equivalentes al agua extraída en la actualidad para apoyar todos los aspectos de la vida en sociedad. Estas preocupaciones también son relevantes para la adaptación de la agricultura al cambio climático.

Por lo tanto, cuando se analizan opciones de adaptación, como la irrigación, es importante considerar sus efectos sobre la disponibilidad de agua, así como las demandas de otros sectores de la economía que compiten con la agricultura por su uso.

Un estudio pionero en el abordaje de esos temas es el de Rosensweig<sup>41</sup> y Casco, cuyo objetivo fue analizar las implicaciones para la confiabilidad de la irrigación, debido a cambios en la disponibilidad de agua y en la demanda de agua por cultivos. En el estudio también se explora la efectividad de distintas opciones de adaptación para mantener dicha confiabilidad.

Para ello los autores desarrollan un enfoque metodológico que combina escenarios de cambio climático con modelos agrícolas, hidrológicos y de planificación. A partir de ello se estudia la disponibilidad de agua para la agricultura en condiciones de cambio climático y las correspondientes proyecciones para la producción agrícola, población, tecnología y crecimiento económico. El estudio abarca grandes regiones agrícolas productoras de soja y maíz en el Norte de Argentina, Sudeste de Brasil, Noreste de China, la parte de Hungría y Rumania en la cuenca del Danubio y el cinturón del maíz en Estados Unidos. Esas regiones difieren en condiciones socioeconómicas y ambientales,

---

<sup>40</sup> Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO4 medio ambiente para el desarrollo*. [versión electrónica]. PNUMA. 2007. Recuperado el 22/06/2013 en [http://www.unep.org/geo/geo4/report/GEO-4\\_Report\\_Full\\_ES.pdf](http://www.unep.org/geo/geo4/report/GEO-4_Report_Full_ES.pdf)

<sup>41</sup> Rosensweig, Andrés. Casco, Andrés. *La Política Sectorial Agropecuaria: Balance de una década*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, México. [versión electrónica]. 2000. Recuperado el 22/06/2013 en [http://www.pa.gob.mx/publica/rev\\_20/LIBRO%20171-174.pdf](http://www.pa.gob.mx/publica/rev_20/LIBRO%20171-174.pdf)

tecnológicas y regímenes climáticos. Sin embargo, con la excepción del noreste de China, todas las demás regiones tienen una adecuada disponibilidad de agua para la agricultura en las condiciones de clima actuales.

En la región de América Latina, existe evidencia de que habrá suficiente agua para la agricultura en los escenarios de cambio climático analizados. Con respecto a los casos investigados de América Latina, en el norte de Argentina los problemas ocasionales de agua para la agricultura en las condiciones actuales pueden ser exacerbados y podrían requerir inversiones para aliviar el estrés hídrico. Por el contrario, en el sur de Brasil, la disponibilidad futura de agua para la agricultura parece estar garantizada.

El uso del agua reciclada en la agricultura es una opción que ha tenido incremento, siendo investigada y tomada por regiones que carecen del líquido vital, demasiado crecimiento urbano y altas demandas de irrigación de agua. En este sentido, muchas regiones del mundo experimentan el conocido estrés hídrico, mismo que es causado por la contaminación y el incremento del desperdicio de agua, principalmente en las ciudades, muchas pérdidas con la opción a ser tratadas y utilizadas en distintos sectores.

### 3. LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL COMO SOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS HÍDRICOS EN LA AGRICULTURA.

Para resolver de manera global, se debe de actuar de manera local, y en este aspecto, para que el uso del agua tratada dé como resultado un buen rendimiento dependerá de circunstancias locales, misma que podrá afectar el balance y el costo del beneficio. La ventaja principal en la mayoría de los casos es probable que sea el valor del agua dulce intercambiado por alto valor de uso urbano o industrial. Esto reduciría el costo de las autoridades municipales de la búsqueda de sus suministros a través de medios más costosos. Además, la reutilización evita la descarga de aguas residuales sin tratamiento a los sistemas costeros y de aguas subterráneas con los ecosistemas y los beneficios del turismo.

De nuevo Jonathan Martínez da un ejemplo de lo sucedido en otras partes del mundo:

*En Israel la producción de alimentos, una buena parte, no la mayoría, pero si una buena parte, empieza a utilizar el agua tratada, en Israel está prohibido inundar, por las condiciones mismas que se tienen, que debería ser una parte de análisis para México, el prohibir el riego por inundación, aplicar sistemas de riego sistematizado a un riego localizado.*

Dependiendo de la situación local, también puede haber beneficios para los agricultores si se pueden evitar algunos de los costos de bombeo de las aguas subterráneas, mientras que los nutrientes presentes en el agua residual podrían ahorrar parte de los gastos de abono.

La reutilización de las aguas residuales es una opción importante para la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), que se ocupa de la gestión de todos los aspectos del ciclo del agua, y con la optimización del recurso en todos sus aspectos. La Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en 2002, pidió a todos los países el desarrollar planes de GIRH y eficiencia del agua. Este enfoque incluye los siguientes elementos, entre otros:

- Evaluación de las necesidades de agua en colaboración con los usuarios finales;
- Examen de todas las fuentes de agua disponibles, y
- Correspondiente suministro de agua a las necesidades sobre la base de la cantidad, la calidad y la fiabilidad necesaria para los diversos fines y los costos de suministro relativos a las prestaciones en cada caso.

La recuperación de aguas residuales y su reutilización en la agricultura está ganando una amplia aceptación en muchas partes del mundo. En muchos países con escasez de agua, las aguas residuales se han vuelto importantes en la reducción de la oferta y la demanda de agua en diferentes usos.

Los impulsores de la reutilización de aguas residuales son algo diferentes en los países desarrollados y en desarrollo, pero hay problemas comunes de aumento de la población y la demanda de alimentos, escasez de agua, y la

preocupación por la contaminación ambiental. Todas estas fuerzas hacen que el agua regenerada sea un recurso potencialmente valioso.

La reutilización del agua, sin embargo, implica cambios en los marcos tradicionales de distribución del agua, las estructuras de financiación, fijación de normas de calidad del agua, los marcos regulatorios, y los mandatos institucionales. Se trata de una buena administración en todos los niveles con el fin de desarrollar un conjunto de políticas coherentes para satisfacer las necesidades de agua de asignación de usuarios múltiples.

En la actualidad, hay más de 3 300 plantas de regeneración de agua en todo el mundo con diversos grados de tratamiento y para diversas aplicaciones<sup>42</sup>: riego agrícola, jardinería urbana y los usos recreativos, refrigeración industrial y el procesamiento y la producción indirecta de agua potable, tales como la recarga de las aguas subterráneas. La mayoría de ellos estaban en Japón (más de 1 800) y los EE.UU. (más de 800), pero Australia y la UE tenía 450 y 230 proyectos, respectivamente<sup>43</sup>. El Mediterráneo y Oriente Medio tenía alrededor de 100 sitios, 50 de América Latina y el África subsahariana 20. Estos números están creciendo rápidamente<sup>44</sup>.

La Figura 2 muestra el número de municipios y esquemas de reutilización del agua a través de diferentes regiones del mundo, según el campo de aplicación de la reutilización. Estas aplicaciones están dispuestas en cuatro categorías principales: agricultura, desarrollo urbano, industrial y mixto (multipropósito).

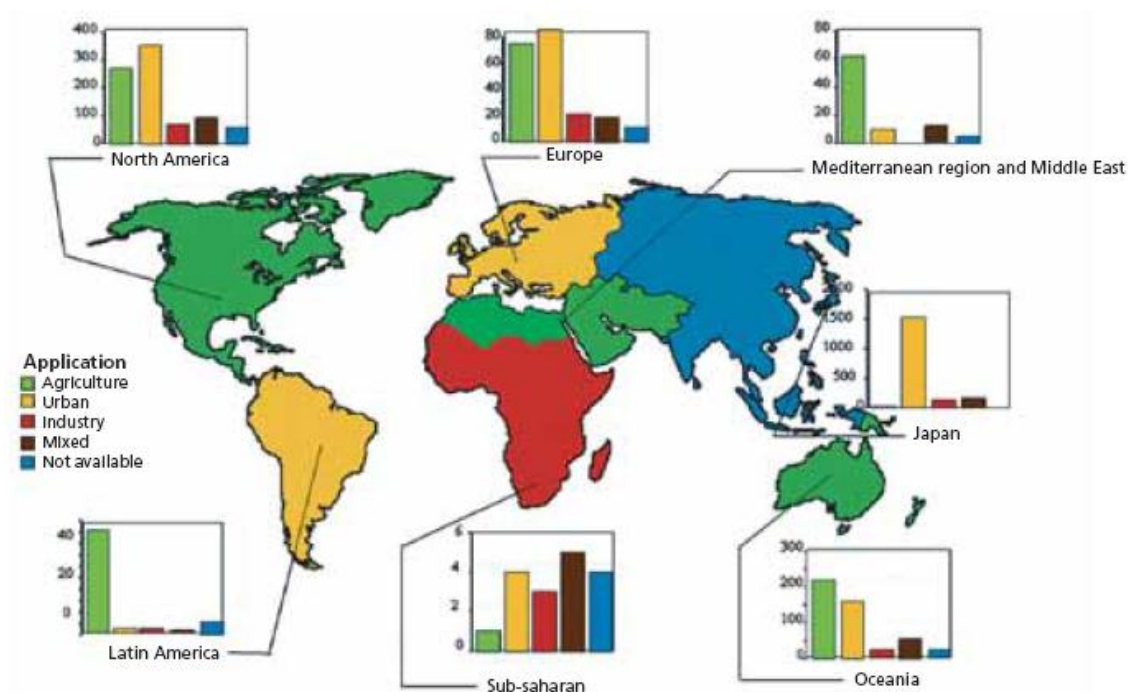
---

<sup>42</sup> Winpenny, James. Heinz, Ingo. *Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?* FAO. 2012. Recuperado el 22/06/2013 en <http://www.fao.org/docrep/017/i1629s/i1629s.pdf>

<sup>43</sup> Sustainable Management and Quality of Water (AQUAREC). *Programa de Investigación para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos*. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico. 2012. Recuperado el 22/06/2013 en [www.-iiap.-org.-pe/-Upload/-Conferencia/-CONF186.-pdf](http://www.-iiap.-org.-pe/-Upload/-Conferencia/-CONF186.-pdf)

<sup>44</sup> La revista mensual Global Water Intelligence contiene un rastreador llamado “ Reutilización” con los datos de todos los nuevos proyectos de reutilización.

FIGURA 5. PLANES MUNICIPALES DE REUTILIZACIÓN DE AGUA, POR CAMPO DE APLICACIÓN<sup>45</sup>



Es fundamental para la reutilización la idea de que el agua es un bien económico, como se reconoce en la Declaración de Dublín sobre el Agua y el Desarrollo Sostenible de 1992:

*"El agua tiene un valor económico en todos sus usos competitivos y debe ser reconocida como un bien económico".*

Una distinción debe hacerse entre el valor, costo y precio del agua, que a menudo son muy diferentes uno de otro. El valor económico del agua es particularmente evidente en situaciones de escasez de agua. El agua tiene diferentes valores económicos en sus diferentes usos. Tiene un costo económico del suministro, que también varía en diferentes situaciones y para diferentes propósitos. El agua suministrada a un usuario en particular, en un lugar específico, en un momento determinado tiene un beneficio económico, sino que también

<sup>45</sup> Sustainable Management and Quality of Water (AQUAREC). Programa de Investigación para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico. 2012. Recuperado el 22/06/2013 en [www.-iiap.-org.-pe/-Upload/-Conferencia/-CONF186.-pdf](http://www.-iiap.-org.-pe/-Upload/-Conferencia/-CONF186.-pdf)

conlleva un coste económico. La relación entre el beneficio específico y el coste específico es la base de la justificación económica para el suministro de dicho usuario. Por último, el precio del agua es una operación financiera o fiscal entre el proveedor y el usuario, que suele estar estrechamente controlados por las autoridades públicas, y muchas veces poco tiene que ver ya sea a su valor en usos específicos, ni su costo de suministro.

La asignación de agua puramente sobre la base de esos principios económicos es complicada y difícil de aplicar en la práctica<sup>46</sup>. Sin embargo, el concepto básico de la comparación de los costos y beneficios de suministro de agua en lugares específicos y para determinadas categorías de usuarios es fundamental para los proyectos de reutilización de aguas residuales, y esto requiere un poco de cálculo (sin embargo áspera) de los beneficios del agua a los usuarios potenciales. Los métodos de valoración del agua son eclécticos, y dependen del sector en cuestión, el tipo de uso, y la información disponible.

Se estima que, en los próximos 50 años, más del 40% de la población mundial vivirá en países que sufren estrés hídrico o escasez de agua<sup>47</sup>. La creciente competencia entre los usos agrícolas y urbanos de abastecimiento de agua dulce de alta calidad, especialmente en las regiones áridas, semi-áridas y densamente poblada, se incrementará la presión sobre este recurso cada vez más escasos. Las aguas residuales pueden ser más fiables todo el año fuente de agua que otras fuentes disponibles para los agricultores, aunque esto depende de las fuentes primarias de agua en zonas urbanas también son confiable. El valor de agua reciclada ha sido reconocida por los agricultores no sólo como una fuente de agua, sino también para los nutrientes que contiene para el crecimiento vegetal y propiedades de acondicionamiento de los suelos. En la actualidad, el total de tierras regadas con aguas residuales crudas o parcialmente diluido se estima en

---

<sup>46</sup> Winpenny, James. Heinz, Ingo. *Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?* FAO.2012. Recuperado el 22/06/2013 en <http://www.fao.org/docrep/017/i1629s/i1629s.pdf>

<sup>47</sup> Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. (IPCC). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.



20 millones de hectáreas en medio centenar de países, lo cual es aproximadamente el 10% de la superficie total de regadío<sup>48</sup>. El reciclaje y la reutilización de las aguas residuales puede aliviar la presión sobre los recursos hídricos debido a la extracción de aguas superficiales o acuíferos, a condición de que su impacto en los flujos río abajo es manejable.

#### CUADRO 5. LA AGRICULTURA Y EL AGUA A NIVEL GLOBAL.<sup>49</sup>

- La agricultura representa el 70% de toda el agua extraída (uso agrícola, urbano e industrial e incluyendo el de energía).
- Sólo alrededor del 20% del total de 7.130 km<sup>3</sup> de consumo anual de agua de la agricultura es "agua azul" (Es decir, el agua de ríos, arroyos, lagos y aguas subterráneas para fines de riego).
- Si bien el riego es sólo una pequeña parte del consumo de agua agrícola, juega un papel crucial, ya que representa más del 40% de la producción mundial en menos de 20% de la cultivada en la tierra.
- La extracción del agua representa el 44% usado por la OCDE y esta cifra aumenta al 60% por parte de los 8 países de la OCDE que dependen fuertemente de la agricultura del regadío.
- La agricultura representa el 74% de extracción del agua por parte de los países del BRIC. Países con crecimiento de su PIB y de participación en el comercio mundial. (Brasil, Rusia, India y China).
- En el año 2000, alrededor del 57% de las extracciones de agua dulce del mundo, y el 70% de su consumo, se llevó a cabo en Asia, donde se encuentran las tierras de regadío más importantes.

En Europa, la mayoría de los esquemas de reutilización se encuentran en las zonas costeras y las islas de las regiones mediterráneas semiáridas y en zonas muy urbanizadas. La escasez de agua es una limitación común en la región del Mediterráneo con mayor o menor precipitación, a veces por debajo de 300 mm a 500 mm por año en el sur de España, Italia, Grecia Malta e Israel. A veces, los recursos hídricos podrán ser inferiores al nivel de la escasez de agua crónica de 1000 m<sup>3</sup> por habitante y año. Las largas distancias entre las fuentes de agua y los

<sup>48</sup> Winpenny, James. Heinz, Ingo. *Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?* FAO. 2012. Recuperado el 22/06/2013 en <http://www.fao.org/docrep/017/i1629s/i1629s.pdf>

<sup>49</sup> Naciones Unidas (2012) *Objetivos de Desarrollo del Milenio Informe de 2012*. [versión electrónica] Recuperado el 09/07/2013 en <http://www.objetivosdesarrollodelmilenio.org.mx/ODM/Doctos/InfONU2012.pdf>

usuarios también crean una grave escasez de agua regional y local, y la escasez de agua puede empeorar con la afluencia de turistas pico de verano a las costas del Mediterráneo y el crecimiento demográfico, así como la sequía y los posibles impactos del cambio climático relacionados con el mismo<sup>50</sup>.

### 3.1 LA VIAVILIDAD DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL AGUA TRATADA EN LA AGRICULTURA.

El tratamiento de aguas residuales involucra procesos principales, pero extensas definiciones no se proporcionan aquí, ya que se pueden encontrar de manera específica en textos de ingeniería. Esto es solo para denotar los principios básicos<sup>51</sup>.

- Preliminar: la detección y remoción de grano grueso para eliminar grandes sólidos y otros materiales.
- Principal: sedimentación - Solución simple de material sólido en un tanque primario de sedimentación.
- Secundario: la eliminación de los contaminantes más comunes, generalmente con procesos biológicos para eliminar el material orgánico disuelto.
- Terciaria: consiste en la eliminación de contaminantes específicos, por ejemplo, nitrógeno o fósforo, o contaminantes industriales específicos.
- Procesamiento de sólidos y lodos: Los sólidos de los procesos primarios y secundarios se envían a un digestor que produce subproductos incluyendo

---

<sup>50</sup> CEPAL (2010) *La Economía del cambio climático en Centroamérica* síntesis. Publicación realizada en el marco del Convenio entre el Programa de asistencia del Ministerio para el Desarrollo Internacional del Gobierno Británico (UKAID) y la Sede Subregional en México de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y del Convenio entre la Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca (DANIDA) Naciones Unidas, Ukaid, SICA.

<sup>51</sup> FAO (2011) *Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?* [versión electrónica] Recuperado el 04/07/2013 en <http://www.fao.org/docrep/017/i1629s/i1629s.pdf>

metano y agua. El residuo final se envía a los vertederos o incineradores, utilizados en la agricultura para abono o tierra tratada<sup>52</sup>.

Para cualquier implementación de este tipo de acciones se necesitan analizar todos los factores que pueden influir en el futuro, y sobre ayudar a conllevar al éxito del mismo proyecto.

Los costos de la opción de reutilización podría incluir la instalación o modernización de plantas de tratamiento de aguas residuales para producir efluentes de la norma deseada, cualquier adición o modificación a la infraestructura de agua y distribución de agua regenerada, los costos adicionales recurrentes de tratamiento, y el costo de cualquiera podría producir restricciones impuestas por el uso de agua regenerada en el riego.

La evaluación económica del proyecto debe ser de un punto de vista regional de cuenca, comparando sus costos y beneficios económicos. Los datos de los estudios de un área en específico, no justificaran económicamente sólo a la agricultura. Aunque los agricultores podrán ser beneficiarios netos del uso de aguas residuales tratadas, en comparación con las fuentes anteriores o alternativas de agua, esto depende en gran medida de las circunstancias locales, y en todo caso sus beneficios netos son probablemente para compensar los costos totales del programa. Por otro lado, los beneficios para los usuarios urbanos e industriales pueden ser relativamente importantes, y en la mayoría de los casos sería la justificación principal para el proyecto.

Las aguas residuales contienen patógenos potenciales para las plantas, los animales y los humanos que pueden ser transmitidas a través de la red alimentaria o el medio ambiente: nitratos, Giardia y Cryptosporidium, los disruptores endocrinos, otros compuestos orgánicos persistentes, etc, han sido motivo de preocupación reciente.

---

<sup>52</sup> La eliminación de lodos en el mar es otra opción, aunque esto está prohibido en los países de la UE y otros países.

Los diferentes tipos y grados de tratamiento de aguas residuales pueden afectar a la presencia de contaminantes en el efluente liberado para su reciclaje. Cuando este contiene metales pesados u otras sustancias perjudiciales que a largo plazo presenten un riesgo debido a la acumulación en el suelo. En algunos casos los contaminantes pueden estar presentes en el agua de la fuente.

La reutilización del agua puede ser un medio de reducir las descargas de aguas residuales. El agua recuperada se ha utilizado también para restaurar los humedales y ríos o acuíferos subterráneos por la reposición de los flujos y niveles de agua de mesa. El agua reciclada puede proporcionar una fuente de agua para promover el crecimiento en las regiones con escasez de agua o para aumentar los ingresos de los recursos de los pobres agricultores urbanos y peri-urbanas.

En algunas situaciones, las aguas residuales tratadas deben estar disponibles en cantidades suficientes, las decisiones tomadas para mejorar las existentes y así producir tales efluentes. Sin embargo, en otros casos, algunas mejoras de las aguas residuales tendrán la necesidad de agregar procesos específicos (por ejemplo, la desalinización) para que el agua residual sea adecuada para el uso agrícola.

El agua regenerada tiene que estar en una proximidad razonable a los usuarios previstos, con el fin de minimizar la necesidad de nuevos transportadores y los costes de bombeo. Si los transportadores existentes podrían ser utilizados, este, obviamente, sería ventajoso. Igualmente, si no más, sobre todo, los aspectos económicos de los sistemas de reutilización normalmente se basan en el intercambio de derechos de agua dulce entre y ciudades: esto debe ser física y geográficamente factible. El derecho de agua dulce debe ser accesible a la ciudad a un costo razonable, con una mínima infraestructura de transportes nuevos y de bombeo, en comparación con las alternativas.

Hablar de Reutilización de aguas residuales comúnmente implica una cesión de derechos al agua dulce entre los agricultores y los municipios (u otros usuarios del agua). En principio, ambas partes deberían poder beneficiarse de

este intercambio de derechos que siempre y cuando las condiciones sean favorables.

Sin embargo, a menos que se descarta la compulsión, un intercambio voluntario depende de los agricultores que tienen derecho seguro y alienable en el agua que pueden transferir, ya sea en los mercados de agua o cambio de una compensación. Deben poseer dichos derechos legales, y su sistema jurídico nacional debe permitir la transferencia o venta de estos derechos a otras personas. En muchos ordenamientos jurídicos no ofrecen esas garantías. En consecuencia, los municipios, que son los que ganan (o ahorran) económicamente, y que podrían financiar proyectos de reutilización, pueden no obtener suficientes garantías de sus derechos al intercambio "para el reciclado de efluentes. Cuando los problemas de agua de una ciudad o región son suficientemente graves, algunos podrían ser necesarios para lograr una solución. Incluso entonces, sin embargo, las cuestiones de derechos y de compensación son susceptibles de serlo.

Una vez que la justificación económica básica del proyecto se ha establecido, el siguiente paso es examinar su viabilidad financiera. La distribución de los costos y beneficios del proyecto entre los diferentes actores es crucial para su viabilidad. Su impacto en las finanzas de los diferentes actores - gobierno nacional, la autoridad regional del agua, los agricultores, servicios públicos municipales y / o otros actores importantes - deben ser evaluados. Ganadores financieros y los contribuyentes deben ser identificados para medir los incentivos y las sanciones, para ser aplicados y el tipo de financiación que sería apropiado. Las tarifas del agua, impuestos, subsidios, créditos blandos, pago de servicios ambientales y otros instrumentos podrían formar parte de todas las propuestas de financiación.

El marco económico para la reutilización de aguas residuales está diseñado para encajar dentro de un marco de planificación integral. Un enfoque sólido y planificación metódica ayudará a identificar todos los factores pertinentes necesarios para la decisión de seguir adelante con un proyecto. En un marco de planificación, los elementos clave son: la identificación de problemas y objetivos

del proyecto, la definición de área de estudio e información de antecedentes, evaluación de mercado y las garantías de mercado, identificación de alternativas del proyecto, evaluación y clasificación de las alternativas del proyecto y ejecución. Entre las principales cuestiones técnicas específicas que se abordarán son: instalaciones e infraestructura, equilibrar la oferta y la demanda, la calidad de las aguas residuales y los riesgos de salud pública y las garantías.

La viabilidad de los proyectos de reutilización depende de varios factores clave. Las características físicas y geográficas de la zona deben ser propicias para el intercambio de derechos de agua entre las partes interesadas. Los costos adicionales (de tratamiento e infraestructura) deben ser equilibrados en relación a los beneficios. Los agricultores deben ser de apoyo, que depende del impacto neto sobre sus ingresos, el estado de sus derechos de agua dulce, y cuáles son sus alternativas. Autoridades de salud pública deben estar satisfechos de que los proyectos no plantean riesgos innecesarios, después de las precauciones razonables han sido tomadas. Por último, el impacto ambiental debería ser aceptable: el mismo impacto puede ser aceptable o no en circunstancias diferentes, y diversas autoridades colocará un peso diferente en los impactos específicos en la formación de un juicio global.

*¿Por qué México debe de analizar estas alternativas? Debido a que la producción del país en alimentos se concentra del centro hacia arriba, entonces qué condiciones de disponibilidad de agua tienes, tienes una parte del noroeste que tiene una precipitación igual a la de Israel, estamos hablando de 400 ml a 500 ml de agua por año. El agua potable como tal debería de irse dedicando hacia las ciudades y el agua tratada como una buena alternativa para la producción de alimentos. De hecho el uso de aguas grises o residuales ya tiene, un uso eficiente y sin riesgos para la salud y la producción de alimentos. México no ha entrado al uso de aguas grises.<sup>53</sup>*

---

<sup>53</sup> Martínez, Jonathan. Entrevista realizada el 15 de Agosto de 2012, en el marco de los primeros Talleres de Agua y Climático de la UNFCCC en la Cd. de México. 10.20 am. Realizada por el autor de la presente tesina..

### 3.2 LA AGRICULTURA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO.

En una escala global, solo una pequeña proporción de aguas tratadas es usada para la agricultura, pero la práctica es cada vez mayor en muchos países, y en algunas regiones una alta proporción de agua regenerada se utiliza para riego.

México cuenta con un territorio nacional de 198 millones de hectáreas de las cuales 145 millones se dedican a la actividad agropecuaria. Cerca de 30 millones de hectáreas son tierras de cultivo y 115 millones son de agostadero. Además, los bosques y selvas cubren 45.5 millones de hectáreas.<sup>54</sup>

La agricultura en México es más que un sector productivo importante. Más allá de su participación en el PIB nacional, que es de apenas 4%<sup>55</sup>, las múltiples funciones de la agricultura en el desarrollo económico, social y ambiental determinan que su incidencia en el desarrollo sea mucho mayor de lo que ese indicador implicaría. Entre los argumentos que muestran la relevancia de la agricultura en el país pueden mencionarse los siguientes:

- a) Prácticamente toda la producción de alimentos se origina en este sector (incluyendo la pesca), de manera que la oferta sectorial (interna y externa) es fundamental en la seguridad alimentaria, en el costo de vida y en el ingreso real del conjunto de la población, particularmente de los más pobres que destinan a la compra de alimentos una mayor proporción de su ingreso. La población más pobre destina más de la mitad (51.8%) del gasto corriente monetario a alimentos, mientras que en el más rico la proporción es solamente de 22.7%.<sup>56</sup>
- b) La agricultura es una actividad fundamental en el medio rural, en el cual habita todavía una parte altamente significativa de la población nacional. En las pequeñas localidades rurales dispersas (con población inferior a 2,500 personas) viven 24 millones de mexicanos, es decir, casi la cuarta parte de la población nacional. De las 199 mil localidades del país, 196 mil

---

<sup>54</sup> SAGARPA (2007), *Programa Sectorial de desarrollo Agropecuario y Pesquero 2007-2012*.

<sup>55</sup> INEGI, (2009), *Información Económica de Coyuntura*.

<sup>56</sup> INEGI, *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2008*.

corresponden a esa dimensión. Sin embargo, la vida rural en México se extiende mucho más allá de esas pequeñas localidades. En ocasiones se considera un umbral de 15 mil habitantes ya que las localidades con población inferior a ese número presentan formas de vida característicamente rurales. Utilizando ese umbral la población rural resulta de más de 38 millones de personas (37% del total nacional). Lejos de ser marginal, el desarrollo rural (empleo, ingreso, articulaciones productivas, condiciones de vida) constituye una parte muy relevante del desarrollo nacional<sup>57</sup>.

- c) Una de las prioridades del desarrollo nacional de largo plazo es la sostenibilidad ambiental y la conservación de los recursos naturales. En un mundo en donde los nuevos desafíos derivados del cambio climático se suman a los problemas seculares de agotamiento, contaminación y deterioro de los recursos naturales, México no se queda atrás para revertir estas tendencias. La preservación de los acuíferos, de los suelos, de la biodiversidad, de los bosques, de la densidad de vida marina y de aguas interiores, y los demás elementos de sostenibilidad ambiental constituyen una prioridad nacional en la que las orientaciones y modalidades del desarrollo agropecuario y rural juegan un papel fundamental. El margen para mejorar el aprovechamiento de los recursos naturales silvo-agropecuarios y pesqueros en México todavía es amplio y podría incrementar los niveles efectivos de producción y productividad agrícola (en el sentido lato del término, incluyendo la producción pecuaria, forestal y pesquera).

Un error de las políticas y de los estudios del desarrollismo de mediados del siglo XX fue el énfasis en integrar a las sociedades rurales al proceso de modernización exclusivamente como productores agrícolas. Los programas productivistas y asistenciales canalizaron la técnica y los recursos para elevar la actividad agropecuaria a expensas de otras actividades, polarizando a la

---

<sup>57</sup> INEGI, *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2008*; y CONAPO 2008, *Perfil sociodemográfico de la población ocupada en el sector primario y su distribución territorial*.



sociedad y dejando una herencia de devastación ecológica<sup>58</sup>. Esto quiere decir que la explotación del campo se dio de forma desmesurada y sin regulación por parte del gobierno federal, afectando las cuestiones de índole política y social (que no se tocarán en éste estudio)

Las comunidades agrícolas del país deben de enfrentarse a nuevos retos, los que se refieren a los asentamientos urbanos, la delimitación de territorios aptos para la agricultura y por supuesto el abastecimiento hídrico para la plantación.

Con una perspectiva hacia el año 2030, la Biol. Julia Martínez Fernández, en su presentación *ABC de Cambio Climático: Impactos y Acciones en México*, nos dice: *Las consecuencias del cambio climático están estimadas en un aumento de la temperatura promedio de entre 3 y 5 grados centígrados, esto materia agrícola traería consigo sequías en casi 50% de las tierras cultivables y reduciendo el período de análisis, es decir para el 2020, los escenarios de clima para implican reducciones moderadas en la aptitud para el cultivo de maíz de temporal, además de que la “canícula” vendrá sin agua y con mayor frecuencia, afectando a los cultivos de manera negativa*<sup>59</sup>.

El cambio climático implica retos monumentales para la agricultura en cuanto a las variables más importantes para los cultivos: la temperatura y las precipitaciones.

Durante el próximo siglo, las temperaturas seguirán aumentando de manera más frecuente. En muchas regiones, las lluvias serán más imprevisibles tanto en variabilidad (cambios en cantidad de un año para otro) como en distribución (eventos lluviosos por año y cantidad de lluvia en cada evento). Ambos

---

<sup>58</sup> Quintero Soto, María Luisa. *Contexto nacional e internacional del sector agropecuario*. 2da Ed. México. Miguel Ángel Porrúa. 2003.

<sup>59</sup> Biol. Martínez Fernández, Julia . *ABC de Cambio Climático: Impactos y Acciones en México*. Instituto Nacional de Ecología y la Secretaría de Medios Ambientales y Recursos Naturales.2010. Recuperado el 23/06/2013 en [http://participacionsocial.sre.gob.mx/docs/incidencia\\_social\\_ambito\\_regional\\_multilateral/agenda\\_internacional/agenda\\_y\\_temas\\_internacionales/cambio\\_climatico/presentaciones/cc\\_julia\\_2.pdf](http://participacionsocial.sre.gob.mx/docs/incidencia_social_ambito_regional_multilateral/agenda_internacional/agenda_y_temas_internacionales/cambio_climatico/presentaciones/cc_julia_2.pdf)

cambios tendrán un impacto significativo sobre dónde y cómo se cultivaran granos básicos.

Mientras muchas preocupaciones surgieron acerca de los impactos del cambio climático sobre la variabilidad y la distribución de las lluvias, los cambios en la temperatura podrían causar los mayores estragos a los rendimientos de cultivos en las décadas futuras. Además, es probable que múltiples fuentes de estrés, por ejemplo sequía y calor, compliquen aún más el reto de adaptación.

En este sentido la temperatura es importante para una serie de procesos fisiológicos de los cultivos: la polinización, el llenado del grano y la fotosíntesis básica. Las altas temperaturas durante varios días o con un pico extremo durante algunas horas, pueden ocasionar serios impactos negativos sobre estos procesos, con consecuencias posteriores para el rendimiento de los cultivos.

Pero aún más importante es el acceso al agua, a través de precipitaciones o de irrigación, es el factor más importante en la producción agrícola. La falta de acceso al agua, particularmente en tiempos críticos en las etapas del ciclo de vida de un cultivo, es un factor de estrés abiótico (externo) que limita su productividad. Obviamente, la productividad de un cultivo puede igualmente sufrir de un exceso de lluvias (huracanes e inundaciones), de lluvias en malas temporadas o bajo malas formas (granizo). Se pronostica que el cambio climático atraerá más eventos climáticos extremos, con consecuencias negativas para la producción de alimentos<sup>60</sup>.

Existen predicciones sobre las consecuencias del cambio climático aplicado en el sector agrícola, La historia reciente brinda algunas perspectivas sobre los impactos esperados para la agricultura mexicana. Por ejemplo, el evento El

---

<sup>60</sup> Greenpeace. *La agricultura mexicana y el cambio climático*. [Versión electrónica].2012. Recuperado el 23/07/2013 en [http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2012/2/La\\_agricultura\\_mexicana\\_y\\_el\\_cambio\\_climatico\\_2012.pdf](http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2012/2/La_agricultura_mexicana_y_el_cambio_climatico_2012.pdf)

Niño de 1997-1998 generó daños de alrededor de 1500 millones de pesos al sector agrícola. Lluvias tardías en 2005 fueron responsables de una caída del 13 por ciento de la producción<sup>61</sup>.

En las décadas posteriores al 2025, se pronostica un incremento de la escasez de agua para la producción de cultivos, no solamente debido a la sequía sino también a la sobreexplotación de los acuíferos subterráneos, generando serias amenazas para los cultivos de riego. La irrigación dejará de ser económicamente rentable debido a los crecientes costos del bombeo de agua. Aunque los impactos serán seguramente más severos en el norte y noroeste del país, habrá una presión creciente sobre los recursos de agua en todo el país. El resultado será una reducción de la superficie cultivada de maíz, particularmente en Sonora.

Las amenazas relacionadas al clima para la producción de maíz en México no son de un sólo tipo. Aunque las preocupaciones más importantes a corto plazo están relacionadas con la sequía, el lento aumento de la temperatura podría ser una amenaza más seria a largo plazo. Los cultivos que reciben suficiente agua un año podrían recibir demasiada el siguiente año, o ser destruidos por un granizo<sup>62</sup>.

A partir de este punto se pueden plantear soluciones reales, como se mencionó al inicio de este trabajo, para combatir los estragos de cambio climático, debe existir la mitigación y adaptación. En los países y sistemas de producción donde la agricultura es responsable de un monto significativo de las emisiones de CO<sub>2</sub>, las soluciones deben ser encontradas para mitigar esas emisiones, reduciéndolas o eliminándolas. Los campesinos de todos los países

---

<sup>61</sup> Biol. Martínez Fernández, Julia. *ABC de Cambio Climático: Impactos y Acciones en México*. Instituto Nacional de Ecología y la Secretaría de Medios Ambientales y Recursos Naturales. 2010. Recuperado el 23/06/2013 en

[http://participacionsocial.sre.gob.mx/docs/incidencia\\_social\\_ambito\\_regional\\_multilateral/agenda\\_internacional/agenda\\_y\\_temas\\_internacionales/cambio\\_climatico/presentaciones/cc\\_julia\\_2.pdf](http://participacionsocial.sre.gob.mx/docs/incidencia_social_ambito_regional_multilateral/agenda_internacional/agenda_y_temas_internacionales/cambio_climatico/presentaciones/cc_julia_2.pdf)

<sup>62</sup> Greenpeace. *La agricultura mexicana y el cambio climático*. [Versión electrónica]. 2012. Recuperado el 23/07/2013 en

[http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2012/2/La\\_agricultura\\_mexicana\\_y\\_el\\_cambio\\_climatico\\_2012.pdf](http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2012/2/La_agricultura_mexicana_y_el_cambio_climatico_2012.pdf)

deberán adaptarse al cambio climático, es decir, cambiar aspectos de sus sistemas de producción para seguir produciendo alimentos bajo nuevas condiciones climáticas.<sup>63</sup>

La más viable hasta el momento es la aportada por países más desarrollados y que encuentran en la de cooperación triangular una buena forma de adaptar casos de éxito en materia del tratamiento de aguas residuales como es el caso de México-Alemania y Bolivia, donde los sistemas de producción orgánicos son promovidos por ellos mismos gracias a su potencial de resiliencia al cambio climático. “La diversidad de paisajes, actividades agrícolas, terrenos y agro-biodiversidad es ampliamente realizada en la agricultura orgánica, que convierte estas unidades de producción en un gran potencial frente al cambio climático. El sistema de agricultura orgánica basado en la conservación y mejoramiento de la diversidad usando diversos cultivos y rotaciones que reducen la vulnerabilidad de los cultivos y las enfermedades de los animales al tiempo que mejoran la utilización del agua y de los nutrientes del suelo”.<sup>64</sup>

La Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación propone los siguientes puntos para neutralizar los impactos del cambio climático en la Agricultura en México:

- Financiar la adopción de prácticas agroecológicas.
- Reorientar la investigación para apoyar la innovación agroecológica de campesino a campesino, reforzar las redes y alianzas para apoyar, documentar e intercambiar experiencias.
- Garantizar que los productores tengan acceso a la información acerca de prácticas que permitan resistir al cambio climático, por métodos formales e informales: servicios de difusión, organizaciones de campesinos, escuelas campesinas.

---

<sup>63</sup> *Ibidem.*

<sup>64</sup> Winpenny, James. Heinz, Ingo. *Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?* FAO.2012. Recuperado el 22/06/2013 en <http://www.fao.org/docrep/017/i1629s/i1629s.pdf>

- Enfocar los esfuerzos de investigación y desarrollo hacia la adaptación al cambio climático e incrementar los lazos entre los investigadores y los campesinos.
- Fortalecer el sistema agrícola de innovación y difusión para métodos agrícolas ecológicos, haciendo énfasis en los pequeños productores.
- Invertir en áreas rurales: construyendo y reforzando la estructura básica: carreteras y el abastecimiento de agua.
- Involucrar a los campesinos en la evaluación de riesgos y las alternativas de adaptación.<sup>65</sup>

La magnitud del territorio mexicano nos permite un considerable número de casos de éxito, en los que la participación de distintos actores internacionales fue indispensable para demostrar, que el agua tratada en México es una buena alternativa para contrarrestar las consecuencias del cambio climático en especial la de suministro de agua.

Se ha elegido un estudio de caso específico para demostrar las aportaciones de la cooperación internacional, en este caso por una institución de alcance global que ha probado de manera satisfactoria el procesamiento de aguas tratadas, el estudio proporcionado por la Conagua se titula *Acuerdo de Cooperación México-Bolivia-Alemania*.<sup>66</sup>

Los beneficios de la aplicación del agua tratada en México se consideran por ser:

- Un mecanismo viable y rentable para satisfacer las crecientes demandas de agua para la agricultura en las regiones de creciente escasez de agua y la competencia por su uso.
- También se aplica en situaciones en las que la demanda no está necesariamente en aumento, pero la escasez de agua en cierto periodo es un problema para los agricultores que planean sus patrones anuales de cultivos.

---

<sup>65</sup> *Ibidem*.

<sup>66</sup> FAO. *Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?* [versión electrónica]. 2012. Recuperado el 04/07/2013 en <http://www.fao.org/docrep/017/i1629s/i1629s.pdf>

- La reutilización del agua puede ser un medio de reducir las descargas de aguas residuales. El agua recuperada se ha utilizado también para restaurar los humedales y ríos o acuíferos subterráneos por la reposición de los flujos y niveles de agua de mesa. El agua reciclada puede proporcionar una fuente de agua para promover el crecimiento en las regiones con escasez de agua o para aumentar los ingresos de los recursos de los pobres agricultores urbanos y peri-urbanos.

### 3.3 ESTUDIO ESPECÍFICO DE COOPERACIÓN. ACUERDO DE COOPERACIÓN MÉXICO-BOLIVIA-ALEMANIA.

La regeneración de las aguas residuales y su reutilización en la agricultura está teniendo una amplia aceptación en muchas partes del mundo. En muchos países con escasez de agua, las aguas residuales son importantes para equilibrar la demanda y la oferta de agua para diversos usos. Los impulsores de la reutilización de aguas son distintos en los países desarrollados y en los países en desarrollo, pero existen problemas comunes como el aumento de la población y la demanda de alimentos, escasez de agua y preocupación acerca de la contaminación ambiental. Todos estos factores hacen que el agua regenerada sea un recurso potencialmente valioso.

Sin embargo, la reutilización de agua conlleva cambios en las estructuras tradicionales de asignación de recursos hídricos, financiamiento de estructuras, consideración de estándares de calidad del agua, marcos reglamentarios y mandatos institucionales. Implica una buena gestión a todos los niveles, con el fin de desarrollar un enfoque holístico y políticas consistentes para la asignación de recursos hídricos que satisfagan las múltiples necesidades de los usuarios.

En este sentido la Conagua incursionó en un proyecto trilateral entre Alemania, México y Bolivia denominado "Apoyo en la mejora del reúso y tratamiento de aguas residuales y protección de cuerpos de agua con enfoque de adaptación al cambio climático", que fortalece las capacidades institucionales y técnicas para fomentar el reúso de aguas residuales tratadas y el establecimiento

de medidas de adaptación al cambio climático en el sector hídrico, siendo Bolivia y México países receptores. A la fecha se han llevado a cabo cuatro actividades:

- Seminario-Taller Internacional para la Mejora del Reuso y Tratamiento de Aguas Residuales y Protección de Cuerpos de Agua con Enfoque de Adaptación al Cambio Climático;
- Curso la gestión integral de los recursos hídricos como herramienta de adaptación al cambio climático, y visitas técnicas, realizados en Bolivia;
- Seminario internacional Aprovechamiento y potencial de aguas residuales para el riego agrícola.
- Seminario Internacional sobre Planeación de la Política Hídrica y el Marco Legal del Agua<sup>67</sup>.

La cooperación comenzó con los antecedentes de la región andina y como está siendo particularmente afectada por las graves consecuencias del cambio climático, así como algunas zonas áridas de México. La situación se ve agudizada por el incipiente desequilibrio hidrológico en las regiones, que tiene consecuencias negativas considerables sobre la fertilidad del suelo y la calidad de vida de la población.

De acuerdo a las informaciones de las autoridades bolivianas y mexicanas, la escasez de agua ha llevado a que se reutilicen en la agricultura aguas insuficientemente depuradas o simplemente no depuradas. Esto favorece la propagación de enfermedades, sobre todo de diarrea, cólera e infecciones parasitarias.

México (en algunos casos) y Alemania disponen de amplia experiencia en los ámbitos de gestión de recursos hídricos y tratamiento de aguas.

---

<sup>67</sup> Conagua. *Recuento de la Cooperación Internacional 2009-2012. Gobierno Federal. Semarnat.* [versión electrónica]. 2012. Recuperado el 09/07/2013 en <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/RecuentoCooperacion.pdf>

En ese contexto, Bolivia solicitó a México y Alemania asesoramiento técnico en las áreas de eliminación de aguas servidas y protección de recursos hídricos. México ha realizado recientemente una profunda experiencia con una reforma del sector del agua que puede transmitir ahora a Bolivia. También son de gran utilidad las redes especializadas que ha creado México. Por su parte, Alemania, además de su amplia experiencia técnica y sus conocimientos especializados, dispone de una larga trayectoria de cooperación con Bolivia, lo que constituye una condición propicia para una cooperación triangular, ya que se pueden aprovechar las redes y estructuras de cooperación ya establecidas entre ambos países.<sup>68</sup>

---

<sup>68</sup> GIZ. (2013) *Cooperación triangular entre México, Bolivia y Alemania: Depuración y reutilización de aguas servidas y protección de los recursos hídricos como medidas de adaptación al cambio climático*. [versión electrónica] Recuperado el 09/07/2013 en <http://www.giz.de/de/weltweit/11838.html>



CUADRO 6. METODOLOGÍA DE LA COOPERACIÓN TRIANGULAR.<sup>69</sup>

Objetivo	Elaborar y poner en práctica estrategias suprasectoriales sostenibles y participativas para mejorar el tratamiento de aguas servidas, contribuyendo así a mejorar la seguridad de los alimentos y a reducir la prevalencia de enfermedades provocadas por la contaminación del agua y de los productos agrícolas.
Procedimiento	La cooperación triangular entre México, Bolivia y Alemania impulsa el intercambio de experiencias y la transferencia de conocimientos entre expertos de los tres países participantes. Con esta finalidad, los socios realizan cada año varios viajes de estudio e investigación y seminarios de capacitación conjuntos sobre diversos aspectos de la gestión de recursos hídricos y del tratamiento del agua. Gracias a la intensa cooperación y al intercambio regular de experiencias se está desarrollando una plataforma de conocimientos dinámica en beneficio de todos los participantes. En los países contraparte, participan en la cooperación diferentes instituciones gubernamentales: en México, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Agencia Mexicana de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AMEXCID); en Bolivia, el Ministerio de Planificación del Desarrollo y el Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMyA). Por otro lado, también colaboran en el proyecto numerosas entidades de la sociedad civil e institutos de investigación de México y Alemania.

---

<sup>69</sup> *Ibidem.*

Resultados logrados hasta la fecha gracias al establecimiento de una plataforma de aprendizaje dinámica y al intercambio regular entre expertos de los distintos países, Bolivia ha podido beneficiarse de la experiencia y los conocimientos de México y Alemania.

A través del asesoramiento técnico de Conagua, cinco municipios bolivianos han mejorado las estructuras locales de tratamiento de aguas servidas. En el municipio de Comarapa ya se ha aplicado este enfoque y se ha instalado una planta de depuración de aguas servidas que está funcionando con éxito. Mientras que México se convierte en el primer receptor de tecnología alemana para la recuperación de plantas de tratamiento de aguas residuales.

## CONCLUSIÓN

La cooperación internacional tiene dimensiones que abarcan todas las áreas imaginables, se reconoce que a raíz de los ataques terroristas del 11 de septiembre la agenda internacional cambió completamente dejando de lado uno de los logros más importantes del siglo, como la creación de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Ahora que la estabilización y por supuesto el apoyo internacional contra el terrorismo ha ganado impulso es necesario retomar los acuerdos que conllevarían a una globalidad más sustentable. En el presente, la cooperación internacional para el desarrollo está basada en primer lugar, los derechos humanos y en segundo, los referentes al cambio climático.

En este sentido surgen preguntas fundamentales que pueden ser contestadas concretamente, primero ¿Quién determina a dónde van los elementos o fondos de cooperación dedicados al desarrollo? Simplemente son elegidos por los donantes, porque al final de cuentas son ellos quienes dan el financiamiento.

Manuel Guedan, representante de La Secretaría General Iberoamericana, en el “Foro sobre Innovación en la Cooperación Internacional para el Desarrollo en México” menciona que los países donantes deben de conocer la demanda y las

prioridades de los países que requieren de la cooperación internacional con mayor fuerza.<sup>70</sup>

A raíz del presente trabajo, y con base a lo expuesto en el foro y a el análisis realizado sobre la Teoría de los Juegos, en la actualidad la Cooperación Internacional cuenta con numerosos actores, gobierno, ONG'S y sociedad civil por mencionar algunos ¿Qué ha sucedido con respecto a las actividades de estos actores?.

1. No existe un ente regulador que gestione y actúe como intermediario, sobre todo en lo referido a las actividades de cooperación que realmente hayan tenido un éxito digno de repetirse, por lo que los actores han adquirido un nuevo rol de complicación para realizar actos de cooperación verdaderamente exitosos. Sin embargo las excepciones son más positivas que negativas.
2. La crisis europea también forma parte importante de los futuros acuerdos de cooperación que se plantean, y es que los principales socios de México han decidido (como el caso de España) recortar la cooperación Internacional 50%. Por lo que los países en vías de desarrollo, que antes eran receptores de la cooperación internacional se han convertido hoy en día en los pioneros de repetir los casos de éxito antes obtenidos con los países desarrollados, demostrando que la cooperación trilateral puede ser una de las más exitosas. Como lo demuestra el caso de cooperación planteado.
3. La cooperación internacional debe de ser activada de manera local para obtener de manera efectiva resultados globales. Como lo demuestra el caso de cooperación presentado, se eligieron regiones de la zona andina de Bolivia que pudieran repetir casos de éxito por parte de México y que contaran con el apoyo técnico y financiero de Alemania.

---

<sup>70</sup> Guedan, Manuel. (2012) *Foro sobre Innovación en la Cooperación Internacional para el Desarrollo en México*. El foro fue organizado por el Instituto Mora y el Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación. Nota tomada por el autor el 3 y 4 de Octubre de 2012.

4. Se puede combatir de manera eficiente los estragos del cambio climático, generando la adaptación al mismo y siendo llevada también de la mano de las ideas de la sustentabilidad, lo que prueba que el caso de la agricultura en México y el tratamiento de aguas residuales pueda ser adaptado a otras regiones del mundo.
5. La Teoría de los Juegos demuestra en el ejemplo de cooperación triangular que:
  - a) El conocimiento sobre el desarrollo sustentable en países de primer mundo es prioritario para aquellos que se encuentran en vías de desarrollo.
  - b) El acto de cooperación triangular convierte al juego de la cooperación en un análisis cooperativo, es decir, todos los jugadores llegan a un acuerdo sobre las decisiones que va a tomar cada uno.
  - c) Es además un juego con información completa, todos los jugadores conocen las consecuencias, para sí mismos y para los demás.
  - d) No existe una relación de conflicto, se entiende que existe un enemigo en común que es el cambio climático y sus estragos en el agua y agricultura, por lo que el objetivo es ganar-ganar.
  - e) La deserción siempre puede estar presente (falta de recursos o problemas de índole política por parte de los países participantes) pero el costo sería demasiado alto, desde el desprestigio a nivel internacional hasta el incumplimiento de futuros acuerdos con los países participantes.
  - f) El posicionamiento de Alemania en la región de América Latina le garantiza formas más viables y concretas de cooperación en otras áreas de inversión.

Como se mencionó al inicio de este trabajo se debe de entender las consecuencias y acuerdos que genero el protocolo de Kioto y en lo que respecta al año pasado se entiende que:

1. El 12 de Diciembre de 2012 se celebró la XVIII Cumbre de Naciones Unidas sobre Cambio Climático en Doha, Catar, con la representación de casi 200 países y la participación de unas 17.000 personas.
2. Uno de los principales acuerdos resultantes de esta Cumbre ha sido la prorrogación hasta 2020 del Protocolo de Kioto para la reducción de gases de efecto invernadero. En este sentido, La Unión Europea se compromete a reducir en 2020 un 20% sus emisiones respecto a 1990.
3. Asimismo, los países participantes acordaron tener un borrador sobre un nuevo acuerdo sobre cambio climático que debería ser aprobado en París en 2015.
4. Por otro lado, se enfatizó en la necesidad de reforzar la cooperación internacional, planteando la posibilidad de contar con un programa de trabajo para lograr el año que viene acuerdos institucionales en la materia.
5. En cuanto a financiación, no se llegaron a grandes acuerdos al respecto debido a la actual situación económica tanto de Europa como de Estados Unidos.<sup>71</sup>

En resumen la lucha frente al cambio climático no es un reto coyuntural a corto o medio plazo. Dadas las características del fenómeno, su tratamiento exige una suma continuada de esfuerzos en el tiempo. Requiere ir articulando múltiples políticas y medidas, sobre la base del desarrollo de una estrecha cooperación internacional que permita definir una respuesta global a un problema de escala planetaria. La evidencia más clara de que se trata de un reto de largo recorrido que requiere de aproximaciones en fases sucesivas, lo constituye el propio proceso de negociaciones internacionales que ha dado lugar a la adopción de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático y a su Protocolo de Kioto.

---

<sup>71</sup> Naciones Unidas. Conclusiones de la Cumbre de la ONU sobre cambio climático. *Uno de los principales acuerdos resultantes ha sido la prorrogación hasta 2020 del Protocolo de Kioto, para la reducción de gases de efecto invernadero.* [Versión electrónica]. 2012. Recuperado el 10/07/2103 en <http://www.foretica.org/sala-de-prensa/noticias/2152-conclusiones-de-la-cumbre-de-la-onu-sobre-cambio-climatico?lang=es>

## FUENTES DE CONSULTA.

### BIBLOGRAFÍA

- Albuquerque, de Catarina (2012) *Droit au But, Bonnes Pratiques de réalisation des droits à l'eau à l'assainissement*, Edit. Consejo Mundial del Agua.
- Bravo Raspeño, Juan. *Teoría de Juegos* [versión electrónica]. 1998. Recuperado el 21/06/2013 de [http://www.ecpunr.com.ar/Docs/Teoria\\_de\\_Juegos%20II.pdf](http://www.ecpunr.com.ar/Docs/Teoria_de_Juegos%20II.pdf).
- Cooter, Robert D. *Derecho y Economía* Traducido por Eduardo L. Suárez. Fondo de Cultura Económica. México. 2009.
- Gibbons, Robert. *Un Primer curso de Teoría de Juegos. Teoría básica: Juegos en forma normal y equilibrio de Nash*. México s.n (p. 2). 1993.
- Giddens, Anthony. *Un Mundo Desbocado, los efectos de la Globalización en nuestras vidas*. 10ma ed. Taurus. México. 2007.
- Hardin, Russell. *Morality Within the Limits of Reason* 2da ed. EEUU. University of Chicago Press. (pp. 32-33). 1988.
- Hollis, Martin. *The Cunning of Reason*. [versión electrónica]. 1987. Recuperado el 21/06/2013 en [www.loc.gov/catdir/samples/cam034/87014630.pdf](http://www.loc.gov/catdir/samples/cam034/87014630.pdf).
- Keohane, Robert. *Realismo e Interdependencia Compleja*. [versión electrónica]. Recuperado el 21/06/2013 en <http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/Poder-e-Interdependencia/02.pdf>.
- Owen, Guillermo. *Game Theory*. 3ra ed. Academic Press. Estados Unidos. 1995.
- Oye, Kenneth A. *Cooperación Bajo Anarquía*. Estados Unidos. Universidad de Princeton. 1986.
- Ramírez, Diana. Ordaz, Juan Luis. (2010) *La economía del cambio climático en Centroamérica*. [versión electrónica]. CEPAL. Recuperado el 22/06/2013 en <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/4/40014/L965.pdf>
- Rodríguez Vargas, Adrián. *Cambio Climático, Agua y Agricultura*. [versión electrónica]. 2007. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Recuperado el 22/06/2013 en <http://www.iica.int/Esp/prensa/Comunica/Paginas/Archivo.aspx>
- Rosenzweig, Andrés. Casco, Andrés. *La Política Sectorial Agropecuaria: Balance de una década*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, México. [versión electrónica]. 2000. Recuperado el 22/06/2013 en [http://www.pa.gob.mx/publica/rev\\_20/LIBRO%20171-174.pdf](http://www.pa.gob.mx/publica/rev_20/LIBRO%20171-174.pdf)

- Quintero Soto, María Luisa. *Contexto nacional e internacional del sector agropecuario*. 2da Ed. México. Miguel Ángel Porrúa. 2003.
- Ullman-Margalit, Edna *The Emergence of Norms*. [versión electrónica] Recuperado el 21/06/2013 en <http://www.nyu.edu/gsas/dept/politics/faculty/hardin/research/EmergNorms.pdf>.
- Winpenny, James. Heinz, Ingo. *Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficios para todos?* FAO. 2012. [versión electrónica] Recuperado el 22/06/2013 en <http://www.fao.org/docrep/017/i1629s/i1629s.pdf>

## PUBLICACIONES

- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) *La Economía del cambio climático en Centroamérica* síntesis. Publicación realizada en el marco del Convenio entre el Programa de asistencia del Ministerio para el Desarrollo Internacional del Gobierno Británico (UKAID) y la Sede Subregional en México de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y del Convenio entre la Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca (DANIDA) Naciones Unidas, Ukaid, SICA. 2010.
- Comisión Nacional del Agua. *Recuento de la Cooperación Internacional 2009-2012. Gobierno Federal. Semarnat*. [versión electrónica]. 2012. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/RecuentoCooperacion.pdf>
- Greenpeace. *La agricultura mexicana y el cambio climático*. [Versión electrónica]. 2012. [http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2012/2/La\\_agricultura\\_mexicana\\_y\\_el\\_cambio\\_climatico\\_2012.pdf](http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2012/2/La_agricultura_mexicana_y_el_cambio_climatico_2012.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2009, *Información Económica de Coyuntura*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2008*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2008; y CONAPO 2008, Perfil sociodemográfico de la población ocupada en el sector primario y su distribución territorial*.
- Organización de Naciones Unidas *Objetivos de Desarrollo del Milenio Informe de 2012*. [versión electrónica] Recuperado el 09/07/2013 en

<http://www.objetivosdedesarrollodelmilenio.org.mx/ODM/Doctos/InfONU2012.pdf>

- Organización de Naciones Unidas (ONU). *Agua para la evaluación anual mundial de saneamiento y de consumo de agua (GLAAS) informe de 2011: el reto de la ampliación y el mantenimiento de los servicios*.2012.
- Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura (FAO). *La Agricultura y el Desarrollo Rural en México. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. 2012 Recuperado el 04/07/2013 en [http://coin.fao.org/cms/world/mexico/InformacionSobreEIPais/agricultura\\_y\\_des\\_rural.html](http://coin.fao.org/cms/world/mexico/InformacionSobreEIPais/agricultura_y_des_rural.html)
- Panel Intergubernamental Sobre Cambio Climático (IPCC). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, 104 págs. 2007.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO4 medio ambiente para el desarrollo*. [versión electrónica]. PNUMA. 2007. Recuperado el 22/06/2013 en [http://www.unep.org/geo/geo4/report/GEO-4\\_Report\\_Full\\_ES.pdf](http://www.unep.org/geo/geo4/report/GEO-4_Report_Full_ES.pdf)
- Sustainable Management and Quality of Water (AQUAREC). *Programa de Investigación para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos*. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico. 2012. Recuperado el 22/06/2013 en [www.-iiap.-org.-pe/-Upload/-Conferencia/-CONF186.-pdf](http://www.-iiap.-org.-pe/-Upload/-Conferencia/-CONF186.-pdf)
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SAGARPA) 2007, *Programa Sectorial de desarrollo Agropecuario y Pesquero 2007-2012*.

#### HEMEROGRAFÍA

- Bosello, Francesco. Zhang, Jian. *Assessing Climate Change Impacts: Agriculture. Climate Change Feedback on Economic Growth: Explorations with a Dynamic General Equilibrium Model*. <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/3755.pdf>
- Biol. Martínez Fernández, Julia . *ABC de Cambio Climático: Impactos y Acciones en México*. Instituto Nacional de Ecología y la Secretaría de Medios Ambientales y Recursos Naturales.2010. Recuperado el [http://participacionsocial.sre.gob.mx/docs/incidencia\\_social\\_ambito\\_regional](http://participacionsocial.sre.gob.mx/docs/incidencia_social_ambito_regional)



\_multilateral/agenda\_internacional/agenda\_y\_temas\_internacionales/cambio\_climatico/presentaciones/cc\_julia\_2.pdf

- Centro de Noticias Organización de Naciones Unidas.  
<http://www.un.org/spanish/News/story.asp?newsID=12801>
- Convención Marco de Las Naciones Unidas para El Cambio Climático (1998).
- [http://unfccc.int/portal\\_espanol/informacion\\_basica/protocolo\\_de\\_kyoto/items/6215.php](http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php)
  
- Convención sobre Derecho del Mar en 1982.  
[www.un.org/depts/los/convention\\_agreements/texts/.../convemar\\_es.pdf](http://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/.../convemar_es.pdf).
- GIZ. (2013) *Cooperación triangular entre México, Bolivia y Alemania: Depuración y reutilización de aguas servidas y protección de los recursos hídricos como medidas de adaptación al cambio climático*. [versión electrónica] 2103. <http://www.giz.de/de/weltweit/11838.html>
- National Geographic Society . *Informes de Agua Dulce*.  
<http://environment.nationalgeographic.com/environment/freshwater/>
- Organización de Naciones Unidas. Conclusiones de la Cumbre de la ONU sobre cambio climático. *Uno de los principales acuerdos resultantes ha sido la prorrogación hasta 2020 del Protocolo de Kioto, para la reducción de gases de efecto invernadero*. [Versión electrónica]. 2012.  
<http://www.foretica.org/sala-de-prensa/noticias/2152-conclusiones-de-la-cumbre-de-la-onu-sobre-cambio-climatico?lang=es>
  
- Primera Conferencia Mundial sobre el Clima.
- <http://www.iebem.edu.mx/files/T6-L3-respuesta%20del%20mundo%20al%20cambio%20climatico.pdf>.
- Permafrost. <http://www.wunderground.com/climate/permafrost.asp>
- Vernon W. Ruttan. *La Transición Hacia La Sostenibilidad Agrícola*.  
<http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/RuttanSP.htm>
  
- ENTREVISTAS
- Úrsula, Oswald. En el discurso de apertura de la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) sobre el agua y el cambio climático*. Evento Co-organizado por la CONAGUA y el Secretariado de la CMNUCC el 18 de julio de 2012. Catedrática sobre Vulnerabilidad Social de las Naciones Unidas y miembro activo del IPCC.

- Oswald, Úrsula. Entrevista realizada el 20 de julio de 2012, en el marco de los primeros Talleres de Agua y Climático de la UNFCCC en la Cd. de México. 04.06 pm. Realizada por el autor de la presente tesina.
- Jonathan Martínez el 15 de Agosto de 2012, en el marco de los primeros Talleres de Agua y Climático de la UNFCCC en la Cd. de México. 10.20 am. Realizada por el autor de la presente tesina.
- Guedan, Manuel en el *Foro sobre Innovación en la Cooperación Internacional para el Desarrollo en México*. El foro fue organizado por el Instituto Mora y el Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación. Nota tomada por el autor el 3 y 4 de Octubre