

CLIMATIC CHANGE AND WATER (EL CAMBIO CLIMÁTICO Y EL AGUA).

ELABORADO POR EL PANEL INTERNACIONAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (IPCC)

Traducción y resumen: Marie-Ève Sirard

Introducción.....	2
Cambios climáticos observados y proyectados en relación con el agua.....	2
Precipitación (incluidos los valores extremos) y vapor de agua.....	2
Nieve y hielo terrestre.....	3
Nivel del mar.....	3
Evapotranspiración.....	4
Humedad del suelo.....	4
Escorrentía y caudal fluvial.....	4
Los impactos observados del cambio climático.....	5
Calidad del agua.....	5
Estructura térmica de los lagos.....	5
Erosión y sedimentación.....	5
Crecidas.....	6
Sequías.....	6
Cambios futuros respecto a la demanda y disponibilidad de agua por efecto del cambio climático.....	6
Agua subterránea.....	6
Crecidas.....	7
Sequías.....	7
Calidad del agua.....	7
Erosión hídrica y sedimentación.....	7
Dinamizantes no climáticos de los sistemas de agua dulce en el futuro.....	7
Los impactos del cambio climático sobre la disponibilidad de agua dulce en el futuro, el estrés hídrico en el futuro, los costos, y otros aspectos socioeconómicos del agua dulce.....	8
Áreas y sectores de agua dulce muy vulnerables al cambio climático.....	8
Adaptación hídrica al cambio climático: consideraciones generales.....	9
Ecosistemas y biodiversidad.....	9
Agricultura y seguridad alimentaria, uso de la tierra y silvicultura.....	10
Salud humana.....	12
Abastecimiento de agua y saneamientos.....	13
Asentamientos e infraestructura.....	14
Economía: seguros, turismo, industria, transporte.....	14
Análisis de los aspectos regionales.....	14
África.....	15
Asia.....	16
Australia y Nueva Zelanda.....	18
Europa.....	19
América Latina.....	21
América del Norte.....	22
Regiones polares.....	23

Islas pequeñas.....	24
Medidas de mitigación del cambio climático en el sector hídrico.....	25
Mitigación por sectores.....	26
Efectos de las políticas y medidas de gestión hídrica sobre las emisiones de GEI y su mitigación ..	28
Posibles conflictos entre la adaptación y la mitigación en relación con los recursos hídricos.....	29

Introducción

El agua dulce es indispensable para todas las formas de vida, y necesaria en grandes cantidades para casi todas las actividades humanas y este resumen, sobre los cambios climáticos y el agua, del documento técnico VI del GIECC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático), está dedicado únicamente al agua dulce. El objetivo de este documento es de mejorar nuestro conocimiento de los vínculos existentes entre, el cambio climático natural y el antropógeno y dar a conocer las implicaciones del cambio climático y las opciones de respuesta en lo referente a los recursos hídricos. En ese documento, se han tenido en cuenta las principales vulnerabilidades regionales, tanto actuales como proyectadas, y las perspectivas de adaptación.

En varios países las cuencas sufren de estrés hídrico y en la mayoría de ellos, el consumo de agua ha aumentado en las últimas décadas. La superficie de riego mundial ha aumentado aproximadamente 18% de la superficie cultivada total actual. En términos generales, la calidad del agua superficial y subterránea ha disminuido en los últimos decenios, debido principalmente al crecimiento de la actividad agrícola e industrial.

Revisten particular interés para las proyecciones de los recursos hídricos, con o sin cambio climático, los posibles cambios relativos a la construcción y clausura de presas, las infraestructuras de abastecimiento de agua, el tratamiento de reutilización de aguas de desecho, la desalinización, las emisiones de sustancias poluyentes y el uso del suelo, en particularmente con fines de riego.

Cambios climáticos observados y proyectados en relación con el agua

El calentamiento del sistema climático en los últimos decenios es inequívoco, como se desprende ya del aumento observado del promedio mundial de las temperaturas del aire y del océano, de la fusión generalizada de nieves y hielos y del aumento del promedio mundial del nivel del mar. El clima cambió más en los cincuenta últimos años muy probablemente por las concentraciones antropógenas de gases invernaderos. Ese calentamiento está asociado a las variaciones de ciertos componentes del ciclo hidrológico y de los sistemas hidrológicos.

Precipitación (incluidos los valores extremos) y vapor de agua

Hasta el momento, la atribución de las variaciones de la precipitación mundial es incierta pero se ha observado en todo el mundo un aumento de los episodios de precipitación intensa, incluso en lugares en que la cantidad total ha disminuido. Este incremento está asociado a un aumento de la cantidad de vapor de agua en la atmósfera, y corresponde con el calentamiento observado. Es probable que haya aumentado la frecuencia de episodios de precipitación intensa en la mayor parte de las áreas terrestres durante el siglo XX, y más probable que improbable que esa tendencia refleje

una contribución antropógena. No es posible evaluar, por el momento, la magnitud de esa contribución antropógena.

Las proyecciones indican aumentos de la cantidad media mundial de vapor de agua, de la evaporación y de la precipitación durante el siglo XXI, por lo general en las zonas tropicales. Hay disminuciones generalizadas de la precipitación estival en latitudes medias, excepto en el Asia oriental, donde aumentan. Se proponen un aumento de la intensidad de precipitación (lo cual aumenta el volumen de escorrentía, el riesgo de inundaciones y precipitaciones intensas), y del número de días secos consecutivos, (lo cual aumenta el riesgo de sequía, de evapotranspiración y de suelo seco). Los futuros ciclones tropicales ganen en intensidad, con velocidades de viento máximas más altas y precipitaciones más intensas, por el continuo aumento de la temperatura en el mar tropical.

Nieve y hielo terrestre

Más de la sexta parte de la población mundial vive en cuencas fluviales alimentadas por glaciares o por deshielo. La cubierta de nieve ha disminuido en la mayoría de las regiones, de manera especial durante las primaveras y los veranos. La degradación del permafrost y de las tierras estacionalmente congeladas está ocasionando cambios en las características de la superficie del suelo y de los sistemas de drenaje. En la capa superior del permafrost ártico, la temperatura ha aumentado en 3°C aproximadamente desde los años 80. La mayoría de los glaciares y casquetes de hielo del mundo han experimentado una pérdida considerable de masa y esta reducción generalizada, experimentada durante el siglo XX, implicaría un calentamiento generalizado como primera causa. Hay indicaciones de que este deshielo ha contribuido muy probablemente al aumento observado del nivel del mar.

Las proyecciones indican que habría aumentos generalizados del espesor del deshielo en buena parte de las regiones de permafrost. Disminuido probablemente entre un 20% y un 35% en el hemisferio norte. Se esperan reducciones generalizadas de la cubierta de nieve y la estación de nieve comenzaría más tarde, la estación del deshielo más pronto, y la cubierta de nieve parcial disminuiría durante la temporada de nieve. Se espera una reducción de los hielos fluviales y lacustres. Los glaciares y casquetes de hielo perderán masa, numerosos de ellos podrían desaparecer totalmente y ser irreversible en algunas áreas. La disminución o desaparición de estos glaciares aumentará consecuentemente el nivel del mar.

Nivel del mar

El promedio mundial del nivel del mar ha ido aumentando y, con un alto grado de confianza, la rapidez de ese aumento se ha incrementado entre mediados del siglo XIX y mediados del siglo XX. Los aumentos de nivel del mar concuerdan con el calentamiento y es muy probable que la respuesta al forzamiento antropógeno haya contribuido al aumento del nivel del mar durante la última mitad del siglo XX. El aumento del nivel del mar podría afectar a las regiones costeras, aunque su atribución no está todavía clara.

La pérdida parcial de los mantos de hielo de Groenlandia y/o de la región antártica podría ocasionar un aumento del nivel del mar de varios metros, cambios de primera magnitud en la línea costera e inundaciones en áreas bajas, siendo su efecto máximo en los deltas fluviales y en las islas de orografía baja.

Evapotranspiración

La evapotranspiración real aumentó durante la segunda mitad del siglo XX en la mayoría de las regiones secas de Estados Unidos de América y Rusia. Basándose en observaciones de precipitación, temperatura y radiación solar en superficie con cielo despejado, y en un modelo integral de la superficie terrestre los estudios indican que la evapotranspiración mundial terrestre se ajusta estrechamente a las variaciones de la precipitación terrestre.

Los cambios de la evapotranspiración terrestre están controlados por los cambios de la precipitación y del forzamiento radiativo, y éstos, a su vez, afectarían al balance hídrico de la escorrentía, a la humedad del suelo, al agua embalsada, al agua subterránea y a la salinización de los acuíferos poco profundos. En cuanto al enriquecimiento de la atmósfera en dióxido de carbono (CO₂), una menor evapotranspiración es probable.

Humedad del suelo

Son pocas las regiones que disponen de registros históricos de humedad del suelo, y en muchos casos su duración es muy corta. Para estimar la humedad del suelo, se optó inicialmente por calcular los valores de precipitación y temperatura observados.

Los cambios de humedad del suelo depende de la variación del volumen de las fechas de precipitación y de evaporación. Las proyecciones del contenido medio anual de humedad del suelo suelen indicar disminuciones en varias áreas.

Escorrentía y caudal fluvial

Son numerosos los estudios que han examinado las posibles tendencias del caudal fluvial observado durante el siglo XX, en escalas que van desde el nivel de cuenca hasta el nivel mundial. Otros muchos estudios, sin embargo, no han advertido tendencia alguna, o no han conseguido disociar los efectos de las variaciones de temperatura y precipitación de los efectos de la intervención humana en las cuencas. Los registros de caudal disponibles cubren tan sólo dos terceras partes aproximadamente de la superficie terrestre mundial con escorrentía activa, y en muchos casos presentan lagunas y abarcan períodos de tiempo diferentes. Por último, la intervención humana ha afectado a los regímenes de flujo en numerosas cuencas. A escala mundial hay evidencia de la existencia de una pauta, a grandes rasgos coherente, de variación de la escorrentía anual.

Atribuyeron en gran medida el aumento generalizado de la escorrentía durante el siglo XX a la supresión de la evapotranspiración por el aumento de las concentraciones de CO₂ (que afectan a la conductancia estomática), aunque resulte difícil encontrar evidencias adicionales de una tal relación. Se ha alterado considerablemente la cronología de los flujos fluviales en muchas regiones en que las precipitaciones invernales son de nieve. Un aumento de la temperatura significa que una mayor proporción de las precipitaciones invernales cae en forma de lluvia en lugar de nieve, y que la temporada de deshielo se inicia antes.

Según las proyecciones, la escorrentía aumenta en latitudes altas y en los trópicos húmedos, y disminuye en latitudes medias y en ciertas partes de los trópicos secos. Los efectos del enriquecimiento de CO₂ pueden inducir una disminución de la evaporación y, por consiguiente, un mayor incremento o una menor disminución del volumen de escorrentía. Habrá cambios en la estacionalidad de los caudales fluviales que reciben gran cantidad de precipitación invernal en forma de nieve. La alteración de los niveles lacustres refleja los cambios en la distribución estacional de los caudales de sus afluentes, de la precipitación y de la evaporación, integrados en algunos casos a lo

largo de numerosos años. Los lagos podrían, pues, responder de forma no lineal de los aportes.

Los impactos observados del cambio climático

El aumento del hielo fundido, al igual que la mayor duración de la estación de deshielo de los glaciares, generaría inicialmente un aumento de la escorrentía fluvial y crestas de caudal, mientras que a largo plazo la escorrentía de los glaciares disminuiría. Se han detectado ya indicios de que la escorrentía ha aumentado en decenios recientes, por efecto de la fusión de los glaciares en los Andes tropicales y en los Alpes. Los lagos conllevan una gran amenaza potencial de crecidas por desbordamiento y la retroacción de los glaciares, afectan las condiciones de vida y al turismo local. Por la menor extensión y permanencia de la cubierta de nieve, los caudales fluviales máximos de la primavera se han adelantando entre una y dos semanas en los últimos 65 años. La menor extensión de suelo estacionalmente congelado y de permafrost y el aumento de espesor de la capa activa han dado lugar a desaparición de lagos por drenaje en el interior del permafrost. A escala mundial, hay evidencias de una pauta bastante coherente de cambio de la escorrentía anual, que en algunas regiones se manifestaría en un aumento o en otra una disminución. El forzamiento por CO₂ provoca un aumento de la escorrentía debido al efecto de las elevadas concentraciones de CO₂ sobre la fisiología de las plantas, aunque es difícil encontrar evidencias que refuercen esa relación. La falta de datos y la reacción extremadamente lenta de los sistemas freáticos al carácter variable de la recarga hacen que no se hayan observado cambios relacionados con el clima respecto a la recarga de agua subterránea. En los niveles lacustres no se ha identificado, hasta el momento, ninguna tendencia coherente a nivel mundial.

Calidad del agua

Se ha observado un calentamiento de los lagos y ríos vinculado al clima y en consecuencia, los ecosistemas de agua dulce han experimentado cambios que se manifiestan en términos de proporción relativa de sus especies, abundancia de organismos, productividad, y desplazamientos fenológicos (en particular, una migración más temprana de sus peces). Debido al calentamiento, numerosos lagos han experimentado también una estratificación prolongada, con disminuciones de la concentración de nutrientes en su capa superficial y un agotamiento prolongado del oxígeno en capas más profundas. Debido a la presencia de importantes impactos antropógenos no relacionados con el cambio climático, no hay evidencia de tendencias coherentes relacionadas con el clima en otros parámetros de calidad del agua (por ejemplo, salinidad, patógenos o nutrientes) en lagos, ríos o aguas subterráneas.

Estructura térmica de los lagos

La dinámica del fitoplancton y la productividad primaria han resultado alteradas. Paralelamente, al calentamiento de las aguas superficiales, la temperatura de las aguas profundas ha incrementado. El aumento de temperatura del agua y la mayor duración de las estaciones sin hielo influyen en la estratificación térmica y en la hidrodinámica interna de los lagos. La pérdida de agua por evaporación aumenta, la estratificación estival se adelanta, y las termoclinas descienden de nivel. En varios lagos el periodo de estratificación se ha adelantado hasta 20 días y se ha prolongado entre 2 y 3 semanas, con una mayor estabilidad térmica. Numerosos lagos y ríos presentan una mayor concentración de sulfatos, cationes básicos y sílice, y una mayor alcalinidad y conductividad vinculadas a una meteorización más acentuada de los silicatos, sulfatos de calcio y magnesio y carbonatos en sus cuencas.

Erosión y sedimentación

La erosión producida por el agua ha aumentado en numerosas áreas del mundo, en gran parte a

consecuencia de los cambios antropógenos de uso de la tierra.

Crecidas

Los procesos de crecida están influidos por diversos procesos climáticos y no climáticos y dependen de la intensidad, volumen, fechas, fase (lluvia o nieve) de la precipitación, así como del estado previo de los ríos y de sus cuencas de drenaje, de la humedad, de la tasa y fechas del deshielo de la nieve o del hielo, de la urbanización, y de la existencia de diques, presas o embalses. La intervención humana en las llanuras inundables y la ausencia de planes de respuesta. El aumento de intensidad de la precipitación y otros cambios climáticos indican que el cambio climático podría haber influido ya en la magnitud y frecuencia de las crecidas y que es más probable que improbable que haya habido una contribución humana a esa tendencia. En los últimos diez años (1996-2005) se ha duplicado en todo el mundo el número de grandes crecidas catastróficas por decenio respecto del acaecido entre 1950 y 1980. El desastre natural más frecuente en numerosas regiones han sido las crecidas, que han afectado en promedio a 140 millones de personas cada año. La frecuencia de los episodios de precipitación intensa ha aumentado, lo cual concuerda con el calentamiento y con los aumentos observados del vapor de agua atmosférico.

Sequías

Las sequías se han hecho más comunes, particularmente en las áreas tropicales y subtropicales y que es más probable que improbable que haya habido una contribución humana a esa tendencia han incrementado la evapotranspiración y reducido la humedad del suelo, son factores importantes que han contribuido a la aparición de sequías en un mayor número de regiones. Las disminuciones de la precipitación terrestre en los últimos decenios son la causa principal de las tendencias secas, aunque es probable que el elevado calentamiento de la superficie durante los 2 o 3 últimos decenios haya contribuido a ellas. Las sequías afectan a la producción agrícola pluvial, así como al abastecimiento de agua para fines domésticos, industriales y agrícolas.

Cambios futuros respecto a la demanda y disponibilidad de agua por efecto del cambio climático.

Los principales dinamizantes climáticos que determinan la disponibilidad de agua son la precipitación, la temperatura y la demanda evaporativa.

Agua subterránea

El cambio climático afecta a la rapidez de recarga de las aguas subterráneas al espesor de las masas freáticas. Son pocas las investigaciones sobre el impacto futuro del cambio climático sobre las aguas subterráneas, pero se sabe que una mayor variabilidad de la precipitación podría reducir la recarga freática en áreas húmedas, dado que una mayor asiduidad de la precipitación intensa podría rebasar con mayor frecuencia la capacidad de infiltración del suelo. En áreas semiáridas y áridas, sin embargo, una mayor variabilidad de la precipitación puede acrecentar la recarga de agua subterránea, dado que sólo las lluvias muy intensas pueden llegar a infiltrarse antes de evaporarse, y que los acuíferos aluviales se recargan principalmente de inundaciones causadas por crecidas.

Cuando el espesor de la capa freática aumenta y la recarga de agua subterránea disminuye, peligran los humedales que dependen de acuíferos y de la escorrentía fluvial de base durante las estaciones secas. En áreas en que el nivel freático es ya alto, un aumento de la recarga podría ocasionar problemas de salinización de suelos urbanos y agrícolas y de suelos anegados. Por efecto del cambio climático, en numerosos acuíferos del mundo la recarga primaveral se desplazaría hacia el invierno, y la recarga estival disminuiría

Crecidas

Como lo mencionamos ya, las proyecciones indican que los episodios de precipitación intensa serían más frecuentes en la mayoría de las regiones durante el siglo XXI. Ello afectaría al riesgo de crecidas repentinas y de inundaciones en núcleos urbanos. La reducción de la cubierta de neviza sobre los glaciares por efecto del calentamiento produce un aumento inmediato de la escorrentía de agua de deshielo, que puede generar crecidas en los ríos alimentados por glaciares.

Sequías

Es probable que aumente la superficie afectada por las sequías. Una disminución de la precipitación estival daría lugar inevitablemente a una menor humedad del suelo en verano y a una mayor frecuencia e intensidad de las sequías. El deshielo de la nieve se adelantaría y sería menos abundante, lo cual podría acrecentar el riesgo de sequía en cuencas alimentadas por nieve fundida durante la temporada de caudal bajo, es decir, en los veranos y otoños. En los próximos decenios se espera que desaparezcan gran número de glaciares pequeños.

Calidad del agua

Aumentación de la temperatura del agua y de la intensidad de precipitación, con unos periodos de caudal bajo, potenciarían muchas fuentes de polución del agua. Es probable que el aumento de las temperaturas deteriore la calidad del agua de los lagos, teniendo una menor concentración de oxígeno a una más abundante liberación de fósforo de los sedimentos. Sin embargo, el aumento de la temperatura puede también mejorar la calidad del agua durante los inviernos y primaveras dando más oxígeno y así una menor mortandad a los peces durante el invierno. En áreas semiáridas y áridas, es probable que el cambio climático acentúe la salinización de las aguas subterráneas poco profundas, debido a un aumento de la evapotranspiración. En áreas costeras, el aumento del nivel del mar podría tener efectos negativos sobre el drenaje del agua de tempestad y la evacuación de aguas de desecho, y podría acentuar la intrusión de agua salada en las aguas subterráneas dulces de los acuíferos costeros, afectando así negativamente a los recursos de agua subterránea. Cualquier disminución de la recarga de los acuíferos agravará los efectos del aumento del nivel del mar. En los acuíferos terrestres, una menor recarga de agua subterránea podría ocasionar la intrusión de agua salada de acuíferos salinos cercanos.

Erosión hídrica y sedimentación

Todos los estudios de erosión del suelo indican que el aumento esperado de la intensidad pluvial produciría una mayor erosión. La fusión del permafrost convierte en erosionables suelos que previamente no lo eran.

Dinamizantes no climáticos de los sistemas de agua dulce en el futuro

Los cambios de uso de la tierra, la construcción y gestión de embalses, las emisiones de poluyentes y el tratamiento del agua y de las aguas de desecho influyen tanto en la cantidad como en la calidad de los recursos hídricos. La vulnerabilidad de los sistemas de agua dulce al cambio climático depende también de la gestión del agua a nivel nacional e internacional. Cabe esperar que el paradigma de “gestión integrada de los recursos hídricos” vaya ganando aceptación en todo el mundo con ello el agua, como recurso y como ecosistema. Es probable que se reduzca así la vulnerabilidad de los sistemas de agua dulce al cambio climático.

Los impactos del cambio climático sobre la disponibilidad de agua dulce en el futuro, el estrés hídrico en el futuro, los costos, y otros aspectos socioeconómicos del agua dulce

Por lo que respecta a la disponibilidad de agua dulce en el futuro, es muy probable que los costos del cambio climático sean, en términos mundiales, mayores que los beneficios. Una de las razones es el muy probable aumento de la variabilidad de la precipitación, y una previsible mayor frecuencia de crecidas y sequías.

En lo que concierne la demanda de agua dulce en el futuro, el aumento de las temperaturas y de la variabilidad de la precipitación generarían en conjunto una mayor demanda de agua de riego. Es probable que el aumento de la demanda de agua para uso doméstico por efecto del cambio climático y de la demanda de agua para usos industriales sea relativamente pequeño.

En el decenio de 2050, los impactos del cambio climático tendrían un mayor efecto sobre el número de personas que habitan en cuencas fluviales con estrés hídrico y ese número de personas aumentaría de manera apreciable. La cantidad de agua disponible para captación depende de la escorrentía, de la recarga freática, de las condiciones de los acuíferos, de la calidad del agua y de la infraestructura de abastecimiento hídrico. El acceso a agua potable salubre depende más de la adecuación de la infraestructura de suministro de agua que del volumen de escorrentía. Sin embargo, el objetivo de un acceso más salubre al agua potable resultará más difícil de lograr en regiones en que disminuya la escorrentía y/o la recarga de aguas subterráneas por efecto del cambio climático. Además, el cambio climático implica un costo adicional para el sector de abastecimiento de agua debido, por ejemplo, al nivel cambiante del agua, que afecta a la infraestructura de suministro y que podría impedir la extensión de los servicios de abastecimiento de agua a un mayor número de personas. Ello, a su vez, genera un mayor impacto socioeconómico, con el consiguiente costo, particularmente en áreas en que ha aumentado también la prevalencia del estrés hídrico por efecto del cambio climático.

Los cambios inducidos por el cambio climático en el régimen de escorrentía estacional y en la variabilidad interanual de la escorrentía pueden ser tan importantes para la disponibilidad de agua como los cambios del promedio anual de la escorrentía a largo plazo. Los daños que ocasionen las crecidas en el futuro dependerán en gran medida de las pautas de asentamiento, de las decisiones sobre el uso de la tierra, de la calidad de las predicciones de crecida, de los sistemas de alerta y respuesta, y del valor de las estructuras y otras propiedades ubicadas en áreas vulnerables, así como de los cambios inherentes al clima, como las variaciones en la frecuencia de los ciclones tropicales. En todos los escenarios, los daños por crecidas aumentarían a menos que se modificaran las políticas, las prácticas y las infraestructuras actuales de gestión de las crecidas. Es probable que el cambio climático altere los caudales fluviales, produciendo impactos importantes sobre la disponibilidad de agua en el curso fluvial, particularmente para la generación de energía hidroeléctrica.

Áreas y sectores de agua dulce muy vulnerables al cambio climático

Es muy probable que no sea posible evitar los efectos negativos del cambio climático sobre el desarrollo sostenible pero para conseguir una gestión “sostenible” de los recursos hídricos suele aplicarse un método de gestión integrada (explicarla). En el sector hídrico, la gobernanza (explicarla) es un componente importante de la gestión del agua si se desea conseguir unos recursos hídricos sostenibles en el marco de diversos sistemas políticos, socioeconómicos y administrativos.

Las incertidumbres respecto a los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos se derivan principalmente de la incertidumbre existente respecto a los aportes de precipitación y, en menor medida, de las incertidumbres respecto a las emisiones de gases de efecto invernadero, respecto a las sensibilidades climáticas o de la sensibilidad inherente a los propios modelos hidrológicos.

Adaptación hídrica al cambio climático: consideraciones generales

Las respuestas de los gestores al cambio climático abarcan el desarrollo de nuevas metodologías de evaluación y diseño de sistemas. Las opciones orientadas a la demanda pueden carecer de efectividad práctica, dado que están basadas en la acumulación de acciones de individuos. Algunas opciones pueden ser incompatibles con las medidas de mitigación, ya que implican un alto consumo energético, por ejemplo en el caso de la desalinización o del bombeo.

Hay dos tipos de adaptaciones, autónoma, y planificada. La primera no constituye una respuesta consciente a los estímulos del clima pero que pueden reducir las repercusiones de ese cambio. La segunda es aquella que resulta de decisiones de política deliberadas y que toma en cuenta el cambio de variabilidad del clima. Son muy raros los ejemplos de acciones concretas en el sector hídrico para adaptarse específicamente y únicamente a un clima en evolución y se hará necesaria una adaptación a los cambios de disponibilidad y calidad del agua. Hay un alto grado de confianza en que la adaptación puede reducir la vulnerabilidad, particularmente a corto plazo. La gestión integrada de los recursos hídricos debería ser un instrumento para explorar medidas de adaptación al cambio climático pero, por el momento, se encuentra en sus comienzos.

Ecosistemas y biodiversidad

Contexto

El cambio climático en las próximas décadas tendrá varios efectos sobre la disponibilidad de humedad y los cambios en la hidrología pueden afectar a muchas especies diferentes.

Proyecciones de cambio hidrológico, y sus implicaciones respecto a la biodiversidad mundial

Los cambios hidrológicos del siglo XXI tendrán sin duda un impacto en la diversidad biológica de todos los continentes. Las complejas interacciones y las respuestas de los ecosistemas dificultan las proyecciones de los resultados ambientales concretos. La temperatura y el estrés hídrico causaron extinciones de plantas y animales. De todos los ecosistemas, son los ecosistemas acuáticos de agua dulce que parecen contener la mayor proporción de especies en peligro de extinción debido al cambio climático.

Impactos de los cambios hidrológicos sobre los principales tipos de ecosistema

Los niveles de agua deberían aumentarse en los lagos de gran altitud y se espera una disminución en las latitudes medias y bajas. Los impactos del calentamiento global, son entre otras cosas, la ampliación de la estación de crecimiento en las latitudes altas, la intensificación de la estratificación y la pérdida de nutrientes de las aguas superficiales, una disminución de oxígeno en muchos lagos y una extensión de muchas plantas acuáticas invasoras. Todos estos factores reducen la productividad de los ecosistemas.

Los efectos más marcados del cambio climático se manifestaran en los humedales de agua dulce los

cuales son lugares críticos de la biodiversidad y cuentan con una hidrología peculiar por sus especies acuáticas. El calentamiento global hará que los humedales se secan y que nuevos humedales aparecerán dónde habrá deshielo del permafrost. Puede ser muy difícil o imposible adaptarse a las consecuencias de los cambios debido a su limitada capacidad de adaptación, los ecosistemas de los humedales están considerado como los más vulnerables ante del cambio climático.

El cambio climático, modificando las precipitaciones y la escorrentía local puede influir y modificar la presencia de sedimentos (también causada por la erosión), los nutrientes los cuales influyen la tasa el crecimiento del fitoplancton y el índice de salinidad, el cual altera la zonación de las especies vegetales y animales y la reducción del suministro de agua potable para los seres humanos.

Muchas cuencas alpinas son alimentados por nieve derretida y el aumento de la temperatura provoca un cambio de la magnitud y la frecuencia de los eventos hidrológicos. Más precipitaciones anuales son de lluvia en lugar de nieve. La zonificación de estos ecosistemas depende de la temperatura y de la humedad del suelo. Cuando hay una modificación climática, el riesgo de extinción de especies endémicas es alto debido a que su sobrevivencia depende de la presencia de nieve, que es más importante para su metabolismo que la temperatura como tal. Un cambio en el escurrimiento también conlleva una serie de importantes repercusiones en el ecoservicios.

La disponibilidad de agua es un factor clave en la reestructuración de los ecosistemas boscosos y pastizal. El cambio climático altera la magnitud y la frecuencia de incendios forestales que crea un estrés para los árboles.

Agricultura y seguridad alimentaria, uso de la tierra y silvicultura

Contexto

La productividad de los sistemas agrícolas, forestales y piscícolas depende de la precipitación, evaporación y de la disponibilidad de los recursos de agua dulce para el riego, especialmente para los cultivos. Con el cambio climático, los sistemas de producción de las zonas marginales son cada vez más confrontado a una aumentación de la vulnerabilidad del clima y a los riesgos por cuestiones de agua, debido a factores como el deterioro de los recursos del suelo a través de la erosión del suelo, a una excesiva extracción de aguas subterráneas, etc. En estas zonas marginales, los cultivos de las explotaciones pequeñas son particularmente vulnerables al cambio climático y a la variabilidad del clima, y las fuentes de estrés social y económico exacerban las ya difíciles condiciones ambientales.

En los bosques, se demostró que los incendios y los brotes de insectos vinculados a la frecuencia de fenómenos extremos (sequías e inundaciones) aumentan la vulnerabilidad al clima. En la pesca, la contaminación del agua y los cambios en los recursos hídricos también aumentan la vulnerabilidad y riesgo.

En cuanto a la cuestión de la agricultura y de seguridad alimentaria, observamos que el 18% de las tierras de regadío dependen del agua para el riego. Estos 18% de las tierras producen trigo para la mitad de la población mundial debido a que estas tierras producen dos a tres veces más que las tierras que no son de regadío, o sea 80% de las tierras agrícolas del mundo dependen del agua lluvia. La cuestión del agua en relación con el cambio climático, por lo tanto, es fundamental.

Hay que saber que un déficit de agua conduce a la vulnerabilidad de la producción, pero demasiada

agua (inundación, lluvia excesiva, etc.) también puede tener efectos perjudiciales. El agua tiene un papel de liderazgo en la seguridad alimentaria y las limitaciones socioeconómicas de las próximas décadas aumentará la competencia entre las necesidades de riego y la aplicación de los sectores no agrícolas, y posiblemente reducirá la disponibilidad y la calidad de los recursos de agua para los alimentos.

Los bosques desempeñan un papel clave en el suministro, la calidad y cantidad del agua, tanto en los países desarrollados que en los países en desarrollo. La importancia de los bosques como las cuencas hidrográficas puede aumentar considerablemente en las próximas décadas, ya que comienzan a escasear los recursos de agua dulce, especialmente en los países en desarrollo. La protección de los bosques puede tener efectos beneficiosos sobre la mitigación de las sequías y las inundaciones. Los factores limitantes en los sistemas forestales son el agua, la temperatura y el fuego. Algunos biomas forestales dependen de uno u otro de estos factores.

Observaciones

Los efectos de una mayor cantidad de CO₂ atmosférico sobre la función de las plantas podrían tener implicaciones importantes respecto a los recursos hídricos, debido a una mayor eficiencia en el consumo foliar de agua. Sin embargo, los efectos de las altas concentraciones de CO₂ podrían sobreestimar la respuesta en el ámbito agrícola y por muchos factores limitantes que normalmente operan en el terreno, tales como las plagas, malas hierbas, la competencia por recursos, la calidad del agua, el suelo y el aire. La comprensión de las claves que caracterizan la dinámica de las interacciones de un alto de CO₂ con el clima sigue siendo una prioridad para la comprensión de las futuras consecuencias del cambio climático en los sistemas gestionados.

Proyecciones

Los cambios en la demanda y la disponibilidad de agua debido al cambio climático en gran medida afectarán a la agricultura y seguridad alimentaria, la silvicultura y la pesca en el siglo XXI.

Habrán un aumento de la demanda de riego en la mayor parte del mundo debido a la reducción de las precipitaciones y el aumento de la evaporación bajo el efecto del aumento de la temperatura. Se espera que los cambios proyectados en la frecuencia y gravedad de fenómenos meteorológicos extremos, entre ellos el aumento de la frecuencia de estrés térmico, las sequías y las inundaciones, tienen importantes consecuencias en la alimentación, la silvicultura (y el riesgo incendios forestales) y otros subproductos de la agroindustria, además del impacto de los cambios en las variables medio. Es importante destacar que los sistemas de producción y los recursos hídricos serán influenciada en gran medida por las interacciones concurrentes del clima y de factores socioeconómicos en las próximas décadas.

En general, mientras que un moderado calentamiento de las regiones de alta latitud beneficiaría los rendimientos de los cultivos y pastizales, un calentamiento, aunque leve, en zonas de baja latitud o en zonas con estaciones secas sería perjudicial para el rendimiento. Un aumento en la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos pueden reducir el rendimiento de los cultivos más allá de los impactos del cambio climático medios. Los impactos del cambio climático sobre las necesidades de agua para el riego también pueden ser importantes. Un aumento en la variabilidad climática y la sequía podría llevar a una pérdida de ganado. Durante la sequía, la degradación del suelo y de la vegetación, las reducciones de las precipitaciones, pueden tener fuertes consecuencias para la pérdida de tierras de pastoreo y de cultivo. Hay varios impactos negativos del cambio climático en la acuicultura y la pesca de agua dulce. El estrés debido a un aumento de la temperatura, la demanda

de oxígeno y la disminución del pH, el aumento de la frecuencia de las enfermedades y los episodios tóxicos, etc. Los efectos positivos podrían ser un aumento de la tasa de crecimiento y la eficiencia de conversión de alimentos por ejemplo, o en una prórroga del período de crecimiento.

Adaptación, vulnerabilidad y desarrollo sostenible

La gestión del agua es un componente crítico para adaptarse al cambio climático en las próximas décadas. La adaptación autónoma o la de organizaciones de agricultores, las comunidades rurales, etc. son respuestas de aplicaciones para reducir los estreses relativos al agua. Ajustes planeados por los gobiernos, políticas, etc. serán más que necesario para las respuestas a largo plazo en relación con la adaptación al cambio climático.

Las cuatro dimensiones de la seguridad alimentaria, a saber, la disponibilidad de alimentos (la producción y el comercio), el acceso a los alimentos, la estabilidad del suministro de alimentos y la alimentación humana (reales procesos que intervienen en la preparación y el consumo de alimentos) probablemente se verán afectados por el cambio climático. Son los países tropicales en desarrollo, los cuales disponen de recursos limitados de la tierra y del agua y que ya se enfrentan a una grave inseguridad alimentaria, los que podrían ser particularmente vulnerables al cambio climático.

En muchos países en desarrollo, la calidad del agua es deficiente debido a la falta de saneamiento, de la falta de procesamiento adecuado y condiciones higiénicas deficientes. El aumento de la utilización adecuada de las aguas residuales tratadas para el riego es una estrategia para luchar contra la escasez de agua o contra algunos problemas de salud.

La cooperación transfronteriza en el ámbito del agua es reconocida como una política eficaz de gestión o instrumento para mejorar la gestión del agua de grandes áreas que comparten recursos comunes. Las próximas décadas se requieren soluciones que garanticen el derecho de alimentos y el desarrollo rural y aumentar al máximo la necesidad de energía y mitigación del cambio climático. El uso de las energías renovables para la extracción y distribución de agua podría resolver muchos conflictos. Muchas prácticas de secuestro de carbono en sí constituyen una buena práctica en la agrosilvicultura.

Salud humana

Contexto

La salud humana depende del abastecimiento de agua potable y de un ambiente seguro. La malnutrición y la escasez de agua puede ser los impactos más importantes del cambio climático sobre la salud. La vulnerabilidad ante las inundaciones se reduce cuando hay infraestructura. La falta de agua para la higiene es actualmente responsable de una morbilidad significativa en el mundo. La mortalidad y la morbilidad por diarrea siguen siendo elevadas en los países de bajos ingresos. La relación entre la precipitación, el caudal y la contaminación de los suministros de agua es muy complejo. Si se disminuye el caudal de los ríos a causa de la disminución de las lluvias, su capacidad de diluir los efluentes se reducirá también, lo que lleva a un aumento del agente patógeno o de productos químicos, por ejemplo.

Observaciones

La gestión del agua y de drenaje del agua de lluvia es importante en las comunidades urbanas de bajos ingresos, como las tuberías obstruidas pueden causar inundaciones y aumento de la

transmisión de enfermedades transmitidas por vectores, como el paludismo. En los países de altos ingresos, los episodios de precipitaciones y el escurrimiento puede aumentar la carga microbiana en los cursos de agua y en los depósitos de agua potable. Además, se constató que las temperaturas más altas se relacionan con un aumento de episodios de diarrea.

Proyecciones

Dado a la complejidad de la asociación entre factores climáticos y enfermedades, con frecuencia no es posible atribuir los cambios en la configuración de una enfermedad específica a los cambios climáticos observados. Sin embargo, hay varios informes sobre las respuestas de adaptación para reducir los impactos del cambio climático en el sector del agua.

El cambio climático tendrá varios efectos negativos sobre las poblaciones en las zonas donde la infraestructura de abastecimiento de agua y saneamiento no pueden satisfacer las necesidades locales. La escasez de agua es un grave obstáculo para el desarrollo sostenible.

Adaptación, vulnerabilidad y desarrollo sostenible

La pobreza y la mala gobernanza son los mayores obstáculos para la eficacia de la adaptación. Por lo tanto, para ser eficaces, las estrategias de adaptación deben ser desarrolladas en el contexto de las políticas de desarrollo, el medio ambiente y la salud pública aplicado en las regiones afectadas. El riego, usando agua de desechos, es fundamental en la cuestión de propagación de enfermedades infecciosas como la malaria. Para controlar estos problemas, es necesario elaborar programas de tratamiento de aguas de desecho y planificar su reutilización.

Abastecimiento de agua y saneamientos

Contexto

El acceso al agua potable se considera ahora como un derecho humano universal, sin embargo, el mundo se enfrenta a un aumento en los problemas relacionados con la prestación de servicios hidrológicos. El cambio climático es un peso adicional a los problemas ya existentes.

Observaciones

Ya sabemos que el aumento de la temperatura puede causar un disminución de la disponibilidad de agua en cuencas alimentadas por glaciares, que el aumento del nivel del mar aumenta la salinización de los acuíferos. Tales consecuencias reducen la disponibilidad de agua potable.

Proyecciones

En ciertas áreas, la escasa disponibilidad de agua podría ocasionar una sobreexplotación de las aguas subterráneas, y en ciertos casos ocasionar el deterioro de la calidad del agua. Conllevará también un mayor costo del abastecimiento de agua para todos los usos. La calidad del agua se podrían deteriorar por varias razones tales como la variación del flujo transportando diversos compuestos presentes en el suelo, el aumento de la temperatura, aumentado las concentración en fósforo y el aumento de salinización como consecuencia del aumento del nivel del mar. Por lo que concierna el aumento de la escorrentía, se podría que esto mejore la disponibilidad de agua, será sin embargo necesario adoptar medidas que permiten aprovechar esa evolución.

Adaptación, vulnerabilidad y desarrollo sostenible

Ante el problema de menor disponibilidad de agua, será importante implementar programas de uso de agua, disminuir el consumo del agua y desarrollar alternativas como la captación de agua de lluvia por ejemplo.

Asentamientos e infraestructura

Asentamientos

Gran número de asentamientos humanos carecen actualmente de un suministro adecuado de agua salubre. Es muy probable que los impactos del cambio climático sobre la disponibilidad de agua y sobre su calidad en origen planteen cada vez mayores dificultades para resolver esos problemas, particularmente en áreas en que el estrés hídrico aumentará previsiblemente, debido a la disminución de la escorrentía y al aumento de la población. Tanto en los países en desarrollo como en los desarrollados, el rápido aumento de la población en las ciudades costeras, que previsiblemente continuará, agravará la exposición humana a las crecidas y a los daños ocasionados por tempestades, huracanes y otros fenómenos similares en las costas.

Infraestructura

Las crecidas causadas por la subida del nivel del mar y por el cambio de intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos (por ejemplo, tempestades, o huracanes) amenazan las redes de transporte en ciertas áreas. Las inundaciones, los deslizamientos de tierra y las tempestades de gran intensidad (por ejemplo, los huracanes) entrañan un riesgo máximo de daños en los edificios, tanto en los países desarrollados como en desarrollo.

Adaptación

Los impactos vinculados a la alteración de la frecuencia de crecidas y sequías, o de la cantidad, calidad o estacionalidad del agua disponible podrían atenuarse mediante una inversión apropiada en infraestructura, y modificando consiguientemente la gestión del agua y el uso de la tierra.

Economía: seguros, turismo, industria, transporte

Contexto

El clima y los recursos hídricos afectan a varios sectores como los seguros, la industria, el turismo o el transporte. Los efectos hídricos del cambio climático sobre esos sectores podrían ser positivos o negativos

Costos socioeconómicos, mitigación, adaptación, vulnerabilidad, desarrollo sostenible

De todos los posibles impactos hídricos sobre el transporte, el más gravoso son las inundaciones. Suele considerarse que los sectores industriales son menos vulnerables a los impactos del cambio climático que, por ejemplo, la agricultura. El cambio climático afectaría al turismo en lo que se refiere a la disponibilidad de agua, que podría cambiar en sentido positivo o negativo. El transporte de mercancías por vías navegables interiores podría resultar más dificultoso en situaciones de crecida y de sequía. En fin, en cada país, la cobertura específica de los seguros contra riesgos vendrá determinada por los efectos de los desastres precedentes.

Análisis de los aspectos regionales

África

Recursos hídricos

Observaciones

Se observa que un 25% de la población padece de estrés hídrico vs. 69% que vive en condiciones de abundancia relativa de agua. 33% viven en áreas propensas a la sequía (efectos: alienación cultural, dislocación de la población, etc.) y que hubo una disminución de las precipitaciones (entre 20-40%, de 1968-1990).

Proyecciones

Habrán un aumento probable del número de personas que padecerían estrés hídrico hasta 2055 en África septentrional y austral y en África occidental es probable que una disminución del estrés hídrico sea el efecto padecido por un mayor número de personas. Se puede que la recarga de agua subterránea disminuirá con escorrentía, aumentando el estrés hídrico en estación seca para fines agrícolas y usos domésticos.

Energía

Observaciones

En la mayoría de los países africanos, la electricidad viene de la energía hidroeléctrica. Hay una dependencia a la leña en áreas rurales equivalente a 70% del consumo total en energía de ese continente. Además de los problemas causados por el cambio climático, se suma el precio del petróleo que aún puede agravar más la problemática energética africana.

Proyecciones

Sumando a las proyecciones de escorrentía, la generación de energía hidroeléctrica resultará negativamente afectada por el cambio climático en las cuencas de las regiones subhúmedas.

Salud

Observaciones

Los efectos del cambio climático sobre la distribución geográfica del paludismo y su intensidad de transmisión siguen siendo controvertidos pero acusan el clima. Se observaron casos de paludismo asociados a la precipitación y a unas temperaturas máximas altas. Se observa también en África que el cólera está retomando fuerza. La mortalidad infantil por diarrea sigue siendo elevada y más en periodo de lluvias.

Proyecciones

Una gran parte de Sahel occidental y gran parte del centro-sur de África está probablemente inadecuada para la transmisión del paludismo. Se espera también un aumento del número de estaciones muy húmedas en el África oriental. Es probable que el estrés térmico y la sequía tengan un impacto negativo adicional sobre la salud animal y la producción de lácteos.

Sector agrícola

Observaciones

El sector agrícola permite la subsistencia de amplios sectores de la población, de modo que cualquier disminución de la producción repercutirá sobre la pobreza y seguridad alimentaria. El sector es particularmente sensible a los cambios de clima y los problemas que ya tienen (plagas, escasa de fertilidad del suelo, etc.), se agravan con la crecida y sequía prolongada.

Proyecciones

Unos escenarios indican una probable caída, de hasta un 90%, en los ingresos netos de los cultivos de aquí a 2100. Sin embargo, es posible que la adaptación ayude esos efectos negativos y que ciertos cambios climáticos ayuden a prolongar periodos de crecimientos por ejemplo.

Ecosistemas y biodiversidad

Observaciones

La biodiversidad se encuentra en el exterior de las áreas protegidas y está amenazada por el cambio climático, por la deforestación o caza. El riesgo de desertificación ya observado ocasiona también una pérdida de pastizales, flora y fauna, etc.

Proyecciones

Se indican abundantes extinciones de especies, tanto vegetales como animales causadas por la variación de disponibilidad de alimentos inducida por la sequía. En el Sahel, la escasez de alimentos ocasionada por la sequía dificultará la migración de aves. El escenario más seco ocasionaría extinciones masivas.

Adaptación y vulnerabilidad

La capacidad adaptativa y la adaptación en lo referente a los recursos hídricos se consideran muy importantes para el continente africano. La migración constituye una fuente de ingresos para tales migrantes. Otras prácticas tales como las técnicas clásicas de captación de agua, plantación de especies resistentes a las sequías contribuyen a la adaptación. Se señala la importancia del conocimiento tradicional en materia de captación y utilización de agua y la necesidad de incorporarlos a las políticas de cambio climático para que las estrategias sean eficaces en costo, participativas y sostenibles. El costo de la no adaptación al cambio climático podría ser mucha más superior al de incorporar soluciones en las opciones de gestión.

Asia

Contexto

La distribución del agua es desigual y en grandes extensiones padecen estrés hídrico, lo cual consiste en su freno al desarrollo sostenible. El cambio climático agravaría la escasez de agua y un gran número de estreses de orden socioeconómico.

Recursos de agua dulce

Observaciones

La frecuencia de lluvias más intensas ha aumentado en muchas partes de Asia, ocasionando crecidas graves, deslizamientos de tierras y ríos de lodo y detritus, en tanto que el número de días de lluvia y la cantidad total anual de precipitación han disminuido. La mayor frecuencia e intensidad de las sequías en muchas partes de Asia se atribuye principalmente a la subida de las temperaturas, particularmente durante los meses de verano, que suelen ser más secos, y durante los episodios de ENOA (El Niño-Oscilación Austral). La rápida descongelación del permafrost y la disminución de espesor de los suelos helados, constituyen una amenaza para muchas ciudades y asentamientos humanos, y han incrementado la frecuencia de deslizamientos de tierra y la degeneración de ciertos ecosistemas forestales, así como la elevación del nivel del agua en los lagos de la región de permafrost de Asia. La fusión que están experimentando los glaciares ha incrementado la escorrentía glacial y la frecuencia de desbordamiento de lagos glaciales, ocasionando flujos de lodo y avalanchas. Según ciertos informes, la disminución de la precipitación y la subida de la

temperatura que suele traer aparejadas el fenómeno ENOA agravan la escasez de agua, particularmente en aquellas áreas de Asia en que los recursos hídricos están ya sometidos a estrés por la creciente demanda de agua y el uso ineficaz de ésta.

Proyecciones

El cambio climático alteraría la estacionalidad y el caudal fluvial de los sistemas hidrográficos. Las crecidas podrían extender el hábitat de las pesquerías de agua salobre, aunque podrían afectar también gravemente a la industria acuícola y a su infraestructura, particularmente en los grandes deltas densamente poblados. La intrusión de agua salada en los estuarios debido a la disminución del caudal de los ríos y a la elevación del nivel del mar podría avanzar. La mayor frecuencia e intensidad de sequías en el área de captación acrecentaría la gravedad y frecuencia de la intrusión de agua salada en el estuario. A medio plazo, la fusión acelerada de la nieve y de los glaciares por efecto del cambio climático ocasionaría crecidas. En muchos casos, éstas están causadas por la elevación del nivel fluvial cuando el hielo a la deriva obtura los canales. Es probable que crezca la presión sobre los recursos hídricos, debido al aumento de la población y al desarrollo socioeconómico.

Agricultura

Observaciones

La producción de arroz, maíz y trigo ha disminuido durante los últimos decenios en muchas partes de Asia, debido al aumento del estrés hídrico, consecuencia en parte del aumento de temperatura, de la mayor frecuencia de El Niño y de la disminución del número de días de lluvia.

Proyecciones

La intensificación del deshielo de la nieve y de los glaciares, así como el ascenso de los contornos de la nieve, serían desfavorables para la agricultura corriente abajo en varios países del sur y centro de Asia. Partes de la China podrían padecer problemas hídricos en los próximos decenios, debido al aumento de la demanda hídrica y al déficit de humedad del suelo, asociado a una disminución de la precipitación. Es probable que la mayor variabilidad de las características hidrológicas continúe afectando al suministro de cereales y a la seguridad alimentaria en muchas naciones de Asia.

Biodiversidad

Observaciones

Una degradación de los pastizales está causado por la disminución de las precipitaciones que aumenta la aridez del suelo. La disminución de las precipitaciones y las sequías han ocasionado la desecación de humedales.

Energía

Proyecciones

Los cambios de la esorrentía podrían tener efectos importantes sobre la producción de energía en países con centrales hidroeléctricas, como Tayikistán, que es el tercer productor mundial de energía hidroeléctrica.

Adaptación y vulnerabilidad

Las áreas costeras serían las más amenazadas por un aumento de las crecidas fluviales y marinas. La vulnerabilidad, está influida por la vía de desarrollo de una sociedad, por su grado de exposición física, por la distribución de sus recursos, etc. Los más desfavorecidos y los marginados han sido siempre los más expuestos, y son los más vulnerables a los impactos del cambio climático, y lo serán

si sus sistemas de gobernanza no son capaces de dar una respuesta eficaz de adaptación respondiendo al cambio climático observado y previsto.

En el Asia septentrional, es probable que el tratamiento y reutilización de aguas de desecho a nivel municipal y una mayor eficiencia en la utilización del agua destinada al riego y a otros fines contribuya a evitar la escasez hídrica.

Hay muchas medidas de adaptación que podrían aplicarse en diversas parte de Asia para minimizar los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos tales como modernizar los planes de riego y de la gestión de la demanda hídrica, adoptar políticas de inversión pública que mejoren el acceso a los recursos hídricos disponibles y la utilización del agua para satisfacer la demanda de agua no potable. Sin embargo, en la práctica, la adaptación está limitada por diversos factores ecológicos, socioeconómicos, técnicos, institucionales y políticos.

Australia y Nueva Zelanda

Contexto

Aunque Australia y Nueva Zelanda son muy diferentes, están experimentando los impactos del recién cambio climático. El dinamizante regional más importante de la variabilidad del clima es el ciclo ENOA. Casi todos los estados orientales de Australia padecen sequía. La demanda hídrica aumentó desde los años 80 en Nueva Zelanda por la intensificación agrícola. En Australia, las principales fuentes de estrés medioambiental son: la salinidad de las áreas áridas, la alteración del caudal de los ríos, la asignación excesiva y el uso ineficiente de los recursos hídricos, la roturación, la intensificación de la agricultura, y la fragmentación de los ecosistemas. En el contexto del cambio climático proyectado, el suministro de agua es uno de los sectores más vulnerables de Australia, y se convertirá previsiblemente en un grave problema en algunas áreas de Nueva Zelanda.

Observaciones

Se observó en el suroeste de Australia una disminución sustancial de la precipitación con efectos graves la disminución de un 50% del aflujo anual a los reservorios de agua de Perth. Los recursos de agua subterránea y los humedales experimentaron presiones. Parte de la desecación observada estaba relacionada con la intensificación del efecto invernadero. En los últimos años se ha padecido una intensa sequía.

Proyecciones

Agua

Es muy probable que los actuales problemas de seguridad hídrica se agraven de aquí a 2030 en el sur y este de Australia, y en partes del este de Nueva Zelanda alejadas de ríos importantes. En Nueva Zelanda, es muy probable que la escorrentía de los ríos de South Island aumente en verano y disminuya proporcionalmente en invierno y que permita suministrar más agua a las centrales hidroeléctricas. Sin embargo, es probable que las industrias que dependen del riego (por ejemplo, el sector lácteo, la producción de cereales o la horticultura) experimenten el efecto negativo de una menor disponibilidad de agua. Es muy probable que la frecuencia de sequía aumente en las áreas orientales, con pérdidas potenciales de producción agrícola en las tierras de secano. Es virtualmente cierto que los efectos del cambio climático sobre la frecuencia de crecida y sequía estén modulados por las fases de ENOA y de la OPI. Es muy improbable que los caudales de base de los principales arroyos y manantiales se vean amenazados, a menos que se acumulen muchos años de sequía sucesivos.

Energía

En los dos países, el cambio climático podría afectar la producción de energía en las regiones en que la disminución del suministro de agua afecte a la disponibilidad de agua para alimentar las turbinas hidroeléctricas. En Nueva Zelandia, es muy probable que el viento del oeste potencie la producción de energía eólica. Es virtualmente cierto que el calentamiento incrementará el deshielo de nieve y que ello beneficie a la generación de energía hidroeléctrica en los períodos de demanda máxima de electricidad para calefacción.

Salud

Es probable que una menor frecuencia de precipitaciones pero más intensas afecte a la reproducción de los mosquitos y acentúe las tasas de enfermedad del río Ross. El dengue es una amenaza de primer orden en Australia y ha habido brotes crecientes de dengue durante los últimos diez años. El paludismo no debería ser un problema si la sanidad pública no se deteriore.

Agricultura

Es muy probable que haya grandes cambios en la distribución y los servicios de la agricultura y que el cultivo resulte insostenible debido a la escasez de agua. Es posible que los cultivos y otras actividades que dependen del riego se vean amenazados por la reducción de la disponibilidad de agua de riego.

Biodiversidad

Es probable que el impacto sobre los ecosistemas que aumentan la presencia de especies invasivas o la pérdida de hábitat. La intrusión de agua salada por la elevación del nivel de mar también altera la composición de especies de los hábitats de agua dulce.

Adaptación y vulnerabilidad

La adaptación planificada puede atenuar en gran medida la vulnerabilidad, y a pesar de las medidas ya tomadas por ambos países, sigue habiendo obstáculos de orden medioambiental, económico, informativo, social, político y psicológico que dificultan la puesta en práctica de las medidas de adaptación. En las cuencas urbanas podría utilizarse agua de lluvia y reciclada para incrementar el suministro. Para las actividades rurales, será necesario flexibilizar los sistemas de asignación mediante la ampliación de los mercados de agua, que gracias a la oferta y a la demanda podrían mejorar la eficiencia del uso de agua. Es probable que las estrategias de adaptación, tanto actuales como propuestas, permitan ganar algo de tiempo. De continuar las tasas de desarrollo costero, es probable que se necesite una planificación y reglamentación más ajustadas para que el desarrollo siga siendo sostenible.

Europa

Contexto

En Europa abunda el agua. Una proporción grande es terreno agrícola en explotación. Los cereales son el cultivo predominante. Los estudios indican que la Europa meridional será la más afectada por los cambios climáticos. Las principales presiones medioambientales tienen relación con la diversidad biológica, el paisaje, el suelo y la degradación de la tierra, la degradación forestal, los fenómenos naturales peligrosos, la gestión del agua y los entornos recreativos.

Observaciones

Se han observado un aumento de la precipitación media por día húmedo en la mayor parte del continente, una desaparición de algunos humedales, un aumento del estrés sobre los cultivos, una disminución del espesor del permafrost, una disminución de la cubierta de nieve estacional y una disminución del volumen y superficies de los glaciares.

Proyecciones

Agua

Los cambios climáticos tendrá múltiples efectos sobre las precipitaciones, las cuales varían mucho de un lugar a otro y de una estación a otra, aumentándose o disminuyéndose. El mismo fenómeno ocurre con las escorrentías. Es probable que disminuye la recarga de las aguas subterráneas. La estacionalidad de los caudales aumentará, con flujos más caudalosos en la estación de valores máximos, y menores en la estación de valores mínimos o durante períodos de sequía prolongados. Las regiones más propensas a un mayor riesgo de sequía son las mediterráneas, y partes de la Europa central y oriental, en que se prevé un mayor aumento de la demanda de agua de riego. El riesgo de crecida aumentará en todo el continente. El efecto conjunto de la subida de temperaturas y de la disminución de la precipitación estival incrementará la frecuencia de olas de calor y de sequía.

Energía

La energía hidroeléctrica que es una de las principales fuentes de energía de Europa podría disminuir de un 6% de aquí a 2070. La producción de biocombustibles está determinada en gran medida por el suministro de humedad y por la duración del período de crecimiento.

Salud

Es probable, asimismo, que el cambio climático afecte a la calidad y cantidad de agua en Europa y, por consiguiente, al riesgo de contaminación de los suministros de agua públicos y privados. Tanto la precipitación extrema como la sequía intensa podrían acrecer la carga microbiana total del agua dulce y tener implicaciones respecto a los brotes de enfermedades y el control de la calidad del agua.

Agricultura

Una intensificación de la variabilidad de la producción agrícola y una disminución del rendimiento de los cultivos estivales son probables.

Biodiversidad

Las proyecciones indican una probable pérdida de humedales por la desaparición de permafrost ártico. Debido al calentamiento, también se espera la aparición de floración de alga y de cianobacterias tóxicas en los lagos, y una disminución de los niveles de saturación de oxígeno. Es probable que ese aumento de temperatura enriquezca la diversidad de especies en ecosistema de agua dulce.

Adaptación y vulnerabilidad

El cambio climático crea problemas de gestión hídrica en Europa: el aumento del estrés hídrico, sobretudo en la Europa sudoriental, y el riesgo de crecidas en la mayor parte del continente. Es probable que la construcción de reservorios en tierras altas y de diques en áreas bajas siga siendo la principal medida estructural de protección contra las crecidas. Para adaptarse al aumento de estrés hídrico, las estrategias planificadas más comunes siguen siendo las medidas adoptadas desde el

punto de vista del suministro como reservorios en los ríos . Otras soluciones orientadas al suministro, como la reutilización de aguas de desecho o la desalinización, están siendo más ampliamente contempladas, aunque su popularización tropieza con los problemas sanitarios que conlleva la utilización de aguas de desecho.

América Latina

Contexto

Continente de gran diversidad climática por su configuración geográfica. La economía de América latina depende en gran parte de la agricultura y la variación regional del rendimiento de los cultivos es un problema muy importante. La disponibilidad y calidad del agua experimentan estrés en los lugares de baja precipitación o alta temperatura.

Observaciones

Agua

Hubo un aumento de las crecidas, de las sequías, de los deslizamientos de tierra, de las inundaciones, del nivel del mar, y la superficie de los glaciares ha disminuido.

Energía

La principal fuente de energía en América latina es la energía hidroeléctrica. En Brasil, el aumento de la demanda de energía y la intensificación de la sequía provocaron conjuntamente un colapso virtual de la energía hidroeléctrica. También el retroceso de los glaciares afecta la generación hidroeléctrica.

Salud

Las sequías favorecen la aparición de epidemias y las crecidas ocasionan epidemias. Las variaciones anuales del dengue parecen estar relacionadas con la fluctuación de la densidad de vectores ocasionada por el clima.

Agricultura

El aumento de las precipitaciones ha mejorado el rendimiento de los cultivos en la región de la Pampa argentina y en Uruguay.

Biodiversidad

Los bosques tropicales son susceptibles a los incendios causados por el aumento de las sequías. Por escasa precipitación, se ha observado que la población de sapos y ranas de los bosques nubosos ha resultado afectada. Se establece una relación entre la temperatura y la extinción de especies.

Proyecciones

Agua y clima

La mayoría de las proyecciones indican la existencia de anomalías de la precipitación en la región tropical. En América central, aumentaría la frecuencia de estaciones extremadamente secas respecto de la totalidad de estaciones. Las vulnerabilidades se acentuarían debido a la mayor demanda de agua de consumo y riego y seguirán aumentando en términos netos el número de personas que padecerán un estrés hídrico.

Energía

Una mayor retroacción de los glaciares repercutiría en la generación de energía hidroeléctrica, en

general más en países como Colombia o Perú.

Salud

Se disminuiría la transmisión del paludismo en la áreas con menos precipitaciones y aumentaría la incidencia en países como Nicaragua y Bolivia, dónde predice más precipitaciones. El crecimiento del paludismo y de la población amenazada podría afectar al costo de los servicios sanitarios, en particular el destinado a tratamientos y a servicios de seguridad social.

Agricultura

La amenaza de hambre podría aumentar de un millón en los próximos diez años.

Biodiversidad

Debido a los cambios climáticos, podría haber substitución de bosques tropicales por sabanas en México y de vegetación semiárida por árida en Brasil, por ejemplo. Es muy probable que la desertificación y la salinización afecten a un 50% de las tierras agrícolas.

Adaptación y vulnerabilidad

La ausencia de estrategias de adaptación adecuadas se debe al bajo nivel de producto interior bruto (PIB) de los países de América latina, al aumento de la población asentada en áreas vulnerables y a la falta de marcos políticos, institucionales y tecnológicos adecuados.

América del Norte

Contexto

El cambio climático limitará aún más los recursos hídricos de América del Norte, de pos sí sobreexplotados (usos agrícola, industrial, municipal y ecológico). Existe una variación de la distribución temporal y espacial y de la cantidad del agua dulce disponible para los asentamientos humanos y para los usuarios agrícolas e industriales. Hay impactos, con alta variabilidad regional, sobre la escorrentía, los flujos fluviales la recarga de las aguas subterráneas. La diversidad de niveles de riqueza y características geográficas contribuyen en la distribución desigual de los impactos, vulnerabilidades y capacidades de adaptación probables.

Observaciones

Recursos de agua dulce

La precipitación anual disminuiría en el suroeste de EEUU, pero aumentaría en la mayor parte de América del Norte de aquí a 2100. En general, los cambios de la precipitación extrema serían mayores que los de la precipitación media. Es muy probable que los cambios climáticos adelanten el deshielo y reduzcan notablemente el banco de nieve en las montañas y que haya una anticipación de la escorrentía de deshielo, un aumento de los caudales durante el invierno y en la primavera y una disminución sustancial de los caudales estivales.

La disponibilidad de agua subterránea resultará probablemente afectada por tres factores clave: la extracción, la evapotranspiración y la recarga. Es probable que el camino climático incremente el número de casos de intrusión de agua salada en acuíferos costeros, debido al aumento del nivel del mar.

Energía

La producción hidroeléctrica depende de la escorrentía, de su distribución en el tiempo y del nivel

de los reservorios. La consecuencia de un cambio en la distribución estacional de los flujos y en la distribución temporal de la formación de hielo son inciertas pero es probable que el suministro de energía hidroeléctrica aumente o que disminuya apreciablemente. Los recursos solares podrían resultar afectados por los cambios futuros de la nubosidad y el potencial de la bioenergía es sensible al clima por los cultivos y la disponibilidad de agua de riego.

Salud

Las enfermedades transmitidas por el agua son estacionales en América del Norte pero es muy probable que las enfermedades transmitidas por el agua y la degradación de la calidad de ésta aumenten con la intensidad de precipitación. Es muy probable también que aumente la actividad atmosférica en términos de ciclones tropicales intensos, los cuales aumentan los casos de enfermedad diarreica por efecto de la contaminación del suministro de agua.

Agricultura

La vulnerabilidad de la agricultura de América del Norte al cambio climático es multidimensional, y está determinada por la interacción entre las condiciones preexistentes, por las tensiones indirectas derivadas del cambio climático y por la capacidad del sector para hacer frente a múltiples factores interrelacionados, entre ellos la competencia económica de otras regiones y la mejora de las variedades cultivadas y de la gestión agrícola. Es probable que un cambio climático moderado mejore el rendimiento de la agricultura de regadío en América del Norte, aunque en menor medida y con mayor variabilidad espacial que en estimaciones anteriores. Sin embargo, en muchos cultivos que se encuentran ya cerca de su umbral climático el rendimiento y/o la calidad disminuirían, incluso si el calentamiento es moderado.

Biodiversidad

Los cambios de precipitación, de humedad del suelo, de nivel del agua superficial y de flujo fluvial proyectados para América del Norte podrían afectar a una amplia diversidad de especies y biomas en los próximos decenios.

Adaptación

Los grupos indígenas y los menos favorecidos social o económicamente se encuentran entre los más vulnerables porque la adaptación tiende a ser reactiva centrada en la resolución de los problemas en lugar de su prevención. Uno de los prerrequisitos fundamentales para la sostenibilidad es la “incorporación” de las cuestiones climáticas al proceso de toma de decisiones. La vulnerabilidad de América del Norte depende de cuán eficaz sea su adaptación.

Regiones polares

Contexto

El Ártico suscita la máxima inquietud acerca de los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos. El Ártico contiene una enorme diversidad de recursos hídricos y muchos de los ríos más grandes del mundo, grandes deltas, extensos glaciares y casquetes de hielo, y extensiones de humedal.

Observaciones

Un aumento total fue experimentado por el caudal de los seis mayores ríos de Eurasia desde los años 30. También aumentó en el siglo XX la escorrentía de glaciares circumpolares, casquetes de hielo y manto de hielo de Groenlandia hacia el Océano Ártico. Se ha observado una magnitud de la

descarga invernal sobre los principales ríos del Ártico. Se han conocido cambios en la frecuencia o magnitud de las crecidas inducidas por el hielo, la duración de la cubierta de hielo se ha reducido en gran parte del Subártico. El permafrost ha conocido cambios importantes, y su descongelación podría estar influyendo en la respuesta precipitación-escorrentía estacional. La abundancia de lagos en ciertas regiones fue causada por esta descongelación del permafrost y el aumento de la permeabilidad de sustrato. También son muy sensibles los ecosistemas de agua dulce. Los efectos del calentamiento sobre la cubierta de nieve y hielo han ocasionado perturbaciones muy diversas en los ecosistemas.

Proyecciones

Obtener proyecciones de cambios respecto a la hidrología del Ártico es dificultoso pero los modelos predicen un aumento de la escorrentía en base a los aportes de precipitación está desvirtuada por ciertos problemas relacionados con la distribución de la lluvia y de la nieve a medida que se calienta la región. El deshielo de permafrost y el aumento de la descarga ocasionarían un aumento de la carga de sedimento fluvial y transformaciones potencialmente importantes de las redes de canales. El calentamiento implicaría también una continuación de la reciente tendencia a una mayor tardanza en las fechas de congelación de ríos y lagos, y a un adelanto en las fechas de ruptura de sus hielos. Estas importantes alteraciones hidrológicas de la región fría del Ártico inducirán cambios en la biodiversidad acuática, en la productividad, en la disponibilidad de hábitats estacionales y en la distribución geográfica de especies, particularmente de las principales poblaciones de las pesquerías.

Adaptación y vulnerabilidad

En el siglo próximo, el rápido ritmo de crecimiento desbordaría la capacidad de adaptación de ciertas biotas, produciendo más efectos negativos que positivos sobre los ecosistemas de agua dulce. Desde la perspectiva de los usos humanos, las medidas de adaptación podrían ser muy diversas, siendo posibles tanto las que facilitan el uso de los recursos hídricos como las estrategias de adaptación para hacer frente a los peligros que conllevaría el aumento o disminución del agua dulce. Sin embargo, el fuerte apego cultural y/o social a los usos tradicionales de los recursos hídricos en algunas poblaciones del norte podría complicar la adopción de ciertas estrategias de adaptación.

Islas pequeñas

Contexto

Todas las islas recalcan la urgencia de las acciones de adaptación y la obtención de recursos financieros que les apoyen. El agua dulce se considera una cuestión de vital importancia. Hay necesidad de incrementar la planificación integrada de las cuencas hidrográficas y su gestión. La fiabilidad del suministro de agua está considerado como un problema acuciante que se agravará en el futuro. Los recursos hídricos se verán amenazados. El suministro de agua de la mayoría de las islas pequeñas está limitado y sus recursos hídricos muy vulnerables a los cambios proyectados y a la distribución de la precipitación de lluvia.

Observaciones y proyecciones

Las temperaturas estacionales de la superficie del mar y del aire sobre las islas han incrementado. Se ha observado una redistribución de las tempestades tropicales y de sus trayectorias de tal modo que los aumentos experimentados en una cuenca quedan frecuentemente compensados por las disminuciones en otras. La estimación de la capacidad destructiva de los ciclones tropicales parece

indicar una clara tendencia ascendente desde mediados de los años 70.

Agua

Se ha observado una disminución de la precipitación estival. Es poco probable que se pueda satisfacer la demanda durante los períodos de baja precipitación y que se pueda compensar con el aumento de la precipitación invernal. Las sequías podrían tener como consecuencia un aumento de la extracción y una intrusión de agua salada en los acuíferos cercanos a la costa. La degradación de la calidad del agua y la polución tienen efectos de largo plazo que no es posible remediar con rapidez.

Energía

La energía está considerado como un impedimento para alcanzar un desarrollo sostenible. Una gran parte del suministro de energía eléctrica es de origen hídrico. La energía solar y eólica podrán ser estrategias de adaptación y mitigación.

Salud

La incidencia de enfermedades diarreicas como el paludismo o el dengue por ejemplo, están asociadas a la temperatura media anual y asociada negativamente a la disponibilidad de agua. Los cambios climáticos podrían incrementar la carga de enfermedades en algunos estados insulares.

Agricultura

Entre los impactos proyectados en relación con la agricultura y el cambio climático, se encuentran la prolongación de los períodos de sequía, la pérdida de fertilidad del suelo y la degradación debido al aumento de la precipitación, los cuales repercutan negativamente en la seguridad alimentaria. En muchas islas del Caribe, la dependencia respecto a las importaciones agrícolas representa hasta un 50% del suministro de alimentos.

Biodiversidad

Aproximadamente un 50% de los arrecifes estarían incluidos en la categoría de riesgo alto a muy alto. Por ejemplo, los arrecifes del Caribe han disminuido de un 80% en sólo 30 años, debido principalmente a la polución, a la sedimentación, a las enfermedades marinas y a la sobreexplotación pesquera.

Adaptación, vulnerabilidad y sostenibilidad

Se sabe que los problemas vinculados a su reducido tamaño, el aislamiento, sus economías especializadas y el efecto contrapuesto de la mundialización y de la localización podrían amenazar a largo plazo la sostenibilidad del desarrollo actual en las islas pequeñas. Estudios de vulnerabilidad relativos a ciertas islas pequeñas revelan que el costo de protección de la infraestructura y de los asentamientos representa una parte importante del PIB. Unos estudios más recientes han identificado áreas de adaptación importantes: gestión de los recursos hídricos y de las cuencas hidrográficas, conservación de arrecifes, gestión agrícola y forestal, conservación de la biodiversidad, seguridad energética, desarrollo de energías renovables, y optimización del consumo de energía. Sin embargo, faltan escenarios y proyecciones demográficos y socioeconómicos fiables respecto a las islas pequeñas, no están bien representados en las evaluaciones existentes.

Medidas de mitigación del cambio climático en el sector hídrico

La cuestión de la mitigación ha sido abordada considerando siete sectores: suministro de energía,

transporte y su infraestructura, edificios residenciales y comerciales, industria, agricultura, silvicultura, y gestión de desechos.

Mitigación por sectores

Captación y almacenamiento de dióxido de carbono: Las fugas de CO₂ podrían degradar la calidad de las aguas subterráneas; además, la liberación de CO₂ en la atmósfera podría crear problemas de salud y de salubridad a nivel local. Sin embargo, no se tiene una idea totalmente clara de la viabilidad o consecuencias, deseadas o no, que podría tener este concepto de secuestro de carbono. La mitigación de sus efectos necesitará una buena supervisión y control de las medidas correctivas para detener y controlar las liberaciones de CO₂.

Cultivos bioenergéticos

La bioenergía produce beneficios en términos de mitigación en lo que sustituye el uso de combustibles fósiles, pero su producción plantea varias cuestiones medio ambientales. Ha que pensar en el uso de fertilizantes y plaguicidas, el reciclado de nutrientes, el balance energético, el impacto sobre la biodiversidad, etc.

Electricidad obtenida mediante biomasa

El crecimiento de la electricidad biomásica viene limitado por su costo y por obstáculos sociales y medioambientales. En el caso particular de la electricidad biomásica, toda cantidad de biomasa necesaria que exceda de la disponible a partir de desechos agrícolas y forestales tendría que ser cultivada expresamente para ese fin, con lo cual podría estar limitada por la disponibilidad de tierra y de agua.

Energía hidroeléctrica

Los sistemas de energía renovable, como la energía hidroeléctrica, podrían contribuir a la seguridad del suministro eléctrico y a la protección del medio ambiente. Sin embargo, la construcción de centrales hidroeléctricas podría tener también impactos ecológicos sobre las pesquerías y los ecosistemas fluviales existentes, como consecuencia de un cambio del régimen de flujo y de las pérdidas de agua evaporativas. También las perturbaciones sociales podrían ser unas de sus consecuencias.

Energía geotérmica

Los recursos geotérmicos se utilizan para la extracción directa de calor destinado a la calefacción de distritos urbanos, a los procesos industriales y al calentamiento del agua y de las viviendas, así como para usos recreativos y terapias de balneario. Los problemas de sostenibilidad asociados al hundimiento de la tierra, al ritmo de extracción de calor que supere su capacidad de recuperación natural, a la polución química de los cursos de agua y a las consiguientes emisiones de CO₂, han motivado en algunos casos la denegación de permisos de explotación de centrales eléctricas geotérmicas. Tal situación podría superarse en cierta medida recurriendo a técnicas de reinyección. Sin embargo, esto implica una demanda adicional de recursos hídricos disponibles.

Usos de energía en edificios

La refrigeración por evaporación, como medida de mitigación, implica un importante ahorro en el uso anual de energía de refrigeración residencial pero incrementa la presión sobre los recursos hídricos disponibles. El uso de energía de refrigeración en los edificios puede reducirse disminuyendo por ejemplo la carga de refrigeración mediante un diseño adecuado a los edificios. Si se reduce este tipo de energía, la demanda hídrica disminuirá.

Cambio de uso y gestión de la tierra

Los cambios de uso de la tierra podrían inducir un cambio neto de las reservas de carbono y diferentes impactos sobre los recursos hídricos. La restauración de humedales, una de las principales prácticas agrícolas de mitigación, se traduce en una mejora de la calidad del agua y en una disminución de las inundaciones. Muchas de las prácticas recomendadas para la conservación del carbono del suelo evitan asimismo la erosión, pudiendo contribuir a la mejora de la calidad del agua y del aire. Las prácticas que mejoran la producción y el aporte a los suelos de desechos de origen vegetal reporta numerosos beneficios secundarios, el más importante de ellos es el aumento y el mantenimiento de la producción alimentaria. La calidad del suelo y del agua resulta negativamente afectada por el uso indiscriminado de insumos agrícolas y de agua de riego.

Gestión de tierras de cultivo (agua)

Las prácticas agrícolas que fomentan la eficiencia de uso del agua podrían tener efectos beneficiosos pero en ciertos casos podrían intensificar el uso de agua, reduciendo de ese modo el flujo fluvial o las reservas de agua subterránea. La gestión de los arrozales tiene un impacto positivo sobre la calidad del agua, gracias a una menor cantidad de poluyentes químicos en las aguas de drenaje.

Gestión de tierras de cultivo (menor roturación)

La roturación de conservación reporta numerosos beneficios secundarios. Los más importantes son: control de la erosión hídrica y eólica, conservación hídrica, mayor capacidad de retención de agua, menor compactación, mayor resistencia del suelo a los insumos químicos, aumento de la calidad del suelo y del aire, aumento de la biodiversidad del suelo, menor uso de energía, mejora de la calidad del agua, menor entarquinamiento de reservorios y vías navegables, y posible duplicación de las cosechas. La gestión de la roturación y de los desechos tiene impactos positivos sobre la conservación del agua.

Forestación o reforestación

Los bosques desempeñan asimismo un papel importante en la mejora de la calidad del agua. La forestación y la reforestación, así como la protección forestal, podrían tener también efectos hidrológicos beneficiosos, las cuales contribuyen a la disminución de las crecidas y a una mejor conservación hídrica. En las áreas en que la disponibilidad de agua es limitada, la forestación, especialmente la plantación de especies de gran demanda hídrica, podría reducir de manera apreciable el flujo fluvial, lo cual afectaría a los habitantes de la cuenca y reduciría el flujo de agua destinado a otros ecosistemas y ríos, afectando por consiguiente a los acuíferos y a su recarga.

Evitación reducción de la deforestación

La detención de la deforestación y de la degradación forestal y la gestión sostenible de los bosques podrían contribuir en buena medida a evitar emisiones, a conservar los recursos hídricos y evitar inundaciones, a reducir la escorrentía, a controlar la erosión, a reducir el entarquinamiento fluvial, y a proteger las pesquerías y las inversiones en centrales hidroeléctricas, preservando al mismo tiempo la diversidad biológica. Al reducir la escorrentía, los bosques controlan la erosión y la salinidad. La deforestación y la degradación de las cuencas de captación en tierras altas podría perturbar los sistemas hidrológicos, reemplazando los flujos hídricos anuales corriente abajo por regímenes de crecidas y sequías.

Gestión de desechos sólidos; tratamiento de aguas de desechos

Cuando se aplican con eficiencia, las tecnologías de transporte y tratamiento de aguas de desecho

reducen o eliminan la generación de GEI y sus emisiones. Además, la gestión del agua de desecho facilita la conservación del agua, ya que evita la polución ocasionada por descargas de agua no tratada sobre las aguas superficiales y subterráneas, los suelos y las zonas costeras, reduciendo así el volumen de poluyentes y reduciendo el volumen de agua que es necesario tratar.

Petróleo no convencional

La extracción y refinado de pizarras y arenas bituminosas requieren abundante agua. La eficiencia energética del refinado de arenas bituminosas se sitúa en torno al 75% pero la extracción produce grandes cantidades de contaminantes y áreas de tierras alteradas.

Efectos de las políticas y medidas de gestión hídrica sobre las emisiones de GEI y su mitigación

Presas hidroeléctricas

Las emisiones de gases invernadero varían en función del emplazamiento del reservorio, de la densidad de potencia de la velocidad del flujo y del tipo de central eléctrica. Aunque en la superficie de algunos reservorios se ha constatado la absorción de dióxido de carbono, la mayoría de ellos emiten pequeñas cantidades de GEI. Se han registrado altas emisiones de metano en reservorios tropicales extensos y poco profundos mientras que en los reservorios profundos se ha observado un menor nivel de emisiones. Se ha averiguado que la emisión de gases invernadero por los reservorios es uno de los impactos de las presas sobre los ecosistemas. Ello contradice la idea tradicional de que la energía hidroeléctrica produce sólo efectos atmosféricos positivos.

Riego

En la actualidad, un 18% aproximadamente de las tierras del planeta dedicadas al cultivo reciben agua suplementaria gracias al riego. La ampliación de esa superficie (siempre que las reservas de agua lo permitan) y la utilización de medidas de riego más eficaces podrían acrecentar el almacenamiento de carbono en el suelo gracias al aumento del rendimiento y a la producción de desechos. Sin embargo, es posible que estas ganancias queden, en parte, contrarrestadas por el dióxido de carbono proveniente de la energía utilizada para hacer llegar el agua o por las emisiones de N₂O vinculadas a una mayor humedad y a los insumos de fertilizante nitrogenado, aunque este último efecto no ha sido objeto de numerosas mediciones. La ampliación de la superficie de humedal arrocerero podría ocasionar asimismo un aumento de las emisiones de metano del suelo.

Producción de residuos

La competencia entre malas hierbas por la obtención de agua es una de las causas más importantes del fracaso de los cultivos o de la disminución de su rendimiento en todo el mundo. Los progresos conseguidos en cuanto a métodos de control de malas hierbas y en cuanto a maquinaria agrícola permiten ahora mantener numerosos cultivos con un grado de roturación mínimo o sin necesidad de roturación. La agricultura basada en la roturación somera o nula produce un aumento de carbono en el suelo, aunque no siempre. La adopción de la roturación somera o nula podría afectar también a las emisiones de N₂O, aunque sus efectos netos no son coherentes y no han sido adecuadamente cuantificados a nivel mundial. La agricultura sin roturación podría reducir las emisiones de dióxido de carbono inherentes al uso de energía. La evitación de la quema de desechos salva también la emisión de aerosoles y de GEI causadas por el fuego, aunque podrían aumentar las emisiones de dióxido de carbono derivadas del uso de combustible.

Drenaje de tierras de cultivo

En las regiones húmedas, el drenaje de tierras de cultivo podría facilitar la productividad (y

acrecentar, por consiguiente, las reservas de carbono del suelo) e incluso, en algunos casos, suprimir las emisiones de N₂O gracias a una mejor aireación. Sin embargo, el nitrógeno perdido a causa del drenaje podría ser susceptible a las pérdidas en forma de N₂O.

Tratamiento de aguas de desecho

Las emisiones de CH₄ de los vertederos, que son la fuente de emisiones de GEI más importante del sector de residuos, subsisten decenios después de haber sido evacuados los desechos. Se emite también CH₄ durante el transporte de las aguas de desecho, durante el proceso de tratamiento de éstas y en las fugas producidas por la digestión anaeróbica de los desechos y lodos del agua de desecho. Las principales fuentes de N₂O son los desechos de origen humano y el tratamiento de las aguas de desecho. En términos generales, la cantidad de aguas de desecho recogidas y tratadas está aumentando en muchos países, con objeto de mantener y mejorar la calidad del agua potable y de obtener otros beneficios para la salud pública y para la protección del medio ambiente. Al mismo tiempo, las emisiones de GEI procedentes de aguas de desecho disminuirán a medida que aumente la recogida de aguas de desecho y su tratamiento.

Desalinización

En las regiones con escasez de agua, ésta podría obtenerse (en parte) por desalinización de agua salada. Este proceso requiere mucha energía y conlleva, por consiguiente, la emisión de GEI cuando se utilizan combustibles de origen fósil.

Energía geotérmica

La utilización de energía geotérmica para calefacción no genera emisiones de GEI, como ocurre con otros métodos de generación de energía.

Posibles conflictos entre la adaptación y la mitigación en relación con los recursos hídricos

En las regiones que sigan teniendo un potencial hidroeléctrico disponible, la competencia por el agua se acentuará, especialmente si se realizan esfuerzos de adaptación al cambio climático en diversos sectores. Esa posibilidad subraya hasta qué punto es importante integrar las estrategias de gestión de la tierra y del agua en las cuencas hidrográficas, a fin de conseguir una asignación óptima de los escasos recursos naturales (tierra y agua). En las regiones en que el agua escasea, el aumento de la reutilización y tratamiento de las aguas de desecho, la extracción a gran profundidad y, especialmente, la desalinización en gran escala incrementarán el uso de energía en el sector hídrico, con las consiguientes emisiones de GEI, a menos que se recurra a opciones de 'energía limpia' para generar la energía necesaria.

Implicaciones respecto a las políticas y el desarrollo sostenible

Una adaptación efectiva al cambio climático ha de abarcar escalas temporales y espaciales, y estar basada en el conocimiento de las respuestas a la variabilidad del clima, que habrá de ser tenido en cuenta a la hora de reducir la vulnerabilidad a largo plazo y de establecer unos mecanismos de gobernanza que abarquen desde comunidades y cuencas hidrográficas hasta acuerdos internacionales. Una inversión continua en adaptación teniendo en cuenta únicamente la experiencia histórica en lugar de las proyecciones futuras, que abarcarán tanto la variabilidad como los cambios, acentuaría *probablemente* la vulnerabilidad de muchos sectores al cambio climático. Es necesario evaluar conjuntamente y optimizar, en función del lugar, (la efectividad de) las medidas de mitigación y los impactos relacionados con el agua. Las estrategias de adaptación deberían enmarcarse en el contexto del desarrollo, del medio ambiente y de las políticas sanitarias. Los

impactos del cambio climático sobre los recursos de agua dulce podrían afectar al desarrollo sostenible, dificultando con ello la reducción de la pobreza y de la mortalidad infantil.

Lagunas de conocimiento y temas de estudio sugeridos

La capacidad para cuantificar los cambios futuros de las variables hidrológicas, así como sus impactos sobre los sistemas y sectores, está limitada por la incertidumbre en todas las etapas del proceso de evaluación. Las limitaciones de que adolecen las observaciones y nuestros conocimientos limitan nuestra capacidad actual para reducir esas incertidumbres. La capacidad para mitigar el cambio climático y adaptarse a sus impactos está limitada por la disponibilidad y viabilidad económica de unas tecnologías apropiadas, y de unos procesos de toma de decisión colaborativos y robustos que abarquen múltiples sectores interesados y criterios de gestión. Tampoco se tiene un conocimiento adecuado de los marcos jurídicos e institucionales, ni de las estadísticas necesarias, desde el punto de vista de la demanda, para incorporar la adaptación en los planes de desarrollo con objeto de reducir las vulnerabilidades relacionadas con el agua.

Necesidades observacionales

Es necesario mejorar los datos observacionales y su accesibilidad para conocer más a fondo los cambios que están sucediendo, y para acotar mejor las proyecciones de los modelos. Es necesario disponer de más y mejores datos en general. Las dificultades para medir la precipitación siguen siendo un aspecto preocupante con miras a la cuantificación de las tendencias mundiales y regionales. Es necesario mantener un monitoreo satelital continuo, y desarrollar unas estadísticas fiables que permitan inferir valores de precipitación. Los registros suelen abarcar períodos muy cortos y un escaso número de regiones, lo cual impide un análisis completo de los cambios experimentados por las sequías. El rescate de datos de caudales fluviales. Se necesita más información sobre las respuestas de la evapotranspiración vegetal a los efectos conjuntos del aumento de CO₂ atmosférico, del aumento de temperatura y del aumento de concentración del vapor de agua en la atmósfera, a fin de comprender mejor la relación existente entre los efectos directos del enriquecimiento en CO₂ de la atmósfera y de los cambios del ciclo hidrológico.

Adaptación y mitigación

No se dispone de herramientas adecuadas para facilitar la valoración de las opciones de adaptación y de mitigación respecto a una multiplicidad de sectores que dependen del agua. Ciertos procesos y métodos de adaptación útiles en ausencia de proyecciones más exactas constituyen opciones “sin perjuicios” para hacer frente al cambio climático.

Traducción y resumen elaborado para el

SEMINARIO DE AGROCLIMATOLOGÍA:

SEMESTRE 2009-2

*TEMA: EL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU RELACIÓN CON LOS ASPECTOS
SOCIALES, ECONÓMICOS Y POLÍTICOS.*

Profesor: Dr. Juan Carlos Gómez-Rojas

México, D.F., julio de 2009.