

**OE 45 Economía agraria,  
pesca y alimentación**

**SV Uso eficiente de recursos naturales**

**Equipo temático  
Clima**

Manual de capacitación

**El cambio climático influye en la agricultura.  
La agricultura influye en el cambio climático.**

## Índice

<b>1. Agricultura y cambio climático.....</b>	<b>4</b>
El efecto invernadero natural .....	4
El efecto invernadero antropogénico.....	4
Causantes de emisiones invernadero .....	5
Probable evolución y consecuencias del calentamiento a nivel global .....	6
<b>2. Consecuencias del cambio climático para la agricultura .....</b>	<b>8</b>
Consecuencias directas para la agricultura .....	8
Proyecciones (basadas en modelos) .....	8
Factores de incertidumbre en las proyecciones en base a modelos .....	9
<b>3. Adaptación.....</b>	<b>10</b>
Adaptación autónoma .....	10
Adaptación dirigido políticamente .....	12
<b>4. Consecuencias de la agricultura para el cambio climático .....</b>	<b>13</b>
Gases invernadero provenientes de la agricultura.....	13
Uso de fertilizantes - panorama global.....	14
Emisiones de óxido de nitrógeno (N <sub>2</sub> O) .....	14
Emisiones por cambios en el uso de tierras y por la forestería (LUCF).....	15
Emisiones causadas por el cultivo de arroz irrigado .....	16
Emisiones causadas por la ganadería y el uso de fertilizantes.....	16
<b>5. Mitigación (engl. mitigation) .....</b>	<b>17</b>
Reducción de emisiones .....	18
Gestión de efectivos pecuarios .....	18
Gestión de abonos .....	18
Gestión de fertilizantes.....	19
Gestión de la producción arrocerá .....	19
Secuestro .....	20
Reconversión del uso de la tierra.....	20
Gestión de campos agrarios y uso adaptado de tierras.....	20
Efectos de medidas de mitigación.....	21
<b>6. Mercados de carbono .....</b>	<b>22</b>
¿Qué son los mercados de emisiones? .....	22
Compliance markets.....	22
Mercados voluntarios .....	24
Vista panorámica: compliance markets vs. mercados voluntarios.....	25

Posibles estándares para la generación de reducciones de emisiones comerciables en la agricultura.....	26
Proyectos de CO <sub>2</sub> en la agricultura .....	27
Posibilidades .....	28
Limitaciones .....	28
<b>7. Sinergias entre medidas de adaptación y de mitigación .....</b>	<b>30</b>
<b>8. ¿Dónde debe comenzar la CD? .....</b>	<b>32</b>
<b>9. Literatura.....</b>	<b>34</b>

### Figuras

Fig. 1: Proporciones de los diferentes sectores en la producción global de gases invernadero antropogénicos en el año 2000 .....	6
Fig. 2: Distribución sectorial de las emisiones de gases invernadero .....	13
Fig. 3: Potencial de mitigación hasta el año 2030 según sistemas agrarios y con las reducciones correspondientes de CO <sub>2</sub> .....	17
Fig. 4: Crecimiento de los mercados de emisiones '98 – '06 .....	26
Fig. 5: Elementos de estándares.....	27
Fig. 6: Potencial de mitigación de diferentes sectores con diferentes precios de CO <sub>2</sub> .....	29

### Tablas

Tabla 1: Los gases más importantes de efecto invernadero.....	5
Tabla 2: Temperatura y precipitaciones de los años 1961 a 1990 y del 2070 al 2099 ...	9
Tabla. 3: Emisiones de gases invernadero observados y probables en el futuro provenientes del sector agrario según regiones, 1990 al 2020 (Mt CO <sub>2</sub> -eq) .....	14
Tabla 4: Reservas globales de carbono en la vegetación.....	15
Tabla 5: Tipos de proyectos .....	23
Tabla 6: compliance vs. voluntary markets .....	25

## 1. Agricultura y cambio climático

En un sentido estrecho de la palabra, el clima está constituido por la totalidad de los fenómenos meteorológicos (temperatura, precipitaciones, vientos, etc.) que caracterizan el estado promedio de la atmósfera en un determinado lugar. Para describir el clima, se toman en cuenta los valores medidos en un determinado período de referencia de 30 años de duración ubicado en el pasado. Si tomamos un sentido más amplio de la palabra, el clima se define como el estado del sistema climático. Uno de los aspectos que determinan el clima de la tierra es el efecto invernadero.

### El efecto invernadero natural

El efecto invernadero es el efecto de calentamiento natural de la atmósfera. Los rayos del sol de onda corta traspasan la atmósfera (es decir la capa de gases que envuelve la tierra) casi sin resistencia, mientras que la radiación de onda larga reflejada por la tierra es absorbida parcialmente por los así llamados gases invernadero. Es gracias a este fenómeno llamado contrarradiación atmosférica que la temperatura media global cerca de la superficie de la tierra es de 15°C, si no hubiera la atmósfera, no sería más de -18°C. Los gases invernadero son sustancias gaseosas que inciden en la situación de radiación. Pueden ser de origen natural o antropogénico. Los gases invernadero naturales más importantes que existen en nuestra atmósfera son: vapor de agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y ozono (O<sub>3</sub>).

### El efecto invernadero antropogénico

Las emisiones antropogénicas de gases invernadero – sobre todo CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, óxido de nitrógeno/gas de la risa (N<sub>2</sub>O) y compuestos fluorados - intensifican el efecto invernadero en la atmósfera. De hecho, la consecuencia de estas intervenciones antropogénicas en el sistema climático son el cambio climático y el calentamiento global. El efecto calentador de los gases varía (nocividad para el clima/efectividad climática) y se lo expresa en relación al CO<sub>2</sub> (equivalencias de CO<sub>2</sub>). Por ejemplo, la nocividad para el clima del metano es 23 veces más alta que la del CO<sub>2</sub> (tabla 1).

#### Definición: Calentamiento global

Se entiende bajo el término calentamiento global el paulatino aumento del promedio de la temperatura global. Probablemente, la causa principal es la intensificación del efecto invernadero natural como consecuencia de la acción del hombre. La consecuencia podría ser un incremento global de la temperatura promedio de 6,4°C hasta el fin del siglo XXI (IPCC 2007).

Tabla 1: Los gases más importantes de efecto invernadero

Gas invernadero	Origen antropogénico	Su participación en el ef. inv. antropogénico (desde 1750)	Su participación en el ef. inv. Natural	Efectividad climática (CO <sub>2</sub> = 1)
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Combustión de energías fósiles; tala de bosques y erosión de suelos	55%	9-26%	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	Cultivos de arroz; ganadería; residuos; uso de energías fósiles.	15%	4-9%	aprox. 23
Ozono (O <sub>3</sub> )	Se forma indirectamente mediante reacciones fotoquímicas; combustión de energías fósiles	7%	3-7%	aprox. 2.000
Óxido de nitrógeno (N <sub>2</sub> O)	Combustión de biomasa y energías fósiles; uso de fertilizantes	5%	4%	aprox. 200-300
Clorofluorocarburos (CFC)	Propolentes para aerosoles; uso en líquidos refrigerantes, etc.	5%	-	aprox. 14.000
Vapor de agua (H <sub>2</sub> O)	Procesos de combustión	< 10%	36-70%	Sin datos

(Fuente: GTZ, 2008)

## Causantes de emisiones invernadero

Desde la época preindustrial, las emisiones invernadero han aumentado considerablemente, habiéndose observado un incremento del 70% entre los años 1970 y 2004 (IPCC 2007).

Si analizamos las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el hombre en los últimos 100 años (duración de la efectividad del CO<sub>2</sub>) queda muy claro que los principales causantes son los países industrializados. De hecho, casi el 60% de las emisiones son generadas en Europa y en los Estados Unidos, mientras que la totalidad de los países en vías de desarrollo son responsables del 21%.

Al echar una mirada a las emisiones acumuladas de los últimos 15 años, vemos que son sobre todo los así llamados países umbral como China y la India que van aumentando su participación en la emisión de CO<sub>2</sub> a nivel global.

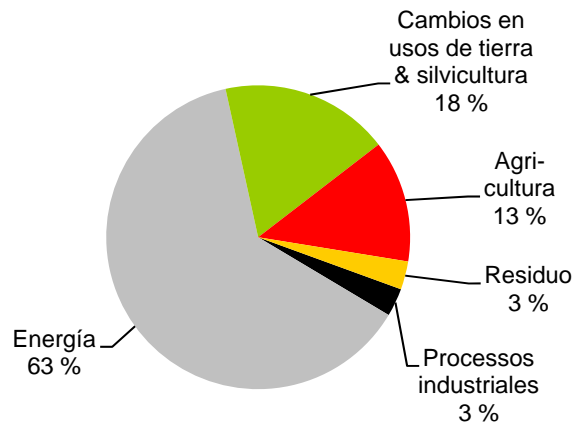
### Definición: cambio climático

Las diferentes formas de estado del sistema climático implican un permanente cambio climático en diferentes escalas de tiempo y espacio.

Aparte de los factores propulsores naturales del cambio climático (p.ej. la actividad solar, el volcanismo) ha venido produciéndose una significativa influencia ejercida por el hombre. Esta influencia antropogénica en el clima proviene principalmente de las siguientes actividades:

- Liberación de gases trazo que influyen en el clima
  - Emisión de partículas
  - Cambios en el estado de la superficie de la tierra
- (Potsdamer Institut für Klimaforschung)

La fig. 1 ilustra las proporciones de los diferentes sectores en la producción global de gases invernadero antropogénicos en el año 2000. Conjuntamente con los cambios en los usos de la tierra, el sector agrícola es responsable de casi la tercera parte de la emisión total. Las actividades agrícolas que más contribuyen a estas cifras son: producción de arroz, crianza de animales, uso de fertilizantes, quema de residuos y uso de fertilizantes.



**Fig. 1: Proporciones de los diferentes sectores en la producción global de gases invernadero antropogénicos en el año 2000** (Fuente: GTZ, 2008)

## Probable evolución y consecuencias del calentamiento a nivel global

Algunas consecuencias del calentamiento global son perceptibles ya ahora, otras se harán sentir en el futuro. Entre otros factores, la magnitud de los impactos depende de la cantidad de gases invernaderos producidos, motivo por el cual es muy difícil pronosticar cuál será la magnitud de estas consecuencias. Sin embargo, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, conocido como IPCC por su sigla en inglés (Intergovernmental Panel on Climate Change)<sup>1</sup>, ha elaborado proyecciones al respecto tomando como base cuatro escenarios con fuerzas propulsoras diferentes. Según estas proyecciones, la concentración de CO<sub>2</sub> seguirá en aumento en todos los escenarios. Para mantener concentraciones bajas, harían falta reducciones drásticas (50% al 80%) de las emisiones globales. Cabe señalar, sin embargo, que es difícil llegar a proyecciones claras porque hasta hoy, no se ha podido determinar la continuación de la función sumidera de océanos y selvas tropicales. Hasta el año 2100, la temperatura media global en la superficie de la tierra se incrementará en 1,1 a 6,4 C, siendo que el calentamiento será particularmente fuerte en superficies terrestres. En el Norte, la elevación de la temperatura corresponderá sobre todo a los meses de invierno. Asimismo, se pronostica una intensificación del circuito hidrológico. A nivel global,

<sup>1</sup> El IPCC es denominado también el Consejo Climático y fue fundado en 1988 por la Organización Mundial de Meteorología (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, UNEP en inglés). Su principal tarea es procesar la información generada por las ciencias respecto a la investigación del clima. Estas informaciones constituyen la base de decisión para la determinación de la política climática. El IPCC forma parte también de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNCC, UNFCCC por sigla en inglés).

las precipitaciones aumentarán (en forma diferenciada por zonas) en un 20%. Al respecto, actualmente se está librando un controvertido debate entre los expertos sobre la pregunta de si estas precipitaciones adicionales caerán más en áreas que ya tienen suficientes lluvias (aunque con altibajos más pronunciados anualmente) o si se registrarán en zonas con escasez de precipitaciones (produciéndose hechos aislados de lluvias torrenciales extraordinariamente fuertes).

Algunas de las consecuencias para el medio ambiente son:

- Cambios en las estaciones del año
- Desplazamiento de zonas climáticas
- Aumento del nivel del mar
- Cambios en ecosistemas
- Reducción de glaciares y desaparición de los hielos árticos
- Cambios en padrones de precipitaciones
- Acontecimientos meteorológicos extremos

Asimismo, los expertos suponen que el calentamiento generará consecuencias positivas y negativas en el sistema climático (liberación de metano por el descongelamiento de suelos de permafrost). Pero las consecuencias del cambio climático se harán sentir también a nivel político, social y económico. Pues en las regiones, en las que los cambios del clima perjudican de manera sostenida las condiciones de vida de las personas, aumentarán las tendencias migratorias. De igual manera, la salud del ser humano se verá afectada por el cambio climático tanto de manera directa (p.ej. olas de calor o de frío) como indirecta (p.ej. propagación de enfermedades y vectores como la malaria).

Puesto que la agricultura depende en gran medida de la temperatura y de la disponibilidad de agua, el clima es de fundamental importancia para la seguridad alimentaria. Gran parte de los pobres en los países de desarrollo viven directamente de la agricultura, de manera que serán ellos los más afectados por el cambio climático.

## 2. Consecuencias del cambio climático para la agricultura

Los cambios climáticos pronosticados incidirán fuertemente en las condiciones agroecológicas y en la producción alimentaria. Para asegurar su alimentación, a los productores agrícolas, no les quedará otra que ajustarse al cambio de las condiciones. Con ayuda de modelos, se pretende identificar las regiones más vulnerables y las consecuencias que tendrá el cambio climático en ellas, para así poder tomar las medidas necesarias. En lo que sigue, resumiremos los resultados de estos modelos (GTZ, 2008).

### Consecuencias directas para la agricultura

- Los cambios en temperatura y precipitaciones estacionales tienen consecuencias para las condiciones agroclimáticas, los períodos de vegetación y las épocas de siembra y cosecha pueden sufrir variaciones. De igual manera, habrá efectos en cuanto a la disponibilidad de agua, la propagación de enfermedades y de malezas.
- Cambian la evapotranspiración y el rendimiento fotosintético así como la producción de biomasa.
- Asimismo, puede haber cambios en la utilizabilidad de las tierras.
- Las plantas como el arroz, el trigo, la soya (plantas C3) – que en muchas regiones con alimentos básicos – podrían beneficiarse de una mayor concentración de CO<sub>2</sub> (efecto abono del CO<sub>2</sub>), pues debido a su estructura morfológica pueden aprovechar mejor las altas concentraciones de CO<sub>2</sub> que las plantas C4.

### Proyecciones (basadas en modelos)

Los resultados más importantes de los modelos globales señalan lo siguiente:

- Habrá desequilibrios respecto a riesgos entre países industrializados y de desarrollo.
- Si no ajustan su producción, con un aumento de la temperatura global de tan sólo 1 a 2 C, los países de desarrollo sufrirán bajas en las cosechas de la mayoría de sus cultivos.
- En latitudes medianas y altas, un incremento de la temperatura de 1 a 3° C, puede resultar en un incremento de las cosechas.
- Para los cultivos en países tropicales y subtropicales, que ya hoy en día han llegado al límite de su tolerancia de temperatura, las bajas en las cosechas serán mayores.
- Hasta el año 2080, las importaciones de granos de los países de desarrollo crecerán en un 10% al 40%.
- La región con la mayor cantidad de personas que sufren por la inseguridad alimentaria será África.



## Factores de incertidumbre en las proyecciones en base a modelos

- Se supone que el efecto abono CO<sub>2</sub> puede tener un impacto positivo para la productividad agraria. Sin embargo, los estudios realizados hasta ahora al respecto, se limitan a muy pocos cultivos.
- La amplitud de proyecciones potencialmente negativas puede ser paliada con medidas de adaptación.

**Tabla 2: Temperatura y precipitaciones de los años 1961 a 1990 y del 2070 al 2099 para algunos países (promedios anuales)**

País	Temperatura (°C)		Precipitaciones (mm/día)	
	1961-1990	2070-2099	1961-1990	2070-2099 <sup>2</sup>
Australia (Sudeste)	16,68	20,27	1,66	1,61
Bangladesh	24,46	28,13	6,42	7,04
Camerún	24,60	28,16	4,36	4,50
China (central)	9,49	14,48	2,03	2,43
India (Noreste)	20,54	24,54	3,51	4,34
Madagascar	22,28	25,53	4,12	3,91
México	22,66	24,71	2,09	1,84
Portugal	14,93	18,82	2,16	1,85
Siberia (Noreste)	-13,97	-5,84	0,79	1,15

(Fuente: Cline, 2007)

Los datos de la tabla 2 revelan que aún con un aumento inicial mínimo de la temperatura en los próximos años que vendría acompañado con un aumento de la producción, los que se beneficiarían serían casi exclusivamente los países ya desarrollados. En cambio, los países en desarrollo se enfrentarían a bajas de cosechas ya en los próximos años. Según proyecciones del IPCC, hasta el año 2080, se registrará una baja de la producción a nivel mundial del 16% (sin tomar en cuenta el efecto abono del CO<sub>2</sub>). Tomando en consideración dicho efecto, la reducción sería de un 3%. En realidad, un descenso de la producción de un 16% tendría consecuencias dramáticas para la disponibilidad de alimentos a nivel global y generaría un fuerte incremento de los precios de productos agrarios. Y aún suponiendo una reducción de la producción del 3%, los efectos que esto causaría en algunas regiones - especialmente en países en desarrollo - serían desastrosos, puesto que son precisamente los países en los que observamos el mayor crecimiento demográfico y que, por lo tanto, tendrán una demanda de alimentos cada vez más alta.

<sup>2</sup> Según proyecciones climáticas en General Circulation Models (GCM) del IPCC

### 3. Adaptación

A continuación, en forma resumida, algunos puntos referentes a la adaptación (ingl. *adaptation*) (sg. GTZ, 2008):

- Los cambios en técnicas de labrado de la tierra o las razas de animales adaptadas son ejemplos de medidas de corto plazo.
- Las medidas de largo plazo como p.ej. una mejor gestión de agua o la implementación de sistemas de riego pueden ayudar a lograr la adaptación a los cambios del clima.
- Las formas de apoyo externo van desde la puesta a disposición de información pasando por la asesoría y la capacitación en temas de medidas de adaptación hasta el desarrollo de capacidades institucionales y de política. La adaptación no es una actividad aislada. Su integración en proyectos, planificaciones, políticas y estrategias de desarrollo es fundamental y decisivo.

#### Definición: adaptación

Entendemos bajo el término “adaptación” las iniciativas y medidas que reducen la vulnerabilidad de los sistemas naturales y antropogénicas frente a los efectos reales o esperados del cambio climático (IPCC, 2007).

Por lo tanto, la adaptación implica tanto la adaptación de prácticas, procesos y capital a los cambios climáticos actuales y probables como también la adaptación del entorno decisorio, p.ej. las estructuras institucionales y sociales, así como medidas de ajuste técnicas que tengan el potencial de permitir la adaptación (véase también IPCC, cap. 17, 2007).

Generalmente, se divide la adaptación en dos categorías: **adaptación autónoma**, es decir la adaptación continuo de tecnologías, técnicas y conocimiento a los cambios en las condiciones climáticas, y la adaptación **dirigido (o planeado) políticamente**, que implica medidas en las condiciones marco institucionales y políticas que crean las condiciones necesarias para mejorar la capacidad de adaptación.

#### Adaptación autónoma

La mayoría de las medidas de adaptación autónoma no son más que medidas de producción que contribuyen a una mejor gestión de riesgo y al aumento de la productividad.

En la agricultura, algunas de la gran variedad de medidas de adaptación autónoma son las siguientes:

- Cambios en insumos para la producción:
  - Cultivos con requerimientos de temperatura y tiempos de vernalización (momento de la inducción de la floración) adaptados y/o una mayor tolerancia frente a calor y sequía

- Uso de fertilizantes adaptados a las condiciones climáticas y que permitan tener sostenibilidad en la calidad del fruto y de la cosecha
- Mejoras en medidas de riego (ahorro de agua, riego adaptado en el tiempo)
- Uso ampliado de técnicas para aumentar la capacidad de retención de agua del suelo y para conservar la humedad del mismo (p.ej. dejar residuos de cultivos en el suelo, siempre y cuando esto no implique un mayor riesgo de plagas); uso de técnicas de riego eficientes
- Una gestión de agua que reduzca la humedación, la erosión y el lavado de nutrientes en los suelos en regiones con cantidades de precipitaciones crecientes
- Adaptación estacional al desplazamiento de lugares de cultivo (optimización del momento de la siembra)
- Diversificación mediante actividades agrícolas complementarias como, p.ej. la crianza de animales o la plantación de otros cultivos con el fin de mejorar los ingresos económicos
- Mejoras en la protección de cultivos (técnicas de protección integradas, cultivos con mayor resistencia contra plagas y parásitos, mejoramiento de medidas de cuarentena y del monitoreo de la carga parasitaria y de enfermedades)
- Uso de modelos climáticos para planificar medidas de adaptación

Estas medidas de adaptación – implementadas ya sea de manera individual o en combinación unas con otras – tienen el potencial de paliar las consecuencias negativas del cambio climático y de sacar provecho de lo positivo que implica. De igual manera, en la pecuaria también existen medidas de adaptación autónomo, p. ej.:

- Modificación de tiempos de pastoreo
- Rotación de superficies de pastoreo
- Cambios en la combinación plantas para forraje/raza de animales (p.ej. plantas de forraje adaptadas, ajustes en el uso de fertilizantes, gestión de agua, complementos de forraje)

Sin embargo, cabe señalar que existen ciertas limitaciones que no permiten llegar a un adaptación total. Así, las razas de animales con alta tolerancia al calor muchas veces tienen un menor potencial productivo. De igual manera, en zonas climáticas más cálidas, podría ser necesario adaptar la infraestructura y también la gestión para controlar los índices de productividad, de fertilidad y de mortalidad causados por las altas temperaturas. Por su parte, en las zonas climáticas más frías, tal vez ya no será necesario el uso de establos para el invierno.

## Adaptación dirigido políticamente

La adaptación política apoya las medidas que acabamos de señalar e incluye p.ej. medidas de planificación y de desarrollo de capacidades. Las medidas de adaptación dirigidas políticamente pueden incluir los siguientes aspectos:

- Creación de posibilidades de ajuste técnicas mediante inversiones en a) nuevas tecnologías (p.ej. especies mejoradas, forraje, razas de animales) o b) técnicas tradicionales que gracias al cambio climático viven una revalorización
- Otras medidas se refieren a la diversificación en actividades no-agrarias, el apoyo en el almacenaje de forraje y alimentos (a nivel comunal), a ayudas alimentarias y a la generación de empleos para la población más afectada, también a la elaboración de planes de emergencia y de construcción de capacidades para el desarrollo de capital social y la transferencia de información
- Debe fomentarse la elaboración de una base de datos y de *know how* sobre las consecuencias del cambio climático. Asimismo, es necesario tomar decisiones políticas respecto al fomento de la investigación, el análisis sistémico, la difusión de resultados de estudios científicos y la conformación de redes regionales de información. Para el monitoreo de incidencias de enfermedades, plagas y factores similares influenciados de manera directa por el cambio climático también deben adoptarse políticas de apoyo de esta índole.
- Por su parte, cooperación financiera y técnica también debe apuntar a una planificación adecuado de gestiones y usos de tierra que necesariamente han de tomar en cuenta el cambio climático. Así, se debe realizar mayores inversiones en infraestructura de riego y en el fomento de una eficiente gestión de agua. La proyección adecuada de vías de transporte y posibilidades de almacenaje así como la reglamentación de la propiedad de tierras (FAO, 2003) son sumamente importantes. Algunas otras medidas son la creación de ferias y mercados eficientes, funcionales y de fácil acceso par productos y medidos de producción (semillas, abono, mano de obra, etc.), servicios financieros incl. seguros (Turvey, 2001) y también el desarrollo y el apoyo de servicios de asesoría.

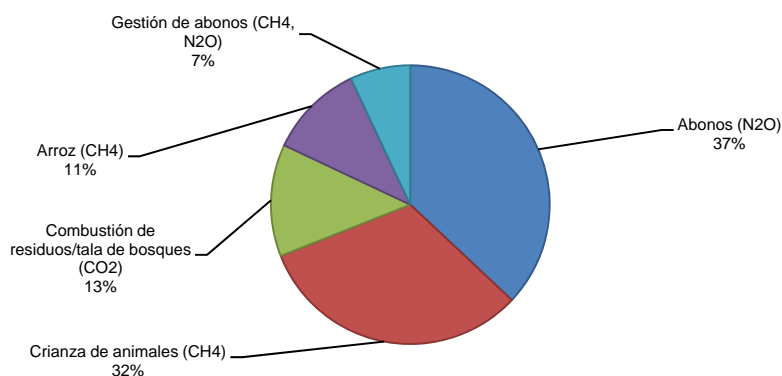
En todo ello, es necesario tomar en cuenta la interacción entre las medidas de adaptación políticas que acabamos de mencionar y las medidas que demandan la protección sostenible de recursos, la política sanitaria (ser humano y animal), la gerencia del Estado, los derechos políticos, etc. De hecho, el objetivo debe ser el *mainstreaming* (transversalidad) de las medidas de adaptación al cambio climático en la política de los diferentes sectores (p.ej. medio ambiente, agricultura, infraestructura, salud) y en todos los niveles (nacional, regional, local).

#### 4. Consecuencias de la agricultura para el cambio climático

La emisión de gases invernadero contribuye de manera sustancial al calentamiento global. Por lo tanto, en lo que sigue, explicaremos la función de la agricultura como fuente y sumidero de los gases invernadero.

##### Gases invernadero provenientes de la agricultura

En la escala global, el 13% de las emisiones de gases que influyen en el clima pertenece al sector agrario, 18% a los cambios de usos de tierra y a la forestería (véase cap. 1, fig. 1). Si tomamos en cuenta la distribución sectorial de las emisiones de gases invernadero al interior del sector agrario, observamos que gran parte (37%) se debe al uso de fertilizantes y a la crianza de animales (32%). Asimismo, son importantes la producción arrocera, la tala de bosques, la combustión de residuos así como la gestión de fertilizantes (véase fig. 2).



**Fig. 2: Distribución sectorial de las emisiones de gases invernadero en la agricultura para el año 2000**  
(Fuente: GTZ, 2008)

Es probable que las emisiones provenientes de la agricultura sigan en aumento. Los motivos para ello son la creciente demanda de productos agrarios y los cambios en los hábitos alimenticios de la población. Asimismo, no podemos olvidar que la población crece a pasos agigantados y la demanda de productos alimentarios de origen animal con ella.

En comparación con el año 1990, se estima que habrá un incremento de las emisiones de gases invernadero del 24% hasta el 2010 y del 40% hasta el 2020. Es más, para el caso de África, se prevé una duplicación de las emisiones, para América Latina un aumento de aprox. el 70%, para China de un 50% (véase tabla 3) (USEPA, 2006a).

**Tabla. 3: Emisiones de gases invernadero observados y probables en el futuro provenientes del sector agrario según regiones, 1990 al 2020 (Mt CO<sub>2</sub>-eq)**

Región	1990	2000	2010	2020
África	664	934	1098	1294
China/CPA	1006	1159	1330	1511
América Latina	890	1097	1284	1505
Oriente Medio	62	74	99	125
Europa Occidental (no UE)	21	19	21	24
No UE, ex Unión Soviética	410	217	246	279
OCDE90 & EU	1346	1283	1306	1358
Sudeste Asiático	823	946	1084	1214
Mundo total	5223	5729	6468	7311

(Fuente: USEPA, 2006a)

### Uso de fertilizantes - panorama global

El uso de fertilizantes ha aumentado fuertemente en los últimos 50 años. Mientras que en Europa, la cantidad de fertilizantes utilizada por hectárea ha disminuido, en los países de desarrollo se ha observado un incremento sustancial. Especialmente en China – uno de los denominados países umbral – se registra una considerable tendencia a aumentar el uso de fertilizantes. De hecho, actualmente, llega a 250kg/ha/año, lo que es más que las cifras que se observaban en Europa en los años 1970 y 1980. Uno de los motivos de esta situación son los altos subsidios para fertilizantes en China.

### Emisiones de óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O)

Los excesos o el uso no adecuado de fertilizantes en base a nitrógeno generan emisiones del así llamado gas de la risa (óxido de nitrógeno N<sub>2</sub>O). Generalmente, el proceso es el siguiente: el abono es aplicado en cantidades exageradas o en un momento no adecuado, de tal forma que el suelo o la vegetación no logra absorberlo totalmente. Por lo tanto, en épocas de lluvias abundantes o también como consecuencia de actividades de riego no eficientes, el agua excedente (ya se de lluvia o de riego) transporta parte del nitrógeno a las aguas superficiales o también a la napa freática. La consecuencia es una eutrofización (exceso de nutrientes) de la napa freática o de las aguas. Otra proporción del nitrógeno es transformada en el suelo de tal manera que puede llegar a la atmósfera en forma de óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O).

## Emisiones por cambios en el uso de tierras y por la forestería (LUCF)

El circuito del carbono global está constituido por sumideros y fuentes. Los sumideros de dióxido de carbono más importantes son la vegetación y el suelo. Al generarse biomasa, se consume, es decir se almacena CO<sub>2</sub>.

Las superficies terrestres con los niveles más bajos de carbono son las tierras agrícolas seguidas por los desiertos y los semidesiertos. En cambio, los humedales y los bosques de alta densidad son los que tienen las cantidades más altas. De hecho, los bosques tropicales almacenan tres veces más carbono que las tierras agrícolas, los bosques de coníferas boreales cinco veces más, los humedales incluso ocho veces más. Significa que cada que alguna superficie es convertida en tierra agrícola, se libera carbono en forma de CO<sub>2</sub>. Este CO<sub>2</sub> pasa a la atmósfera.

Las LUCF son responsables de aprox. el 18% del total de las emisiones de gases invernadero a nivel global. 2/3 partes del total de las LUCF corresponden a la transformación de superficies agrícolas, le sigue la tala de bosques con el 16% y la transformación de superficies en áreas de pastoreo con el 13%. En algunos países, las emisiones por LUCF son mayores que las causadas por la quema de materia prima fósil. En Brasil, por ejemplo, tan sólo la tala de bosques contribuye con un 5% al total de las emisiones de gases invernadero.

**Tabla 4: Reservas globales de carbono en la vegetación y en hasta 1 m de profundidad en el suelo**

Biomasa	Superficie	Contenido de carbono (Pg CO <sub>2</sub> -eq)			Contenido de carbono (Pg CO <sub>2</sub> -eq M km <sup>2</sup> )
		Vegetación	Suelo	Total	
Bosques tropicales	17.60	776	791	1566	89
Bosques templados	10.40	216	366	582	56
Sabanas tropicales	13.70	322	1724	2046	149
Bosques de coníferas boreales	22.50	242	966	1208	54
Estepas de gramíneas templadas	12.50	33	1080	1113	89
Desiertos y semidesiertos	45.50	29	699	728	16
Tundra	9.50	22	443	465	49
Humedales	3.50	55	824	878	251
Superficies agrícolas	16.00	11	468	479	30
<b>Total</b>	<b>151.20</b>	<b>1706</b>	<b>7360</b>	<b>9066</b>	<b>60</b>

(Fuente: IPCC 2001, Land use, land use change and forestry)

## **Emisiones causadas por el cultivo de arroz irrigado**

Los cultivos de arroz irrigados son la tercera fuente de emisión de gases invernadero en la agricultura, pues aportan al total de las emisiones agrícolas con el 11% (616 Mt CO<sub>2</sub>eq). Al inundar los cultivos, se crean condiciones anaeróbicas y se produce CH<sub>4</sub>. Más del 90% de las emisiones por el cultivo de arroz irrigado provienen de China y el Sureste de Asia. A raíz del crecimiento poblacional y el consecuente incremento de las superficies de producción, se estima que hasta el año 2020, tendremos un aumento de las emisiones del 16% (10% in China, 36% en el Sureste Asiático) (USEPA, 2006a).

## **Emisiones causadas por la ganadería y el uso de fertilizantes**

En lo que respecta a las emisiones causadas por la ganadería o la crianza de animales agrícolas, existen varias vías de emisión. De hecho, la ganadería en sí y los abonos que produce generan emisiones directamente, también los productos agroquímicos y los cambios en el uso de la tierra. De manera global, aprox. el 39% del total de las emisiones agrarias corresponden a la crianza de animales. Entre ellos, los emisores más importantes son los rumiantes como las vacas y las ovejas, pues producen aprox. el 60% de todas las emisiones de metano en todo el mundo.

Una mala gestión de fertilizantes puede causar grandes emisiones. El abono animal está compuesto, más que todo, por sustancias orgánicas. En condiciones sin oxígeno (anaeróbicas), estas sustancias orgánicas son descompuestas con bacterias que producen metano. El abono que más aporta a las emisiones de metano es el de los cerdos.

Otro aspecto importante son las emisiones indirectas que se producen con el cultivo de forraje. Estos cultivos necesitan abono y, además, las correspondientes superficies, situación que causa las emisiones que acabamos de señalar.



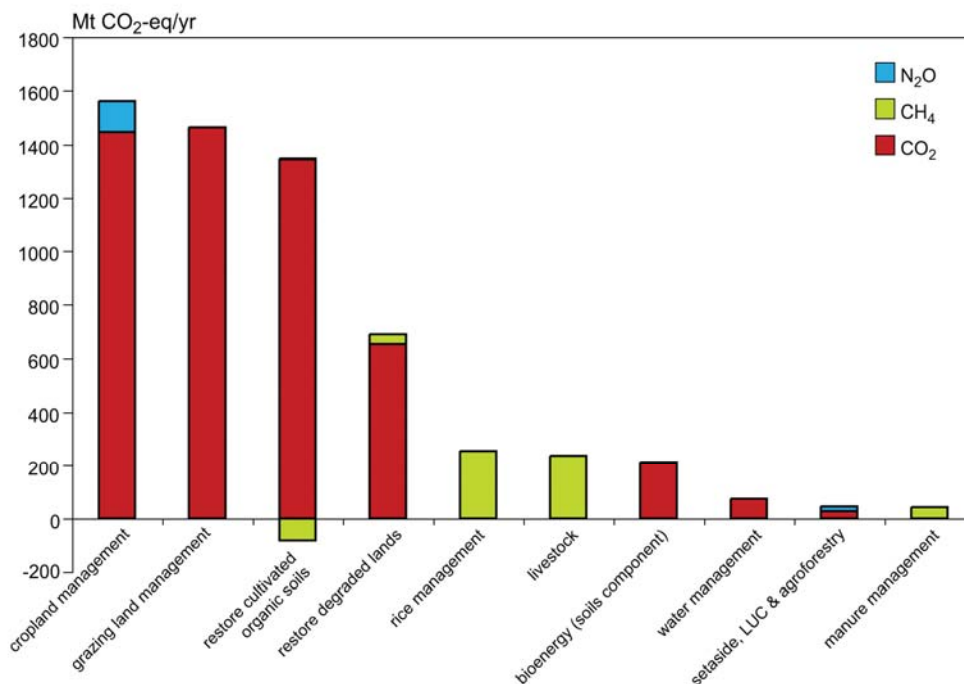
## 5. Mitigación (engl. *mitigation*)

Hemos visto que, por un lado, la agricultura se ve afectada por el cambio climático, pero que, por otro, también contribuye al mismo mediante la emisión de gases invernadero. Este último aspecto implica que el sector agrario tiene potenciales para contribuir a la reducción de la magnitud del cambio climático.

Especialmente los países de desarrollo tienen un potencial de mitigación enorme. De hecho, es en estos países donde se puede lograr más del 70% de todas las reducciones técnicamente factibles. El informe del IPCC llega a la conclusión de que se podría ahorrar hasta 6 Gt CO<sub>2</sub>eq anualmente (IPCC, 2007b). Cabe señalar, sin embargo, que el 89% correspondería al almacenamiento de carbono en el suelo (5,3 Gt CO<sub>2</sub>-eq/anualmente), el resto a la reducción de las emisiones de metano (0,54 Gt CO<sub>2</sub>-eq/año) y del gas de la risa (0,12Gt CO<sub>2</sub>-eq/año) (véase fig. 3). Lo problemático en el secuestro (emisión y almacenaje de CO<sub>2</sub>) es que en realidad no se trata de un verdadero “ahorro” en CO<sub>2</sub> sino que solamente se lo extrae de la atmósfera. Si más tarde se produce un cambio en el uso de la tierra, el CO<sub>2</sub> puede nuevamente liberarse. En cambio, las reducciones en metano y óxido de nitrógeno sí son “ahorros” reales y, por lo tanto, son más sostenibles.

### Definición: Mitigación

Mitigación (ingl. *mitigation*) es la reducción de las emisiones de gases invernadero mediante prácticas agrarias. Podemos distinguir dos conceptos básicos: Por un lado, la reducción real de las emisiones (ingl. *abatement*) y, por otro, el así llamado secuestro (ingl. *sequestration*), es decir el aumento de la capacidad de absorción de gases de invernadero.



**Fig. 3: Potencial de mitigación hasta el año 2030 según sistemas agrarios y con las reducciones correspondientes de CO<sub>2</sub>**

(Fuente: Smith et al., 2007a)

Ahora bien, si realmente se aprovecha este potencial, depende de varios factores. Aparte del marco político e institucional, obviamente el precio del CO<sub>2</sub> es decisivo. Cuanto más alto el precio por tonelada ahorrada de CO<sub>2</sub>-eq, más incentivo hay para implementar medidas de reducción de emisiones. Según estimaciones, con un precio de 25 USD/ t CO<sub>2</sub>-eq se lograría alcanzar el 36% del potencial de ahorro técnicamente factible (véase Smith et al. 2007a, b) (ver también cap. 6).

## Reducción de emisiones

### Gestión de efectivos pecuarios

Existen varios enfoques para reducir las emisiones directas causadas por la pecuaria:

- *Mejoras en el forraje:* Es posible reducir las emisiones de metano si en vez de ofrecer al ganado forraje verde, se le alimenta con forraje concentrado. Es cierto que esta medida puede aumentar las emisiones diarias, pero generalmente, las emisiones por kg de carne/leche bajan, puesto que el rendimiento del ganado es mayor o puede ser carneado más rápidamente. Asimismo, medidas como el mejoramiento del área de pastoreo y el adicionamiento de ciertos aceites o granos de aceite al forraje también pueden contribuir a reducir las emisiones de metano.
- *Complementos alimentarios:* El uso de determinados complementos alimentarios puede reducir las emisiones de metano. Se trata de ciertas vacunas y de sustancias probióticas y/o halogenadas. Sin embargo, es necesario aclarar que todas estas sustancias todavía se encuentran en proceso de desarrollo, de tal modo que no se puede decir nada confiable sobre los efectos que puedan tener para la salud de los animales y para el medio ambiente.
- *Crianza de nuevas razas:* Para el largo plazo, se discute la posibilidad de criar nuevas razas que emitan menos metano. No obstante, existen varios problemas que la investigación científica todavía no ha solucionado (p.ej. cómo medir las emisiones de cada animal, efectos de la reducción de emisiones para la fertilidad y la producción lechera).

### Gestión de abonos

Existe variedad de prácticas para aminorar las emisiones provenientes de los excrementos animales, p.ej. refrigerar o cubrir los tanques o separar las partículas sólidas del lícuame (estiércol líquido). Otra opción es recolectar las emisiones de metano para luego usarlas como fuente de energía renovable. La putrefacción anaeróbica permite aumentar más la producción de metano. De hecho, esta práctica ha probado su utilidad ya en muchas granjas de cerdos.

Para reducir más las emisiones de metano, se puede recurrir al secado de los excrementos, debiendo tomarse en cuenta el hecho de que esta medida puede incrementar las emisiones de óxido de nitrógeno. A la inversa, es probable que al cubrir los tanques de abono, se logre ahorrar óxido de nitrógeno, pero que se produzca más metano. Con todo, es necesario señalar que las investigaciones en el área de las prácticas de la gestión de abonos todavía son

insuficientes, especialmente respecto al análisis de ciclos de vida en función de las emisiones de gases invernadero.

## Gestión de fertilizantes

El rol de los fertilizantes en el cambio climático es ambivalente. Por un lado, pueden contribuir a mejorar la productividad y con ello al aumento de las reservas de carbono en el suelo. Por otro, el uso inadecuado o excesivo de fertilizantes nitrogenados incrementa las emisiones de óxido de nitrógeno y lleva a una eutrofización de las aguas.

La opción más sostenible sería la implementación de sistemas adaptados de agricultura ecológica. De hecho, los sistemas de rotación con leguminosas muchas veces generan el mismo efecto que las prácticas de fertilización.

Si pese a ello se recurre a fertilizantes nitrogenados, es necesario ajustar las cantidades a las necesidades precisas del lugar (agricultura de precisión, ingl. *precision farming*) para así evitar las emisiones de óxido de nitrógeno y, al mismo tiempo, reducir los gastos de insumos. Otros métodos de mitigación se refieren a la aplicación lenta de los fertilizantes o al uso de sustancias que frenen los procesos microbianos de generación de N<sub>2</sub>O.

## Gestión de la producción arrocera

Las altas emisiones de metano causadas por el cultivo de arroz irrigado ofrecen cierto potencial de mitigación. Sin embargo, la distribución regional de las emisiones pone en evidencia la problemática: el 90% de las emisiones se generan en China y en el Sureste Asiático, es decir en regiones con fuerte crecimiento poblacional. Para abastecer a la población con alimentos, se opta por el cultivo de especies de alto rendimiento. Actualmente, en las superficies existentes, la producción de arroz al seco es más baja que las cosechas en los cultivos irrigados. Si queremos reducir las emisiones de CH<sub>4</sub> de todos modos, sólo queda una mejor gestión de agua. Una opción es desaguar los cultivos una o varias veces durante la fase de crecimiento para así generar condiciones anaeróbicas y con ello, reducir la producción de metano. Sin embargo, los ahorros en metano son anulados en parte por mayores emisiones de óxido de nitrógeno. Por lo tanto, el método puede generar mejores resultados si se lo aplica fuera de la fase de crecimiento, es decir desaguardo los campos que no están siendo utilizados.

### Inciso: *System of Rice Intensification*

Uno de los métodos para incrementar la productividad por ha de los cultivos de arroz es el así llamado System of Rice Intensification (SRI) creado en Madagascar. Se trata de un sistema que no necesita irrigar los campos de cultivo y se basa en la aplicación de fertilizantes en forma de sustancias orgánicas. Cabe observar, sin embargo, que todavía no se han realizado estudios de balance de emisión de gases invernadero para el SRI. (Bellarby et al. 2008).

Otro método es mejorar la producción para aumentar las concentraciones de carbono en el suelo. Si se aplica material orgánico, es necesario hacerlo en los períodos secos. Otra opción interesante es el aprovechamiento de las emisiones de CH<sub>4</sub> como biogás para la generación de energía.

## Secuestro

Las posibilidades para ampliar los sumideros de carbono<sup>3</sup> son varias. Una de ellas es la recuperación de la vegetación natural o el cultivo sostenible de los campos agrarios. Se estima que el potencial de reducción de CO<sub>2</sub> de la agricultura es de 4.500–6.000 Mt CO<sub>2</sub>-eq. Sin embargo, todavía no existen proyectos que comprueben de manera científica que se hayan ahorrado emisiones de gases invernadero gracias a proyectos agrarios. Asimismo, hasta el momento no existe una metodología reconocida para la reducción de gases invernadero en la agricultura.

## Reconversión del uso de la tierra

A fin de crear y conservar sumideros de CO<sub>2</sub> se debe restringir la conversión del suelo en cultivos agrarios y, al mismo tiempo, reconvertir los campos agrarios a su forma de uso original. Ahora bien, para no poner en riesgo la producción alimentaria, sólo podrán reconvertirse superficies marginales. Especialmente la re-humedación de pantanos o ciénagas genera importantes sumideros de carbono. Sólo que estos suelos tienen un alto contenido de carbono que con la aireación del suelo produce emisiones de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O. Una vez desaguardo el suelo, ya no se produce metano, pero el balance de gases invernadero sigue siendo negativo. Un posible potencial de mitigación son las prácticas de labrado mínimo del suelo y algunas plantaciones especiales. Pese a ello, desde el punto de vista de la política climática, la re-humedación es la mejor alternativa.

## Gestión de campos agrarios y uso adaptado de tierras

Otra alternativa es incrementar el bajo contenido de carbono de suelos labrados mediante un uso adaptado y una adecuada gestión de la tierra labrada. Para ello, se pueden aplicar dos prácticas:

- *Aumentar el rendimiento:* Las medidas para mejorar el rendimiento pueden generar un aumento de la biomasa y, por lo tanto, de los niveles de CO<sub>2</sub> que las plantas absorben y liberan al suelo durante su crecimiento. Aparte del uso de fertilizantes, una adecuada gestión de aguas, las semillas adaptadas y el cultivo de leguminosas (que ligan nitrógeno) también contribuyen a lograr una mayor producción.
- *Reducción de la perturbación del suelo:* El arado perturba el suelo, permite el escape de carbono y favorece los procesos de erosión. La crianza intensiva de ganado genera procesos similares. A partir de una determinada cantidad de ganado que paca, la capacidad de almacenaje de carbono del suelo comienza a disminuir. Sin embargo, se trata de un tema poco estudiado e investigado todavía. Es por eso que a lo que se debe apuntar es a técnicas de labrado mínimo y que sean lo más inofensivas posible así como a una ganadería adaptada.
- *Residuos orgánicos:* Restos de plantas que permanecen en el suelo después de la cosecha aumentan el porcentaje de materia orgánica en el suelo y con ello también

---

<sup>3</sup> Reservorio que absorbe y almacena carbono ya sea de manera temporal o permanente.

el contenido de carbono. Asimismo, dejando los residuos, se evita la quema de los mismos (p.ej. en la cosecha de la caña de azúcar) y más emisiones de CO<sub>2</sub>.

- *Agroforestería:* En la agroforestería, se cultiva en una misma superficie bosques y plantas agrícolas. Este método permite aumentar el contenido de carbono del suelo, sin embargo, todavía no se ha investigado suficientemente sus efectos para las emisiones de óxido de nitrógeno o metano.
- *Evitar superficies sin cultivos:* Las superficies sin ninguna vegetación son vulnerables para la erosión y consecuentemente, para la pérdida de nutrientes. Los cultivos intermedios y las plantaciones protectoras son medidas importantes porque cubren el suelo durante el barbecho.
- *Gestión de áreas de pastoreo:* Aparte de las opciones de gestión de pastoreo que mencionamos en el capítulo anterior, es importante evitar las quemas en los pastizales. Así, por un lado, se evita la emisión de gases invernadero y de aerosoles<sup>4</sup> y también se permite que se expandan mejores formas de cubrir el suelo (árboles, arbustos). En algunos casos, es necesario reducir la intensidad del pastoreo.

Gracias a la gran cantidad de superficies que se prestan para estas medidas, el potencial de secuestro de la gestión de campos agrarios es aprox. el doble del potencial que ofrece la re-naturalización de superficies en desuso o que no se necesitan.

## Efectos de medidas de mitigación

A largo plazo, muchos efectos de las medidas de mitigación aplicables en el sector agrario contribuyen a un desarrollo sostenible de la región o del país. Así, implementando este tipo de medidas, se puede incrementar la producción, mejorar la calidad de la producción y/o lograr una mayor fertilidad de los suelos. Asimismo, las medidas de mitigación pueden ayudar a lograr una mejor calidad y disponibilidad de agua, además de fomentar la conservación de la biodiversidad. Finalmente, algunas de las medidas logran también efectos de adaptación (véase cap. 3).

Ahora bien, cabe destacar que estas medidas pueden generar efectos negativos para la región: disminución de la producción y/o de la seguridad alimentaria como consecuencia, por ejemplo, de la producción de bioenergías. Algunas medidas pueden tener un impacto divergente, p.ej. la plantación de árboles de sombra en sistemas agroforestales ya existentes. En estos casos, es posible que el exceso de sombra haga que el ecosistema almacene demasiada humedad, lo que puede ocasionar la putrefacción de las plantas. En un primer momento, habrá mayor creación de biomasa para secuestrar más CO<sub>2</sub>, pero a largo plazo, esta medida puede ocasionar pérdidas de biomasa y de cosechas. Es por eso que en cualquier proyecto es necesario tomar en cuenta las medidas divergentes desde el inicio.

---

<sup>4</sup> Mezcla de partículas sólidas y/o líquidas en suspensión y un gas. Las partículas suspendidas pueden ser, p.ej. polvo.

## 6. Mercados de carbono

### ¿Qué son los mercados de emisiones?

Los mercados de emisiones o mercados de carbono son instrumentos de la economía de mercado para la política ambiental. La idea fundamental se basa en el así llamado *cap and trade system*. Significa que para cada país, se establece un límite para la cantidad de gases invernadero que puede producir en un determinado lapso de tiempo, y se emiten certificados sobre estas cantidades. Si un país o una región sobrepasa su límite, se hace pagadera una multa. En cambio, si un país se queda por debajo de su límite de emisión, puede vender sus certificados sobrantes a otro país que se haya pasado de su límite o al que le falten ahorros de emisiones (comercio bilateral entre los países del Anexo I).

El Protocolo de Kyoto es el convenio marco de las Naciones Unidas en materia de protección del clima. Se trata de un protocolo adicional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (*United Nations Framework Convention on Climate Change* - UNFCCC). El protocolo establece la cantidad de gases con efecto sobre el clima<sup>5</sup> que puede emitir cada país y cuáles son las medidas de mitigación que debe asumir. Son pocos los países que hasta ahora no hayan suscrito el Protocolo de Kyoto, pero uno de ellos son los Estados Unidos. Los países signatarios se dividen en tres grupos, los países del Anexo I, los del Anexo II y los países de desarrollo. Es por eso que el término estados del Anexo I y Anexo II muchas veces se usa como sinónimo de los países industrializados. Lo que es importante recalcar es que los estados del Anexo II no están sometidos a objetivos de reducción fijos como sí lo están los del Anexo I.

El Protocolo de Kyoto ha establecido tres mecanismos flexibles para la reducción de los gases invernadero: *comercio de emisiones* (ver arriba), el mecanismo de desarrollo limpio (ingl. *clean development mechanism* - CDM) (ver abajo) y la implementación conjunta (ingl. *joint-implementation*<sup>6</sup>).

### Compliance markets

El mecanismo de desarrollo limpio creado en el Protocolo de Kyoto pretende lograr una reducción global de las emisiones de gases invernaderos de una manera económica y al mismo tiempo alentar el desarrollo sostenible de los países umbral y de desarrollo. El CDM hace posible el comercio con reducciones de emisiones (ER) entre los estados del Anexo I y del Anexo II.

---

<sup>5</sup> Dióxido de carbono, monóxido de nitrógeno (gas de la risa), metano, hexafluoruro de azufre y varios hidrocarburos

<sup>6</sup> Definición: Un país del Anexo I mitiga emisiones en otro país del Anexo I y se hace "anotar" esta reducción en su propio país. La *joint implementation* pretende dejar claro que lo que importa no es dónde se genera una reducción sino que lo fundamental es que haya reducción.

Significa que los estados del Anexo I (es decir los que tienen objetivos de reducción fijos a lograr) pueden invertir en proyectos de reducción de gases invernadero en países del Anexo II (que no tienen objetivos fijos) o comprar ERs generados en ese país para reducir sus propias emisiones. Las reducciones de emisiones certificadas (*certified emission reductions - CER*) generadas en el marco del mecanismo de desarrollo limpio pueden ser vendidas o compradas en los así llamados *compliance markets* (mercados de cumplimiento). Ahora bien, para la emisión de estos certificados existen diferentes estándares (ver cap. 3), todos ellos sometidos a criterios muy estrictos. De hecho, todos los proyectos de CDM deben cumplir los criterios del directorio del CDM (*CDM executive board*), que está compuesto por seis miembros de países de desarrollo y cuatro de países industrializados. Este directorio fija las reglas para el CDM, tomando sus decisiones con mayoría de  $\frac{3}{4}$ .

Por lo tanto, los *compliance markets* son mercados en los que se comercializan CERs según las reglas establecidas por la Convención del Clima y el Protocolo de Kyoto, es decir según los compromisos suscritos en el Protocolo. La certificación de las reducciones de emisiones CERs se realiza mediante instituciones designadas para este efecto (*designated operational entities, DOE*) y el comercio se desarrolla a través de la bolsa, siendo que el precio para un CER (cada CER equivale a una tonelada de equivalente de CO<sub>2</sub> ahorrada - CO<sub>2</sub>eq)<sup>7</sup> puede variar según el tipo de proyecto.

Se distingue entre los siguientes tipos de proyectos:

**Tabla 5: Tipos de proyectos**

Tipo de proyecto	Sigla
Renewable Energy (energías renovables)	RE
Energy Efficiency (eficiencia energética)	EE
Afforestation/Reforestation (forestación y reforestación)	A/R
Reduced Emissions from Deforestation and Degradation (emisiones reducidas de deforestación y degradación)	REDD
Land Use, Land Use Change and Forestry (uso de tierra, cambios en el uso de la tierra y forestería)	LULUCF

Ahora bien, hasta el momento los proyectos de los tipos REDD y LULUCF (interesantes para la agricultura) todavía no están autorizados en el mercado de CDM.<sup>8</sup> Sin embargo, su integración en el reglamento después del 2012 (*post Kyoto*)<sup>9</sup> está siendo discutida actualmente

<sup>7</sup> CO<sub>2</sub>eq es la medida para los gases invernadero y se llama equivalentes de dióxido de carbono.

<sup>8</sup> En el año 2008, Nueva Zelanda ha promulgado una ley – la primera de su índole en el mundo – para la introducción de un sistema de comercio que incluye también el sector agrario.

A menudo, los *compliance markets* se limitan a ciertas regiones. Así, existen por ejemplo el *European Emission Trading Scheme* (EU ETS) o el *New South Wales Greenhouse Gas Abatement Scheme* (GGAS). De hecho, el mercado de CMD es el mayor de todos los mercados de cumplimiento.

### **Mercados voluntarios**

En los mercados voluntarios (*voluntary markets*) lo que se comercializa son reducciones de emisiones voluntarias. A diferencia de los *compliance markets*, lo que se compra y vende en los mercados voluntarios son ERs ahorrados voluntariamente. En los *compliance markets*, los actores son naciones y empresas grandes que tienen obligaciones de reducción, en los voluntarios, en cambio, son más que todo, actores privados y empresas sin objetivos de reducción obligatorios. No existe en los mercados voluntarios una instancia de control como el directorio de CDM y tampoco existen criterios y/o metodologías estrictas a las que uno debe atenerse obligatoriamente. Como no existe ninguna certificación por una instancia designada (*designated operational entity*), lo que se comercializa son sobre todo reducciones de emisiones verificadas (*verified emission reductions - VER*). Para que las VER tengan la credibilidad necesaria, muchas veces se aplican estándares de todos modos. Cuanto más estos estándares se orienten en los criterios de CDM, más alto es el precio de los VER comercializados. Un punto que es necesario tomar en cuenta es que muchas veces, la pretensión de cumplir con criterios de CDM lleva a gastos de desarrollo y de implementación altos para los proyectos.

---

<sup>9</sup> Parar frenar el calentamiento global, según las Naciones Unidas es necesario reducir en el 50% las emisiones de gases invernadero. En diciembre del 2009, está prevista la conferencia sucesora del Protocolo de Kyoto que deberá abrir el camino para ello (Convención de Copenhague).



## Vista panorámica: compliance markets vs. mercados voluntarios

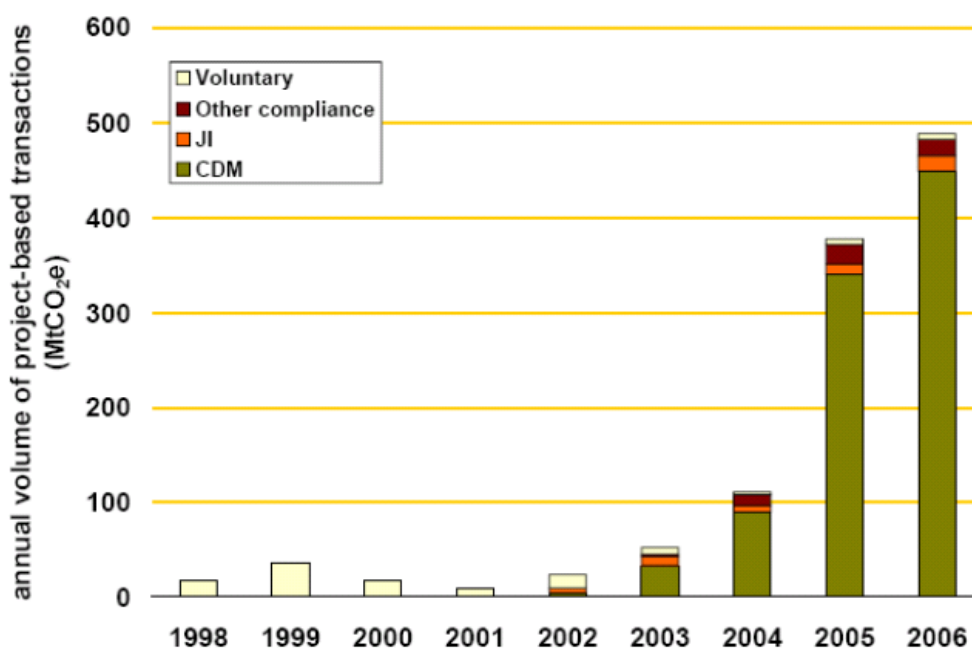
Las diferencias más importantes y las características de los dos mercados pueden resumirse de la siguiente manera:

**Tabla. 6: compliance vs. voluntary markets**

Característica	Compliance markets	Mercados voluntarios
Objetivo	Comercio reglamentado de unidades de CO <sub>2</sub> ahorradas (ER) según compromisos adquiridos por el Protocolo de Kyoto (proyectos en países del Anexo II)	Comercio libre de unidades de CO <sub>2</sub> (ER) ahorradas voluntariamente
Actores	Naciones, empresas con objetivos de reducción obligatorios	Actores privados, empresas con objetivos de reducción voluntarios
Mecanismos	CDM, EU ETS	Mercado de carbono voluntario
Reglamentos	UNFCCC, Protocolo de Kyoto	Estándares (VCS, CCBS, etc.)
Volúmen 2006	475 Mt CO <sub>2</sub> eq	9,7 Mt CO <sub>2</sub> eq
Tipo de ER	RE, EE, A/R (< 1%)	RE, EE, A/R, REDD, LULUCF (36% = 3,5 Mt CO <sub>2</sub> eq)
Precio LULUCF	US\$ 4/tCO <sub>2</sub> eq	US\$ 4/tCO <sub>2</sub> eq

(Fuente: Schepp, Linne 2008)

Si bien los mercados voluntarios han crecido considerablemente en los últimos años, en comparación con los *compliance markets* todavía son muy pequeños.



**Fig. 4: Crecimiento de los mercados de emisiones '98 – '06**

(Fuentes: Hamilton, K.; Sjardin, M.; Marcello, T.; Xu, G. (2008): Forging a Frontier: State of the Voluntary Carbon Markets 2008. A report by Ecosystem Marketplace and New Carbon Finance.

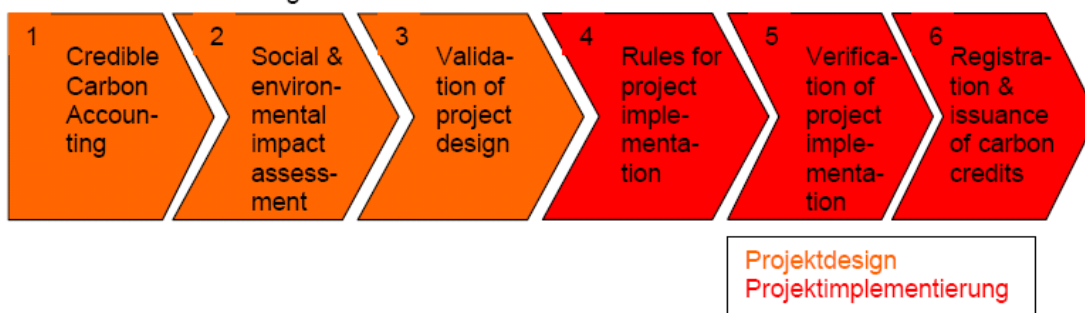
Podemos observar con claridad que en este sector, el mercado de CDM es el más importante. Esto se debe sobre todo al hecho de que la demanda para este mercado está regulada mediante parámetros políticos. En cambio en los mercados voluntarios, la demanda se basa en el deseo voluntario de compensar las emisiones que se causa. Asimismo, en los *compliance markets* existen instrumentos y metodologías oficialmente reconocidas, con lo cual gracias a este aseguramiento de la calidad, los precios de los certificados son más altos. Con todo, los *voluntary markets* van creciendo rápidamente. En el año 2006, el valor total de los *voluntary carbon markets* fue de \$US 58,5 millones, en el 2007 esta suma saltó a \$US 258 millones. En cuanto al porcentaje de la agricultura en los mercados de emisión, debemos señalar que todavía es muy bajo.

### Posibles estándares para la generación de reducciones de emisiones comerciables en la agricultura

Existen varios estándares que pueden utilizarse para la generación de reducciones de emisiones en el sector agrario. Se trata de estándares voluntarios cuyo objetivo es asegurar la credibilidad y la calidad de las reducciones de emisiones que se generan al exterior de los *compliance markets* estrictamente regulados y también hacer posible una cierta diferenciación entre las reducciones que se ofrecen.

Podemos distinguir entre estándares que se enfocan en el diseño del proyecto, estándares que apuntan a la implementación de los proyectos y, finalmente estándares que incluyen ambos aspectos:

Standards können die folgenden Elemente umfassen:



**Fig. 5: Elementos de estándares**

(Fuente: Walter (2009): Standards and Guidelines for REDD projects)

Los estándares que sólo contemplan el diseño del proyecto, se concentran en los primeros tres elementos, los que se enfocan en la implementación en los elementos cuatro a seis. Los estándares que incluyen tanto el diseño como la implementación, abarcan la totalidad de los seis elementos. Entonces, a la hora de escoger un estándar para la generación de reducciones de emisiones, se toma en cuenta el precio que se espera lograr y, eventualmente, los requerimientos del comprador. Los factores decisivos pueden ser, por ejemplo, la integración de las comunidades (*community based standards*), la toma en cuenta de la biodiversidad, la verificación externa o independiente del diseño y/o de la implementación del proyecto (*third party verification*) o también el reconocimiento de los criterios de CDM.

Los estándares definen cuáles son las actividades que se reconocen para el secuestro de gases invernadero. En el caso de la agricultura, las metodologías basadas en la actividad (*activity based methodologies*) son las más interesantes. Se trata de determinar cuánto gas invernadero puede almacenar una determinada actividad en una hectárea de tierra. De hecho, actualmente, se está trabajando en la elaboración de una metodología de este tipo conjuntamente con el *voluntary carbon standard*.

## Proyectos de CO<sub>2</sub> en la agricultura

Como hemos señalado en los capítulos anteriores, el sector agrario tiene potencialidades para contribuir a la mitigación del cambio climático. Sin embargo, hasta ahora existen muy pocos proyectos concretos de CO<sub>2</sub> que realmente traten de aprovechar este potencial. De hecho, hasta el momento, no hay reducciones de emisiones generadas directamente en la producción agraria.

## Posibilidades

Son numerosas las posibilidades que se ofrecen en el sector agrario para secuestrar CO<sub>2</sub> y/o otros gases invernadero, p.ej. diferentes prácticas agrarias y forestales como las hemos analizado en el cap. 5. Según estimaciones, el potencial de reducción de CO<sub>2</sub> en la agricultura es de 4500-6000 Mt CO<sub>2</sub>eq.

Los expertos consideran que el hecho de que las medidas de mitigación a tomarse en la agricultura puedan contribuir también al desarrollo sostenible de los países umbrales y en desarrollo constituye una oportunidad especial para este sector. En este contexto, el *desarrollo de capacidades (capacity building)* lleva a un empoderamiento sostenible de estos países. Asimismo, gracias al mejoramiento de la productividad, al largo plazo se contribuiría al aseguramiento de la seguridad alimentaria y, al mismo tiempo, a la estabilización de la situación económica de los países umbral y de desarrollo.<sup>10</sup>

Con la implementación de las medidas de mitigación arriba señaladas, se pueden aprovechar también ciertos efectos de adaptación para así reducir la vulnerabilidad del sector agrario frente a las consecuencias nefastas del cambio climático. De igual manera, existe la posibilidad de invertir los recursos financieros generados mediante las medidas de mitigación en otras medidas de adaptación, lo que contribuye a disminuir los riesgos inherentes a las consecuencias del cambio climático. Estos recursos financieros pueden utilizarse para crear una agricultura sostenible y para fomentar la protección y la gestión responsable de recursos naturales.

La fig. 6 nos muestra que efectivamente, el potencial de mitigación del sector agrario es grande. De hecho, suponiendo un precio de CO<sub>2</sub> de más de \$US 100 por tonelada de CO<sub>2</sub>eq, el potencial de mitigación del sector sería de casi 4,5 Gt CO<sub>2</sub>eq, con lo cual queda en segundo lugar de un total de siete sectores analizados. Si tomamos un precio de CO<sub>2</sub> de menos de \$US 20, el sector agrario ocupa el cuarto lugar. Los potenciales de mitigación del sector agrario son más altos en los países que no pertenecen a la OCDE y/o en los así llamados países en transición (*economies in transition EiT*.)

## Limitaciones

Ahora bien, es precisamente en estas mismas posibilidades que los mercados de emisiones brindan al sector agrario donde están también sus limitaciones. Así, hasta el momento, los proyectos agrarios todavía no tienen acceso al mercado de CDM. Significa que por un lado, no existe incentivo para implementar un proyecto de mitigación en este sector y, por otro, que no se tiene metodologías reconocidas para generar certificados de CO<sub>2</sub> agrarios. Esta situación se debe en gran parte a la incertidumbre respecto a la durabilidad o permanencia (*permanency*) de estos certificados. La pregunta es: ¿Cómo podemos garantizar que la biomasa que se acaba

---

<sup>10</sup> La mayoría de las economías de los países umbral y de desarrollo se basan en gran parte en la agricultura.

de crear no sea talada casi en el mismo instante? ¿Cómo asegurar que las medidas de uso de la tierra realmente sean implementadas a largo plazo por los (pequeños) productores? Otra limitación son los altos gastos de inversión para el diseño y la implementación de los proyectos así como las largas duraciones de los proyectos. Especialmente el sector de los pequeños productores dispone de los recursos financieros necesarios.

Asimismo, el sector del campesinado o de los pequeños productores muchas veces no tiene las competencias necesarias para generar reducciones de emisiones, ni dispone de estructuras para llevar al mercado respectivo las reducciones generadas, para comercializarlas y así devolver al lugar de origen los ingresos logrados.

A nivel institucional nacional, generalmente, los servicios ambientales no reciben el reconocimiento que merecen, y no existen los derechos de tierra y los consecuentes derechos de CO<sub>2</sub> necesarios.

¿A quién pertenecen los gases invernaderos secuestrados y los certificados correspondientes? ¿Al dueño de la tierra, al que labra la tierra? ¿Y qué sucede si no hay propietario oficial?

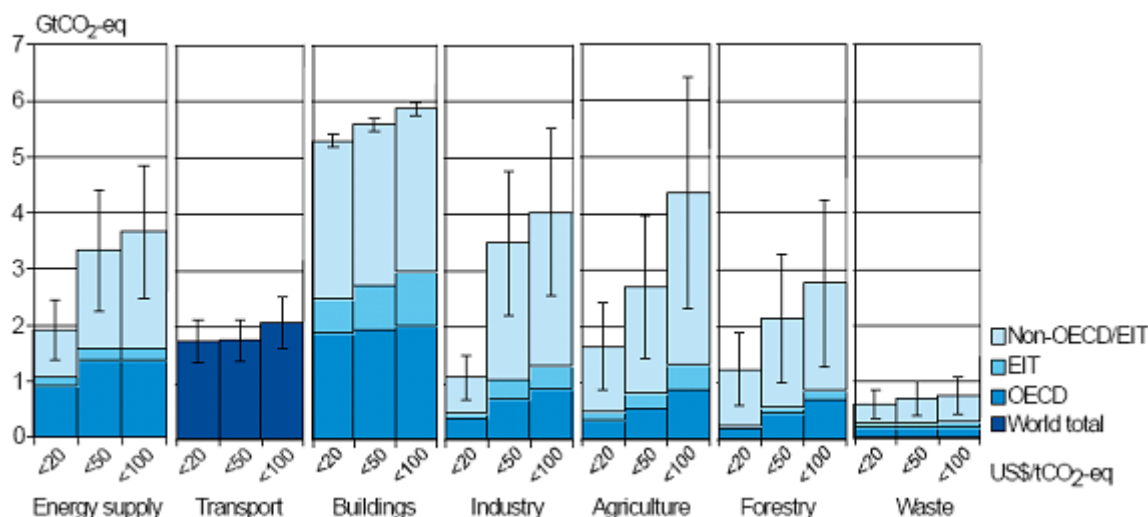


Fig. 6: Potencial de mitigación de diferentes sectores con diferentes precios de CO<sub>2</sub>

(Fuente: IPCC 2007)

La figa. 6 muestra los potenciales y también las limitaciones del sector agrario en materia de mitigación del cambio climático. Las incertidumbres (ver arriba) y los riesgos son grandes, de manera que los precios para certificados generados en la agricultura probablemente no serían muy altos. De hecho, los proyectos en el sector agrario no rendirán hasta que los precios de CO<sub>2</sub> sean altos. Son estas limitaciones que en la actualidad constituyen en mayor desafío para el sector agrario cuando de mitigación de la emisión de gases invernadero y del acceso a los mercados correspondientes se trata.

## 7. Sinergias entre medidas de adaptación y de mitigación

Los potenciales de adaptación al cambio climático que tiene el sector agrario son mucho más grandes que los de mitigación de la emisión de gases invernadero. El sector está altamente afectado por los cambios climáticos actuales y los que se pronostican para el futuro. Esta situación implica considerables necesidades de ajuste de condiciones de producción y de mitigación de riesgos climáticos. De hecho, las medidas de mitigación muchas veces tienen efectos positivos en la capacidad de adaptación de los sistemas productivos y ecosistemas, puesto que reducen la vulnerabilidad frente a los riesgos del clima.

Las medidas agroforestales ofrecen sinergias prometedoras en materia de métodos de producción. El cultivo de café de sombra es un ejemplo importante. Pero también la vinculación de medidas exclusivamente forestales (forestación, reforestación, prevención de deforestación) con superficies de producción agraria ofrecen posibilidades para crear sinergias. La plantación de árboles crea nueva biomasa capaz de absorber más CO<sub>2</sub> de la atmósfera, es decir que se genera una reducción de CO<sub>2</sub>. Si estas plantaciones están ubicadas en ecosistemas agrarios (p.ej. en cultivos de café o de cacao), logran generar además importantes efectos de adaptación. Pues las nuevas raíces estabilizan las capas superiores del suelo protegiéndolas de la erosión. Asimismo, las raíces canalizan agua hacia las superficies de producción. Las hojas y, eventualmente, las frutas que caen al suelo, constituyen un abono natural, lo que, en el caso ideal, permite prescindir de fertilizantes artificiales. De igual manera, este material cubre las superficies de las áreas cultivadas, lo que protege el suelo de la sequedad. Esta protección superficial ayuda también a regular las temperaturas en el suelo. Las temperaturas altas pueden causar el resecaamiento de las plantas y, con ello, provocar pérdidas de cosecha y bajas en la calidad del producto. Además, fomentan la vulnerabilidad frente a diferentes plagas. En cambio, las temperaturas bajas tienden a reducir este riesgo. En resumen, podemos señalar que la plantación de diferentes especies de árboles reduce la vulnerabilidad de los ecosistemas agrarios.

Si estas medidas forestales se implementan en regiones de altura y en las áreas más bajas existen superficies agrícolas, se generan, además, efectos de adaptación. Así, la (re)forestación en áreas altas aumenta la sostenibilidad ecológica de estas zonas. De igual manera, al reforestar cuencas en las alturas, más arriba de los lugares de producción, se logra una mayor disponibilidad de agua en las regiones más bajas. Asimismo, las raíces profundas de una vegetación adecuada al lugar y temperaturas moderadas en el suelo ayudan a mantener constante el nivel de la napa freática. Por lo tanto, a largo plazo, la (re)forestación de las cuencas hidrológica contribuye a la recuperación de la oferta de agua en la zona correspondiente.

El aseguramiento duradero de las áreas boscosas (previniendo la deforestación) tiene los mismos efectos. Evitando la tala de árboles, se previene el escape del dióxido de carbono almacenado en las coronas de los árboles (p.ej. quema de árboles) y el crecimiento de los árboles ayuda a generar biomasa.

Por consiguiente, las medidas de (re)forestación y también la prevención de la deforestación constituyen sinergias entre la adaptación al cambio climático y la mitigación del mismo en el sector agrario.

Aparte de todas estas medidas forestales, existen diversas medidas de uso de la tierra (cap. 5) que también contribuyen a la reducción de los gases invernadero y, al mismo tiempo, logran efectos de adaptación. Es cierto que todavía hay poca experiencia práctica al respecto. Pese a ello, se supone que estas medidas ahorran gases invernadero, reduciendo al mismo tiempo la vulnerabilidad de los ecosistemas agrarios, pues aumentan la resistencia del sistema ante los cambios en las épocas de lluvia y en las cantidades de las precipitaciones así como ante el incremento de las temperaturas.

Otra sinergia se creará en el mismo momento en el que las medidas forestales y de uso de la tierra que acabamos de mencionar se conviertan oficialmente en un proyecto de CO<sub>2</sub>. Ni bien las medidas señaladas generen certificados de CO<sub>2</sub> comercializables en alguno de los mercados de carbono, habrá un reflujo financiero que puede aprovecharse para implementar más medidas de adaptación. Vemos entonces, que las medidas de adaptación son capaces de financiar algunas de las medidas necesarias en el sector agrario, haciendo así una importante contribución al desarrollo sostenible.

## 8. ¿Dónde debe comenzar la CD?

Se supone que en la mayoría de los países en desarrollo, las consecuencias del cambio climático traerán consigo una baja en la producción agraria. Uno de los problemas fundamentales es la falta de seguridad en los pronósticos que ofrecen los modelos climáticos, especialmente en lo que respecta a los efectos regionales que son muy difíciles de estimar, más aún en países en los que no existen suficientes datos climáticos históricos y actuales. Es precisamente por eso que es importante apoyar a los países en el análisis de las consecuencias regionales del cambio climático sobre la agricultura para así elaborar recomendaciones de acción.

### **National Adaptation Plan of Action (NAPA)**

A iniciativa del UNFCCC, los planes nacionales de acción para la adaptación (NAPAs) fomentan la priorización de medidas de adaptación a nivel nacional. En los países en desarrollo, se pretende implementar exactamente aquellas medidas cuya retardación incrementaría la vulnerabilidad y/o los gastos. Se trata de estrategias nacionales de los países de desarrollo para ajustarse a los efectos negativos del cambio climático. Hasta el momento, se han elaborado NAPAs específicos para 38 países. Sin embargo, las implementaciones son más que raras.

Otros puntos de partida importantes para la CD (cooperación al desarrollo) son la concientización de la población en general y de las instancias decisorias a nivel político. Asimismo, las medidas de construcción de capacidades y la asesoría técnica a favor de los productores agrarios son de suma importancia. La recopilación, la asimilación y sistematización de buenas prácticas (*best practices*) contribuyen a una implementación localmente adecuada de las estrategias de adaptación correspondientes. En este contexto, el trabajo en redes de institutos de investigación y ofertantes de servicios agrarios puede promocionar la transferencia de conocimientos entre productores, campesinos y el mundo científico. Es la forma de llevar a la práctica las medidas de producción que tengan un efecto positivo en la adaptación al cambio climático (p.ej. uso de especies tradicionales, momentos precisos de siembra, fertilización y riego optimizados).

En cuanto a medidas concretas para difundir las tecnologías adaptadas al cambio climático en la agricultura, la CD puede emprender acciones, p.ej. en el área de la gestión de agua, de la protección de bosques, de la lucha contra la desertificación y ofreciendo apoyo en la implementación de los NAPAs (*National Adaptation Plan of Action*).

Otro campo de acción de bastante amplitud de la CD son los microseguros para pequeños productores en países de desarrollo. Estos seguros compensarían temporalmente la pérdida de sus bases vitales en caso de pérdidas de cosecha.



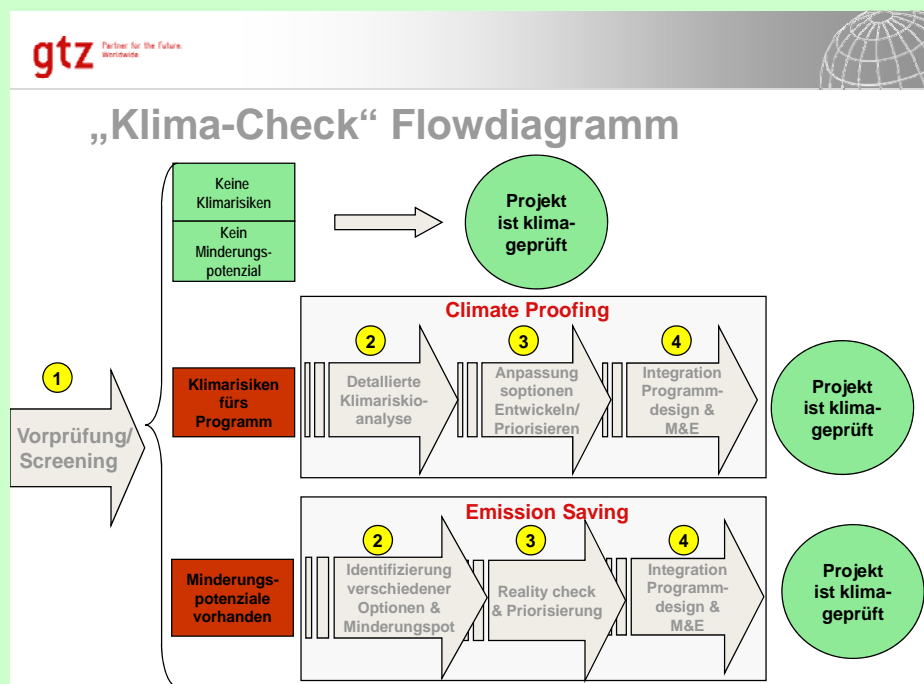
## El chequeo climático de la GTZ

Con el fin de garantizar la integración de los aspectos de clima en las diferentes medidas de CD, la sección no. 47 de la GTZ ha creado el instrumento del “chequeo climático”, cuyos objetivos son los siguientes:

- (1) Las medidas de la CD alemana se planifican e implementan de tal forma que los efectos del cambio climático (“riesgos climáticos”) las afecten menos negativamente posible. Este objetivo se pretende lograr mediante el así llamado *climate proofing* (revisión en función a aspectos del clima).
- (2) Las medidas de la CD alemana se planean e implementan de tal forma que se activen de manera sistemática los potenciales existentes para limitar o reducir la emisión de gases invernadero. Este objetivo se pretende lograr mediante el así llamado *emission saving* (ahorro de emisiones).
- (3) Se observa una mejora considerable en el nivel de conciencia y de conocimientos de los/as colaboradores/as de la CD alemana en temas de clima y de posibles medidas de mitigación y adaptación.

Para mayores detalles sobre el “chequeo climático” de la gtz, véase: [www.gtz.de/climate-check](http://www.gtz.de/climate-check) o contáctese con Michael Scholze, [michael.scholze@gtz.de](mailto:michael.scholze@gtz.de)

### Flujograma del chequeo climático



## 9. Literatura

- Bellarby, J., Foereid, B., Hastings, A. and Smith, P. (2008): Cool Farming: Climate Impacts of Agriculture and mitigation potential. Greenpeace. Disponible online: <http://www.greenpeace.org/international/press/reports/cool-farming-full-report> (22.12.2008).
- Cline, W.R. (2007): Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country. Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics, Washington DC.
- FAO (2003): The State of Food Insecurity in the World 2003. Monitoring Progress towards the World Summit and Millenium Development Goals. FAO, Rom.
- Germanwatch (2008): Globaler Klimawandel: Ursachen, Folgen, Handlungsmöglichkeiten. Germanwatch, Berlin/Bonn.
- GTZ (2008): Climate Change and Agriculture. Threats and Opportunities. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Eschborn.
- Hamilton, K.; Sjardin, M.; Marcello, T.; Xu, G. (2008): Forging a Frontier: State of the Voluntary Carbon Markets 2008. A report by Ecosystem Marketplace and New Carbon Finance. New York; Washington D.C.
- Latif, M. (2006): Klima. Fischer Kompakt, Frankfurt (Main).
- IPCC (2001): The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report. Cambridge University Press, England.
- IPCC (2007a): Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, England.
- IPCC (2007b). Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, England.
- Rahmstorf, S. & Schellnhuber, H. J. (2006): Der Klimawandel. C.H. Beck, München.
- Schepp, K.; Linne, K. (2008): Entwicklungspartnerschaften mit der Wirtschaft. GTZ-Projekt (1997-2012). No publicado. GTZ, Eschborn. Mayores informes en: [www.gtz.de](http://www.gtz.de)
- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, B. Scholes, O. Sirotenko (2007a): Agriculture. En: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York/USA.

- Smith, P., D. Martino, Z. Cai, D. Gwary, H.H. Janzen, P. Kumar, B. McCarl, S. Ogle, F. O'Mara, C. Rice, R.J. Scholes, O. Sirotenko, M. Howden, T. McAllister, G. Pan, V. Romanenkov, U. Schneider, S. Towprayoon, M. Wattenbach, and J.U. Smith (2007b): Greenhouse gas mitigation in agriculture. Philosophical Transactions of the Royal Society.
- Turvey, C. G. (2001): Wather Derivatives for Specific Event Risks in Agriculture. – Review on Agricultural Economics, 23, 2, pp. 333-351.
- US Environmental Protection Agency (USEPA) (2006a): Global Mitigation of Non-CO<sub>2</sub> Greenhouse Gases. Office of Atmospheric Programs, Washington DC, USA. Disponible online: <http://www.epa.gov/climatechange/economics/downloads/GlobalMitigationFullReport.pdf> (08.01.2009)
- US Environmental Protection Agency (USEPA) (2006b): Global Anthropogenic Emissions of Non-CO<sub>2</sub> Greenhouse Gases 1990-2020 (EPA Report 430-R-06-003). Disponible online: <http://www.epa.gov/climatechange/economics/downloads/GlobalAnthroEmissionsReport.pdf> (08.01.2009)
- Walter, Thomas (2009): Capacity Development for Regional Integration. GTZ-Projekt (2009-2012). No publicado. GTZ, Eschborn. Mayores informes en: [www.gtz.de](http://www.gtz.de)
- Williams A.G., Audsley E. and Sandars D.L. (2006): Determining the environmental burdens and resource use in the production of agricultural and horticultural commodities. Cranfield University and Defra, Research Project ISO205, Bedford.

Traducción: Cordi Thöny