

Contextualización de los Efectos del Cambio Climático en la Agricultura



Por encargo de:



Ministerio Federal de
Cooperación Económica
y Desarrollo

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

SERIE MANUALES / MANUAL N°3

Contextualización de los Efectos del Cambio Climático en la Agricultura

Programa AACC - «Adaptación de la agricultura y del aprovechamiento de aguas de la agricultura al cambio climático en los Andes»
Países Andinos 2010 - 2013



Autores

José Francisco Boshell V. Ing. Agrónomo. M. Sc. Agrometeorología. Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia. Consultor Internacional en Clima y Agricultura.

Gloria E. León A. Meteoróloga. Profesional Especializada IDEAM. Profesora Asociada Universidad Nacional de Colombia.

Andrés J. Peña Q. Ing. Agrónomo. Magister en Ciencias – Meteorología.

© GIZ GmbH–Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
Friedrich-Ebert-Allee 40
53113 Bonn, Alemania
Fon +49 228 4460 - 0
Fax +49 228 4460 - 1766
www.giz.de

GIZ GmbH – Desarrollo Rural y Alimentación
Feldafing, Alemania
Jefe de Proyectos
Hartmut Gast

GIZ GmbH – Oficina Regional para los Países Andinos
Coordinadora Técnica de Programa AACC
Yenny Melgar Hermoza

Autor

José Francisco Boshell, Gloria E. León A., Andrés J. Peña Q.

Edición digital
Responsable de Producción
Yenny Melgar Hermoza
Perú, febrero 2011

Indice

Módulo 1

Variabilidad climática y cambio climático

1. Definiciones, terminología	11
2. Factores que originan y modifican el clima	11
3. Causas de la variabilidad climática y del cambio climático (factores naturales y factores causados por el ser humano)	11
4. Distribución espacio-temporal de las variables climatológicas	15
5. Clasificación de los climas	21
6. Los fenómenos ENSO y su efecto en las lluvias y temperaturas	23
7. Identificación de alteraciones de la precipitación y temperatura ya observados, experiencias regionales y locales	26

Módulo 2

Posibles efectos del cambio climático a la agricultura

2.1 Bases de agrometeorología. Relaciones clima - suelo - planta	35
2.2 Vulnerabilidad de ecosistemas	38
2.3 Condiciones óptimas para el desarrollo de plantas y animales	35
2.4 Impactos del cambio climático	39

Módulo 3

Medidas de adaptación en la producción agropecuaria

3.1 Medidas de adaptación en la producción vegetal y ganadera	49
3.2 Sistemas de riego, gestión de los recursos hídricos para la agricultura. Medidas de adaptación con tecnologías de uso eficiente y ahorro del agua	49
3.3 Herramientas, variables e indicadores idóneos para la valoración de los impactos en la agricultura a causa del cambio climático	55
3.4 Identificación y valoración de los impactos ambientales ocasionados por el cambio climático	54
3.5 Seguridad alimentaria y riesgo en culturas precolombinas (conocimiento ancestral)	59
3.6 Medidas de adaptación mediante políticas y normativas nacionales (a nivel de país) y acuerdos comunitarios (a nivel local)	59
3.7 Medidas de adaptación mediante el ordenamiento ambiental del territorio	62
3.8 Resumen	63

Módulo 4

Creando capacidades de adaptación al cambio climático

	67
1. Gestión participativa en políticas y medidas de adaptación ante el Cambio Climático	67
2. Estrategias de adaptación a nivel de organizaciones y comunidades	70
3. Conceptos y metodologías para la evaluación integral y participativa de vulnerabilidad e impactos ambientales en los sectores productivos agropecuarios	72
4. Elaboración e implementación de proyectos y acuerdos. Programa de supervisión y evaluación de los proyectos	77
5. Resumen	79

Prefacio

Este manual es la base de un curso regional de aprendizaje mixta realizada en 2010 en el marco del programa «Adaptación de la agricultura y del aprovechamiento de aguas de la agricultura al cambio climático en los Andes (Programa AACC)» de InWEnt.

Desde el 1ero de enero de 2011 las instituciones alemanas de la cooperación internacional GTZ, DED e InWEnt se han fusionado, formando la nueva organización GIZ (Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional).

Complementariamente a un proyecto regional y otros proyectos bilaterales de la cooperación técnica alemana, el Programa AACC contribuye al fortalecimiento de competencias de acción de las organizaciones, administraciones y gremios nacionales y locales a través de diálogo, capacitación, formación de redes y trabajo alumni de iniciar medidas de adaptación y previsión frente al cambio climático, específicamente, en el área de la agricultura y el aprovechamiento del agua en la agricultura en el plano regional, nacional y local. Con ello se otorga un aporte para cuidar a los grupos rurales pobres de la población en los países de Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia de los efectos negativos del cambio climático.

Para lograr una adaptación exitosa a las considerables variaciones climáticas que ya está ocurriendo y un posible cambio climático a largo plazo, es necesario tener soluciones locales específicas: un instrumental de transformación flexible y un mejoramiento de las capacidades de planeamiento y administración en los planes locales, nacionales y regionales.

Mediadores y multiplicadores del Programa AACC son agentes de toma de decisiones y especialistas y/o directivos con áreas de trabajo en agricultura, desarrollo ru-

ral, medio ambiente y gestión de recursos naturales como en la administración comunal y regional..

Los grupos meta son predominantemente los grupos pobres de la población de la región andina que vive directa o indirectamente de la agricultura y cuya base de sobrevivencia se ve en considerable peligro por los efectos negativos del cambio climático. Otro grupo meta son los colaboradores de organizaciones que se encargan de adaptar el sector agrario al cambio climático. El programa promueve la participación activa de los grupos meta, pretende mejorar la cooperación entre los diferentes actores locales y llegar a procesos de concertación mejoradas a nivel local, nacional y regional.

El Programa AACC tiene cuatro componentes:

- Adaptación de la agricultura al cambio climático
- Adaptación de la planificación del uso de recursos hídricos para la agricultura frente al cambio climático
- Acceso a datos climáticos e informaciones, generación y utilización de datos meteorológicos, prevención y gestión de riesgos
- Fortalecimiento de competencias de planificación y acción de los actores

Esperamos que este manual como los otros manuales producidos en el marco del Programa AACC sea útil para capacitaciones a todos los niveles en los Andes y que sirva como fuente de información temática para los mediadores, multiplicadores y grupos meta.

Hartmut Gast
Coordinador General Programa AACC
GIZ GmbH
Feldafing, Alemania



Introducción

La alteración de los patrones climáticos que se está registrando en nuestro planeta afectará indudablemente la producción y la productividad agrícola de diferentes maneras, dependiendo de los tipos de prácticas agrícolas, sistemas y período de producción, cultivos, variedades y zonas de impacto.

Se estima que los principales efectos directos derivados de las variaciones en la temperatura y precipitación principalmente, estarían relacionados con la duración de los ciclos de cultivo, alteraciones fisiológicas por exposición a temperaturas fuera del umbral permitido, deficiencias hídricas y respuesta a nuevas concentraciones de CO₂ atmosférico. Algunos efectos indirectos de los cambios esperados se producirían en las poblaciones de parásitos, plagas y enfermedades (migración, concentración, flujos poblacionales, incidencias, etc.) disponibilidad de nutrientes en el suelo y planificación agrícola (fechas de siembra, laboreo, mercadeo, etc.)

Una de las formas más utilizadas actualmente para estudiar el impacto de las alteraciones climáticas sobre los sistemas agrícolas y pecuarios, es evaluando escenarios futuristas de cambios de clima en modelos computacionales de simulación de crecimiento de cultivos. Estos permiten analizar el comportamiento productivo durante todo el ciclo del cultivo bajo diferentes marcos climáticos, obteniendo resultados sobre los efectos de variaciones en la temperatura, la precipitación y la radiación solar, principalmente.

La proyección del cambio climático hacia un calentamiento global que se daría en los siguientes 30 o 40 años, producirá efectos importantes en el entorno agrícola del planeta. No solamente se afectará la biología de los cultivos (positiva o negativamente en referencia a su producción), sino que hará variar el componente socioeconómico y ecológico de las regiones que son sustentadas por las actividades agrícolas.

El efecto del cambio climático sobre la agricultura mundial no se debe ver solo a la luz de la influencia negativa o positiva del cultivo y su entorno sino en el contexto del desarrollo económico mundial, lo cual hará que algunos países vulnerables al cambio climático pero con buen nivel de desarrollo, respondan mejor a las medidas de adaptación que aquellos que no posean recursos de inversión, cuya tasa de crecimiento sea baja y que experimenten un rápido incremento poblacional y una alta degradación ecológica (Watson 1997).

Todo lo descrito en los párrafos anteriores, indica la importancia de conocer las bases técnicas y científicas de la variabilidad y el cambio climático y de sus relaciones con los sistemas agropecuarios, en especial en nuestra región andina. Por ello en el manual que es objeto de esta publicación, se analizan los temas antes enunciados y se plantean otros temas específicos como el análisis de la vulnerabilidad y la adaptación de estos sistemas productivos ante la realidad del cambio climático.

José Francisco Boshell



Módulo 1

Variabilidad climática y cambio climático

1. Definiciones, terminología

Tiempo: Estado de la atmósfera en un instante dado, definido por los diversos elementos meteorológicos.

Clima: Síntesis de las condiciones meteorológicas en un lugar determinado, caracterizada por estadísticas a largo plazo (valores medios, varianzas, probabilidades de valores extremos, etc.) de los elementos meteorológicos.

Sistema climático: Sistema constituido por la atmósfera, la hidrosfera (comprendidas el agua líquida que se encuentra sobre la superficie terrestre o por debajo de ella; la criosfera, esto es, la nieve y el hielo por encima y debajo de la superficie), la litosfera superficial (rocas, suelo y sedimentos de la superficie terrestre) y la biosfera (región de vida humana, vegetal y animal), las cuales, bajo los efectos de la radiación solar recibida por la Tierra, determinan el clima de la Tierra. Aun cuando el clima se relaciona fundamentalmente con los estados de la atmósfera, las otras partes del sistema climático ejercen una función significativa en la formación del clima, a través de sus interacciones con la atmósfera.

Efecto invernadero: Los gases de efecto invernadero (GEI) absorben de manera eficaz la radiación infrarroja (onda larga) emitida por la superficie de la Tierra, por las nubes y por la propia atmósfera debido a los mismos gases. La atmósfera emite radiación en todas direcciones, incluida la descendente hacia la superficie de la Tierra. De este modo, los GEI atrapan el calor en el sistema superficie-troposfera. A esto se le llama efecto invernadero natural.

Variabilidad climática: 1) En sentido general, el término «variabilidad climática» designa las fluctuaciones del clima en diversos períodos de tiempo. El grado de variabilidad climática se puede describir por las dife-

rencias entre los resultados estadísticos a largo plazo del análisis de elementos meteorológicos calculados para diferentes períodos. 2) El término «variabilidad climática» se utiliza a menudo para indicar desviaciones de las estadísticas climáticas a lo largo de un período de tiempo dado (por ejemplo, un mes, estación o año determinados) respecto a estadísticas climáticas a largo plazo relacionadas con el mismo período del calendario. (En este sentido, la variabilidad climática se mide por esas desviaciones, denominadas habitualmente anomalías.)

Cambio climático: Variación estadísticamente significativa, ya sea de las condiciones climáticas medias o de su variabilidad, que se mantiene durante un período prolongado (generalmente durante decenios o por más tiempo). El cambio climático puede ocurrir por procesos naturales internos, por un forzamiento externo, o por causas antropogénicas de largo plazo en la composición de la atmósfera o en el uso de la Tierra.

Normales: Promedios de períodos calculados sobre un período uniforme relativamente largo que cubra tres períodos consecutivos de diez años.

Normales climatológicas reglamentarias: Promedios de datos climatológicos calculados para los períodos consecutivos de 30 años: 1º de enero de 1901 al 31 de diciembre de 1930; 1º de enero de 1931 al 31 de diciembre de 1960, etc.

2. Factores que originan y modifican el clima

El clima varía en todas las escalas de tiempo: de un mes a otro, de un año a otro, así como de un siglo a otro. Los registros históricos muestran evidencias de variaciones o cambios en el clima, en diferentes épocas y de diferentes formas. Un ejemplo de los cambios a largo plazo

es el periodo denominado «La pequeña edad del hielo», que tuvo lugar desde comienzos del siglo XIV hasta mediados del siglo XIX, marcando el final de una era muy calurosa llamada «Período cálido medieval» en la región del Atlántico Norte, que inició en el siglo X. Otro ejemplo más reciente de variaciones en plazos más cortos, es el último período de lluvia abundante (llamado «invierno» en algunos países) acaecido en julio del 2010 en Latinoamérica, que dejó al menos 200 muertos y miles de personas afectadas, debido a la ola de frío que lo acompañó en el Cono Sur.

Por lo tanto, el clima puede considerarse como una agregación de diferentes patrones del estado del tiempo que día a día afectan a una región. Esta definición sugiere que el clima es dinámico y se mueve dentro de determinados límites llamados variabilidad natural del clima. El ser humano también puede ejercer una fuerte influencia sobre todo el sistema climático, como lo evidencian los informes del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). En el siglo XX y lo que va corrido del XXI se han presentado los años más cálidos, alcanzando las temperaturas más altas de los últimos 130.000 años.

2.1. El Sol

El sol, centro del sistema solar donde se encuentra la Tierra, es una masa de gas incandescente, formada principalmente por hidrógeno luminiscente, helio y otros gases. La temperatura de la superficie del Sol es aproximadamente 6.000°K.

Si bien el sol está situado aproximadamente a 150 millones de kilómetros de la Tierra, la radiación procedente de esta estrella juega un papel fundamental en el clima terrestre.

2.1.1 El eje de la Tierra y las estaciones del año

La Tierra gira sobre su eje, línea invisible que cruza el centro de la Tierra y no es una línea vertical respecto al plano orbital, sino que se encuentra inclinado 23°27' (Figura 1).

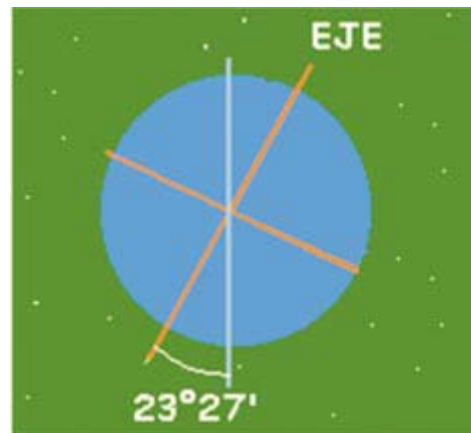


Figura 1
Inclinación del eje de la Tierra con respecto al plano vertical.

Como el eje de la Tierra está inclinado, el Polo Norte y el Polo Sur no reciben iguales cantidades de luz solar al mismo tiempo. Asimismo, la eclíptica (línea de proyección que simula el movimiento de la Tierra alrededor del Sol en la esfera celeste) se encuentra inclinada en dicho ángulo con respecto al ecuador celeste. La consecuencia inmediata de ello es que el Sol, en su recorrido a lo largo de la eclíptica durante un año, a veces se sitúa sobre el ecuador celeste y a veces por debajo. La altura máxima que alcanzará el Sol en el cielo en cualquier punto de la Tierra dependerá de su latitud y de la época del año.

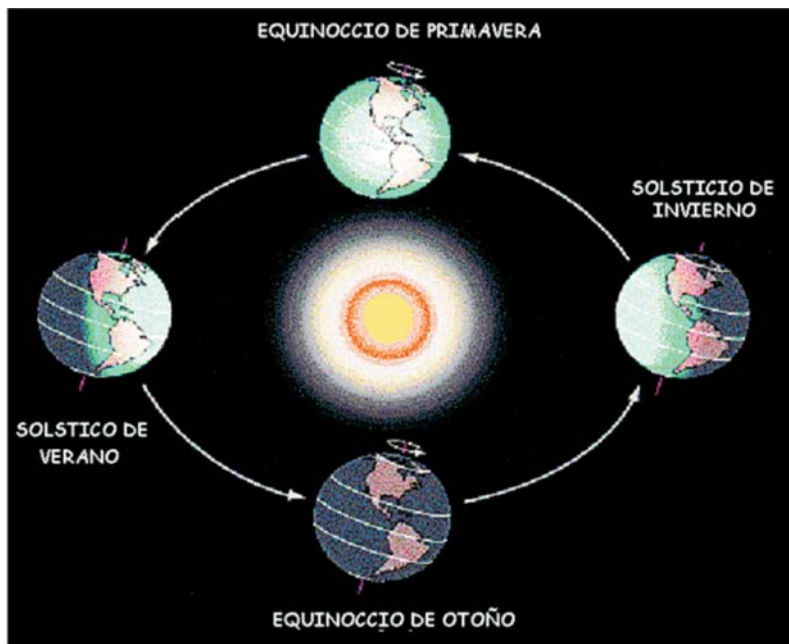
La inclinación del eje de la Tierra es responsable de los cambios de altura del Sol sobre el horizonte y de la sucesión de situaciones climáticas que dan lugar a las estaciones: primavera, verano, otoño e invierno, correspondientes con las sucesivas alturas que va alcanzando el Sol sobre el horizonte en su movimiento anual a lo largo de la eclíptica. Cuando el Polo Norte está más cerca del Sol, los rayos solares caen directamente sobre la parte norte de la Tierra. Entonces allí es verano. Cuando el Polo Norte está más alejado del Sol, los rayos solares caen menos directamente sobre esa parte de la Tierra y entonces es invierno en esa parte.

2.1.2. La posición geográfica, los equinoccios y los solsticios

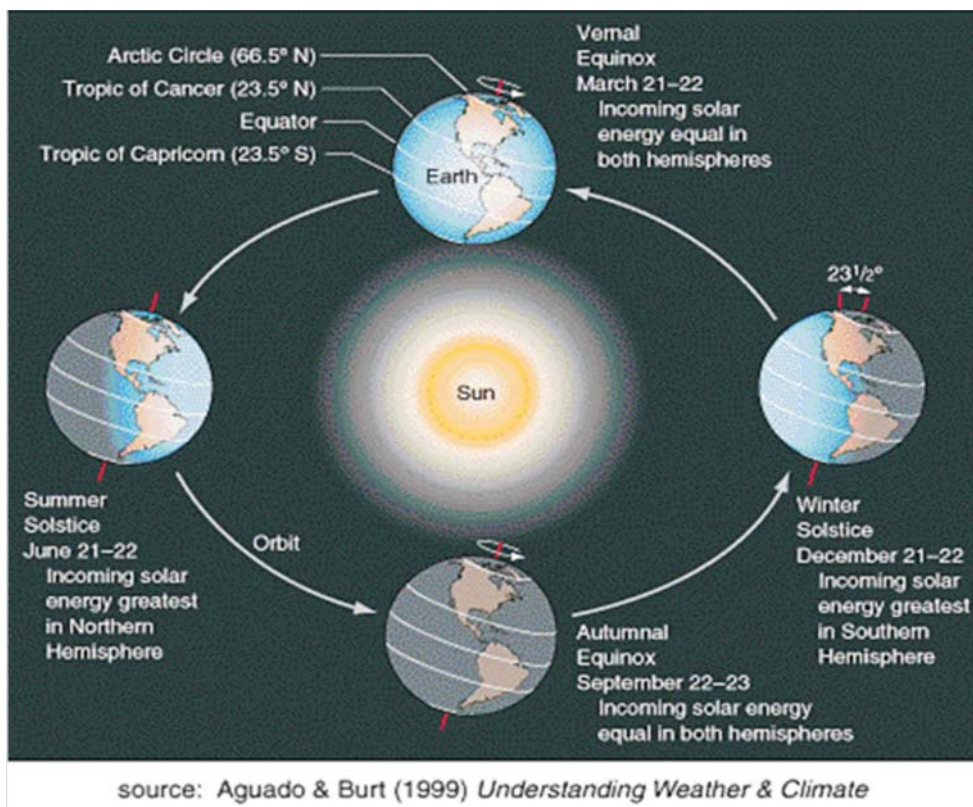
Como antes se anotó, el origen de las estaciones se debe a la traslación de la Tierra alrededor del Sol a través del año. Ahora bien, cuando el Sol se sitúa a la altura del ecuador celeste, período llamado equinoccio, sus

rayos inciden con igualdad tanto en el hemisferio norte como en el sur, siendo por tanto la duración del día igual a la de la noche.

El equinoccio de primavera para el hemisferio norte ocurre el 21-22 de Marzo y el equinoccio de otoño el 22-23 de septiembre. Para el hemisferio sur el equinoccio de primavera es el 22-23 de septiembre y el equinoccio de otoño es el 21-22 de marzo (Figura 2a).



Por otra parte, los solsticios se refieren a los momentos cuando el movimiento aparente del sol (visto desde la Tierra) alcanza sus puntos más alejados en los hemisferios norte y sur. El solsticio de verano en el hemisferio norte, cuando el sol está localizado en 23° de latitud norte y el día tiene su mayor duración, se registra el 21-22 de junio y el solsticio de invierno en este hemisferio, días de menores duraciones, ocurre el 21-22 de diciembre. En el hemisferio sur esta relación es opuesta y por ello el solsticio de verano ocurre el 21-22 de diciembre y el solsticio de invierno el 21-22 de junio (Figura 2b).



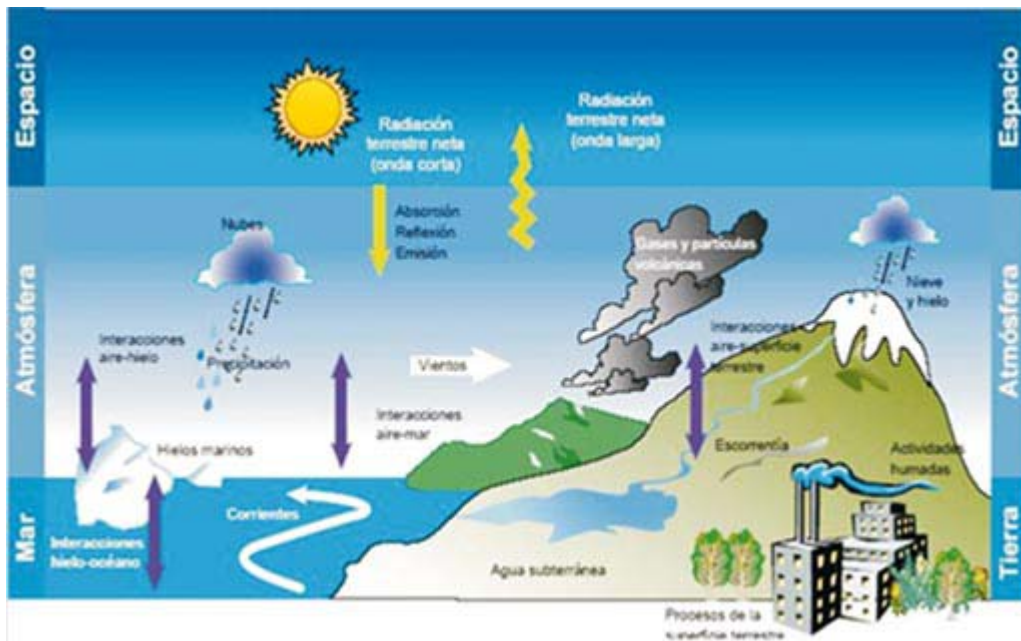
source: Aguado & Burt (1999) *Understanding Weather & Climate*

Figuras 2a y 2b. Los equinoccios y los solsticios. (Fuente: Aguado et al. 1999)

2.2. Los componentes del sistema climático

El motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima, es la energía solar. El sol emite energía en forma de radiación de onda corta. Después de pasar por la atmósfera, donde sufre un proceso de debilitamiento por la difusión, reflexión en las nubes y de absorción por las moléculas de gases y por partículas en suspensión, la radiación solar alcanza la superficie terrestre oceánica y continental que la refleja o la absorbe.

La radiación absorbida por la superficie es devuelta en dirección al espacio exterior



El sistema climático es un sistema complejo compuesto de 5 elementos principales interrelacionados entre sí: atmósfera, biosfera, litosfera, hidrosfera y criosfera

Figura 3. Componentes del sistema climático (Fuente: Organización Meteorológica Mundial, UMM)

en forma de radiación de onda larga, con lo cual se transmite calor a la atmósfera. Por ello, cuando se habla del clima, en primer lugar se considera que éste es producto de un sistema complejo, donde la radiación solar interactúa con la atmósfera, la hidrosfera, la criosfera, la superficie terrestre y la biósfera (Figura 3), los cuales a su vez interactúan entre sí con velocidades de respuesta temporal diferente, que provocan desajustes internos dentro de este sistema, llamado *Sistema Climático*, desajustes que se convierten en fuente de variabilidad.

Cualquier factor que altere la radiación recibida del Sol o pérdida hacia el espacio, o que altere la redistribución de energía dentro de la atmósfera o entre la atmósfera, terreno y océano, puede alterar el clima. Todo cambio en la energía de radiación neta disponible para el Sistema Climático, se conoce como forzamiento radiativo. Los forzamientos radiativos positivos tienden a calentar la superficie de la Tierra y la atmósfera baja. Los forzamientos radiativos negativos la tienden a enfriar.

2.3. Los elementos climáticos

Toda propiedad o condición de la atmósfera cuyo conjunto define el estado físico del clima de un lugar dado, para un periodo de tiempo determinado, es conocida con

el nombre de elemento climático.

Los principales elementos del clima son la precipitación, la temperatura del aire, la humedad del aire, la velocidad y dirección del viento, el brillo solar, la radiación solar, la evaporación y la nubosidad; también se consideran fenómenos tales como la niebla, las tormentas eléctricas, los vendavales, la bruma y el granizo.

El clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del tiempo durante un periodo dado en un lugar o región, el cual está controlado por los denominados factores forzantes, factores determinantes y por la interacción entre los diferentes componentes del sistema climático.

El clima generalmente se describe con variables atmosféricas como la temperatura y la precipitación, sin embargo se debe identificar con variables de otros de los componentes del sistema climático. Cabe resaltar que el clima está relacionado con el concepto de permanencia y que tiene como objeto el análisis de procesos atmosféricos en torno a sus valores promedios, los cuales son producto de la evaluación continua de observa-

ciones en largos períodos de tiempo, usualmente de 30 años, y que son conocidos como *Normales Climatológicas*. Estas normales son utilizadas fundamentales para definir las características del clima y comparar sus variaciones a través del tiempo.

El clima actual está caracterizado a través de términos estadísticos tales como la media, la frecuencia relativa, la probabilidad de valores extremos del estado de la atmósfera o de los elementos climáticos en una determinada área.

3. Causas de la variabilidad climática y del cambio climático (factores naturales y factores causados por el ser humano)

Las fluctuaciones del clima se han dado a través de la historia en escalas de tiempo que van desde varios años, eventos conocidos como variabilidad climática inter-anual, hasta milenios, denominados como cambio climático. El planeta ha sufrido una continua sucesión de cambios climáticos caracterizados por la superposición progresiva de unas condiciones de equilibrio sobre otras, manifestados en la ocurrencia de épocas muy cálidas o glaciaciones en tiempos remotos, con duraciones del orden de cientos de miles o millones de años.

En épocas más recientes, en escalas de tiempo de miles de años, el clima ha alternado entre períodos glaciares e interglaciares. Estas variaciones se han originado por cambios en la forma de interacción entre los diferentes componentes del sistema climático y en los factores forzantes.

3.1. Factores forzantes del clima

El clima de la Tierra depende del equilibrio radiativo de su atmósfera, lo cual a su vez depende de la cantidad de *radiación solar* que ingresa al sistema y de la concentración de algunos gases variables que ejercen un *efecto invernadero* en mayor o menor grado, según las nubes y aerosoles presentes en un área.

Estos agentes de *forzamiento radiativo*, varían tanto

de forma natural como por la actividad humana, produciendo alteraciones en el clima del planeta. Cualquier cambio o redistribución de energía dentro del sistema Tierra-Atmósfera-Sol implica cambios en la circulación general de la atmósfera.

El clima de la Tierra sufre cambios que dependen tanto de la forma como se dispersa y se absorbe la radiación de onda corta (proveniente del Sol), como de la absorción y emisión de la radiación infrarroja térmica (proveniente de la Tierra) por parte del sistema Tierra-Atmósfera (Figura 4).

El sol emite energía en forma de radiación de onda corta. Después de pasar por la atmósfera de la Tierra, donde se debilita por procesos físicos como la difusión, reflexión (en las nubes) y absorción (por las moléculas de gases y por partículas en suspensión), la radiación solar alcanza la superficie terrestre (océano o continente) que la refleja o la absorbe. La radiación absorbida por la superficie es devuelta en dirección al espacio exterior en forma de radiación de onda larga, con lo cual se transmite calor a la atmósfera.

La temperatura media global de la atmósfera cerca de la superficie sería de 23°C por debajo de cero (-23°C), a no ser por el efecto invernadero natural inducido por las nubes, el vapor de agua y algunos gases, gracias a lo cual se tiene una temperatura de 15°C, lo que hace posible la vida en el planeta.

Los cambios en el efecto invernadero natural se producen cuando los mecanismos de eliminación (por los llamados «sumideros» o captadores) o de emisión de los GEI sufren modificaciones, así las concentraciones atmosféricas no permanecen en equilibrio.

Especial interés presentan las concentraciones crecientes de ciertos gases de efecto invernadero como el CO₂, el CH₄, los CFC y el N₂O.

El más importante de estos gases por su efecto radiativo es el vapor de agua, el cual sufre cambios significativos en su distribución y concentración como consecuencia de la actividad humana. En orden de importancia le sigue el dióxido de carbono, los CFCs, el metano, el óxido nitroso y el hexafluoruro de azufre.

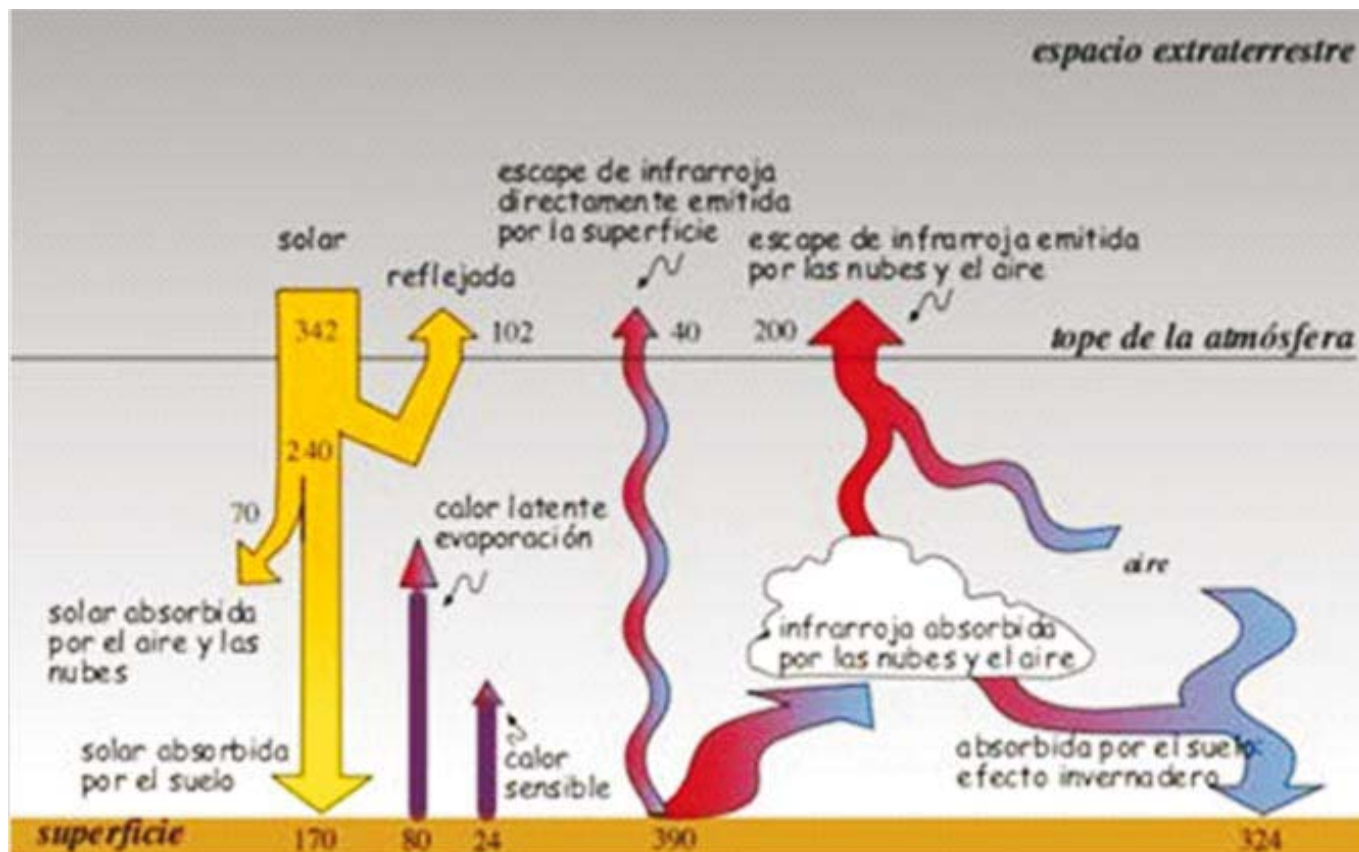


Figura 4. Esquema de la distribución de la radiación en el sistema tierra – atmósfera.
Fuente: (<http://homepage.mac.com/uriarte/maprad.html>)

El motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima es la energía solar.

Algunos de los gases atmosféricos variables como el vapor de agua y el CO_2 son relativamente transparentes a la radiación solar en el rango visible pero absorben bien la radiación de la Tierra. Los gases y el agua que absorben la radiación de la Tierra, también son buenos radiadores de energía. La atmósfera irradia una parte de la energía absorbida hacia el espacio y otra parte la regresa a la superficie de la Tierra. Las

dos terceras partes de la energía radiante atmosférica son directamente devueltas a la superficie, suministrando una fuente de energía adicional a la radiación solar directa. La energía radiante absorbida es la fuente más grande de energía absorbida por la superficie de la Tierra. Este intercambio de energía entre la atmósfera y la Tierra es conocido como *efecto invernadero natural*. (Figura 5).

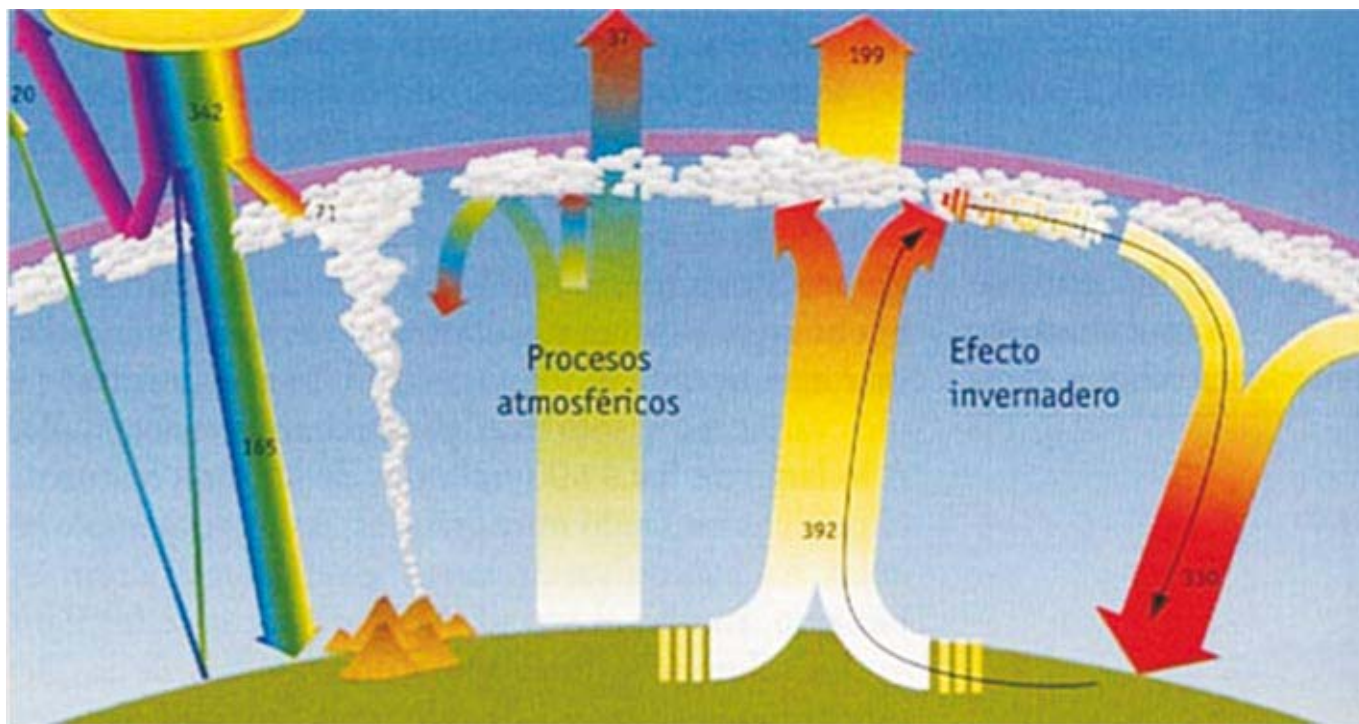


Figura 5. Representación esquemática del efecto invernadero.

El contenido de gases de efecto invernadero está sujeto a variaciones y ha experimentado en el pasado oscilaciones considerables. Estas variaciones en el factor de forzamiento radiativo han producido cambios climáticos. Las variaciones en el contenido de gases de efecto invernadero son debidas a procesos naturales y antropogénicos.

El forzamiento radiativo puede verse alterado por cambios en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) originados en eventos antropogénicos, hecho que recibe el nombre de *efecto invernadero inducido*.

Los principales gases de efecto invernadero son el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), el hexafluoruro de azufre (SF_6) y los clorofluorocarbonos (CFC), estos últimos de origen netamente antropogénico.

De los gases de efecto invernadero afectados por la actividad humana, el CO_2 tiene particular importancia debido a que su contribución al cambio de forzamiento radiativo ha sido aproximadamente de 55%, comparado con el 17% de los CFCs y el 15% del metano. Por esta razón, se presenta gran atención a las emisiones de dióxido de carbono. El efecto climático más notorio del aumento en las concentraciones de los GEI, ha sido el incremento gradual reciente en la temperatura media del planeta (Figura 6).

Las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero por efecto de actividades humanas han aumentado (Figura 7) desde la era preindustrial, en un 70% entre 1970 y 2004, reforzando el efecto invernadero natural, lo que hace que la temperatura de la superficie sea más cálida. Por el contrario, los aerosoles (partículas y gases distintos a los GEI) revisten importancia por su impacto sobre la radiación solar y por su efecto de enfriamiento.

Las concentraciones atmosféricas de CO_2 (379 ppm) y CH_4 (1774 ppm) en 2005 exceden ampliamente el intervalo natural de valores de los últimos 650.000 años.

Los aumentos de la concentración mundial de CO₂ se deben principalmente a la utilización de combustibles de origen fósil y, en una parte apreciable pero menor, a los cambios de uso de la tierra.

Es muy probable que el aumento observado de la concentración de CH₄ se deba predominantemente a la agricultura y a la utilización de combustibles de origen fósil. El aumento de metano ha sido menos rápido desde comienzos de los años 90, en concordancia con las emisiones totales (como suma de fuentes antropogénicas y

naturales), que han sido casi constantes durante ese período. El aumento de la concentración de N₂O procede principalmente de la agricultura.

3.2. Factores determinantes del clima

Los factores determinantes son las condiciones físicas y geográficas que influyen en aspectos relacionados con la transferencia de energía y calor. Entre ellas se destacan la latitud, la elevación, la distancia al mar, la composición del relieve, la hidrografía, y la vegetación.

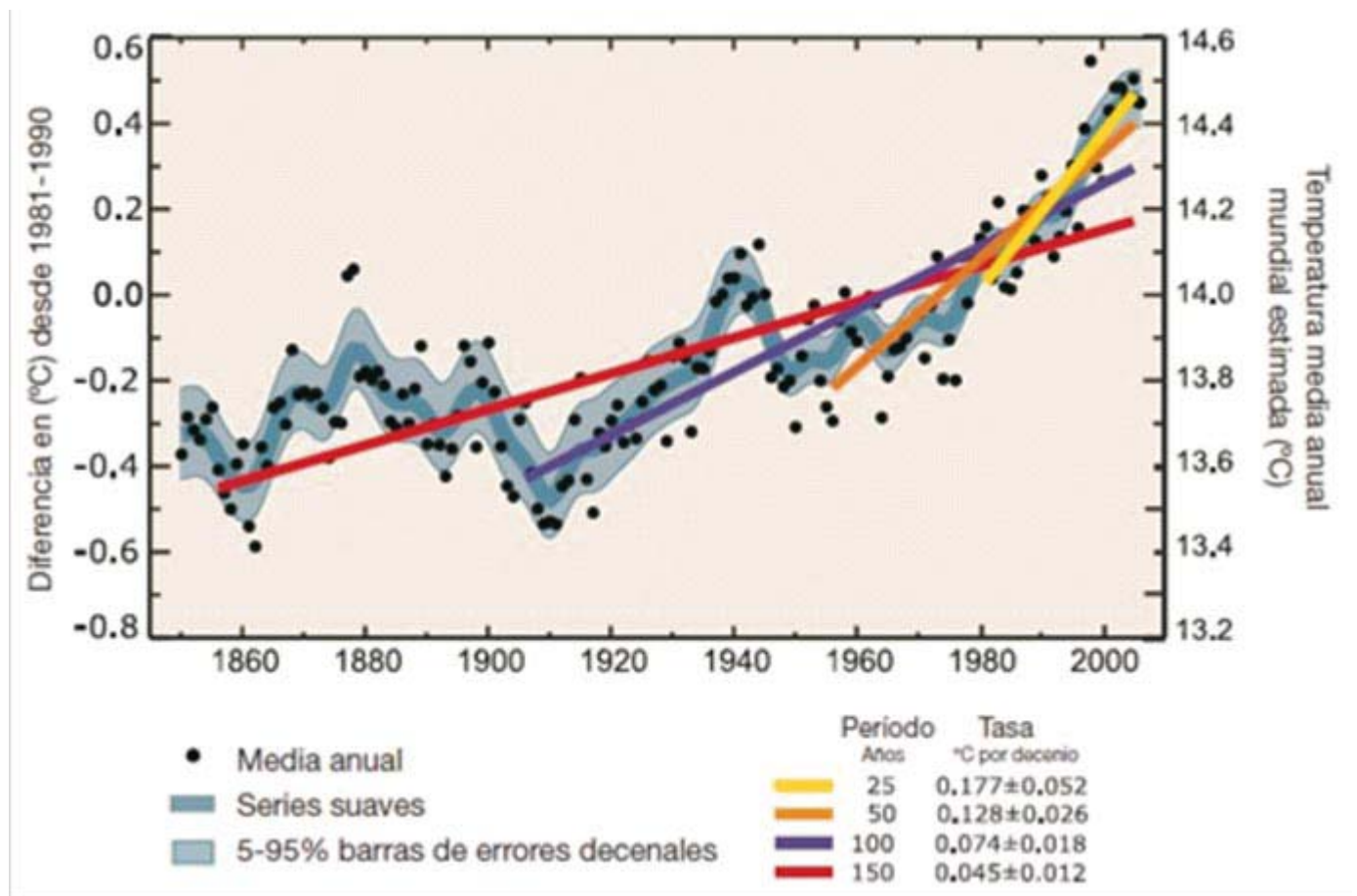


Figura 6. Temperatura media anual mundial (puntos negros) con ajustes lineales de información. El eje izquierdo muestra anomalías en las temperaturas promedio en el período de 1961 a 1990 y el eje derecho muestra el cálculo de las temperaturas actuales, ambas expresadas en °C. Las tendencias lineales se muestran durante los últimos 25 años (amarillo), 50 años (anaranjado), 100 años (morado) y 150 años (rojo). La curva suave azul muestra variaciones por decenio (véase Apéndice 3.A), con un margen de error de 90% por decenio mostrado como una banda azul clara sobre esa línea. El aumento total de la temperatura desde el período de 1850 a 1899 al período de 2001 a 2005 es 0,76°C ± 0,19 °C. (IPCC, 2007)

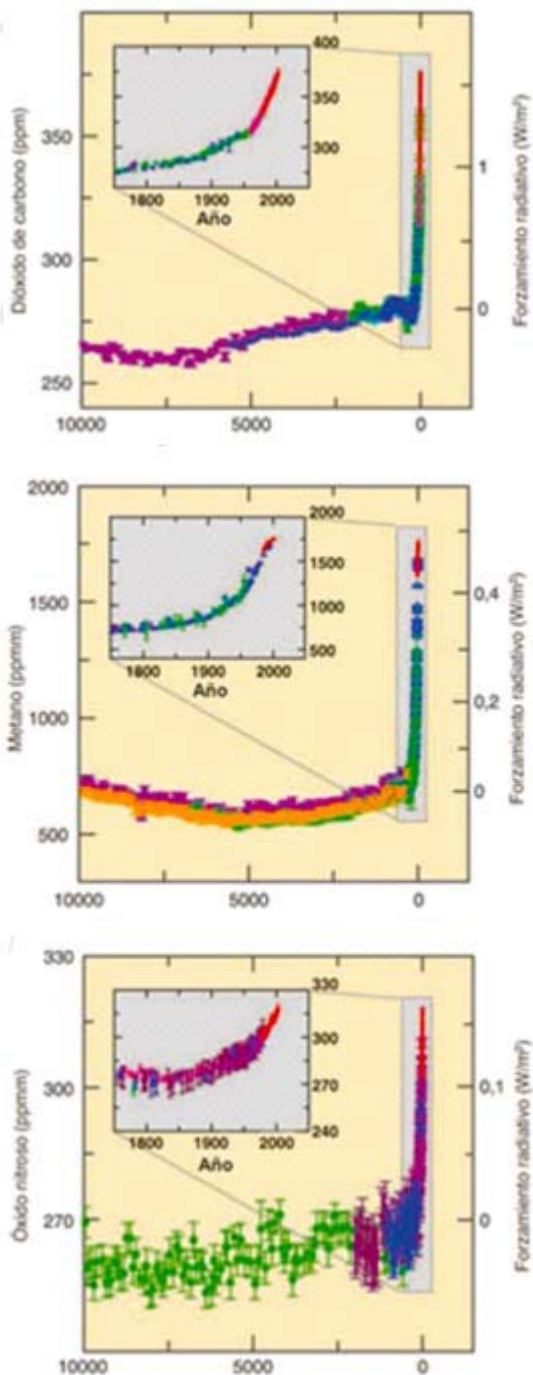


Figura 7. Concentraciones de CO₂, CH₄ y N₂O en la atmósfera durante los últimos 10.000 años (recuadros grandes) y desde 1750 (recuadros interiores). Las mediciones indicadas proceden de núcleos de hielo (símbolos de diferente color para cada estudio) y de muestras de la atmósfera (líneas en rojo). Los correspondientes forzamientos radiativos respecto de 1750 aparecen indicados en los ejes de los recuadros grandes, en la parte derecha. (IPCC, 2007)

Latitud: Está claro que la altura máxima del Sol sobre el horizonte varía con el transcurso del año, y que está directamente relacionada con los cambios estacionales del clima. Una de las razones principales por la cual la temperatura varía tanto en las zonas templadas a lo largo de las estaciones y no tanto en las zonas polares y sobre todo en las tropicales, se debe a la forma en que la energía proveniente del Sol calienta de manera efectiva la superficie terrestre (Figura 8). Mientras que en las zonas tropicales se recibe la mayor cantidad de radiación solar en los polos se recibe la menor.

Según la distancia al ecuador varía la temperatura y la precipitación; cuanto más cerca se esté del ecuador habrá mayor temperatura y precipitación.

Altitud: La temperatura varía con la altitud en la troposfera (capa atmosférica más cercana a la superficie terrestre) debido a las diferencias en la presión atmosférica. La temperatura es inversamente proporcional a la altitud sobre el nivel del mar. A nivel del mar se presentan las temperaturas más altas (por una mayor presión atmosférica) y a medida que aumenta la altitud, la temperatura disminuye.

En la zona intertropical la altitud se convierte en el factor modificador del clima de mayor importancia. Este hecho ha determinado un criterio para la conceptualización de los pisos térmicos, que son fajas climáticas delimitadas por curvas de nivel que generan también curvas de temperatura (Figura 9).

Localización y relieve: La ubicación en las costas o en el interior de los continentes es determinante en el clima.

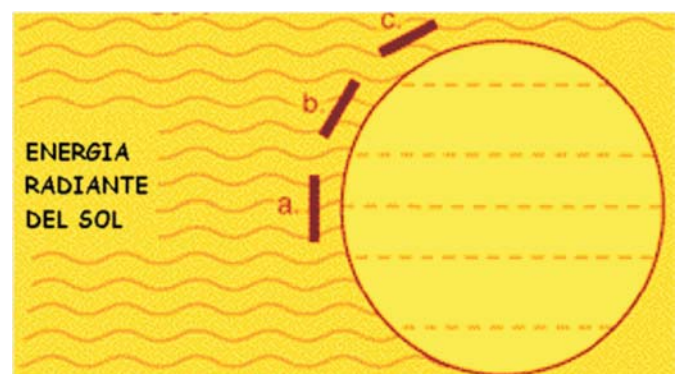


Figura 8. Energía radiante del sol y la latitud. (Fuente: Globe, 2001)



Figura 9. Pisos térmicos según la altitud en la zona intertropical.

El agua tiene una gran capacidad de almacenar calor, por su elevado calor específico, y durante el día o en verano toma calor que luego libera por la noche o en la estación fría. Por esto las zonas costeras disfrutan de un clima suave, sin bruscas variaciones de temperatura. Las brisas que se forman en las zonas costeras desempeñan un importante papel en la menor variación de las temperaturas. Durante el día soplan del mar a la tierra, trayendo aire fresco, mientras que por la noche lo hacen de la tierra al mar. Los mares se convierten en un regulador térmico y suavizan las temperaturas extremas. Adicionalmente, el mar puede proporcionar humectación del aire en zonas próximas. Una alta continentalidad, en cambio, acentúa la amplitud térmica y provoca inviernos fríos y veranos calurosos en zonas extra-tropicales.

La disposición de las cordilleras con respecto a la incidencia de los rayos solares determina dos tipos de vertientes o laderas montañosas: de «solana» y de «umbría». Al norte del Trópico de Cáncer, las vertientes de solana son las que se encuentran orientadas hacia el sur, mientras que al sur del Trópico de Capricornio las vertientes de solana son, obviamente, las que están orientadas hacia el norte. En la zona intertropical, las consecuencias de la orientación del relieve con respecto a la incidencia de los rayos solares no resultan tan

marcadas, ya que una parte del año el sol se encuentra incidiendo de norte a sur y el resto del año en sentido inverso.

La orientación del relieve con respecto a la incidencia de los vientos dominantes también determina la existencia de dos tipos de vertientes: de barlovento (que reciben plenamente los vientos predominantes) y de sotavento (en el lado contrario a la dirección de ingreso de los vientos predominantes). Lluvee mucho más en las vertientes de barlovento porque el relieve da origen a las lluvias orográficas. Cuando las masas de aire que vienen del océano cargadas de humedad se encuentran con el obstáculo de las montañas, ascienden para poder sobrepasarlas. Al ascender se enfrían, por lo que pueden admitir menos vapor de agua y parte del que llevan se convierte en nubes y se producen precipitaciones. Así las laderas de las montañas que reciben habitualmente aire del océano son húmedas. Pero cuando el aire sobrepasa las montañas cae hacia niveles más bajos, produciéndose el efecto contrario. Puede contener más agua en forma de vapor por lo que las nubes desaparecen y esas laderas de la montaña reciben mucha menos lluvia. Este efecto, denominado Foehn, es el responsable de las grandes diferencias de pluviosidad que se producen entre zonas de la cordillera de los Andes.

Las corrientes marinas tienen también una gran influencia en el clima de las zonas costeras que bañan. Por ejemplo, las corrientes cálidas, hacen más suave y más húmedo el clima. Las corrientes frías provocan un clima más frío y brumoso, aunque no siempre más lluvioso; por ejemplo, cerca de los trópicos facilitan la aparición de zonas desérticas costeras. Las aguas cálidas desde las latitudes intertropicales hace más templada la costa Atlántica de Europa que lo que le correspondería según su latitud. Las corrientes frías también ejercen una poderosa influencia sobre el clima. En la zona intertropical producen un clima muy árido en las costas occidentales de África y de América, tanto del norte como del sur.

Vegetación. La vegetación también tiene influencia sobre el clima. Las plantas toman agua por sus raíces y

la transpiran, en forma de vapor, por sus hojas. De esta forma contribuyen a aumentar de forma muy significativa los niveles de evapotranspiración y se ha comprobado que cuando en algunas zonas de selva tropical se ha producido la tala de grandes extensiones de árboles, al subir menos vapor de agua del suelo a la atmósfera, se han producido notables alteraciones climáticas, disminuyendo las lluvias en ese lugar.

4. Distribución espacio-temporal de las variables climatológicas

Debido a la absorción diferencial entre las zonas tropicales y polares se produce un flujo neto de energía en la atmósfera y el océano. El agua oceánica se calienta en las regiones tropicales y se mueve hacia las regiones polares por medio de las corrientes marinas. De igual manera, grandes cantidades de calor son transportadas desde bajas latitudes hacia altas latitudes por medio del ciclo de la circulación global.

Los gráficos de las temperaturas del aire cercanas a la superficie de la Tierra se pueden elaborar según líneas de igual temperatura, llamadas isotermas. Estas por lo general concuerdan con las líneas de latitud que van de este a oeste, particularmente en el Hemisferio Sur. En ambos hemisferios, sobre las regiones continentales, estas líneas se desplazan hacia el Sur.

A principios de año el Hemisferio Sur está en verano y la tierra está más caliente que el océano debido a que

la tierra absorbe más energía que el agua. En el Hemisferio Norte, enero corresponde al invierno y el desplazamiento de las isotermas hacia el Sur significa que la tierra está más fría que el agua a la misma latitud. Las temperaturas promedio para julio muestran isotermas que se desplazan hacia el norte en ambos hemisferios en respuesta al mayor calentamiento que tiene el agua a la misma latitud en el Hemisferio Norte y al mayor enfriamiento del agua en el Hemisferio Sur (Figura 10).

El exceso de energía en las regiones tropicales causa un calentamiento del aire y por lo tanto éste disminuye su densidad y sube. En la medida que el aire se eleva sobre la superficie terrestre, será reemplazado por el aire que viene de los polos. Sin embargo, por efecto de la fuerza Coriolis (efecto que ejerce la rotación de la tierra sobre objetos en su superficie), en el Hemisferio Norte esta fuerza ejerce una desviación de la trayectoria hacia la derecha y hacia la izquierda en el Hemisferio Sur, resultando en unos vientos superficiales y persistentes del Noreste en la parte ecuatorial del Hemisferio Norte y del Suroeste en la parte ecuatorial del Hemisferio Sur, que confluyen sobre la denominada Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

Esto crea a su vez una región de alta presión subtropical, cerca de los 30° de latitud en ambos lados del ecuador, en donde el aire que se mueve hacia los polos en niveles altos no va directamente hacia los mismos sino que se deflecta hacia el este y desciende (movi-

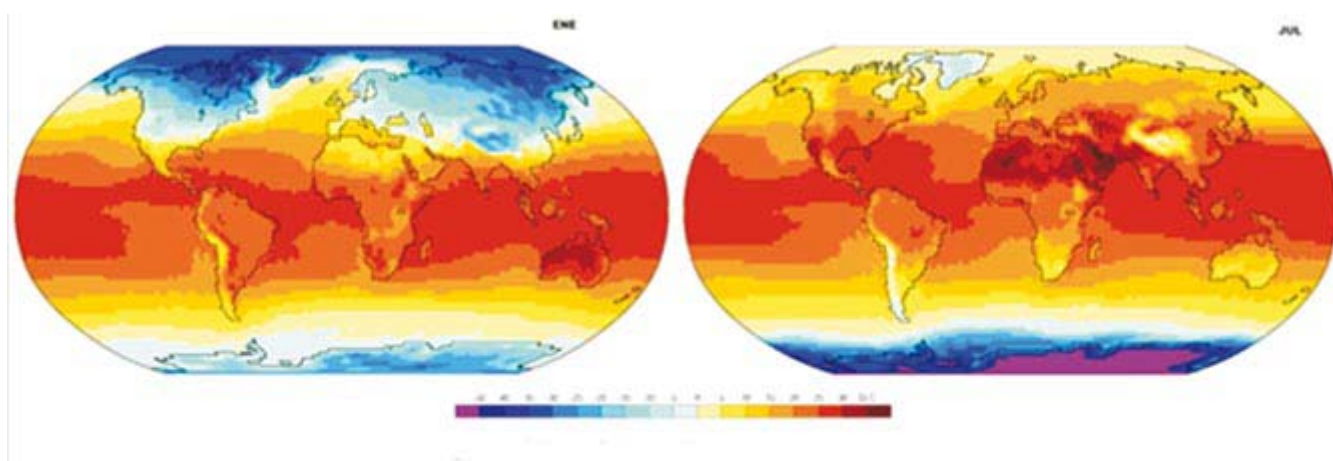


Figura 10. Distribución de la temperatura para los meses de enero y julio

miento de subsidencia) hacia la superficie terrestre, lo que repercute en un aumento de la presión atmosférica en superficie en estas latitudes (Figura 11).

De acuerdo con lo anterior, se puede mencionar que entre el trópico y los subtrópicos la circulación atmosférica está definida por la llamada «celda de Hadley» que explica cómo cerca del ecuador geográfico el viento en superficie asciende por el mayor calentamiento, desde donde retorna en altura hasta cerca de los 30° de latitud donde desciende, para de nuevo retornar en superficie hacia la región tropical.

Sobre los dos lados del Ecuador se establecen celdas de circulación que rotan en direcciones opuestas: el aire superficial se mueve hacia el polo y el aire de niveles altos se mueve hacia los trópicos. Esto ocasiona vientos del oeste persistentes en latitudes medias, entre 30 y 60°, al norte y sur del ecuador.

En latitudes mayores a 60°, existe una tercera celda de circulación con vientos superficiales fluyendo hacia el ecuador y hacia el polo en mayores alturas. La fuerza de Coriolis crea generalmente vientos del este sobre estas latitudes altas.

El flujo persistente a través de la superficie del océano en las regiones tropicales, mueve cantidades significativas de humedad. Por ello cuando este aire se eleva y se enfría, se producen nubes que pueden alcanzar la tropopausa y se generan precipitaciones intensas, que caracterizan la ZCIT como la región de mayores precipitaciones del globo. Conforme este aire desciende en los cinturones de las altas presiones a los 30° de latitud norte y sur, se comprime y se calienta. Este aire caliente y seco produce una zona libre de nubes con climas soleados y secos, incluso desérticos, en estas altitudes.

El tiempo atmosférico y el clima de latitudes medias están dominados por el movimiento de los cinturones de vientos oeste en los Hemisferios Norte y Sur. Estas son las regiones donde se encuentran las masas de aire frío originadas en las regiones polares y el aire caliente que proviene de los trópicos. El límite entre estas dos masas de aire sobre la superficie de la tierra define la posición y características de los frentes. En la tropopausa, este

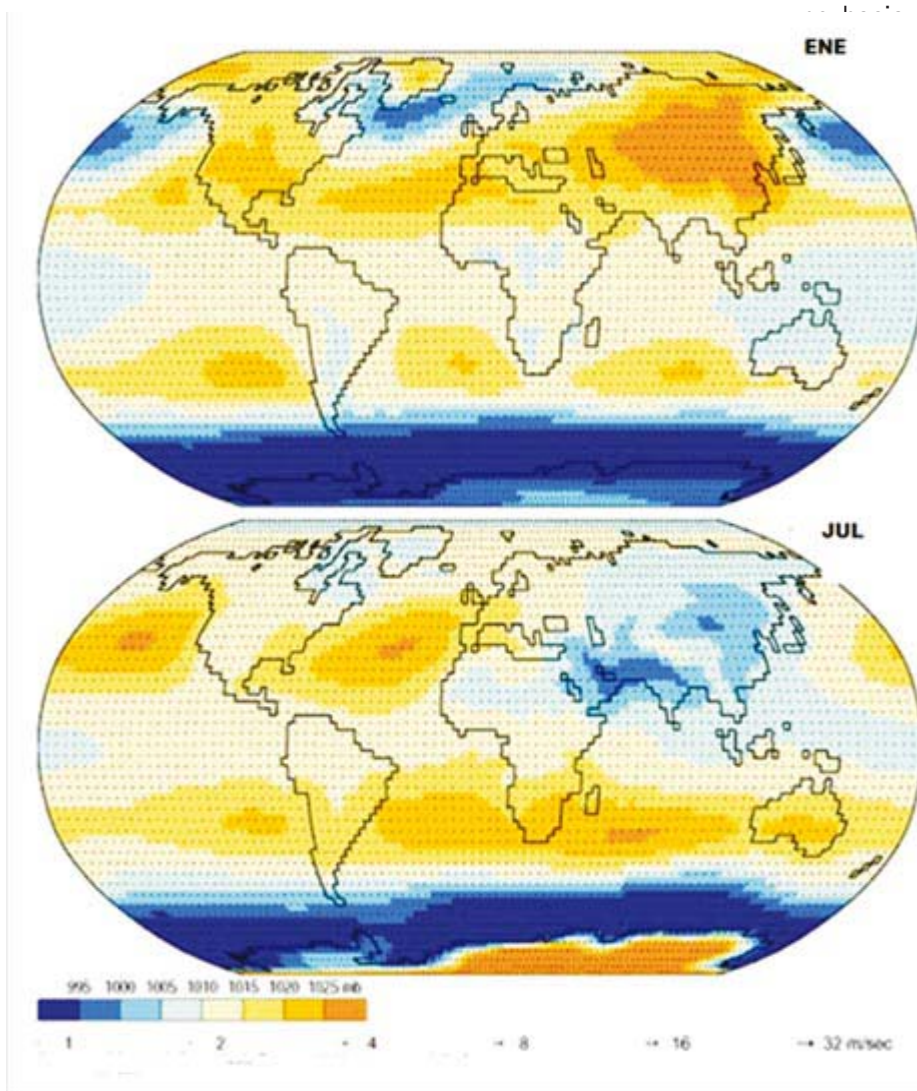


Figura 11. Distribución de presión media al nivel del mar y vientos en superficie para los meses de enero y julio

límite determina la posición de la corriente en chorro, que es una corriente de aire de alta velocidad que se mueve de oeste a este, generalmente en paralelo al límite entre las masas de aire. El aire polar denso y frío ocasionalmente se mueve hacia el ecuador arrastrando consigo el límite frontal, frente frío, en la superficie y la corriente en chorro en las capas más altas.

Links de interés:

Radiación onda corta, onda larga y radiación neta

http://geography.uoregon.edu/envchange/clim_animations/gifs/three_rads_web.gif

Temperatura

http://geography.uoregon.edu/envchange/clim_animations/gifs/tmp2m_web.gif

Precipitación

http://geography.uoregon.edu/envchange/clim_animations/gifs/prate_web.gif

Precipitación – Evaporación

http://geography.uoregon.edu/envchange/clim_animations/gifs/pminuse_web.gif

Humedad del suelo

http://geography.uoregon.edu/envchange/clim_animations/gifs/soilw_web.gif

Presión y viento

http://geography.uoregon.edu/envchange/clim_animations/gifs/mslpwinds_web.gif

5. Clasificación de los climas

La división del globo en regiones o zonas climáticas delimitadas es difícil de determinar, ya que casi nunca se pasa de un clima a otro atravesando una frontera climática, de ahí que se hable de climas de transición. Las clasificaciones se pueden basar en distintas combinaciones de los diversos elementos y factores climáticos,

Animaciones sobre la circulación atmosférica y cambios a través del año

<http://www.bioygeo.info/Animaciones/CGA.swf>

http://daphne.palomar.edu/pdeen/Animations/23_WeatherPat.swf

por ello no existe una clasificación única para satisfacer los distintos fines.

Las clasificaciones basadas en temperaturas y precipitaciones son las más abundantes.

El agrupamiento sistemático de los elementos del clima en clases, según sus relaciones comunes, se puede fundamentar en gran número de parámetros; la difi-

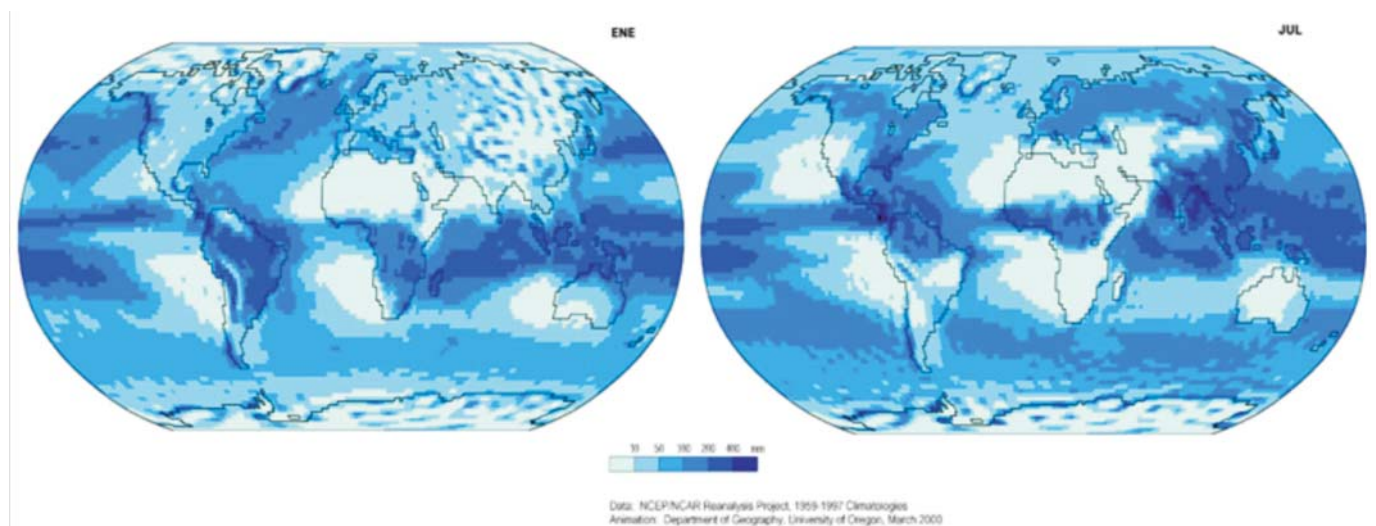


Figura 12. Distribución de la precipitación para los meses de enero y julio

cultad reside en establecer criterios generales partiendo de los componentes climáticos que consideramos representativos. La primera y más generalizada regionalización se debe a los griegos, y dividía la Tierra en tres grandes zonas climáticas, basándose en la distribución de las temperaturas: tropical, templada y polar. Desde entonces pueden observarse dos grandes tendencias en la clasificación: clasificaciones **genéticas**, basadas en los factores que generan la diversidad climática (circulación de la atmósfera, masas de aire, tipos de tiempo), y las llamadas **empíricas**, basadas en elementos del clima combinados en índices (grado de aridez y temperaturas).

No obstante, un mayor acercamiento al tema permite establecer que las clasificaciones existentes se pueden agrupar en cinco grandes tipos:

- Tipos basados en elementos climáticos
- Tipos genéricos, basados en el crecimiento de la vegetación.
- Tipos basados en el balance del agua.
- Tipos genéticos, basado en los sistemas de circulación de aire.
- Tipos basados en el bienestar climático humano

5.1. Tipos basados en elementos climáticos

En la Figura 13 se aprecian diversos tipos de zonas climáticas en el planeta, de acuerdo con las temperatu-

ras medias anuales del aire, que predominan en cada zona geográfica. En el trópico las temperaturas son cercanas a los 25 - 30°C, en tanto que en latitudes medias las temperaturas oscilan entre 10 y 18°C.

En general, según las temperaturas del aire se diferencian tres grandes tipos climáticos:

1. **Climas sin invierno de bajas latitudes:** La temperatura media del mes más frío supera los 18°C.
2. **Climas sin verano de altas latitudes:** La temperatura media del mes más cálido no supera los 10°C.
3. **Climas con verano e invierno de latitudes medias:** Entre dos isotermas límites de los 10°C. y los 18°C.

Una presentación interactiva de esta clasificación puede ser consultada a través de Internet en:

<http://teleline.terra.es/personal/jesusconde/Koppen/Biografia/Presentacion.htm>

En la Figura 14 se detallan tipos de zonas climáticas en el planeta, de acuerdo con las precipitaciones medias anuales. De modo general se aprecia que en el trópico las precipitaciones anuales varían entre 1000 y 2000 mm, mientras que en latitudes medias oscilan entre 400 y 1500 mm, con excepción de las regiones desérticas o semidesérticas donde es inferior a 200 mm.

La clasificación según precipitaciones de Blair distingue los siguientes tipos de climas:

1. **CLIMAS ÁRIDOS:** 0-250 mm anuales
2. **CLIMAS SEMIÁRIDOS:** 250-350 mm anuales

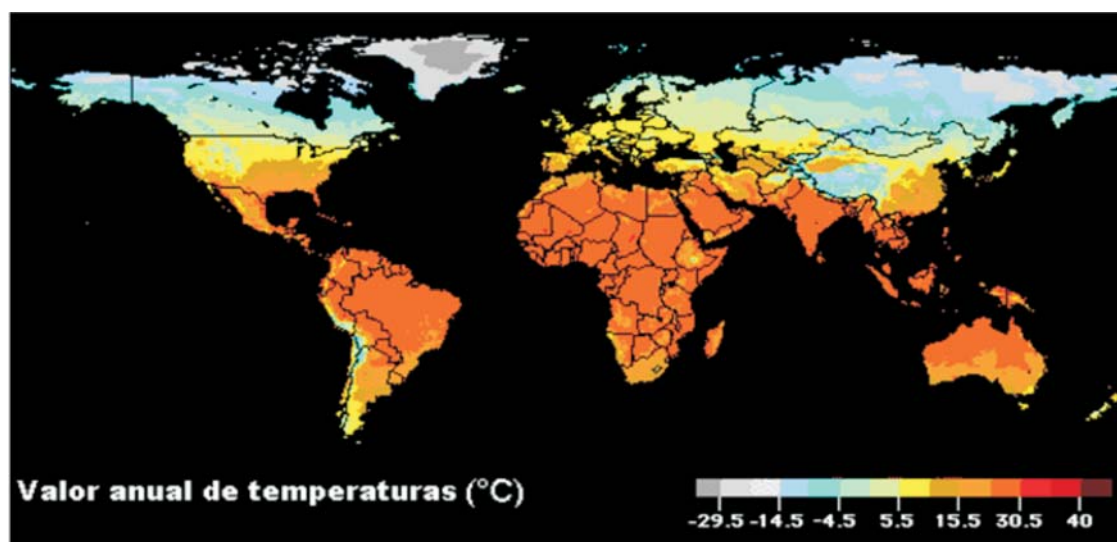


Figura 13. Tipos climáticos según temperaturas.

3. CLIMAS SUBHÚMEDOS: 350-1000 mm anuales
4. CLIMAS HÚMEDOS: 1000-2000 mm anuales
5. CLIMAS HIPERMÚMEDOS: + 2000 mm anuales

Una presentación interactiva de esta clasificación puede ser consultada a través de Internet en:

<http://teleline.terra.es/personal/jesusconde/Koppen/Biografia/Presentacion.htm>

5.2. Tipos genéricos (basados en el crecimiento de las plantas)

Este tipo de clasificación climática define dos criterios para caracterizar los climas: la aridez y la temperatura. En la aridez no se considera la precipitación escasa sino más bien la «precipitación efectiva». Es decir, la precipitación menos la evaporación. Para lograr esto se define el «índice de efectividad» de la precipitación, como P/T , ya que a mayor temperatura, mayor evaporación.

El índice: P/T se calcula con: «P» igual a la precipitación media anual en mm y «T» es la temperatura media anual en °C. Los valores altos del índice corresponden a zonas con abundante precipitación y vegetación permanente, exuberante, bien desarrollada a lo largo

del año.

5.3. Tipos genéticos

Los tipos genéticos se basan en las características regionales de la circulación general de la atmósfera, lo cual integra las tipos de masas de aire dominantes y los regímenes de vientos. Así, por ejemplo, la Clasificación de Flohn se basa en los cinturones globales de vientos y en las características de las precipitaciones. La clasificación de Strahler se basa en las masas de aire dominantes en cada región del planeta.

5.4. Tipos empíricos

A este tipo pertenece la clasificación de Köppen, en la que se combinan precipitaciones y temperaturas que corresponden a determinadas formaciones vegetales resultantes. La clasificación de Köppen es de 1918, pero este científico alemán la siguió perfeccionando y tras su muerte otros geógrafos y climatólogos, como el estadounidense Trewartha la han adaptado y mejorado. Esto permite que en la actualidad siga siendo la clasificación climática más utilizada.

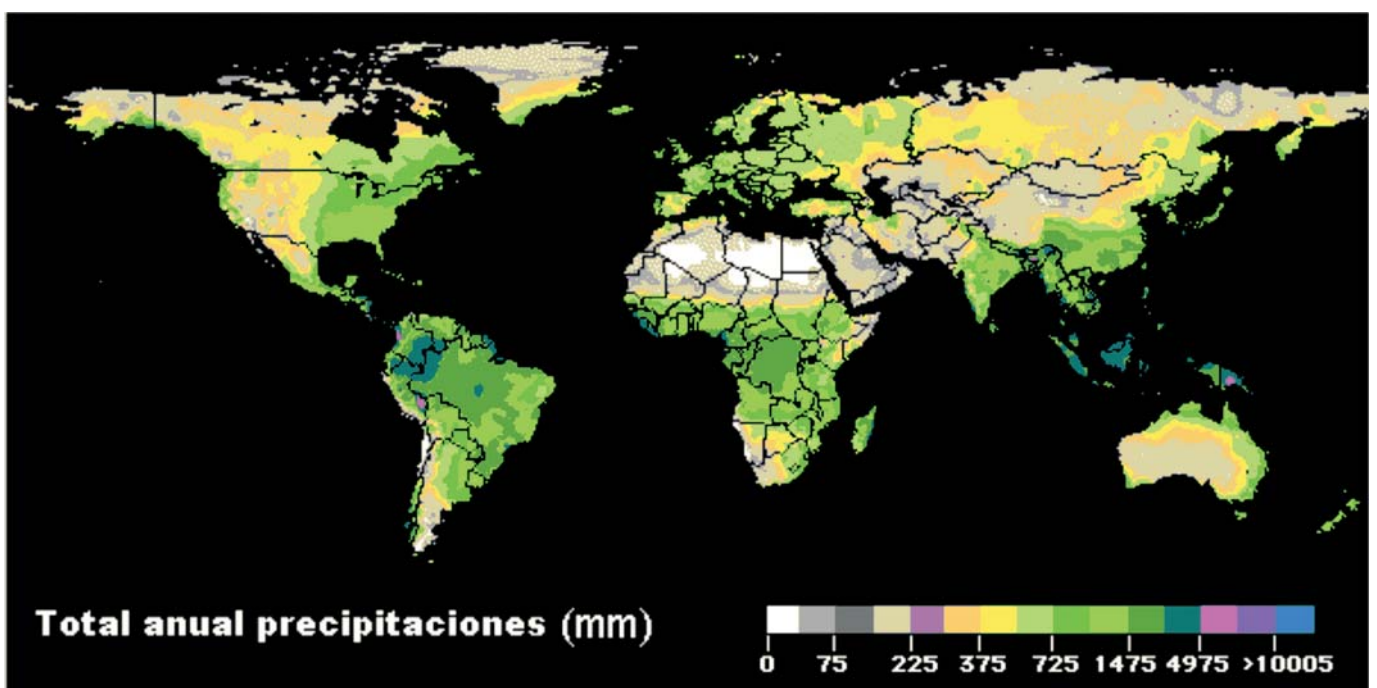


Figura 14. Tipos de clima según precipitaciones

La clasificación climática de Köppen corresponde a un sistema empírico basado en determinados valores fijos en escala anual o mensual, de precipitaciones y temperaturas, sin tener en cuenta las causas. Cada zona climática viene definida por un grupo de letras que a modo de fórmula nos dan los rasgos generales de ese clima.

6. Los fenómenos ENSO y su efecto en las lluvias y temperaturas

Las grandes variaciones de la temperatura del Océano Pacífico ecuatorial están asociadas con los llamados eventos ENOS (El Niño – Oscilación del Sur, en español) o ENSO (en inglés). En la atmósfera estos eventos están representados por cambios significativos en el campo de presión a nivel del mar, de forma opuesta sobre aguas cálidas, donde bajan sus valores, y sobre aguas frías, que se caracterizan por un incremento de la presión. Este fenómeno involucra procesos de interacción océano-atmósfera en una amplia región.

La oscilación de la presión atmosférica entre los extremos opuestos del Pacífico tropical se manifiesta en cambios en la «celda de Walker», que describe la circulación atmosférica meridional en el trópico. La presión atmosférica es más alta en el Pacífico oriental (cerca de las costas suramericanas) y más baja en el Pacífico occidental (cerca de las costas asiáticas) como parte de la circulación general de la atmósfera. En el lado oriental, predomina la subsidencia y el clima seco, lo cual es reforzado por el aire cálido y seco que desciende de los Andes. El Pacífico occidental está dominado por los movimientos ascendentes y por la convergencia que producen convección con fuertes precipitaciones. El flujo de circulación del viento en superficie es de dirección este-oeste con una inversión en niveles altos. Esta célula de circulación es llamada «celda de Walker» (Figura 15).

Normalmente, las aguas del Pacífico Oriental frente a las costas de Sur América son bastante frías como resultado del surgimiento de aguas profundas. Durante El Niño – Oscilación del Sur (ENSO), las aguas más cálidas del Pacífico Occidental emigran hacia el oriente y dan lugar a un calentamiento significativo de las aguas

del Pacífico oriental ecuatorial, frente a las costas de Perú y Ecuador, y la situación normal de presiones más altas en el Pacífico oriental tropical y presiones más bajas en el Pacífico central tropical sufren una inversión.

Los vientos atmosféricos son en buena parte responsables de la distribución de la temperatura superficial del océano Pacífico tropical, el cual por su magnitud y extensión, origina cambios en la distribución de la precipitación y la circulación atmosférica de los trópicos.

En la fase cálida del ciclo ENSO (conocida como evento «Niño» o cálido del Pacífico), la celda de Walker se debilita, los vientos del Este, normalmente de intensidades moderadas a fuertes, se atenúan y llegan a cambiar de dirección para transformarse en vientos del Oeste. Las zonas de precipitación se desplazan hacia el oriente (Figura 15).

Durante los eventos «Niño» las variaciones inducidas por la «Oscilación del Sur» (así se conoce a los cambios periódicos en la diferencia de la presión atmosférica superficial entre Darwin, Australia y Tahiti) se reflejan en un cambio de la posición de la corriente en chorro subtropical. Condiciones secas (de menor pluviosidad que lo normal) prevalecen sobre Australia, Indonesia, Suroeste de Asia, Filipinas hasta Hawaii y parte de centro y Suramérica, incluyendo el noreste de Brasil y las regiones andina y caribe de Colombia. En estas últimas incrementa ligeramente la temperatura media del aire. Por otra parte, lluvias excesivas en relación con lo normal, prevalecen sobre el Pacífico oriental y central, por la costa occidental de Sur América, cerca de Uruguay y parte del Sur de los Estados Unidos de América en el invierno astronómico (Figuras 16 y 17).

La situación opuesta se llama evento frío del Pacífico o «La Niña» y ocurre cuando las aguas frente a la costa de Perú y Ecuador se tornan más frías que lo usual. Este fenómeno está asociado con un fortalecimiento de la celda de Walker con un incremento de los vientos Alisios. Las consecuencias climáticas de «La Niña» tienden a ser opuestas a las de «El Niño» o sea incrementos en la precipitación en las regiones andina y caribe de Colombia (donde disminuye ligeramente la temperatura

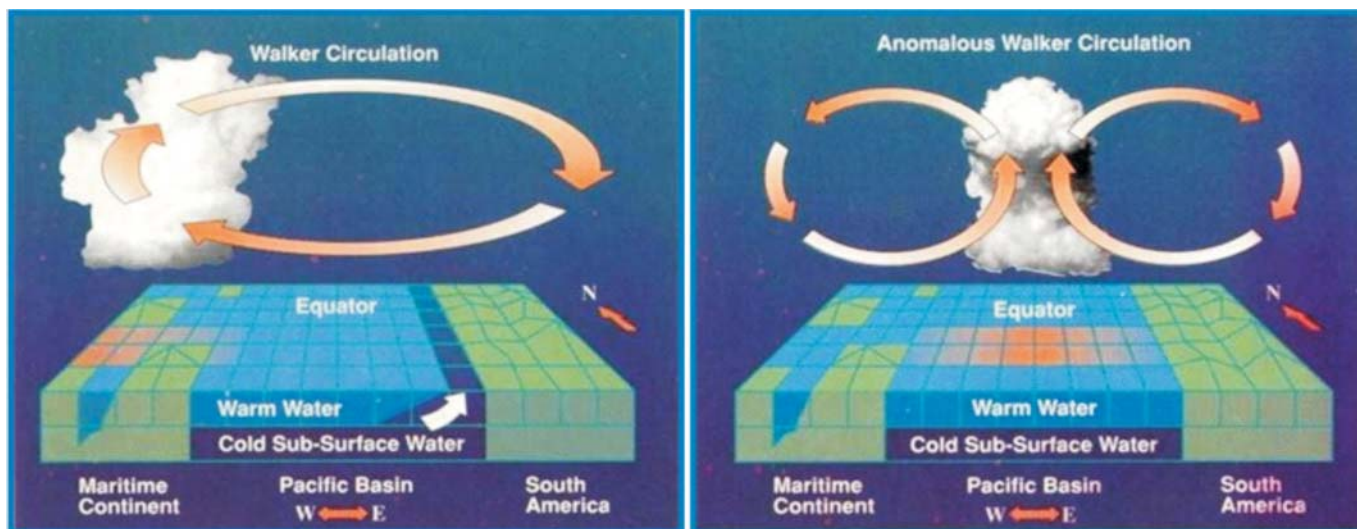


Figura 15. Representación esquemática de la circulación de Walker en condiciones normales (izquierda) y bajo la fase cálida del ciclo ENSO (derecha). (Fuente: NASA).

media del aire) y en Centroamérica, y disminuciones en la precipitación en el litoral occidental suramericano y en áreas del sur de Suramérica (Figura 18).

7. Identificación de alteraciones de la precipitación y temperatura ya observados, experiencias regionales y locales

El análisis de la variabilidad del clima a corto, mediano y largo plazo en un contexto histórico se realiza con base en las anomalías, porcentajes, clasificaciones y tendencias relacionadas con las normales climatológicas, usualmente del período 1961-1990. A pesar de que el periodo estándar de referencia es el recomendado por la Organización Meteorológica Mundial, la comunidad meteorológica ha venido usando la normal 1971-2000, en consideración al clima cambiante.

La variabilidad y el cambio climático producen cambios en el patrón regional y global de la precipitación, temperatura y de muchos otros elementos climáticos. Estas modificaciones junto con la tendencia de calentamiento global conllevan a la intensificación de las distintas fases del ciclo del agua y alteraciones en el régimen térmico de la atmósfera, alternando el clima entre eventos muy secos a muy lluviosos o entre episodios muy cálidos a muy fríos.

7.1 Variabilidad climática en Suramérica en 2008 y 2009

A principios del 2008, el clima de América del Sur

Los fenómenos El Niño y La Niña producen grandes variaciones en la temperatura y patrones de precipitación en muchas regiones del mundo, incluso en los que están distantes de la zona ecuatorial del Océano Pacífico. These shifts are also know *teleconnections* . Estos cambios se llaman *teleconexiones*.

estuvo afectado por el fenómeno La Niña. Las temperaturas se presentaron por debajo de la media normal para la costa de Surinam, Guyana, Colombia, Ecuador y Perú, mientras que en otros lugares las temperaturas fueron casi normales. Las temperaturas en amplias zonas del Brasil fueron superiores a lo normal, especialmente hacia la Amazonía. Las precipitaciones totales anuales fueron superiores a lo normal a lo largo de la costa de Surinam, Guyana, Colombia, Ecuador, Bolivia y algunas zonas centrales de Chile y Argentina, mientras que estuvieron por debajo de lo normal en el norte de Venezuela,

Impactos del Fenómeno de El Niño en el Clima de Latinoamérica y El Caribe

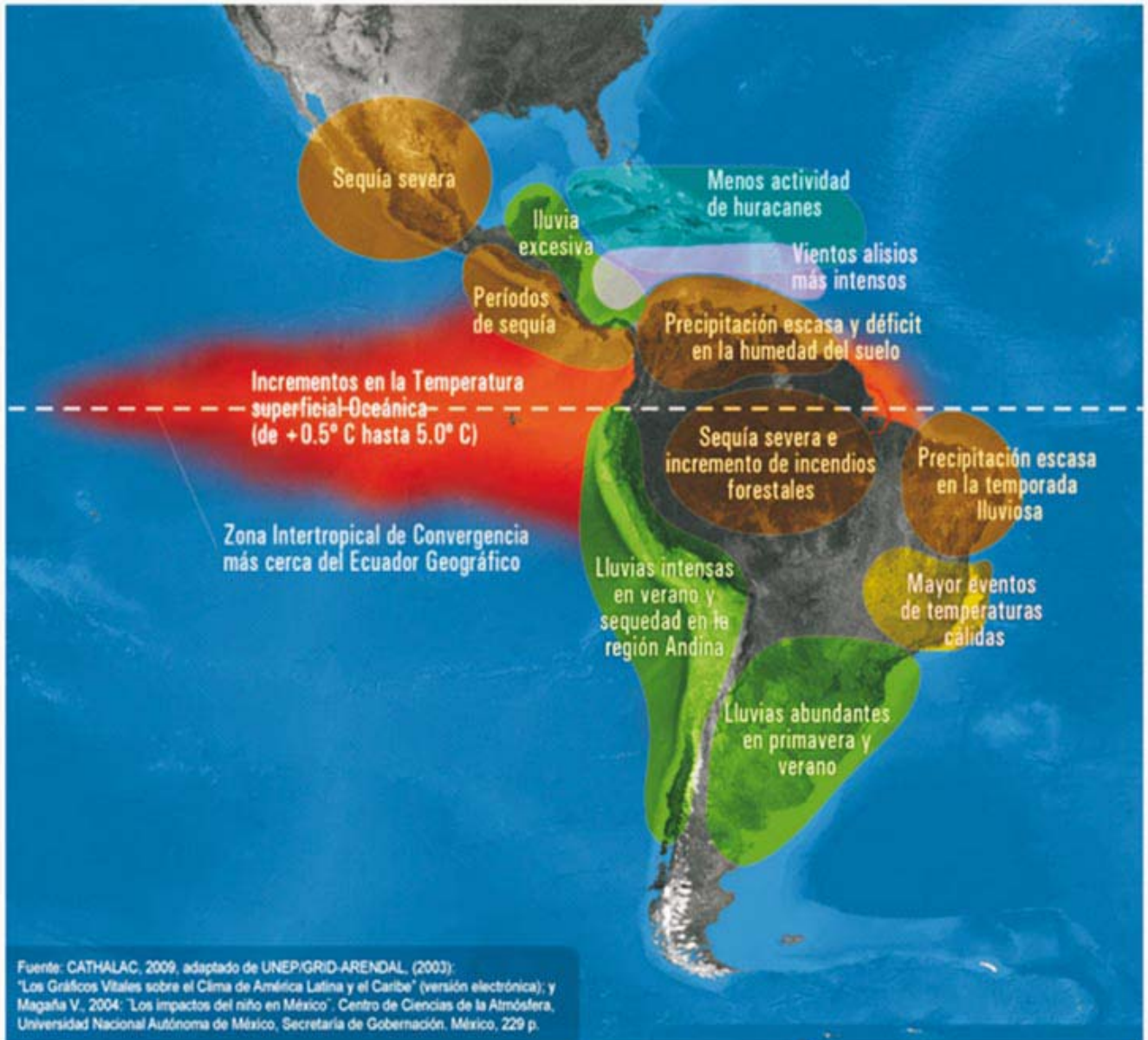
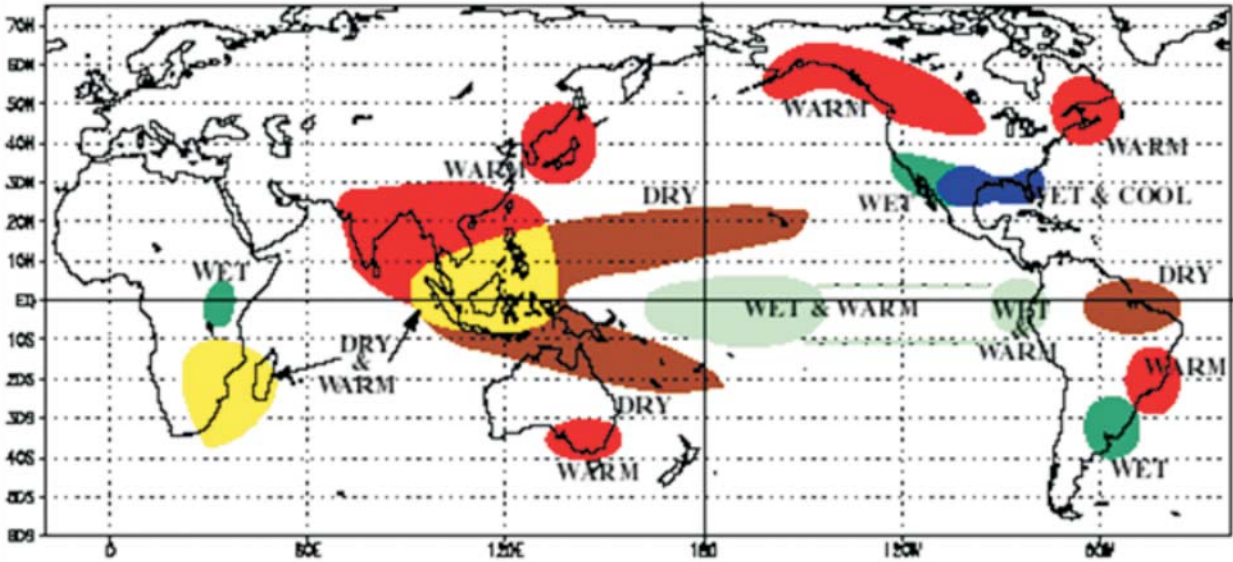


Figura 16. Representación de los impactos climáticos de los eventos «Niño», en centro y Suramérica.

WARM EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY



WARM EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST

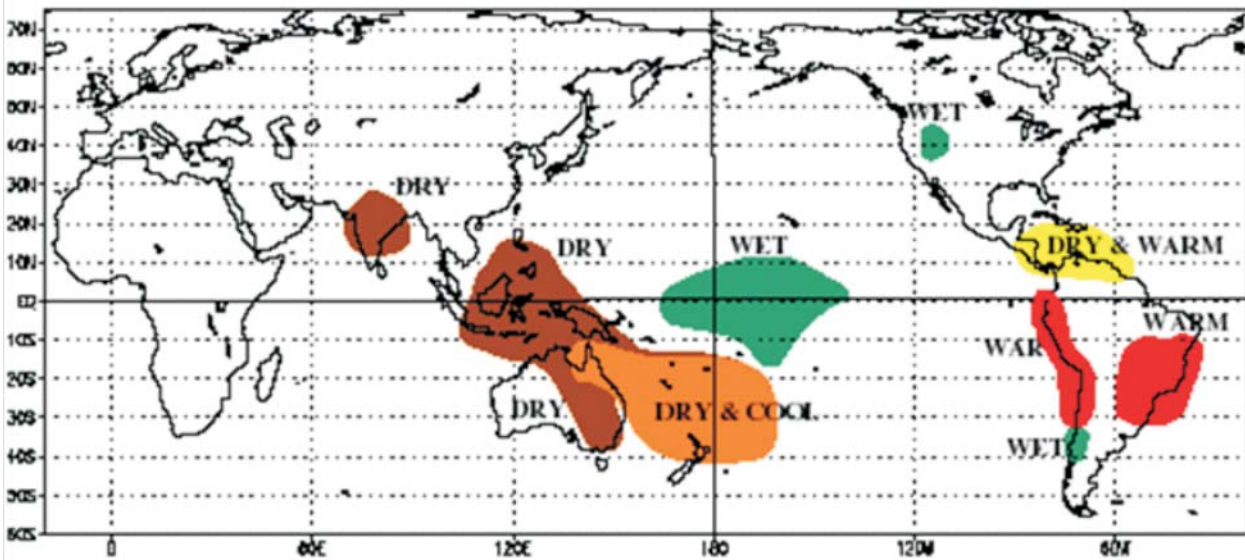
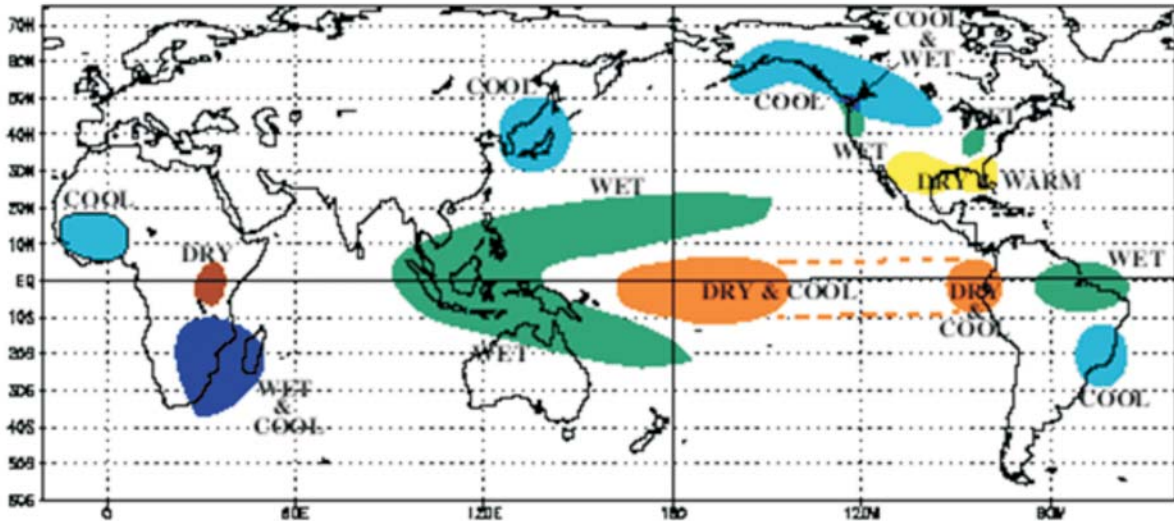


Figura 17. Impactos de los eventos «Niño» en la climatología de diversas regiones del mundo en dos distintos períodos del año. Fuente: NOAA.

COLD EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY



COLD EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST

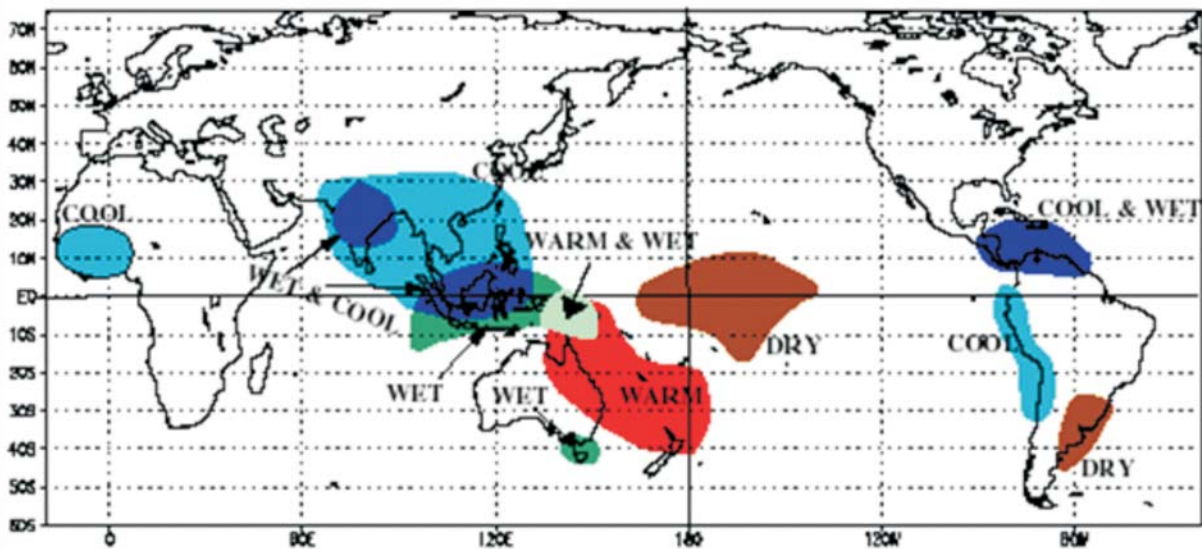


Figura 18. Impactos de los eventos «Niña» en la climatología de diversas regiones del mundo en dos distintos períodos del año. Fuente: NOAA. Animación esquemática del fenómeno El Niño/La Niña

http://esminfo.prenhall.com/science/geoanimations/animations/26_NinoNina.html

Animación esquemática del fenómeno El Niño/La Niña

http://esminfo.prenhall.com/science/geoanimations/animations/26_NinoNina.html

al noreste de Colombia, y al sur del Perú, así como en varias zonas de Bolivia y Argentina (Figura 19).

En el 2009, la temperatura media anual en América del Sur fluctuó entre valores normales o superiores a ellos; anomalías positivas significativas fueron observadas principalmente en Venezuela, Perú, Brasil, Bolivia, Paraguay y Argentina. Los valores totales anuales de la precipitación estuvieron entre normales e inferiores a lo normal, excepto para algunas pequeñas regiones en el norte y el sur de Brasil. Se registraron anomalías negativas en Venezuela, Brasil, Chile y Argentina. Los comportamientos de la temperatura y la precipitación fueron asociados principalmente a la evolución del ENOS que presentó fase cálida durante la segunda mitad del año (Figura 20).

7.2 Evidencias del cambio climático en Suramérica

El calentamiento del sistema climático es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano. De los doce últimos años (1995-2006), once figuran entre los doce más cálidos en los registros instrumentales de la temperatura de la superficie mundial (desde 1850). La tendencia lineal a 100 años (1906-2005) es 0,74°. Este aumento de temperatura está distribuido por todo el planeta y es más acentuado en las latitudes septentrionales superiores. Las regiones terrestres se han calentado más rápido que los océanos, informa el IPCC en el AR4.

Se han registrado variaciones importantes del clima en los llamados eventos extremos, los que año a año causan los mayores efectos a la economía. Análisis de las tendencias de variables meteorológicas muestran que en Suramérica se registran mayores humedades en la región centro-oriental: sur de Brasil, Paraguay, Uruguay y noreste de Argentina. Se presentan condiciones más secas al suroeste de la región: sur de Chile y Suroeste de Argentina. Condiciones más secas al sur de Perú. Más lluviosas al norte de Perú y Ecuador. El aumento de la temperatura media se evidencia en regiones de Colombia, Ecuador, Brasil sur, Argentina y Uruguay (Figuras

21, 22 y 23).

Glosario de términos

Dióxido de Carbono: El dióxido de carbono (CO₂) es un gas que se encuentra en una baja concentración en la atmósfera terrestre, indispensable en el proceso de la fotosíntesis de las plantas y cuyo incremento en la atmósfera en los últimos decenios, ha contribuido al calentamiento global.

Fotosíntesis: Proceso en el que las plantas utilizan dióxido de carbono (CO₂), junto con agua y energía solar, para formar materia orgánica. Esta es la forma en que las plantas usan la energía que les llega del Sol para la construcción de su propia materia.

Respiración: Es el proceso por el cual las plantas obtienen su energía a partir de carbohidratos, de tal modo que fisiológicamente hablando es el proceso contrario al de fotosíntesis.

Poiquiloterms: Los poiquiloterms son los organismos llamados «de sangre fría», que no pueden regular significativamente su temperatura corporal generando calor. Los poiquiloterms se caracterizan porque la temperatura de su cuerpo varía con la del ambiente.

Riesgo: El riesgo es la probabilidad de que una amenaza se convierta en un desastre. La vulnerabilidad o las amenazas, por separado, no representan un peligro. Pero si se juntan, se convierten en un riesgo, o sea, en la probabilidad de que ocurra un desastre

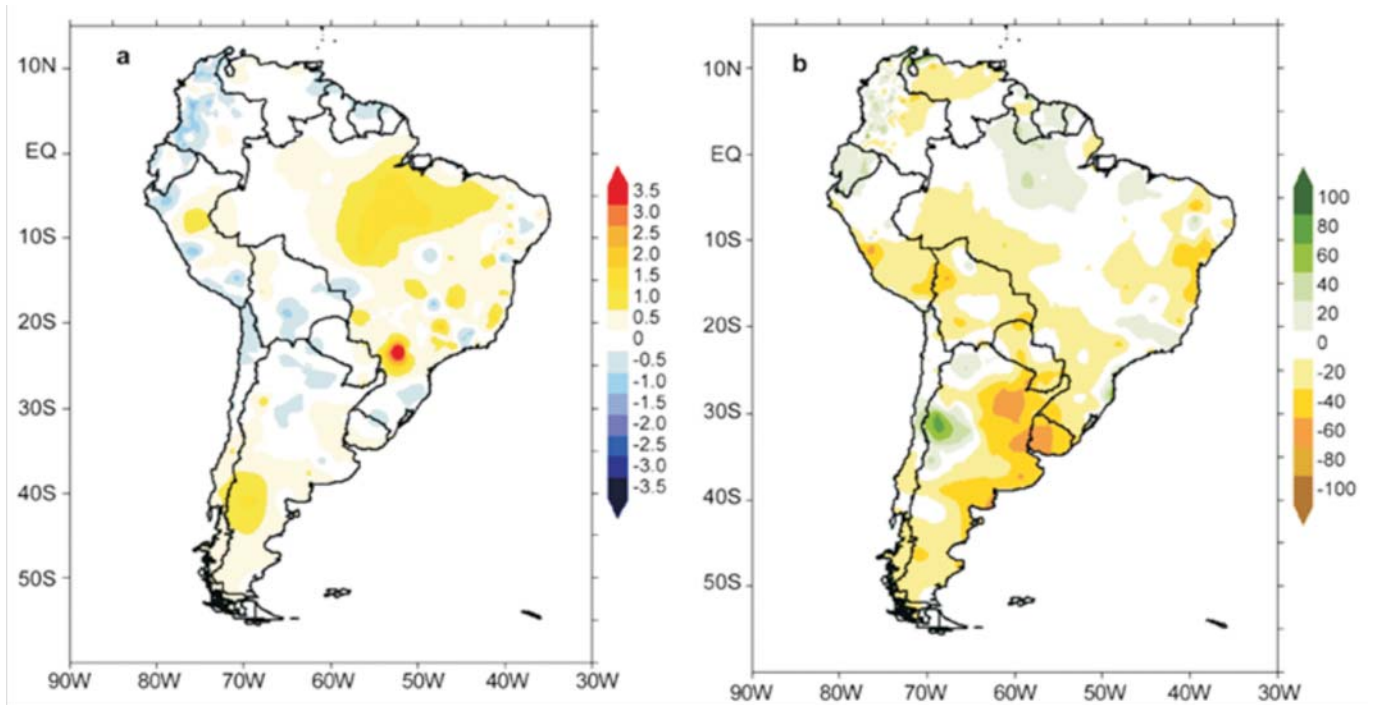


Figura 19. (a) Anomalías de la temperatura media anual para América del Sur para el año 2008 (sobre la base de 1971-2000) y (b) las anomalías de precipitación anual para el año 2008 (% en relación con 1971-2000) Fuentes: Servicios Meteorológicos Nacionales de Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela. Recopilación y procesamiento de datos por el CIIFEN 2009.

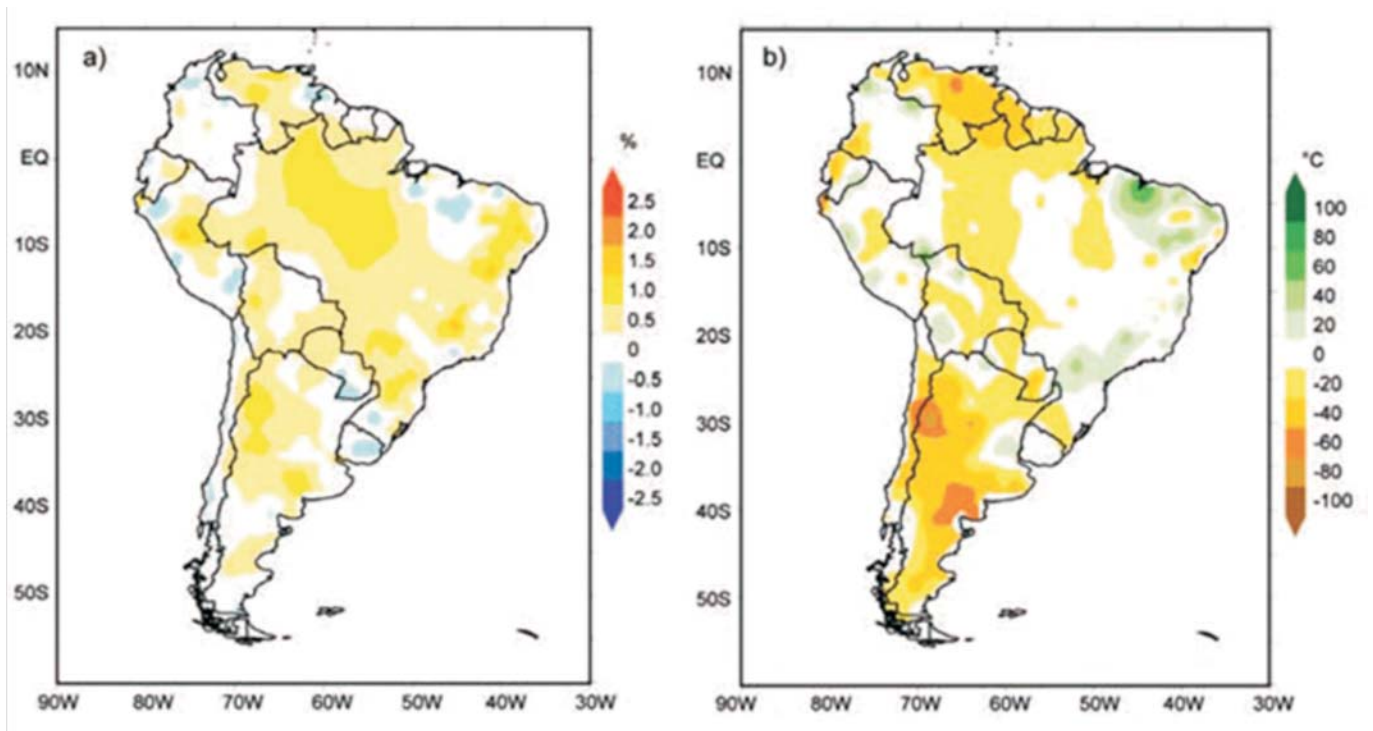
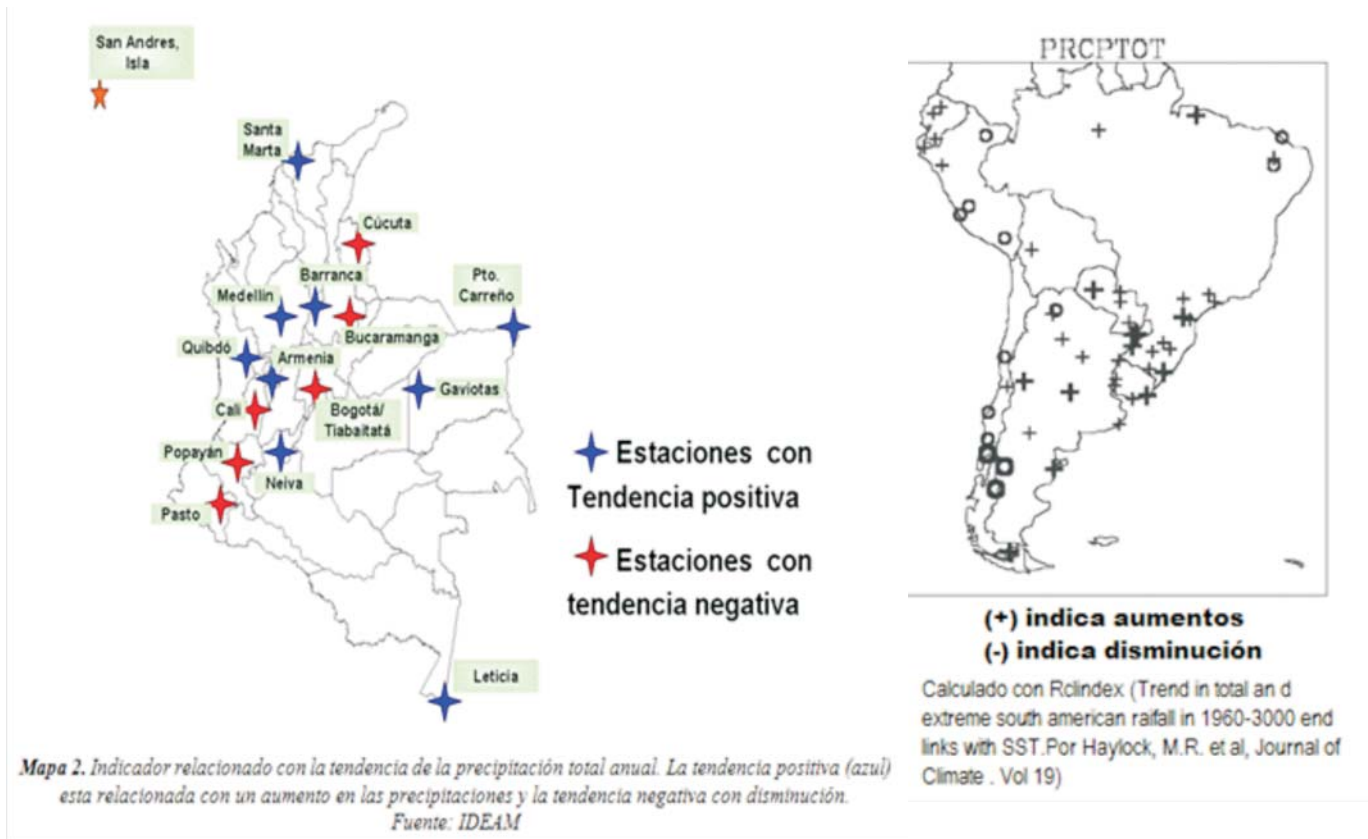


Figura 20. (a) Anomalías de la temperatura media anual para América del Sur para el año 2009 (sobre la base de 1971-2000) y (b) las anomalías de precipitación anual para el año 2009 (% en relación con 1971-2000) Fuentes: Servicios Meteorológicos Nacionales de Argentina, Brasil, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela. Recopilación y procesamiento de datos por el CIIFEN 2009.



Figuras 21 y 22. Tendencias de la precipitación en Colombia y en América del Sur, como consecuencia del cambio climático.

Cambios de temperatura en A. L. (Magrin, G. Clima Latino, Quito, 2007)

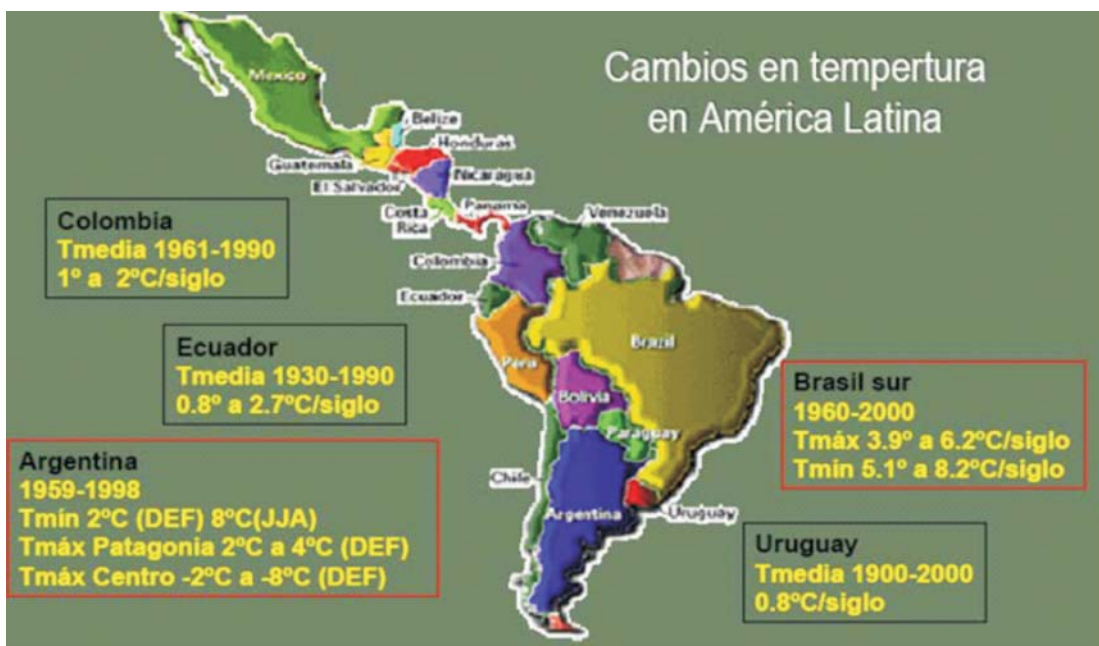


Figura 23. Tendencias al incremento en la temperatura media del aire en Centro y Suramérica.

Lecturas recomendadas

1. Variabilidad Intraestacional
2. Análisis de los impactos causados por el fenómeno meteorológico El Niño 1997-1998 a escala regional por países
3. Cronología de ENOS - Capitulo 4
4. Cambio climático 2007. Archivo: Informe de síntesis



Bibliografía consultada

Vocabulario Meteorológico Internacional, OMM N°182. Ginebra, Suiza. OMM. 1992

Understanding Weather and Climate, Aguado, E & J.E. Burt, Prentice-Hall, Canada, 1999.

General Climatology, Howard Critchfield, Prentice-Hall, Canada, 1983.

Tropical Climatology (2nd Ed.), McGregor and Nieuwolt

Climate and Weather in the Tropics, Riehl

Climate Dynamics of the Tropics, Hastenrath

Present-day South American Climate. PALAEO3 Special Issue (LOTRED South America), René D. Garreaud,

Mathias Vuille, Rosa Compagnucci and José Marengo, 2007

Atmosphere-Ocean Dynamics. Gill, A.E. Editorial Academic Press.

Holton, J.R., An Introduction to Dynamic Meteorology. Academic Press

The Hadley Circulation: Present, Past and Future. Diaz, H.F., e R. Bradley, Kluwer Academic Publishers.



EJERCICIO

Usando la presentación interactiva para la clasificación climática de Köppen que puede ser consultada a través de Internet en:

<http://teleline.terra.es/personal/jesusconde/>

Explore cómo se determinan las zonas climáticas según Köppen

1. En el apartado Mapas puede ver la distribución de cada una de las regiones climáticas sobre un planisferio con un simple movimiento del ratón.
2. En el segundo podrá acceder del mismo modo a un climograma de cada una de las grandes regiones climáticas
3. En la tercera división podrá ver la definición de cada una de las letras que configuran las fórmulas definidas por Köppen con explicación de todas ellas.
4. En el cuarto bloque puede acceder al gráfico sobre los límites de la aridez, que permite delimitar los tipos climáticos en los que debemos situar las distintas zonas.
5. Determine cuales son las características climáticas mediante las cuales Köppen define un clima árido.

Módulo 2

Posibles efectos del cambio climático a la agricultura

2.1 Bases de agrometeorología. Relaciones clima – suelo – planta

El clima determina las especies presentes en una región determinada. Nuestra experiencia nos muestra como en aquellas zonas en las que las temperaturas son altas (más calor) y llueve abundantemente, la vegetación es más exuberante, hay mayor número de especies vegetales, y relacionado con esto, mayor número de herbívoros y como parte del equilibrio natural, más carnívoros y carroñeros (alta biodiversidad). Por el contrario, aquellas zonas en las que llueve poco tienen pocas manifestaciones de vida y son bien llamadas desiertos, en relación con su escasa biodiversidad.

A nivel agrícola se puede afirmar que el efecto del clima sobre los sistemas de cultivo es complejo, ya que además de la influencia que tiene sobre plantas y animales, afecta el suelo y las especies asociadas que hacen parte del agroecosistema y que conocemos más comúnmente como arvenses (mal llamadas malezas), insectos benéficos, insectos plagas y microorganismos (hongos y bacterias principalmente) (Figura 1).

2.1.1 Efecto del clima sobre el suelo

El clima es uno de los factores de formación del suelo, razón por la cual algunas características físico-químicas de éste están asociadas con el comportamiento de los elementos del clima. Por ejemplo las zonas de altas precipitaciones están relacionadas con suelos ácidos (poco fértiles por naturaleza) y texturas francas a arcillosas.

En las zonas donde se presentan altas temperaturas, pero que a su vez reciben pocas lluvias, los suelos se caracterizan por tener un alto contenido de bases (problemas de alcalinidad y/o salinización) y menores contenidos de arcillas. En las zonas frías se espera encon-

trar mayores contenidos de materia orgánica que en las zonas cálidas (Figura 2).

Además del efecto sobre la formación del suelo, el clima determina la cantidad de agua allí presente y que está disponible para las plantas; en ese sentido, las zonas de vegetación exuberante están asociadas a sitios

El efecto de los elementos del clima sobre los seres vivos es incuestionable; para ilustrar esto nos basta con ver las características de la vegetación en los Andes; en las partes bajas (mayor temperatura) la conformación de la vegetación depende de la cantidad de precipitación, a mayor lluvia más especies y viceversa, mientras que en las partes altas predomina una vegetación especial (pocas especies), capaz de soportar las bajas temperaturas.

en que la evaporación tiene valores altos, pero sobre todo donde el balance precipitación – evaporación es positivo (no hay déficit de agua), como se muestra en la Figura 3.

2.1.2 Efecto del clima sobre las plantas

Las plantas son organismos que fabrican su propio alimento (autótrofos); ellas utilizan la energía proveniente del Sol y el agua para convertir el dióxido de carbono (CO₂) presente en la atmósfera en moléculas orgánicas (crecimiento) llamadas carbohidratos, mediante el proceso de fotosíntesis. En ese sentido, los organismos vegetales se ven afectados por la cantidad de radiación solar incidente sobre ellas (mayor radiación significa mayor capacidad para hacer fotosíntesis, como se ve en la Figura 4) y por la precipitación (como se mues-

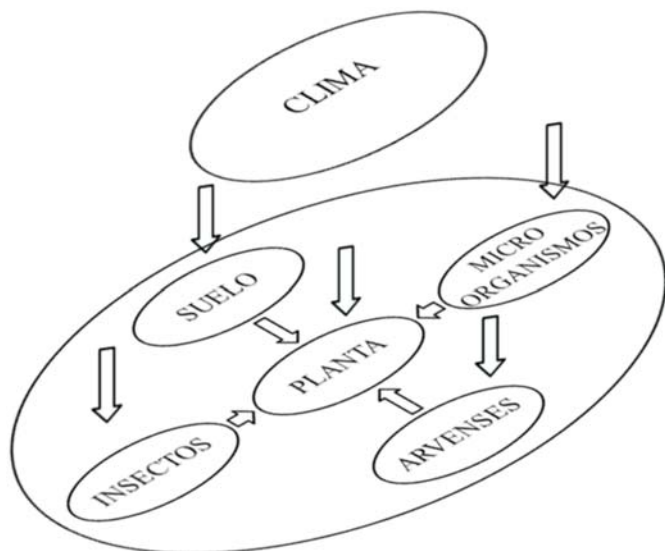


Figura 1. Efecto del clima sobre los componentes de los sistemas de cultivo

tra en la Figura 3, donde la mayor cantidad de especies vegetales se encuentran donde hay mayor precipitación); sin embargo, tanto la fotosíntesis como la respiración (proceso contrario), dependen en gran medida de otros

factores, como la temperatura, la concentración de CO₂ y de O₂ atmosférico (Figura 4).

En la Figura 4 se puede ver cómo las plantas tienen unos requerimientos climáticos para funcionar de manera óptima o sea que cuando la atmósfera ofrece unas condiciones específicas, ellas «responden» mejor, lo que se traduce en mayores producciones. Por ejemplo, la temperatura a la que una planta de papa alcanza su óptimo fotosintético es inferior a la temperatura en que la planta de sorgo lo alcanza. Eso quiere decir que las zonas en las que crece bien la papa no crece bien el sorgo. En este caso decimos que cada especie está adaptada a unas condiciones de precipitación, temperaturas y radiación solar y que a su vez estas condiciones climáticas (valores numéricos) no se expresan en forma determinista sino en términos de umbrales (mínimo y máximo) en que las plantas «funcionan» mejor.

De otro lado, el clima, sobre todo la temperatura ambiental, puede afectar la longitud del ciclo de vida de una planta o un cultivo, es decir, modula el tiempo (días o meses) que transcurre entre la emergencia (germinación) de la semilla y la cosecha. A mayor temperatura transcurrirá un menor tiempo entre siembra y cosecha y viceversa (Figura 5).

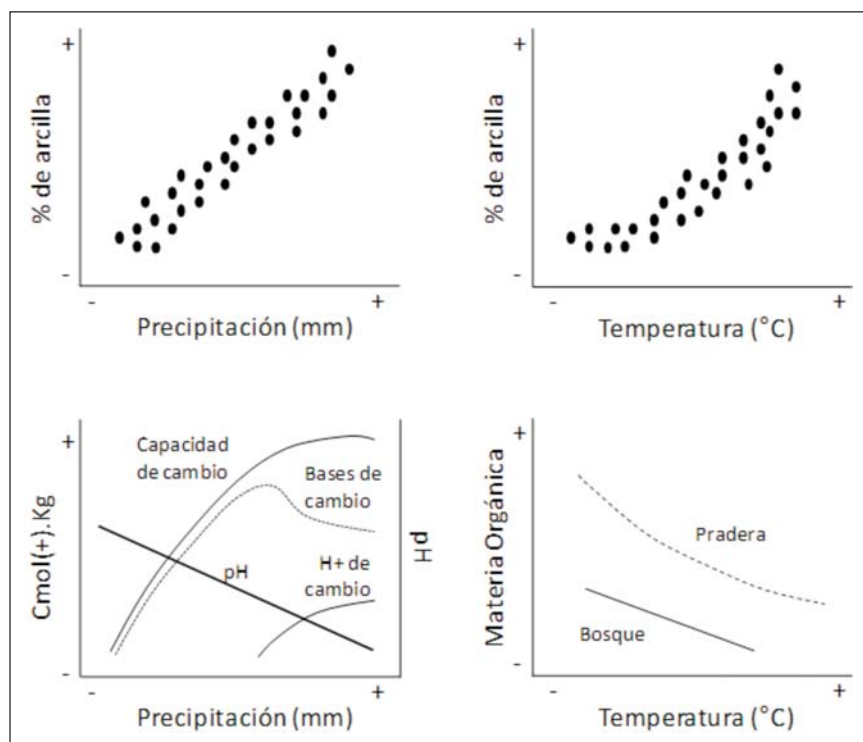


Figura 2. Efecto de elementos del clima sobre características del suelo

mayor temperatura transcurrirá un menor tiempo entre siembra y cosecha y viceversa (Figura 5).

2.1.3 Efecto del clima sobre las especies asociadas

Así como las plantas cultivadas tienen umbrales climáticos en los que crecen y se desarrollan mejor, las otras especies presentes en el agroecosistema también. Al igual que las plantas, los hongos, las bacterias y los insectos no pueden controlar su propia temperatura (son organismos «poiquilotermos») razón por la cual las temperaturas altas, inferiores a las críticas (que pueden ocasionar la muerte de los organismos), aceleran los ciclos de vida de los diferentes organismos.

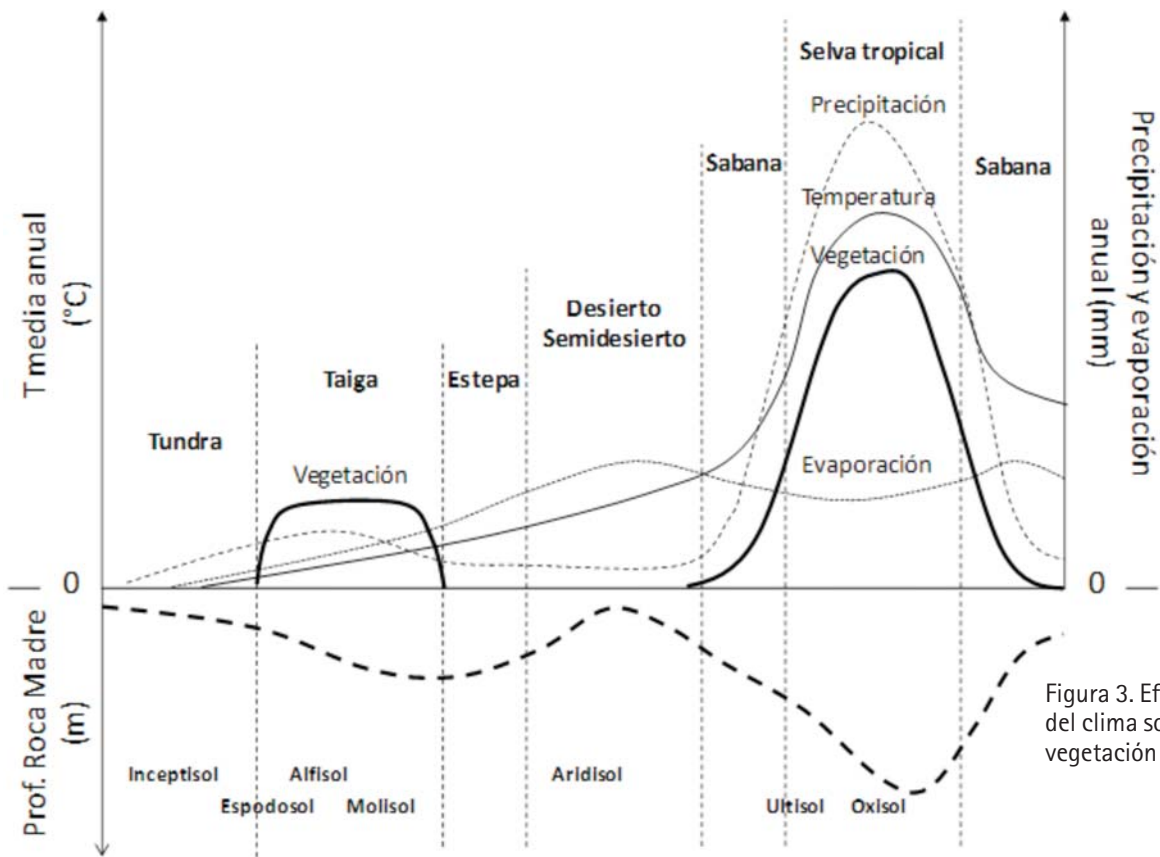


Figura 3. Efecto de elementos del clima sobre el suelo y la vegetación

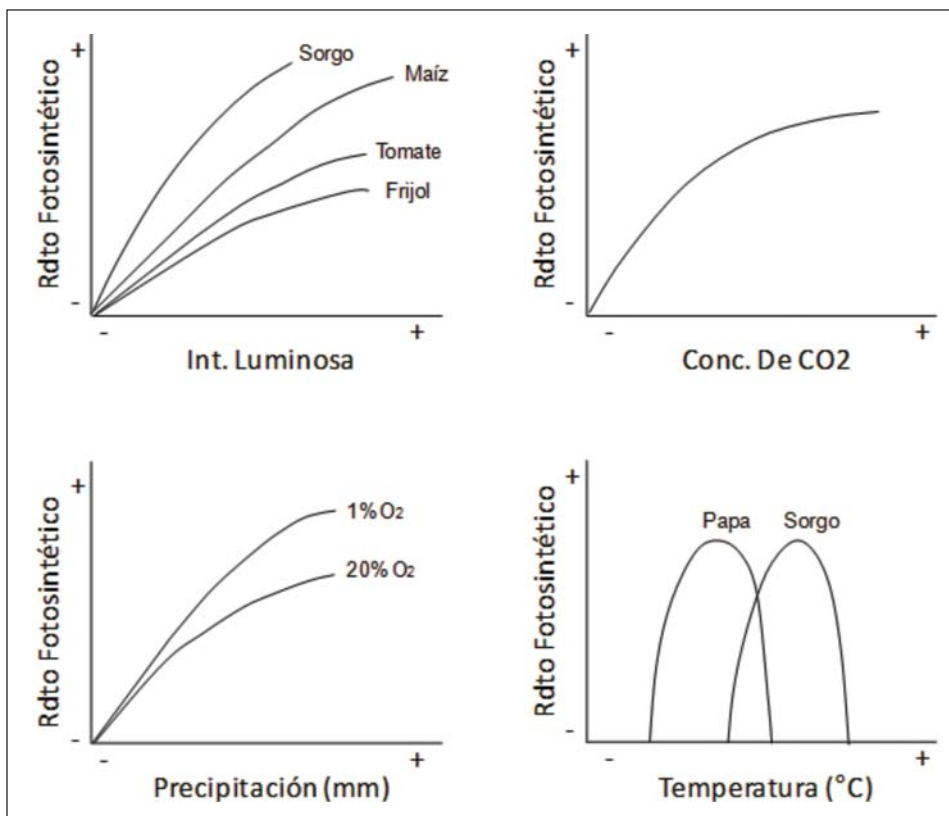


Figura 4. Efecto de elementos del clima sobre la fotosíntesis

En zonas cálidas, como por ejemplo zonas costeras y valles de baja altitud, la presencia de plagas y enfermedades están determinadas por las condiciones de humedad. En ese caso, altas temperaturas y periodos secos se pueden asociar con el incremento en las poblaciones de plagas, mientras que temperaturas moderadas y épocas lluviosas están más relacionadas con la presencia de hongos y bacterias (enfermedades), como se observa en la Figura 6.

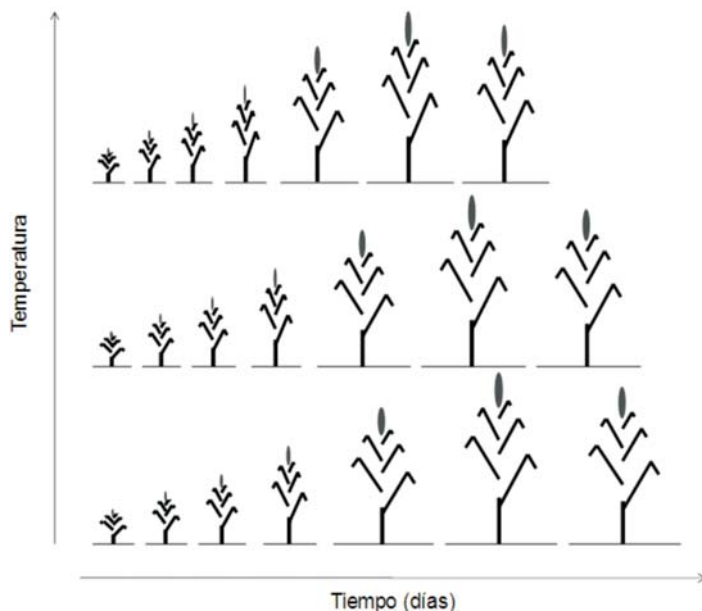


Figura 5. Efecto de la temperatura sobre la longitud del ciclo de



Figura 6. Probabilidad de ocurrencia de plagas y enfermedades en función del clima

2.2 Vulnerabilidad de ecosistemas

En términos simples, un ecosistema es definido como la biocenosis + el biotopo; la biocenosis hace referencia a un conjunto de organismos vivos (se considera el inventario de especies y sus relaciones) y el biotopo es el lugar en donde estos se interrelacionan (específicamente, el biotopo hace referencia a las características físicas

La agricultura (incluyendo la ganadería) es una actividad económica mucho más riesgosa que la forestería o la acuicultura. Si bien los agricultores diferencian los sitios (lotes) más y menos fértiles y utilizan esta información para tomar de decisiones, el tiempo atmosférico es poco predecible en una escala pequeña, de tal forma que en un día determinado, un evento climático puede hacer la diferencia entre una alta producción y una cosecha reducida.

del lugar). Entonces, el ecosistema describe biofísicamente un sitio dado, de tal forma que cuando nos referimos a la selva, tenemos una clara idea de las características físicas (alta pluviosidad, alta temperatura, suelos antiguos, oxisoles o ultisoles, pH bajo) y bióticas (alta diversidad y árboles de gran porte) del sitio (Figura 3). La tundra, la taiga (bosque de latitudes altas), la estepa, la sabana y el desierto son ejemplos claros de ecosistemas terrestres en los que el biotopo define al ecosistema.

La estrecha relación existente entre los dos componentes del ecosistema es la que determina la vulnerabilidad de los mismos; es decir, cambios significativos en el biotopo pueden definir la desaparición y/o aparición de nuevas especies, lo que se traduce en un nuevo ecosistema. En la Figura 7 se muestra un esquema en el que se presenta cómo un cambio significativo en el biotopo (disminución de la precipitación a través del tiempo) significa un cambio en el ecosistema selva, que pasa a ser sabana.

La vulnerabilidad se define como el grado de susceptibilidad o incapacidad de un sistema para enfrentarse a una amenaza, o dicho de otra forma, un sistema es vulnerable cuando al enfrentarse a una amenaza pierde las características que lo distinguían de los otros sistemas.

Una gran amenaza para algunos ecosistemas es la intervención humana; en la Figura 8 se esquematiza el efecto de la deforestación de la selva húmeda tropical (cambio de la biocenosis) sobre la humedad relativa (biotopo), lo que a su vez afecta la temperatura y el poder desecante de la atmosfera (evaporación y evapotranspiración) que al final se traduce como un efecto sobre las reservas hídricas del suelo y produce un cambio radical del ecosistema. En la Figura 9 se muestra el efecto de la deforestación sobre la conformación del paisaje en el norte del Brasil.

En los Andes, los ecosistemas más vulnerables son los que se ubican en las zonas altas de la cordillera; el motivo de esto es que no tienen posibilidad de desplazamiento y las condiciones climáticas son rigurosas. En la Figura 10 se ve cómo un incremento gradual de la temperatura media mundial (principal efecto del cambio del clima) genera un traslado gradual de los ecosistemas hacia zonas más altas. En este caso, los glaciares y los páramos tienden a desaparecer, como se aprecia en las fotografías adjuntas presentadas en la Figura 10, donde se evidencia la pérdida de área glaciar del nevado Santa Isabel, en Colombia.

En la Figura 11 se muestra otro ejemplo de la alta vulnerabilidad de los sistemas de alta montaña ante

Las dos mayores masas de vegetación a escala mundial (La taiga y la selva) están asociadas con sitios en que el déficit hídrico del suelo es bajo, es decir, son lugares en los que llueve mucho más de lo que la atmosfera puede evaporar.

cambios en el biotopo; se trata del glaciar Chacaltaya, localizado en Bolivia.

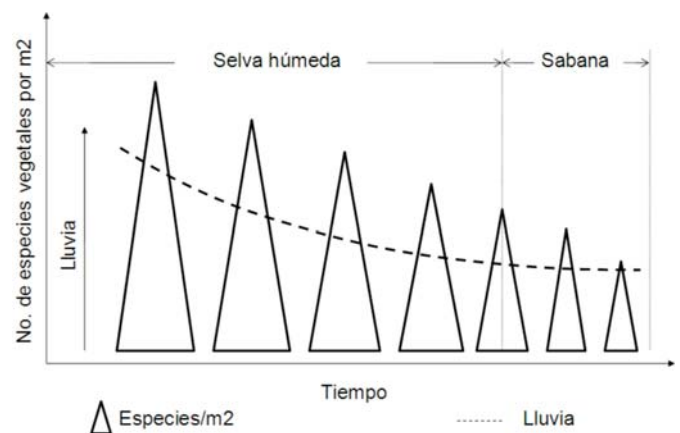


Figura 7. Esquema en el que se describe la vulnerabilidad del ecosistema selva

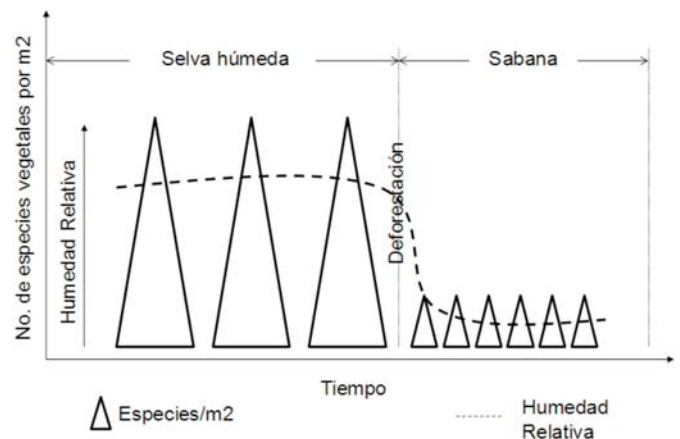


Figura 8. Vulnerabilidad del ecosistema selva. Efecto de la biocenosis sobre el biotopo

2.3 Condiciones óptimas para el desarrollo de plantas y animales

Como se mencionó en el aparte 2.1, cada especie tiene unos umbrales climáticos en los que «funciona» mejor. En el caso de las plantas cultivadas, la mayoría de esos umbrales han sido determinados y esa información, que se conoce como los requerimientos edáficos y climáticos de las plantas, se utiliza como criterio para decidir qué especie sembrar en una superficie dada.



Figura 9. Efectos de la deforestación sobre el paisaje en Rondonia (Brasil), Science Photo Library

En forma básica una especie responde a la temperatura y la precipitación; en ese sentido, se han desarrollado diferentes metodologías para determinar si una planta puede ser implantada en una superficie. Por ejemplo, si sabemos que una planta de café muere por debajo de los 10°C y que no le convienen las temperaturas por encima de 34°C, pero también sabemos que la temperatura óptima mínima es de 14°C y la óptima máxima es de 28°C, esta información será de mucha ayuda para definir las zonas productoras ideales. En la Figura 12 se observa la alta probabilidad de éxito del cultivo del café en el occidente del Ecuador (región 1), donde las temperaturas mínimas y máximas medias mensuales están dentro del umbral ideal de la especie (en este caso, la probabilidad de éxito es la mayor); en la región 2, ubi-

cada en el occidente del Perú, la probabilidad de éxito del cultivo del café es muy baja debido a que durante todos los meses del año la temperatura mínima media está por debajo de la que el cultivo requiere. En este caso (región 2), la probabilidad de éxito es cero (Figura 13). Pero si a esta información le sumamos el hecho de que se sabe que el café necesita lluvias anuales superiores a 800 mm y que el rango de lluvias óptimo está entre 1400 y 2300, pero que zonas muy lluviosas (por encima de 3800 mm al año) también afectan el desarrollo y la producción, podemos crear un sistema de toma de decisiones sencillo para establecer la idoneidad de la especie para cada ambiente con base en la precipitación anual (Figura 14).

El crecimiento de la población, el retroceso de los glaciares y la disminución de las lluvias, han creado un escenario desastroso para La Paz, la capital de Bolivia. El agua escasea tanto que el gobernador de la región está considerando mudar parte de la población de la ciudad hacia otras zonas del país. Algunos grupos ecologistas dicen que al menos el 25% de la población de la ciudad no tiene acceso al agua. Gran parte del suministro de agua de la ciudad viene de los glaciares, los cuales se han afectado por la afluencia de decenas de miles de personas a sus cercanías. Otro factor es el aumento de la temperatura, más rápido en los Andes que la media mundial, y su efecto en los nevados. Los investigadores dicen que los glaciares están en retroceso dramático en las regiones tropicales de los Andes. En 2005, el glaciólogo Edson Ramírez, de la Universidad de San Andrés de La Paz, predijo que el glaciar Chacaltaya desaparecería en 2015. Hoy ya no existe.

Según las Figuras obtenidas, la región 1 es apta para el cultivo del café, mientras que la región 2 no lo es. El siguiente paso es mirar los requerimientos edáficos del cultivo y determinar si el suelo de la región es apto para ello. Con respecto al suelo, vale la pena anotar que a diferencia de lo que sucede con el clima, se pueden utilizar enmiendas y abonos orgánicos para mejorar la fertilidad y corregir algunas características físicas con la branza. En ese caso, la decisión importante está relacionada con el clima.

Las Figuras 12, 13 y 14 muestran que el café es un cultivo resistente a la variabilidad y al cambio climático. La capacidad de resistencia a la variabilidad y el cambio climático está dada por la gran diferencia existente entre los umbrales de temperatura mínima y máxima y de precipitación mínima óptima y máxima óptima. La Figura 15 muestra dos casos hipotéticos, en el primer caso se presenta una especie como el café, resistente a la variabilidad y el cambio del clima; en el segundo caso hay una especie poco resistente, con umbrales de adaptación muy estrechos.

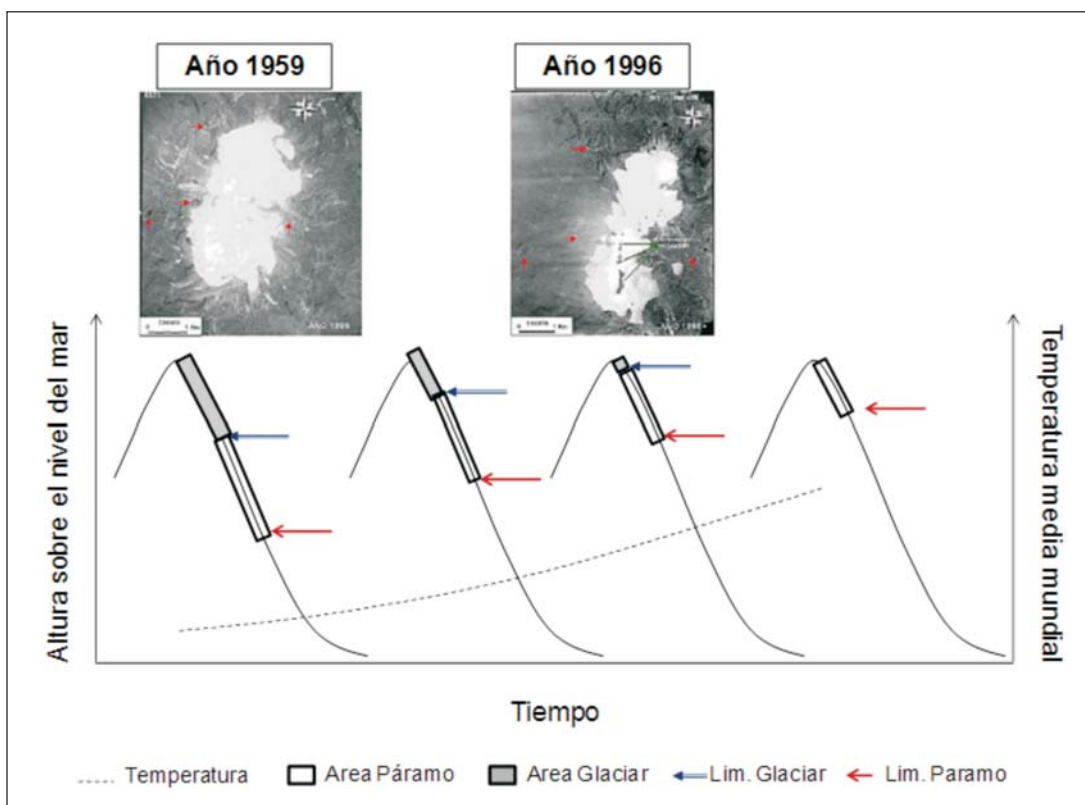


Figura 10. Movimiento de ecosistemas en una montaña como función del tiempo

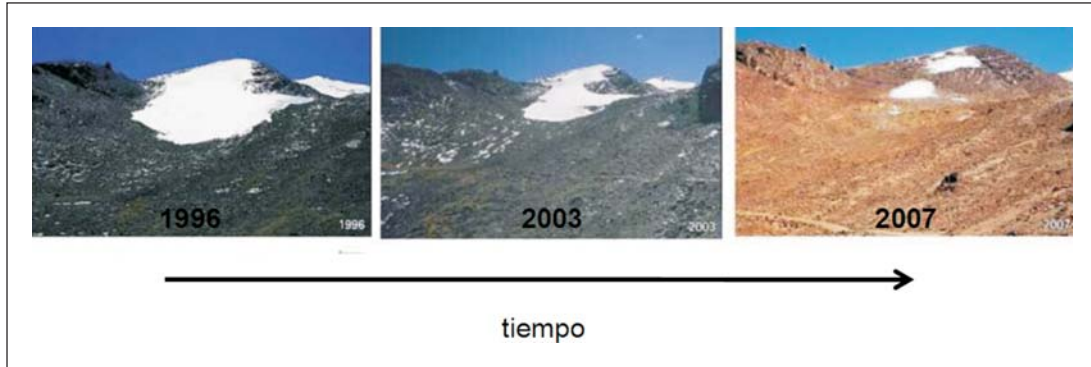


Figura 11. Vulnerabilidad de los ecosistemas de alta montaña (caso Chacaltaya)

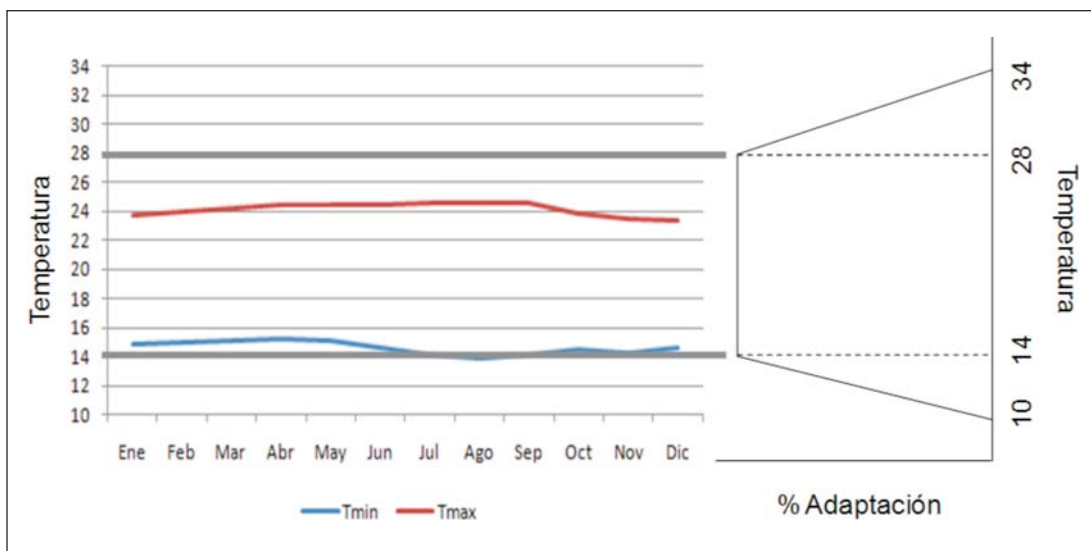


Figura 12. Alto grado de adaptación del café a la región 1 por efecto de temperaturas

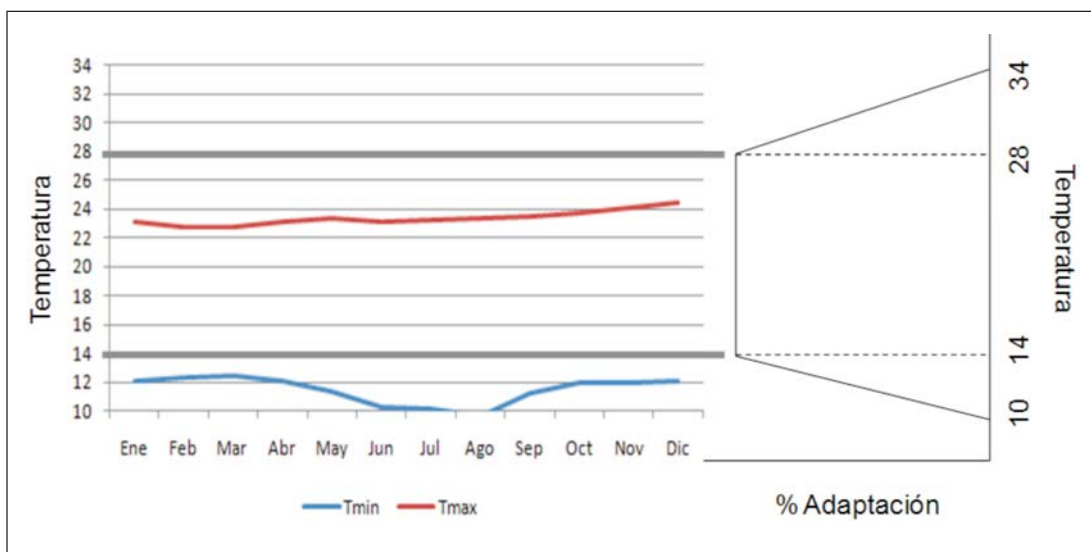


Figura 13. Bajo grado de adaptación del café a la región 2 por efecto de temperaturas mínimas

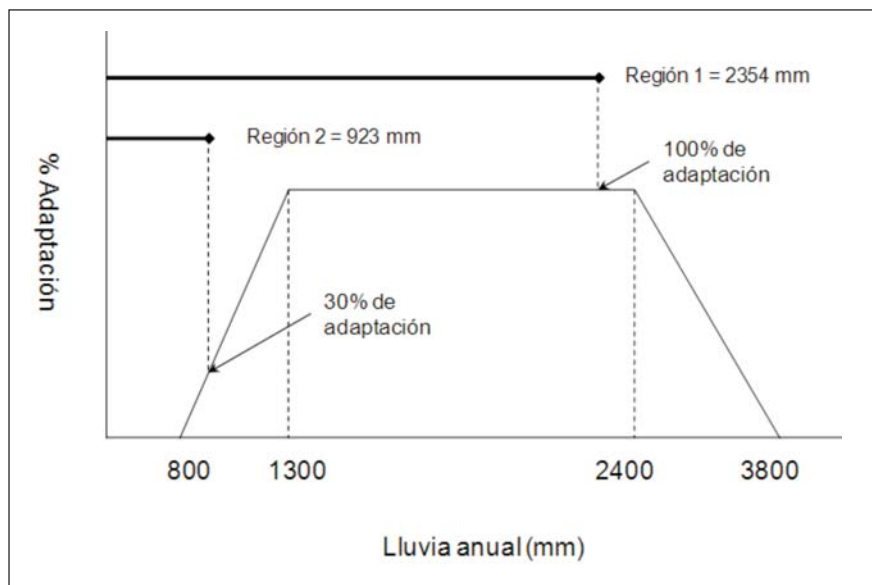


Figura 14. Probabilidad de adaptación del café en dos regiones de suramérica

Cuando el clima varía o, en casos extremos, cambia radicalmente, las especies pertenecientes al segundo caso están propensas a desaparecer, mientras que las del primer caso resisten mejor los embates del cambio.

Además de especies resistentes y no resistentes al cambio y la variabilidad del clima, existen las especies resilientes al clima, es decir, aquellas que tienen la capacidad de absorber perturbaciones en las variables meteorológicas sin alterar significativamente sus características de estructura y funcionalidad. Estas especies tienen la particularidad de regresar a su estado original una vez que la perturbación ha terminado.

2.4 Impactos del cambio climático

En las zonas andinas los principales efectos del cambio climático están asociados a las variaciones de temperatura y precipitación, de esa forma se ha modificado la duración de los ciclos de cultivo y se han alterado los rendimientos por efecto de las temperaturas fuera de umbral (efecto sobre el funcionamiento de las plantas), por deficiencias y excesos hídricos y como respuesta a nuevas concentraciones de CO₂ atmosférico (Watson 1997). Algunos efectos indirectos de los cambios esperados se producen sobre las poblaciones de parásitos, plagas y enfermedades (migración, concentración, flu-

jos poblacionales, incidencias, etc.) disponibilidad de nutrientes en el suelo y planificación agrícola (fechas de siembra, laboreo, mercadeo, etc.) (Porter 1991, Watson 1997).

2.4.1 Impactos en la planificación agrícola

El principal efecto del cambio del clima en planificación agrícola está relacionado con alteraciones sobre el régimen intra-anual de lluvia: «llueve en las épocas en que antes no llovía, cada año hay reportes climáticos de fenómenos nuevos que antes no habían ocurrido». Al respecto vale la pena anotar que en Colombia, a diferencia lo

que sucedía hasta hace algún tiempo (dos cosechas de café al año, 40% en la primera y 60% en la segunda) la cosecha de café de la zona cafetera central se ha ido concentrando aun más en la segunda época del año (20% - 80%), lo que ha significado cambios en la dinámica laboral de la región (alta demanda por mano de obra en el segundo semestre y alta oferta de mano de obra en el primer semestre).

En el Perú, la concentración de las épocas lluviosas y alargamiento de las temporadas secas ha significado grandes inversiones en control de plagas y enfermedades. En Ecuador, el comportamiento temporal anormal de las lluvias de los dos últimos años, atribuidos al cambio climático, causó retrasos en las siembras de los principales cultivos (hortalizas, quinua, papa, maíz, cebolla, pastos y frutas), incidiendo sobre la seguridad alimen-

ECOCROP es una herramienta diseñada para identificar especies de plantas apropiadas para ambientes dados. Se trata de una base de datos con requerimientos climáticos y edáficos para más de 2000 especies cultivadas. Es de acceso gratuito, disponible en <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home>

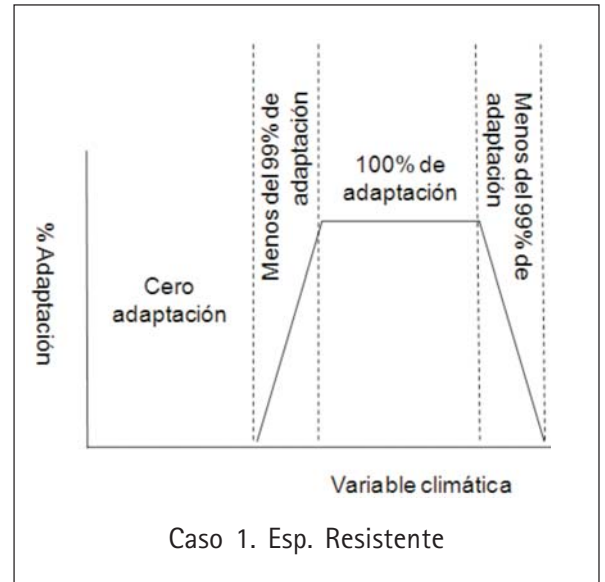
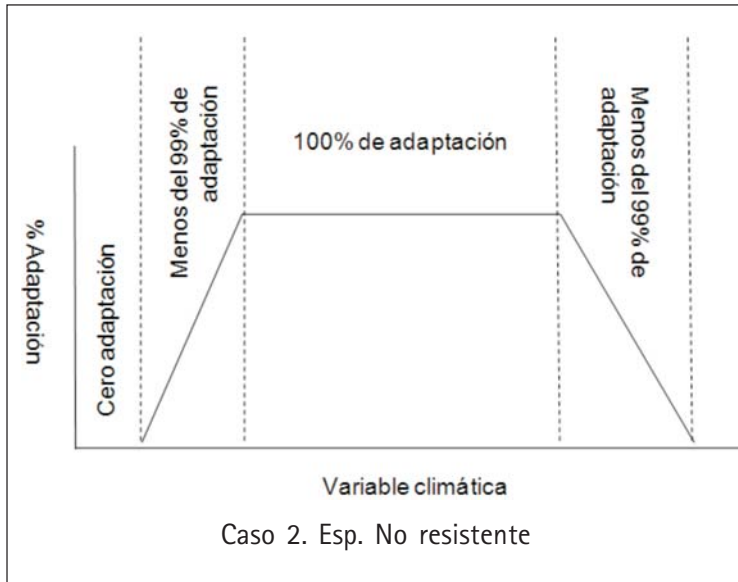


Figura 15. Características de especies resistentes y no resistentes a la variabilidad y el cambio climático

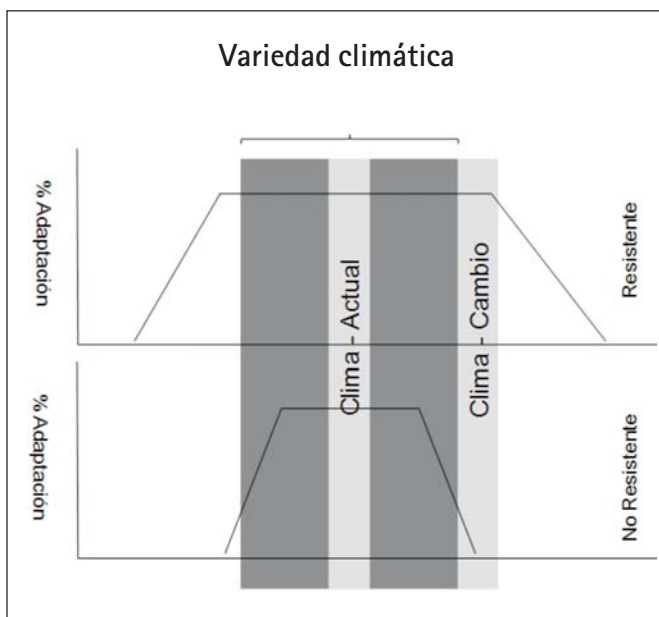


Figura 16. Especies (variedades) resistentes y no resistentes a la variabilidad y el cambio del clima

taria de este país. En Bolivia, los agricultores reportan que «en algunas regiones llueve más que antes pero es dañino porque esa mayor cantidad de lluvias ocurre en pocos días y malogra la producción», de tal forma que las pérdidas agrícolas del último año fueron evaluadas en más de 150 millones de dólares.

2.4.2 Los efectos directos

Aunque los efectos directos del cambio climático sobre la agricultura no han sido tan reportados como los relacionados con la planificación, se prevé que las arvenses (fotosintéticamente más eficientes) hagan un mejor uso del incremento de la concentración de CO₂ atmosférico, por lo que se incrementaría la población de éstas especies. El incremento de temperatura determinará ciclos de cultivo más cortos, lo que puede ser contraproducente en algunas especies, ya que no completarán cada una de sus etapas. El incremento de la temperatura significará un incremento de la evapotranspiración de los cultivos, por lo que se prevén problemas asociados a la dinámica del agua en el suelo (déficit y exceso hídrico).

Esos problemas tendrán un comportamiento más local, ya que a diferencia del incremento de la temperatura (un efecto global) los cambios en la precipitación son de tipo regional y local; además de que también está relacionado con las características físicas del suelo.

2.4.3 Los efectos indirectos

Los efectos indirectos del cambio del clima están relacionados con los cambios espacio temporales en la dinámica de plagas y enfermedades. En las zonas andinas

se reporta un cambio de las «preferencias» altitudinales de las plagas. Lo que sucede es que éstas, que no pueden controlar su propia temperatura, van subiendo por las vertientes de las montañas en busca de las condiciones de temperatura ideales (recordemos que a mayor altura sobre el nivel del mar hay menor temperatura). En Colombia, las garrapatas, artrópodos que succionan la sangre de las vacas, que antes no se encontraban en las zonas altoandinas, empezaron a hacerse más comunes en estas zonas desde hace unos años para acá. En la actualidad, los ganaderos de la sabana de Bogotá (2600 metros sobre el nivel del mar) hacen dos controles de garrapata por año, cuando hasta hace 15 años éstos no eran necesarios. Este efecto también se ha reportado con otras plagas de cultivos de importancia para la economía colombiana, como la broca del café y el chinche de los pastos (Figura 17).

Los principales efectos del cambio climático sobre el suelo han sido reportados a nivel del incremento de las poblaciones de bacterias y pérdida de la capacidad productiva. Estudios adelantados por Corpoica en Colombia demuestran cómo el cambio climático ha repercutido en un incremento de las poblaciones de organismos anaeróbicos en los suelos de las praderas del departamento de Cundinamarca. Según las personas que adelantan el estudio, pese a que en la sabana de Bogotá y alrededores (departamento de Cundinamarca) la cantidad de lluvia anual está disminuyendo con el tiempo, esta lluvia

cae en un menor número de días, por lo que los suelos se inundan, convirtiéndose en el ambiente ideal para los organismos anaeróbicos. Dentro de estos organismos se encuentran los clostridios, los cuales, al ser consumidos por las vacas les ocasionan una muerte súbita.

La pérdida de la capacidad productiva está relacionada con la desertificación; aquellas regiones en las que el cambio climático global y el cambio climático a escala local se han combinado para crear ambientes más secos (mayor evapotranspiración y evaporación) están destinadas a convertirse en desiertos. En el departamento del Cauca, en Colombia, en la región del Patía se han reportado cambios drásticos, relacionados con deforestación y cambio climático global, que determinaron aumento de la evaporación y evapotranspiración y disminución de la cantidad de lluvia, que hicieron que una región agrícola altamente productiva pasara a ser una región improductiva y desértica.

Principio general de la adaptación de la agricultura ante el cambio climático

Los impactos del cambio climático (CC) tienen características locales y por lo tanto no hay una estrategia de adaptación de la agricultura que sea única o aplicable en diversas escalas territoriales (mundial, nacional o regional). En ese sentido, se debe evaluar la vulnerabilidad de cada sistema de producción en función de la amenaza, teniendo en cuenta que si el sistema de producción

está bien adaptado ante la variabilidad natural del clima, hay una alta probabilidad de que responda bien ante cualquier escenario de CC. Por consiguiente en agricultura es más factible la reducción de la vulnerabilidad que la reducción de la amenaza, para una adecuada adaptación ante el CC.

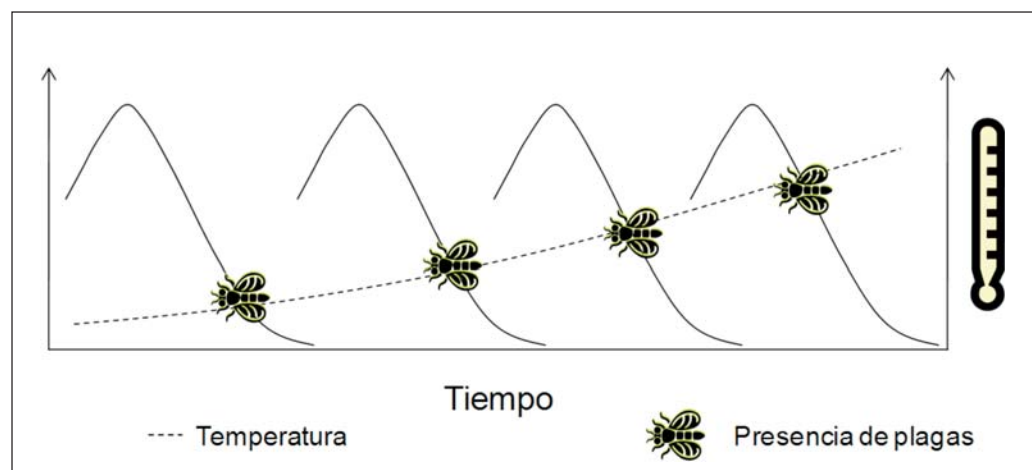


Figura 17. Efecto del cambio climático sobre la dispersión de plagas

Las pérdidas que la desertificación deja a la agricultura están valoradas en 26 millones de dólares anuales sin perjuicio de los efectos negativos sufridos por los habitantes de las áreas rurales. Además, la desertificación es una de las causas de la migración de habitantes a las ciudades, que con posterioridad constituyen la pobreza urbana. Colombia cuenta con gran variedad geográfica lo que la hace rica en ecosistemas y en diversidad biológica endémica y ha sido afectada por la desertificación principalmente en zonas secas como son el Cañón del Chicamocha, la Región del Patía, Villa de Leyva, el desierto de la Tatacoa y el desierto Guajiro.

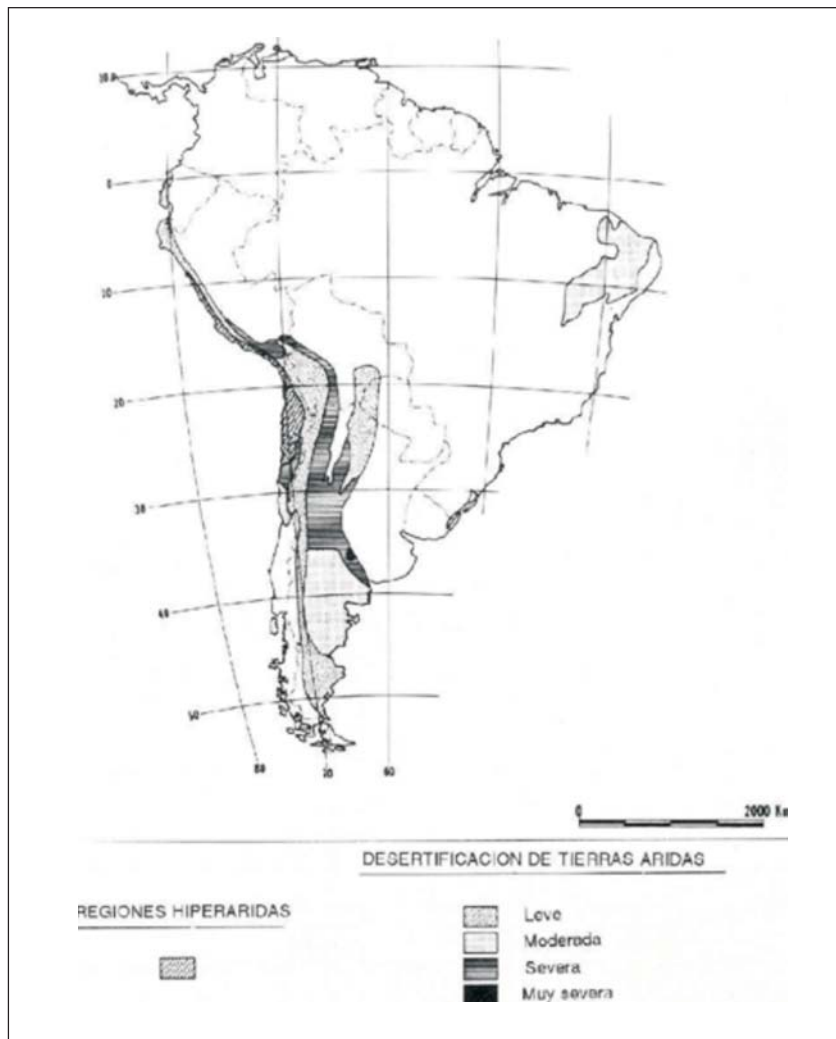


Figura 18. Mapa de desertificación potencial en América del Sur (OEA, 1999)

2.5 Referencias, artículos relacionados y lecturas recomendadas

Porter, J; Parry, M.; Carter, T. 1991. The potential effects of climatic change on agricultural insect pests. *Agricultural and forestry meteorology*. 57: 221-240

Watson, R.; Zinyowera, M.; Moss, R.; Dokken, D. 1997. The regional impacts of climate change: an assessment of vulnerability. Summary for policymakers. Report of IPCC Working group II. 16pp.

Bruno Locatelli, CIRAD-CATIE, Abril 2006. Vulnerabilidad de los bosques y sus servicios ambientales al cambio climático. Documento de respaldo para la primera reunión del Proyecto TroFCCA (Bosques Tropicales y Adaptación al Cambio Climático).

Comprensión de lectura

1. Responda Falso o Cierto

- El clima, como factor formador del suelo, puede determinar la fertilidad de éste ()
- Los suelos de las zonas altamente lluviosas se caracterizan por ser ácidos ()
- En zonas cálidas hay una mayor probabilidad de encontrar altos contenidos de Materia Orgánica en los suelos ()
- Los desiertos se caracterizan porque en ellos la lluvia es superior a las tasas de evaporación ()
- A mayor intensidad luminosa, las plantas tienen un mayor rendimiento fotosintético ()
- A mayor temperatura hay un mayor rendimiento fotosintético ()
- A menor temperatura, los ciclos de cultivo se hacen más cortos ()



2. Desarrolle los siguientes temas

- a. El principal efecto del cambio climático es el aumento de la temperatura; ¿desde el punto de vista agrícola, qué medidas tomaría usted en una zona en la que se prevé que se incrementaran las lluvias?
- b. El gobierno municipal quiere implementar un programa de siembras de cierta fruta, ya que su demanda en Europa no ha sido satisfecha. En su municipio, como sucede en las zonas andinas, hay varios ecosistemas, determinados por los cambios de temperatura (cambios de altura sobre el nivel del mar). En cuál de las siguientes comunidades sembraría usted ese frutal (A, B o C)?

Los requerimientos climáticos de este frutal son: Temperaturas inferiores a 10°C y superiores a 39°C determinan serios problemas de crecimiento y desarrollo; mientras que las temperaturas óptimas son entre 21 y 33°C. El cultivo requiere entre 2200 y 3000 mm.

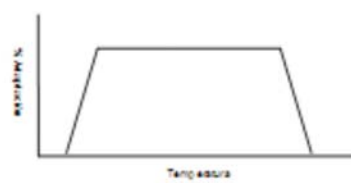
Mes	Sitio A			Sitio B			Sitio C		
	Tmin	Tmax	Rain	Tmin	Tmax	Rain	Tmin	Tmax	Rain
Ene	21.6	31.2	283	21.8	32.9	200	19.5	29.8	253
Feb	21.7	31.4	230	21.6	32.5	177	19.3	29.9	201
Mar	21.5	31	345	21.5	32.4	250	19.6	29.5	275
Abr	21.5	30.8	320	21.5	31.9	212	19.6	30.1	252
May	22.1	30.8	317	21	32	147	19.9	29.4	254
Jun	21.3	30.2	282	20.4	32	97	19.7	28.8	237
Jul	20.6	29.9	280	19.8	32.1	81	19.3	28.5	206
Ago	20.7	31.1	261	20.4	33.4	106	19	29.3	193
Sep	20.7	31.5	248	21.1	33.7	131	19.8	29.5	206
Oct	21.6	31.3	263	21.5	33.5	187	20.1	30.2	210
Nov	22	31.3	277	21.6	33	211	20	30.9	207
Dic	21.5	31.5	272	21.9	32.7	178	19.7	30.8	238

c. Cuál de las siguientes especies es más resistente a los efectos de la variabilidad climática

Esp. A



Esp. B



Esp. C



Módulo 3

Medidas de adaptación en la producción agropecuaria

1. Medidas de adaptación en la producción vegetal y ganadera

1.1. Adaptación en la producción vegetal

1.1.1 Cambios en los sistemas productivos

Los sistemas de producción agrícola con altas demandas de insumos para adaptarse a las condiciones actuales de clima y suelo son más propensos a sufrir los impactos de la variabilidad y el cambio del clima. En ese sentido, es necesario hacer una evaluación de la vulnerabilidad tecnológica de cada sistema productivo, ya que, por ejemplo, los sistemas extensivos con producciones asociadas a altos niveles de radiación solar, uso de riego y de insumos, pueden ser más vulnerables que aquellos sistemas que no demandan tantos insumos (incluida el agua de riego), sino que han recurrido a adaptaciones más eficientes, como por ejemplo el uso de especies perennes y labranza reducida para evitar la remoción de materia orgánica, entre otras.

Los impactos tanto en curso, como esperados, del CC en el sector agropecuario exigen cambios correspondientes en los sistemas de producción (por ejemplo cambios en el manejo y en las especies y variedades utilizadas). Para entender mejor este punto se puede visualizar la Figura 1, en la que se aprecia cómo además del impacto del CC, el incremento de la población en las ciudades reduce la posibilidad de usar aguas superficiales y subterráneas para riego en los siguientes años.

1.1.2 Selección de especies y variedades agrícolas diferentes a las actuales

Dentro de las alternativas de cambio en los sistemas productivos se incluye la selección de variedades y especies adaptadas a las nuevas (o alteradas) condiciones ambientales. En la Figura 2 en general se observa el

efecto de un clima variable y/o cambiante sobre sitios con diferentes grados de conflicto (diferentes niveles de vulnerabilidad) ante los impactos del CC. En la Figura 2a se observa la respuesta de una especie idónea, es decir, con poco grado de conflicto (se trata de un sistema de producción poco vulnerable). En 2b se observa un grado de conflicto medio, sistema productivo medianamente vulnerable ante el CC. En 2c y 2d se aprecia un alto grado de conflicto, por lo que en estas regiones se deberían desarrollar medidas de adaptación específicas (son sistemas de producción muy vulnerables).

Las variedades y especies autóctonas deben ser protegidas en sitios especiales (bancos de germoplasma o de semillas), ya que ellas pueden servir como base para el desarrollo de otras nuevas que se adapten mejor al CC. Asimismo tales variedades nativas, por su rusticidad y adaptación local, se pueden utilizar en ciertos ciclos de variabilidad climática (por ejemplo durante eventos «Niño» o «Niña») en los que numerosas variedades o híbridos comerciales fracasan.

1.1.3 La diversificación

No siempre es necesario tener un alto nivel de certidumbre sobre el clima futuro para generar estrategias y medidas de adaptación. Se pueden desarrollar medidas de adaptación contra diversos posibles climas adversos. En este caso la adaptación no depende de si hay un aumento o disminución de temperaturas y/o aumentos o reducción de la precipitación. Estas estrategias se basan en el incremento de la resiliencia (capacidad de soportar diversas perturbaciones externas, como las climáticas) del sistema de producción.

Un ejemplo de lo anterior consiste en la diversificación de la producción, que se conoce como el uso de policultivos (asociación de varias especies de cultivo), lo

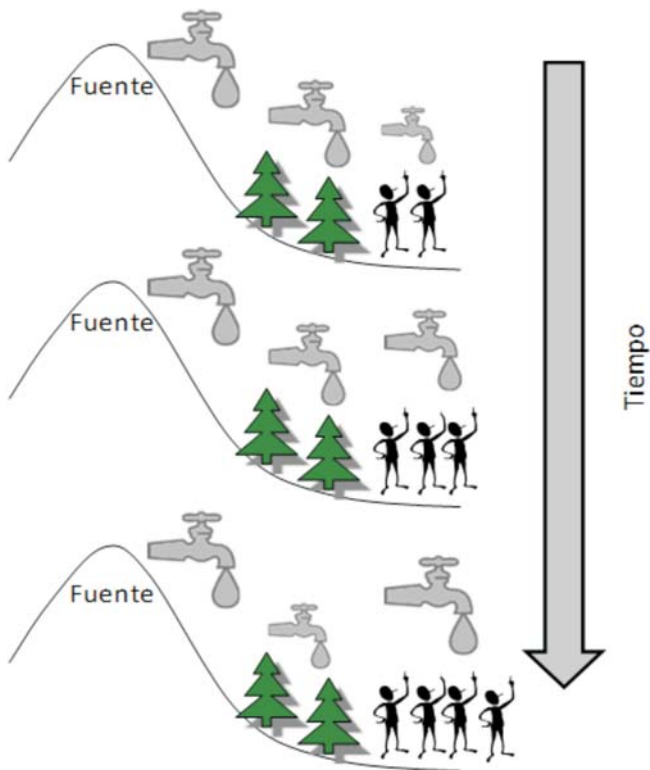


Figura 1. Dinámica del agua superficial en función de la población en ciudades situadas en partes bajas de una cuenca. A medida que pasa el tiempo y crece la población, la demanda de agua de las ciudades es mayor, de tal modo que la posibilidad de riego con aguas superficiales (ríos, lagos y lagunas) es menor. (Peña, 2010).

La agricultura de precisión, entendida como aquella agricultura en la que se toman decisiones en función de un sitio o una época específica del año, puede ser una agricultura más resistente a los embates del clima que la agricultura convencional, que considera los campos de cultivo como unidades poco variables en tiempo y espacio.

que permite disponer de diferentes niveles de resistencia en el sistema, para disminuir su vulnerabilidad. De esta forma, aunque cada especie (de manera individual) tenga diferentes rangos de adaptación, la suma de todos los rangos hace que ante un embate climático no se

pierda toda la producción (Figura 3). En términos coloquiales, se trata de «no poner todos los huevos en una sola canasta».

1.1.4 Sistemas agropecuarios mixtos

Dentro de la categoría de policultivos o cultivos asociados se encuentran los sistemas agrosilvopastoriles (asociaciones de arboles, pasturas y cultivos agrícolas), de los que hacen parte los silvopastoriles, es decir la asociación de arboles con especies forrajeras y animales (ganadería). Cuando las especies de un sistema de producción silvopastoril se escogen adecuadamente, pueden ser muy resilientes. La sombra ofrece a los animales temperaturas menores en épocas secas y calurosas, mientras que el dosel ofrece una barrera para la precipitación en épocas lluviosas. Como resultado de esto, si la especie arbórea es bien escogida, los arboles en las praderas ayudan a mejorar la dinámica del agua en el suelo, es decir, pueden retenerla en épocas secas e impedir los excesos en épocas lluviosas (Figura 4).

En estos sistemas las cosechas y las actividades ganaderas compiten por los mismos recursos (a veces escasos) tales como tierra, mano de obra, capital y habilidades. En consecuencia, el nivel de producción en los sistemas mixtos (producción de leche por animal por día, tasas de crecimiento y reproducción del ganado, así como los rendimientos de los cultivos), tiende a ser más bajo que en los sistemas especializados, aun cuando los avances tecnológicos en los sistemas mixtos están reduciendo las diferencias productivas con los sistemas especializados.

Por lo general el uso de cultivos asociados (llámese policultivos o agricultura mixta) significa una migración hacia sistemas de producción de bajo impacto con el ambiente, como son los sistemas basados en agricultura biológica. En este tipo de agricultura no se utilizan agroquímicos y en su lugar el productor utiliza los subproductos de la finca para la fertilización, con lo que evita que se contaminen las aguas subterráneas. El paso a este tipo de agricultura se da a través de un mejor uso de las especies acompañantes («malezas» o arvenses) y

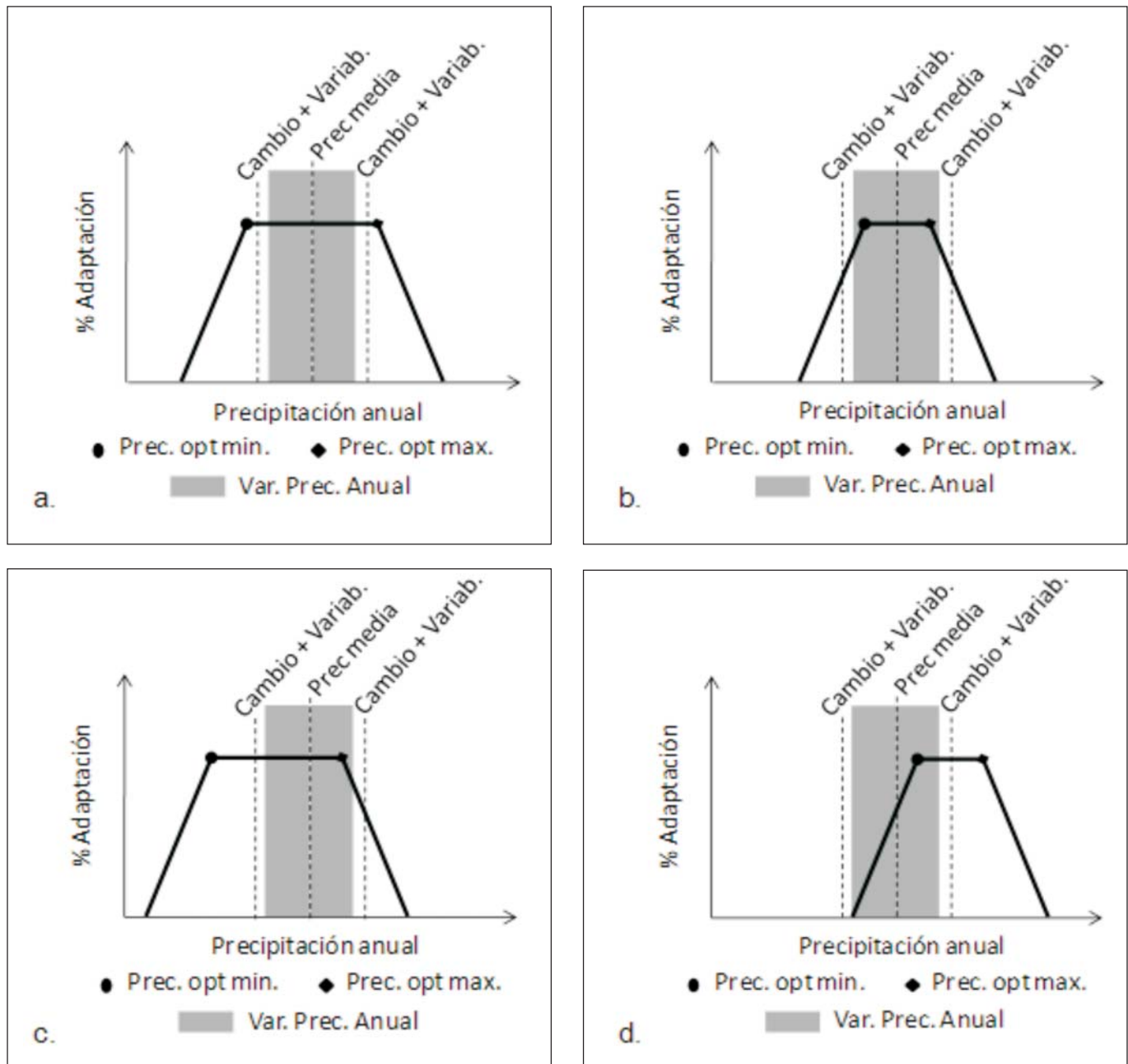


Figura 2. Representación gráfica de los diferentes grados de conflicto de sistemas agrícolas con diversos grados de vulnerabilidad ante el CC: muy poca, 2a, moderada, 2b, alta, 2c, o muy alta, 2d, en una zona con determinadas condiciones de precipitación anual. (Peña, 2010).

el efecto aleloquímico de otras.

1.1.5 Otras medidas

Las medidas de adaptación ante el CC descritas en las secciones previas, son algunas de las más recomendadas en los escenarios tecnológicos actuales. No obs-

tante, existen otras medidas, algunas de ellas se discuten a lo largo de este curso, que se deberían evaluar en las zonas vulnerables. Entre ellas se cuentan las siguientes:

- i. Adaptación de las fechas de siembra y de los calendarios agrícolas ante las nuevas condiciones climá-

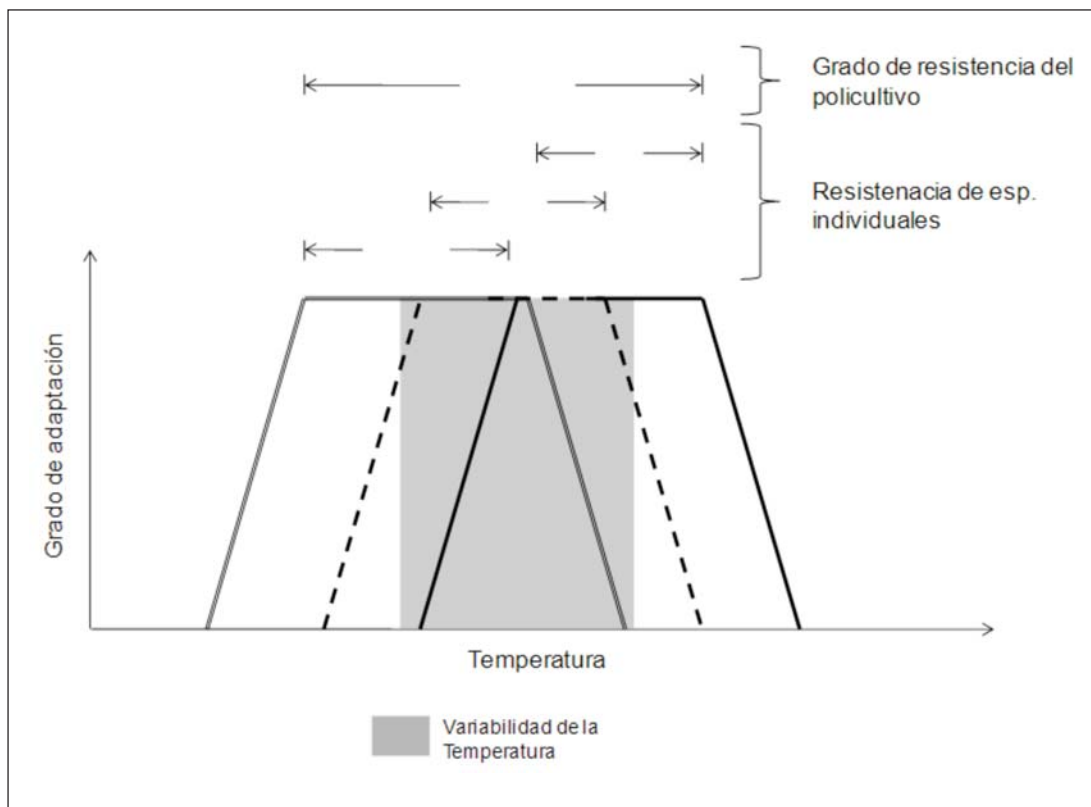


Figura 3. Esquema gráfico de un sistema de producción de policultivos (Peña, 2010).

Los organismos vegetales están expuestos a factores tanto bióticos como abióticos, con los que han evolucionado. Esto provocó el desarrollo en los vegetales de numerosas rutas de biosíntesis a través de las cuales sintetizan y acumulan en sus órganos una gran variedad de metabolitos secundarios (compuestos químicos no esenciales, sintetizados por las plantas).

Se sabe que estos metabolitos desempeñan un papel vital en las interacciones entre organismos en los ecosistemas. Entre estos encontramos compuestos producidos por plantas que provocan diversos efectos sobre otros organismos. A estas sustancias se les conoce como aleloquímicos y el fenómeno se designa aleloquimia, o alelopatía cuando se establece entre individuos vegetales

ticas. La mayor frecuencia de ocurrencia de eventos ENSO (Niño, Niña) en los cuales las condiciones pluviales tradicionales sufren importantes distorsiones, implican que es necesario modificar (anticipar o demorar) los calendarios agrícolas tradicionales en función de los pronósticos climáticos de largo plazo emitidos por centros meteorológicos internacionales, regionales o locales. En este caso es esencial el desarrollo de sistemas de alertas agroclimáticas tempranas por parte de los organismos estatales pertinentes, con apoyo de los gremios y asociaciones locales de productores agrícolas.

ii. Implementación de programas de seguros agropecuarios. Estos seguros permiten que los productores afectados por eventos climáticos desfavorables para el sector agropecuario (sequías, inundaciones, heladas, vendavales, granizo) reciban una compensación financiera a cambio del pago de una prima, cuyo valor depen-

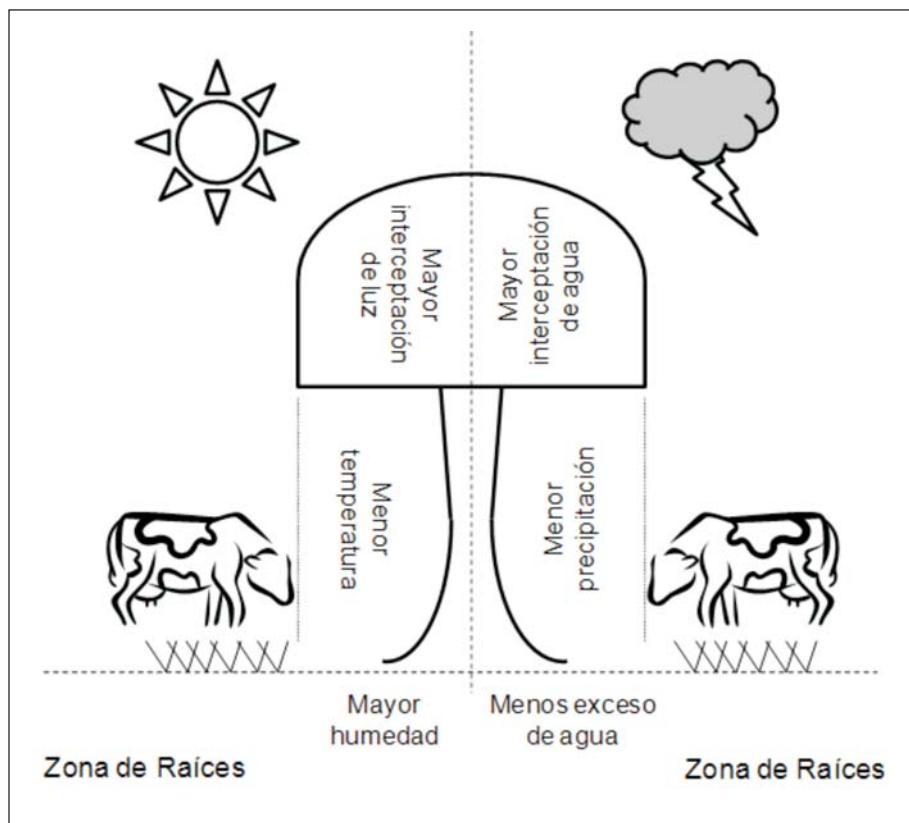


Figura 4. Efectos benéficos de los árboles en praderas (Peña, 2010).

de del nivel del riesgo climático local. Este tipo de seguros debe ser auspiciado y subsidiado por el estado, en razón a sus altos costos.

1.2 Medidas de adaptación en la ganadería

1.2.1 Protección del suelo

Un primer tipo de manejo adaptativo para este sector productivo está relacionado con la reducción de la erosión y de la degradación (compactación) del suelo mediante medidas como evitar el pastoreo en zonas con altas pendientes o en zonas excesivamente húmedas.

En esta clase de adaptación se incluyen diferentes medidas, tales como una ya mencionada: la producción ganadera en sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles. La presencia de árboles en una explotación ganadera ofrece protección al suelo contra el impacto de las gotas de lluvia, causantes de la erosión en los sistemas de producción tradicional (Figura 5).

En zonas de 2000 a 4000 mm de precipitación anual, caracterizadas por una distribución irregular de las lluvias, el pastoreo durante el período de abundantes lluvias ocasiona una fuerte lixiviación de nutrientes y una severa erosión de los suelos expuestos. En regiones húmedas, el pastoreo también puede producir una rápida declinación de la productividad debida a la compactación de los suelos arcillosos saturados de humedad al ser pisoteados por el ganado

peraturas sobre el ganado es la reducción del consumo de alimentos y por ende la reducción de su producción. En estos ambientes el animal gasta mucha energía para liberarse del calor excesivo. Es por eso que en los sistemas de producción ganadera bajo estabulación y bajo sistemas silvopastoriles las producciones son más altas

La estabulación (producción en establos) es otra medida que permite que los ganaderos de zonas de ladera puedan continuar con su explotación pecuaria sin tener que cambiar a otro tipo de explotaciones. Además de la reducción de la erosión hídrica, en los sistemas de producción mixta que utilizan establos, se hace un mejor uso de los desechos, ya que el estiércol se puede compostar (estabilizar) para luego ser esparcido sobre los cultivos que se encuentran cerca del establo, mejorando la condición del agroecosistema.

1.2.2 Mejoramiento del bienestar de los animales

El calor extremo hace que los animales se sientan incómodos y sufran diversos inconvenientes. El principal efecto de las altas tem-

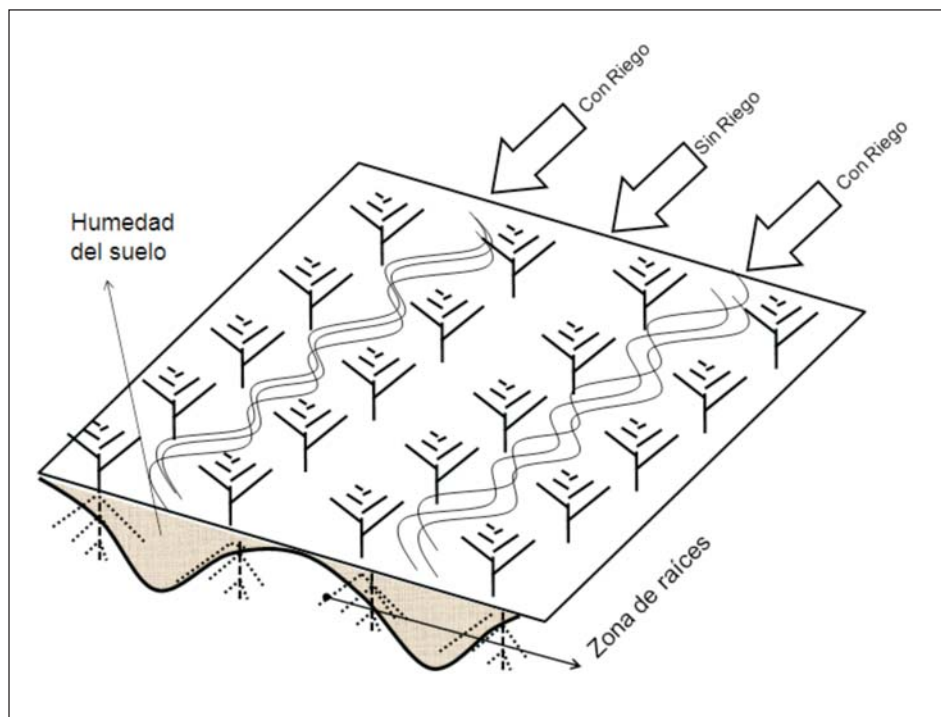


Figura 5. Economía del agua con riego por surco alternativo. Las raíces de dos surcos aledaños tienen acceso al agua por lo que no se altera la producción en ninguno de los surcos (Peña, 2010).

La ganadería, lejos de ser un sistema de producción poco sostenible, puede jugar un papel importante en el mantenimiento de la fertilidad del suelo. En particular los sistemas cerrados de granjas mixtas pueden renovar o reponer una fracción sustancial de los nutrientes del suelo y por consiguiente reducir la necesidad de aplicar fertilizantes inorgánicos.

Es difícil estimar los beneficios económicos del mejoramiento de la estructura del suelo como un resultado de la adición de materia orgánica. Sin embargo, a nivel general se puede afirmar que la adición de fertilizantes orgánicos incrementa la capacidad de intercambio catiónico y mejora las condiciones físicas por el incremento de la capacidad de retención de agua y por la mejoría en la estabilidad estructural, entre otros.

y estables que en los sistemas bajo pastoreo extensivo.

Por otra parte en el establo se puede controlar más fácilmente el consumo de agua de cada animal. Además, los establos diseñados en zonas secas no sólo ofrecen temperaturas menores sino que ofrecen una gran área de interceptación de aguas lluvias en la época lluviosa, de tal forma que si se cuenta con un contenedor (lagos, lagunas, contenedores grandes, etc.) el agua puede ser consumida luego por los animales.

Los sistemas de producción ganadera en establos permite el uso más eficiente de una alta producción de forraje en ciertas épocas del año. Como se utiliza

pasto de corte, los excesos de producción en algunas épocas del año se ensilan para que queden disponibles para ser utilizados como alimento en épocas secas.

Ventajas del ensilaje

1. El ensilaje es un método práctico y muy económico.
2. El ensilaje conserva el buen sabor y el valor nutritivo por varios años.
3. Es una buena fuente de vitamina A para el ganado.
4. Como el pasto se corta verde, se aprovecha más rápidamente.

Recordemos que un mm de lluvia equivale a un litro de agua por metro cuadrado de terreno; suponiendo que en la época lluviosa caen 300 milímetros de lluvia y usted dispone de un área de establo de 200 metros cuadrados, usted estaría en capacidad de almacenar (suponiendo una eficiencia de 100% en transporte y almacenamiento) hasta 60 metros cúbicos de agua

- damente el terreno donde este estaba para otros cortes u otros cultivos.
5. Con el ensilaje se aprovecha todas las partes de la planta (tallo, hoja, fruto).
 6. El ensilaje aumenta la capacidad para sostener más animales por hectárea.
 7. Se puede ensilar en cualquier época, siempre y cuando haya disponibilidad de forraje.

2. Sistemas de riego, gestión de los recursos hídricos para la agricultura. Medidas de adaptación con tecnologías de uso eficiente y ahorro del agua

2.1 Sistemas y eficiencia de riego

El riego consiste en aportar agua al suelo (distinta al agua lluvia directa) para que los vegetales tengan el suministro hídrico que necesitan en cada etapa de crecimiento y desarrollo, favoreciendo así su productividad. Los sistemas de riego más comunes son el riego por surcos (o riego por gravedad), riego por inundación, riego por aspersión y el riego por goteo o localizado.

El 95 % de las tierras regadas a nivel mundial se riegan por surcos, cuya eficiencia es muy baja; con este sistema menos del 50% del agua captada en la fuente es entregada a los cultivos. Algunas variaciones de este sistema son: riego por surco alterno (Figura 5), riego por impulsos (o pulsos) o riego por surcos con poli tubulares. Con estas variaciones se aumenta la eficiencia del riego.

El riego por aspersión y el riego por goteo suponen una mejora importante en la eficiencia del uso del agua, ya que sólo se moja una zona restringida del volumen radicular. Estos métodos son apropiados para zonas donde el agua es escasa, ya que su aplicación se hace en menores dosis y de manera frecuente, consiguiendo con esto un mejor control de la aplicación del agua y algunos otros beneficios agronómicos, como la protección al suelo y a la planta.

Otra forma de mejorar la eficiencia del riego consiste en aplicar las cantidades de agua realmente necesarias para los cultivos, para lo cual es necesario conocer

las épocas en que la planta necesita más agua; lo cual depende de la planta misma y del ambiente. Las plantas requieren la cantidad de agua que les demanda la atmósfera; en presencia de una atmósfera seca (baja humedad relativa, alta radiación y temperatura) la planta necesita mayor cantidad de agua que cuando la atmósfera es más húmeda. El requerimiento de agua de un cultivo se estima a través de la estimación de su evapotranspiración (proceso combinado de transpiración y evaporación en un sistema planta – suelo) en cada etapa de desarrollo.

Con base en lo anterior es posible resaltar que la definición de épocas de siembra apropiadas, para que las lluvias provean la humedad necesaria (y se minimice la cantidad de riego), es una de las medidas de adaptación más importantes. En la Figura 6 se esquematiza la importancia de la selección de la época de siembra de un cultivo semestral sobre la cantidad de riego a utilizar. Los cultivos sembrados a mitad de año producen sin necesidad de riego; aunque quizá los excesos determinen el uso de drenaje.

2.2 Adaptación mediante tecnologías de uso eficiente del agua en el suelo

Dentro de esta estrategia cobra importancia la incorporación de materia orgánica en el suelo, lo cual puede determinar una mayor porosidad, que se traduce en un mayor espacio para que circulen el agua y el aire. En ese sentido, mantener un balance de materia orgánica positivo, es decir, entradas superiores a salidas, hará que los suelos tengan una mayor porosidad por donde circulará y se almacenará más agua. En este caso, el manejo razonable de las «malezas» (arvenses) podría significar la incorporación de entre 20 y 50 toneladas de materia seca por hectárea por año. Además, la disposición inicial de los residuos provenientes del corte de malezas sobre la superficie del suelo puede impedir la evaporación del agua del suelo, lo que puede ser benéfico en épocas secas (Figura 7).

La reducción o eliminación de la degradación del suelo en todas sus formas se considera una estrategia eficaz de adaptación al cambio del clima. En este caso, con-

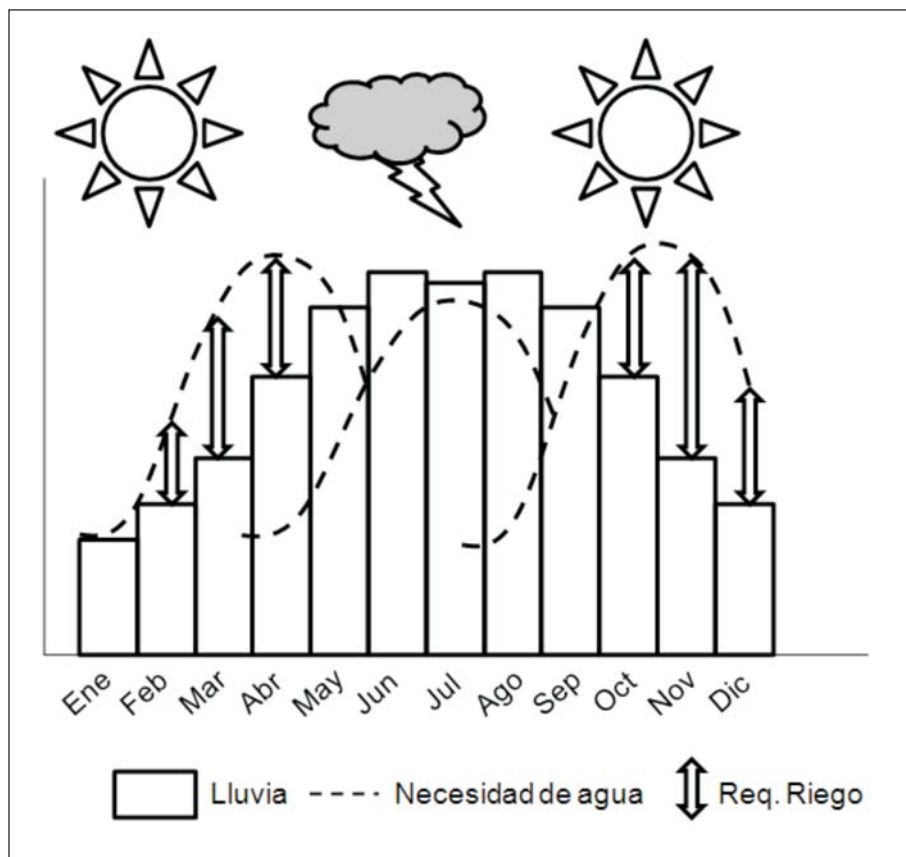


Figura 6. Necesidades de agua de un cultivo semestral y requerimientos de riego en función de la fecha de siembra. Obsérvese como las siembras de mitad de año requieren un poco más de tiempo desde siembra hasta cosecha, por la menor radiación solar. (Peña, 2010).

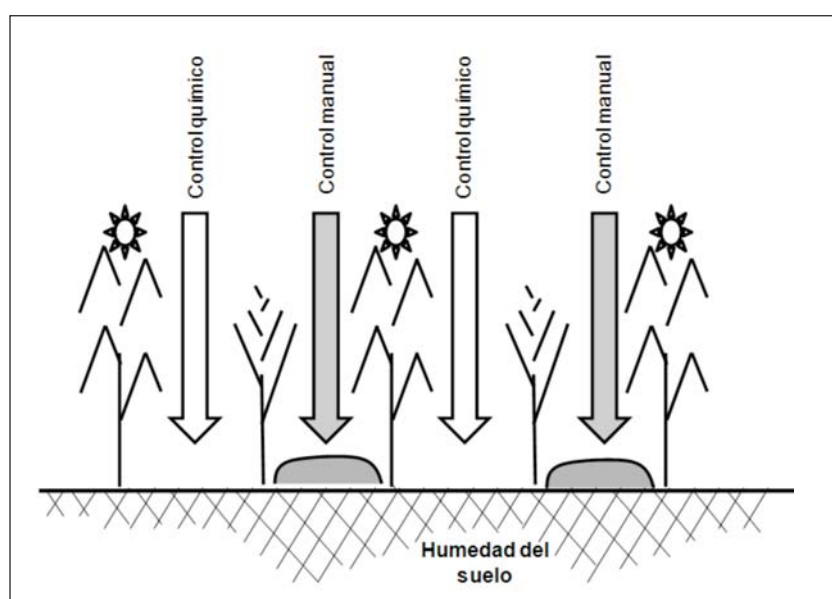


Figura 7. Perfil de humedad del suelo en función del manejo de arvenses. El control manual y disposición de residuos en el suelo evitan las pérdidas de agua por evaporación, aumentando la humedad en el suelo (Peña, 2010).

ceptos como la construcción de capa superficial, construcción de suelo y disminución de las pérdidas por erosión son vitales. Una mayor profundidad del suelo provee una mayor capacidad para almacenar el agua. Dado que es la *textura del suelo* la que, en gran medida, determina la capacidad que tienen éstos para almacenar agua (Figura 8) y sabiendo que la *textura* no cambia significativamente en decenios o cientos de años, la única alternativa para mejorar la capacidad de almacenamiento está relacionada con el aumento del volumen de suelo, es decir, aumentando la profundidad del mismo.

Específicamente, en zonas andinas con pendientes superiores al 10% se puede hablar de barreras y terrazas para el control de la erosión (Figura 9). En zonas planas las barreras rompe vientos y la aplicación de materia orgánica son la alternativa.

2.3 Gestión de los recursos hídricos para la agricultura

La gestión de recursos hídricos es un proceso que promueve el uso y manejo coordinados del agua, la tierra y los recursos asociados, para maximizar el bienestar económico y social de manera equitativa sin comprometer la sostenibilidad de ecosistemas vitales. A nivel de cuencas hidrográficas o lacustres y de acuíferos, la gestión de recursos hídricos puede definirse como un proceso que permite la gestión coordinada del agua, la tierra y los recursos asociados dentro de los lími-

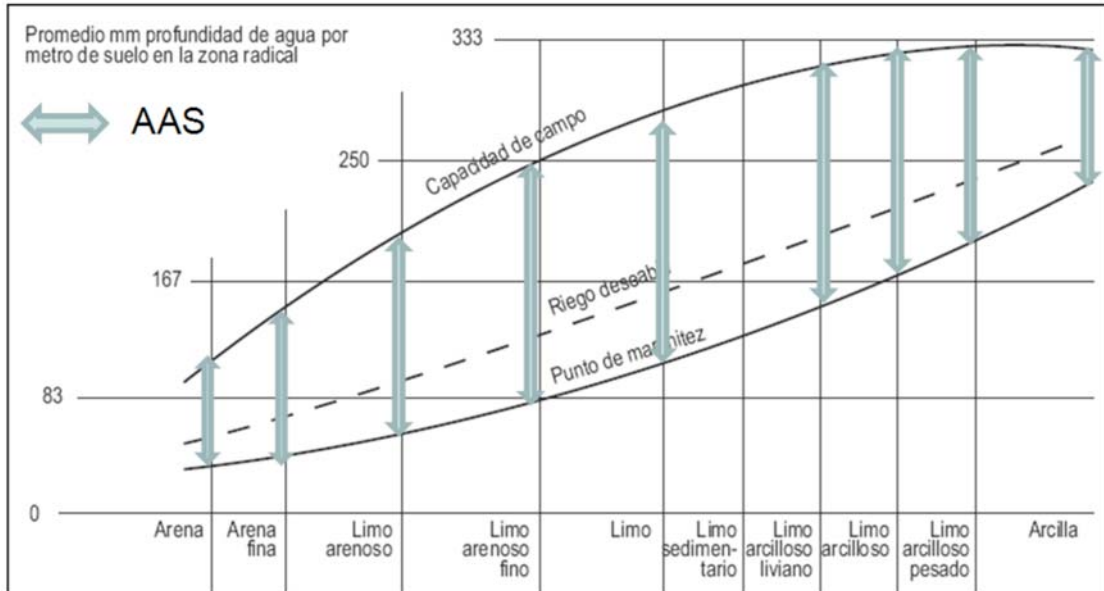


Figura 8. Almacenamiento de agua en el suelo (AAS) como función de la textura (Peña, 2010).

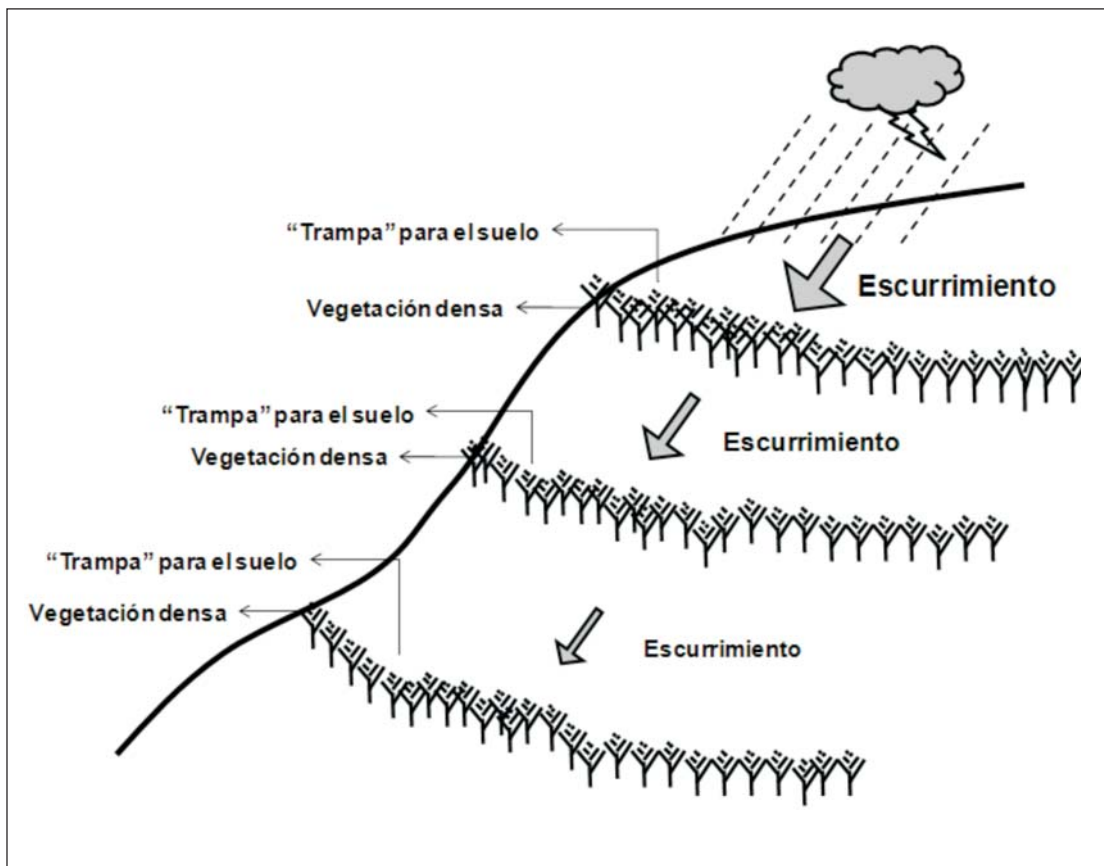


Figura 9. Barreras vivas, para atrapar («trampa») el suelo del agua de escurrimiento (Peña, 2010).

tes de una cuenca, sin comprometer la estabilidad de ecosistemas vitales a largo plazo.

En las cuencas hidrográficas andinas, donde las fuentes de agua tienen origen en la parte alta de las montañas pero el curso de los ríos se comparte, la gestión del agua es vital. Los usuarios de aguas en las partes altas tienen algunos privilegios sobre su uso, por ejemplo el acceso al agua de una mejor calidad, pero igualmente tienen mayores responsabilidades porque de ellos depende lo que se conoce como los «nacimientos» del agua. En las partes bajas se recibe el agua que no se utiliza en las partes altas, más aquella que se infiltra en su travesía, pero es necesario que los usuarios de las partes altas mantengan las condiciones para que el agua fluya constantemente. En este sentido se necesita un sistema de administración del agua a través de la cuenca.

En Ecuador, en la cuenca del Ángel la solución para una mejor gestión del recurso agua en una cuenca netamente agrícola (cultivos andinos y ganadería de leche) fue la creación de un Consejo de vigilancia para la cuenca, compuesto por 12 representantes de las comunidades de la cuenca.

Un marco nacional integral para la gestión de recursos hídricos es esencial para la gestión de cuencas nacionales y transfronterizas. Dentro de los límites de una cuenca, la integración de los usos del suelo y la gestión del agua no es una tarea sencilla. Esto se debe a que la gestión del suelo, que incluye la planificación, la silvicultura, la industria, la agricultura y el medio ambiente, generalmente está regulada por políticas no relacionadas con las normas del agua y está administrada por muchos sectores diferentes de una administración. Sin embargo, podemos tomar lecciones prácticas de las experiencias de administradores de cuencas de todo el mundo que están integrando la gestión del agua en diferentes contextos.

3. Herramientas, variables e indicadores idóneos para la valoración de los impactos en la agricultura a causa del cambio climático

El cambio climático, como se mencionó anteriormente,

tiene características locales; los efectos sobre las variables del clima son perceptibles en los sitios en los que existen estaciones meteorológicas (desde hace por lo menos 30 años). No obstante, los cambios se manifiestan indirectamente sobre los ecosistemas (incluyendo agroecosistemas). En países andinos la pérdida de área glaciaria, la pérdida de áreas de páramos y de bosques de niebla, son algunos de los indicadores de los efectos del cambio del clima.

Específicamente, en lo que tiene que ver con agricultura en Colombia, los ecosistemas cafeteros de zonas bajas (inferiores a 1200 msnm), empezaron a desaparecer por efecto de las mayores temperaturas asociadas con el cambio del clima.

El cambio climático ha incidido en la ocurrencia de mayores poblaciones de la principal plaga de este cultivo (la broca del café). En la actualidad, gran parte de las áreas antes cafeteras del departamento del Quindío, están dedicadas a la ganadería porque el control de la broca volvió insostenibles los sistemas de producción de café marginal en Colombia. Este cambio de especie y de sistema de producción es una medida de adaptación de los productores de las laderas de ese departamento de Colombia. En la zona cafetera, un indicador del cambio del clima es la broca del café; aquellas zonas en las que

Los resultados preliminares del estudio «Evaluación de los posibles impactos del cambio climático en la distribución de los ecosistemas de páramo en los Andes del norte» revelaron que para el año 2020 se espera una reducción de la extensión de los páramos andinos entre un 15 a 21% respecto a la distribución actual, y entre un 20 a 31% para el año 2050.

Esta reducción se produciría principalmente por la variación en la precipitación y la temperatura como efecto del cambio climático (según Manuel Peralvo, investigador de la Iniciativa Regional de Estudios Ambientales Andinos de CONDESAN).

esa especie prolifera se consideran con una mayor amenaza por impactos del cambio climático, que aquellas zonas en las que la broca no está tan diseminada.

Para que una especie pueda ser utilizada como indicador se debe construir una línea base o punto de referencia histórico. La línea base se refiere al conocimiento del comportamiento de la especie años atrás, hasta la fecha en que se construye esta base. En Colombia se está proponiendo que una especie de garrapata (*B. microplus*), cuya línea base se estableció en la década de 1970, sea considerada una especie indicadora del cambio del clima. A principios de los 1970 la especie en cuestión estaba ausente en zonas superiores a los 1600 metros sobre el nivel del mar. En la actualidad, la especie está presente en la sabana de Bogotá por encima de los 2400 metros sobre el nivel del mar.

4. Identificación y valoración de los impactos ambientales ocasionados por el cambio climático

Identificar los impactos del cambio climático no es sencillo, ya que en algunos casos se pueden confundir los impactos del cambio con los de la variabilidad climática. La mayoría de trabajos realizados en el tema de valoración de impactos ambientales se han realizado con el uso de modelos de simulación, en los que se proyecta un clima futuro y se comparan dos situaciones, una actual y la futura para posteriormente determinar los costos económicos del mismo. El principal impacto ambiental es el calentamiento global que sufre el planeta, que se refleja principalmente en un aumento gradual de la temperatura ambiental, que produce, como hecho colateral, una mayor fusión en los casquetes glaciares y aumento del nivel del mar. Esto podría tener grandes impactos, hasta el punto de dejar varias localidades costeras e islas bajo agua. Es más, un derretimiento total de los hielos terrestres produciría un aumento aproximado del nivel del mar de 70 metros. Esto implica que está peligrando seriamente la posibilidad de vida en las costas. Otro punto importante, es que el calentamiento global, gracias a la elevación de temperaturas, produce aridez en tierras de poca o moderada precipitación, afectando

las actividades agropecuarias.

En la práctica, a nivel local la manera más sencilla pero efectiva de valorar el impacto ambiental ocasionado por el cambio del clima es a través de la valoración de los ecosistemas clave. Por ejemplo, el impacto del cambio climático sobre los páramos, y a través de ellos sobre los recursos hídricos, en Colombia es muy alto porque estos ecosistemas están relacionados directamente con la regulación y el suministro de agua.

Bajo la perspectiva de los ecosistema clave, en agricultura también se han determinado agroecosistemas clave, es decir, los que están relacionados directamente con la seguridad alimentaria. Por ello se debe otorgar prioridad a los estudios de impacto del CC sobre las zonas productoras de frutas, hortalizas, carne y leche, así como en las zonas productoras de cereales y leguminosas, en comparación con sistemas de producción de cultivos industriales como oleaginosas y condimentarias. En este caso hay implícito un enfoque de riesgo, que plantea que hay un mayor riesgo de que se afecte la población civil cuando el cambio del clima afecte los cultivos que sostienen la dieta alimenticia.

5. Seguridad alimentaria y riesgo en culturas precolombinas (conocimiento ancestral)

La referencia a la tecnología ancestral tiene para muchos una connotación de retroceso y vuelta al pasado. Con frecuencia se vincula la tecnología andino-amazónica a condiciones de vida adversas y rudas, en las cuales hay que luchar para subsistir a duras penas (Chilon, 2009). Según este autor las evidencias históricas demuestran que en contraste con la situación actual, en épocas precolombinas en el espacio andino, amazónico y chaqueño, ocupado actualmente por los países de Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y parte de Argentina se alcanzó un alto grado de desarrollo, basado en una sorprendente planificación del manejo del riesgo. Esto se logró a través de la estructuración de una adecuada organización social y la creación de una tecnología que les permitió el manejo adecuado de los recursos naturales, suelo, agua, vegetación, animales y clima.

En la Tabla 1 se muestra un ejemplo de técnicas y

saberes ancestrales para hacer frente a las llamadas «inclemencias del clima».

Quesungual, un ejemplo exitoso de adaptación a la variabilidad climática mediante la recopilación de saber ancestral

En Honduras, a través de un Proyecto de cooperación técnica que tuvo el apoyo del gobierno nacional, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), el Programa de Agricultura Sostenible en Laderas para Centroamérica (PASOLAC) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), se desarrolló un esquema de manejo integrado de especies

agrícolas y forestales, conocido como sistema agroforestal «Quesungual», que repercutió en un aumento de la disponibilidad de humedad en el suelo durante el mes de abril, considerado el más seco del año en la zona. Bajo el sistema de producción tradicional la humedad gravimétrica en el suelo en este mes no superaba el 8%; después de cinco años con dicho sistema agroforestal, se alcanzó un 29% de humedad. Comunitarias.

En 1990, cuando se puso en marcha el Proyecto mencionado, el 85 por ciento de la población vivía por debajo del umbral de pobreza y prevalecía una malnutrición crónica. Los recursos naturales sufrían un constante y

TIERRAS ALTAS Y TIERRAS SEMIARIDAS		TIERRAS BAJAS	
Altiplano norte/central/sur, valles interandinos Valles secos, valles mesotérmicos y chaco		Llanura tropical amazónica, Moxos, Cuenca baja ríos Yapacani, Beni, Sub-tropical húmedo, otros	
Largo periodo seco	Período lluvias	Período seco	Inundaciones temporales Lagunas
CIVILIZACION HIDRAULICA PARA CONTRARRESTAR LA ESCASEZ DE AGUA		CIVILIZACION HIDRAULICA PARA CONTRARRESTAR EL EXCESO DE AGUA	
a) Cosecha de aguas 1. <i>Q'otañas</i> (reservorios) 2. Zanjas de infiltración 3. Forestación y reforestación, conservación y reproducción de bosques 4. Sistemas agrosilvopastoriles 5. Técnicas agrostológicas y de control del pastoreo 6. Manejo de suelos 7. Control de cuencas y microcuencas b) Sistemas Complejos andinos 8. Terrazas agrícolas, <i>taqanas</i> y <i>chullpa tirkuis</i> 9. <i>Sukakollu</i> o camellones 10. <i>Tarasukas</i> 11. Campos hundidos 12. <i>Q'ochas</i> y <i>q'otas</i> c) Riego ancestral d) Indicadores y pronósticos climáticos e) Clasificación ancestral de suelos		a) Sistema hidráulico de lomas y terraplenes b) Sistema de drenaje a gran escala c) Lagunas artificiales d) Islas artificiales e) Canales y diques f) Manejo adecuado de bosques g) Asentamientos en partes altas h) Clasificación amazónica de suelos	

Tabla 1. Sistema ancestral andino para reducción del riesgo ante la variabilidad y el cambio climático. (Tomado de Chilon, 2009)

En las zonas bajas de los ríos Sinú y San Jorge (Colombia) las comunidades prehispánicas controlaron las aguas por medio de ejes mayores de drenaje formados por innumerables canales artificiales perpendiculares al cauce principal. Estos ejes mayores se localizaban a lo largo del límite de las depresiones con las sabanas y atravesaban de sur a norte las zonas cenagosas en una búsqueda de salida al mar. Aunque a lo largo de estos ejes se encontraban algunos sitios de vivienda dispersa, su principal objetivo fue desalojar los excesos de agua, permitiendo así la población masiva y el cultivo en los basines o zonas intermedias.

En Perú, los waru waru (plataformas elevadas de suelo rodeadas de diques, que recogen y conservan el agua, separan las sales y crean un microclima cálido

favorable a los cultivos) a orillas del Titicaca, fueron considerados por la FAO como SIPAM (Sistema ingeniosos de patrimonio Agrícola mundial).

Esta tecnología agrícola del altiplano prehispánico enriquece los suelos, potencian las poblaciones de bacterias que fijan el nitrógeno y otros que lo descomponen diversas funciones ecológicas benéficas; sin embargo, su principal función es reducir el efecto de las heladas, ya que el agua de los canales emitía en la noche la energía acumulada en el día y vapor de agua, reduciendo el impacto del aire frío. A su vez el agua de los canales se infiltraba por capilaridad a las raíces de las plantas manteniendo la humedad requerida por los cultivos.

acelerado proceso de deterioro, producto de la agricultura migratoria basada en la tumba, roza y quema y por el avance vertiginoso de la frontera agrícola, con periodos de rotaciones cada vez más cortos (2-3 años), generando una pérdida acelerada del suelo y de su fertilidad, cosechas escasas y vulnerabilidad a los cambios climáticos.

En este periodo, el maicillo era el cultivo que más se sembraba en la región por su tolerancia a la sequía y su capacidad de extraer nutrientes del suelo, asegurando con ello la producción y el suministro de alimentos a las familias. Sin embargo, la continuación de este sistema de producción repercutía en inseguridad alimentaria y abandono de las parcelas.

En el Proyecto Quesungual se inició un proceso de validación de tecnologías en conjunto con los productores, con una estrategia de productividad y manejo sostenible de suelo y agua. Se integraron una serie de buenas prácticas, desde la no quema, manejo de rastrojo, arreglo espacial, distanciamiento de siembra, barreras vivas, hasta el establecimiento del sistema agroforestal (asociación de especies nativas o tradicionales de árboles y cultivos). En su conjunto, estas tecnologías contribuyen a reducir la erosión, mantienen y/o mejoran la

fertilidad del suelo, aumentan el contenido de humedad en el suelo y la biodiversidad, permitiendo a los cultivos resistir períodos largos de sequía hasta de cuarenta días. Con ello se garantiza la producción de los cultivos como maíz, sorgo y frijol y la seguridad alimentaria de las familias.

El sistema fue puesto a prueba durante el fenómeno del Niño de 1997, con reducción en la producción esperada de granos básicos solo del 15% aproximadamente, y en 1998 con el Huracán Mitch, donde los productores de la zona sur del departamento de Lempira suministraron toneladas de alimento a otras zonas del país. Estos dos fenómenos naturales resultaron ser la prueba máxima de la resiliencia del sistema y contribuyeron a su difusión.

Por otro lado, recientemente se ha observado una fuerte tendencia a la integración de la ganadería al Sistema Quesungual. Una vez que se cosechan los cultivos, se introduce el ganado para que consuma los rastrojos de maíz y maicillo, así como el ramoneo de especies leguminosas, cuidando siempre de conservar un buen porcentaje de rastrojo en las parcelas, ya que no es la ganadería la que deteriora el suelo sino la falta de cobertura en su superficie.

Por ser un producto de la interacción del conocimiento local (con un fuerte componente ancestral) y el aporte técnico, el Sistema Agroforestal Quesungual reúne el abanico de buenas prácticas implementadas en el manejo de suelo y agua, que contribuye, además, a la di-

El huracán Mitch fue uno de los ciclones tropicales más poderosos y mortales que se han visto en la era moderna, sosteniendo en algunos momentos velocidades del viento cercanas a los 300 kilómetros por hora. Mitch pasó por América Central dejando a su paso una estela de desolación (11 mil muertos y otro tanto desaparecidos). Además de las pérdidas humanas, los deslaves e inundaciones significaron pérdidas por 5 mil millones de dólares (en menos de dos semanas).

versificación con otros cultivos con fines alimenticios y agroindustriales, a la estabilización del productor en la parcela en forma permanente en la misma tierra y a generar espacio para la regeneración natural de las microcuencas al aumentar la productividad agrícola.

6. Medidas de adaptación mediante políticas y normativas nacionales (a nivel de país) y acuerdos comunitarios (a nivel local)

La relación entre variabilidad climática, mercados y economía de un país añade un importante grado de complejidad al tratamiento del tema de las políticas. Estas relaciones tienen implicaciones para el análisis y la implementación de las medidas de política y deben reconocer cuatro aspectos (Pomareda, 2007):

1. El cambio climático afecta los costos de producción, especialmente cuando se evidencia la presencia de plagas o enfermedades inesperadas y cuya eliminación requiere adquirir insumos externos e incurrir

en gastos de aplicación no previstos. La situación se agrava por un lado cuando los productores acuden a hacer las compras, los insumos escasean y suben los precios, y por otro lado se afectan los recursos naturales, especialmente el hídrico con las aplicaciones de productos químicos.

2. Las condiciones de clima pueden causar bajas o alzas en los rendimientos. En el primer caso disminuye la oferta y se da la escasez de productos y la consecuente alza en los precios con implicaciones negativas para los consumidores y mejores ingresos para los productores que no fueron afectados por el daño. En el segundo caso, cuando la oferta aumenta, hay baja de los precios con resultados inversos de beneficio para los consumidores y perjuicio para los productores.
3. Cuando los daños son cuantiosos, es el presupuesto del gobierno el que se ve afectado para atender las emergencias. Los gastos ya previstos, entre ellos los de apoyo a la agricultura, son en ese caso disminuidos. Aunado a eso, en años venideros se deben hacer las inversiones no previstas para la reconstrucción de obras y reparación de daños.
4. La escasez de productos puede implicar requerimientos imprevistos de divisas para importar los productos que escasean. Cuando estos requerimientos son extremos, puede ser necesaria una mayor cantidad de moneda extranjera que presione a una devaluación o un endeudamiento externo. Debe admitirse también que estos requerimientos pueden ser mayores ante el alza de los precios internacionales de los alimentos, situación que se confronta en la actualidad en muchos países.

Todo lo anterior implica que los efectos del cambio climático en temas como ingresos netos de los productores, gastos de los consumidores, presupuesto del estado y requerimientos de divisas, deben ser adecuadamente considerados para disponer del marco de políticas más conveniente. Según Pomareda (2007) se debe tener un marco de políticas que permitan:

1. Fomentar la toma de conciencia en todos los niveles

de la sociedad y de manera muy importante entre los tomadores de decisiones del sector público y del privado, a fin de asegurar que las políticas públicas en esta materia sean sostenibles en el tiempo.

2. Reconocer que la adaptación en la agricultura tiene características de bien público: es decir, es de interés para toda la sociedad. En ausencia de intervención gubernamental habría menos adaptación de lo socialmente deseable, por lo tanto las políticas públicas de adaptación al cambio climático en la agricultura también deben contribuir a la cohesión social.
3. Profundizar conocimiento de las estrategias de adaptación heredadas de la época precolombina y empleadas por nuestros ancestros. Esto implica reconocer que los productores tienen experiencia enfrentando cambios en el clima dentro de ciertos rangos; por ello se deben rescatar conocimientos sobre la implementación de buenas prácticas, así como sobre el desempeño de variedades tradicionales ante distintas condiciones climáticas.
4. Fomentar la visión de la adaptación que fortalezca el manejo integral del agua. Esto implica reconocer la vinculación del impacto del cambio climático sobre la disponibilidad de agua en relación a la agricultura.
5. Desarrollar capacidades para la producción, integración y sistematización de información climática, social y productiva para entender las interrelaciones entre las dinámicas física y humana del cambio climático en la agricultura. También desarrollar capacidades para realizar pronósticos climáticos y hacer llegar dicha información a los agricultores de manera oportuna y para hacer un uso productivo de dichos pronósticos.

Las medidas de política adquieren especificidad de acuerdo con los objetivos que se persiguen en cada caso. Tales objetivos pueden ser tan variados como aumento de la productividad, resistencia a las enfermedades, tolerancia a los daños climáticos, seguridad en la inocuidad de los alimentos, erradicación de las enfermedades, etc. Los instrumentos de política son el medio para ha-

cer efectivas las medidas de política. Dichos instrumentos son muy variados e incluyen por ejemplo normas y reglamentos, acciones de capacitación, medios de información, subsidios a través de fondos competitivos, etc.

7. Medidas de adaptación mediante el ordenamiento ambiental del territorio

En la sección 1.1.2 se discutió acerca del grado de conflicto entre las especies que se deben sembrar y las que se siembran dentro del contexto de la adaptación ante el CC. La valoración espacial de tal conflicto dentro del territorio (a diferentes escalas, desde la nacional hasta la municipal) puede mostrar las zonas más vulnerables ante el cambio del clima. El principio lógico de esta aseveración se basa en el principio de que si un productor no está adaptado ante la variabilidad climática actual, será muy vulnerable ante el impacto del cam-

Lo anterior funciona a escala nacional. Sin embargo a nivel local los proyectos que se deben realizar influyen en la vulnerabilidad y en la capacidad de adaptación de un sistema productivo. Por ejemplo, proyectos que fomentan la dependencia de una tecnología concreta o de una especie de cultivo que puede verse afectada por el cambio climático incrementan la vulnerabilidad local. Por otro lado, proyectos que promueven especies de cultivos capaces de recuperarse, actividades diversificadas en medios de vida y actividades de reducción de riesgos (como bancos de semillas, instalaciones para almacenaje, sistemas de alerta temprana) incrementan la capacidad local de adaptación.

Sin un instrumento para evaluar los impactos de un proyecto en algunos de los factores locales que determinan vulnerabilidad y capacidad de adaptación, resulta difícil el diseño de actividades que promuevan la adaptación al cambio climático.

bio climático. En este sentido, hacer un ordenamiento ambiental del territorio puede ser una de las fases iniciales en cualquier estudio de priorización de áreas para adaptación de la agricultura al cambio del clima.

En este caso, determinar que en la actualidad las zonas de producción de maíz de una región son muy vulnerables, conlleva a la definición de nuevas áreas para producción (aptas), sin olvidar que los sistemas de áreas protegidas hacen parte de ese ordenamiento del territorio y que deben ser respetados (por la importancia que tienen estos como ecosistemas clave o estratégicos). Esto también implica que en las áreas en las que se encontraban los cultivos de maíz se debe introducir un uso y manejo sostenible, como por ejemplo áreas de bosque productor o bosque protector dependiendo de la circunstancia.

El ordenamiento ambiental del territorio es un instrumento de gestión que permite definir áreas del territorio que se destinarán a distintos usos sostenibles, en concordancia con los diferentes intereses y necesidades de la sociedad. De esta forma, se pueden compatibilizar necesidades de desarrollo económico, con el bienestar de las comunidades y la conservación de los recursos naturales.

8. Resumen

El cambio climático tiene características locales y por lo tanto no hay una estrategia de adaptación de la agricultura que sea única o favorable en escalas mundial, nacional o regional. En ese sentido, las medidas de adaptación que se deben adoptar están determinadas por el nivel de vulnerabilidad de los sistemas de producción y por la amenaza climática.

Aunque el conocimiento de la amenaza futura (escenarios probables de cambio climático) sea muy incierto, se debe resaltar que los productores que estén adaptados a los embates de la variabilidad climática actual, estarán mejor preparados para hacer frente al cambio

climático. En ese sentido, el incremento de la resiliencia de los sistemas de producción es una alternativa clave para pequeños productores, mientras que medidas de adaptación como la implementación de sistemas de riego y drenaje con altos niveles de inversión, son más factibles para los grandes productores.

En otros casos, implementar de modo integrado varias medidas de adaptación, incrementa el grado de resistencia de los sistemas frente al clima. En Centroamérica (Honduras) el sistema agroforestal Quesungual representa un ejemplo de cómo abordar el tema de adaptación a la variabilidad climática con incrementos en la producción y en ingresos para el productor y mejoría en la sostenibilidad de los sistemas de producción.

9. Glosario de términos

Bancos de germoplasma: Son espacios en los que se conservan de modo apropiado y se caracterizan las plantas (o el plasma germinal) que por sus atributos son consideradas de interés prioritario para beneficio de la humanidad.

Resiliencia: Se refiere a la capacidad de las comunidades de absorber (en el sentido de soportar) sin modificaciones notorias, las perturbaciones externas (como las climáticas).

Amenaza: Es la circunstancia o hecho posible que puede conducir a la ocurrencia de un daño o la probabilidad de que ello se presente, lo cual está implícito en diversos factores generadores de lo anterior, como el clima.

Vulnerabilidad: Es una medida del grado de susceptibilidad de un sistema a ser afectado por un fenómeno perturbador (amenaza).

Riesgo: Es la probabilidad de que una amenaza se convierta en un daño o desastre. La vulnerabilidad o las amenazas, por separado, no representan un peligro. Pero si se juntan, se convierten en un riesgo.

Literatura citada

- Chilon, E. 2009. Tecnologías ancestrales y su vigencia frente al cambio climático. *CienciAgro* (1) 4: 139-143.
- Peña, A., J. 2010. Curso de Agroclimatología para estudiantes de especialización y maestría en ciencias agropecuarias. Universidad de los Llanos, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. (Presentación en Power Point).
- Pomareda, C. 2007. Políticas públicas para la adaptación a la variabilidad del clima y al cambio climático. <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A3832E/A382E.PDF>



EJERCICIO

EJERCICIO PRACTICO

- Describa los principales eventos climáticos adversos para el sector agropecuario de la zona en que ha venido trabajando, así como los principales sistemas de producción agropecuaria presentes.
- Plantee un plan general de adaptación de los sistemas de producción identificados, frente al cambio y la variabilidad del clima. Para ello, evalúe la vulnerabilidad de tales sistemas y plantee las posibles estrategias de adaptación que permitan enfrentar los problemas climáticos expuestos.



LECTURA

Cuestionario de comprensión de lectura

Selección múltiple

- a. Una estrategia de adaptación de especies ante el cambio climático es
 - 1. Cambiar la producción de especies agrícolas por ganaderas
 - 2. Selección de especies resistentes
 - 3. Desarrollo de sistemas de riego
 - 4. Ninguna de las anteriores

- b. Una estrategia de adaptación de ambientes es
 - 1. Uso de barreras rompe-vientos
 - 2. Uso de terrazas para cultivo
 - 3. Construcción de invernaderos
 - 4. Todas las anteriores

- c. En una región que tiene pendientes altas, la mejor medida de adaptación sería
 - 1. Utilizar variedades resistentes
 - 2. Aplicar riego por surco alterno
 - 3. Implementar barreras vivas
 - 4. Todas las anteriores

- d. Usted decidiría cortar malezas y cubrir el suelo con ellas, para
 - 1. Aumentar el contenido de materia orgánica del suelo
 - 2. Reducir la evaporación de agua desde el suelo
 - 3. Evitar el impacto de las gotas de agua sobre el suelo
 - 4. Todas las anteriores
- e. En una región en que se han ido incrementando mucho las temperaturas, usted pensaría en:
 - 1. Sembrar especies asociadas, en áreas de diversa tamaño
 - 2. Establecer sistemas silvopastoriles
 - 3. Cubrir el suelo con materiales orgánicos
 - 4. Todas las anteriores
- f. En su finca no tiene una estación meteorológica; sin embargo usted ha detectado que los ataques de plagas son cada vez más fuertes, usted pensaría que en su finca:
 - 1. Está ocurriendo un cambio significativo del clima
 - 2. Se están incrementando las temperaturas
 - 3. Debería adaptar los sistemas de producción para resistir las altas temperaturas
 - 4. todas las anteriores
- g. Para construir una barrera viva que sirva para detener el suelo que se erosiona en las pendientes, usted usaría:
 - 1. Árboles ampliamente espaciados
 - 2. Arbustos combinados con árboles
 - 3. Especies de porte bajo, más bien herbáceas sembradas a muy corta distancia
 - 4. Ninguna de las anteriores
- h. Ante un escenario de cambio climático en que las temperaturas se incrementan, en su pequeña parcela, usted:
 - 1. Compraría un sistema de riego por aspersión
 - 2. Implementaría un sistema de producción basado en cultivos múltiples
 - 3. Compraría nuevos fertilizantes químicos
 - 4. Todas las anteriores
- i. En una finca ganadera, ante los efectos de la variabilidad climática y el cambio climático, usted decidiría:
 - 1. Implementar un sistema en el que se combinen árboles con pasturas y forrajes
 - 2. Comprar un sistema de riego
 - 3. Implementar un sistema de drenaje
 - 4. Ninguna de las anteriores
- j. Los glaciares (nevados) y los páramos son altamente vulnerables al cambio climático, en ese caso,
 - 1. Usted sembraría en zonas de páramo, sólo especies nativas
 - 2. Usted sembraría sólo especies resistentes al frío en zonas de páramo
 - 3. Pastorearía el páramo para aprovechar las especies que hay en él
 - 4. Ninguna de las anteriores

Respuestas del cuestionario: a2, b4, c3, d4, e4, f4, g3, h2, i1, j4

Módulo 4

Creando capacidades de adaptación al cambio climático

1. Gestión participativa en políticas y medidas de adaptación ante el Cambio Climático.

Según el IPCC (2001) la adaptación al cambio climático (CC) implica un proceso de desarrollo e implementación de estrategias para aliviar, tolerar y aprovechar las consecuencias de los eventos climáticos.

En el contexto de adaptación al CC, un objetivo de las políticas locales o regionales necesarias para la adaptación del sector agropecuario se puede extraer de las metas generales de las políticas agrarias del país. Algunas medidas en este sentido pueden incluir temas como investigación e innovación tecnológica, pronósticos meteorológicos estacionales, recomendaciones y servicios informativos para los agricultores y subsidios o incentivos para el desarrollo de sistemas de irrigación (PNUD, 2005).

Al definir una estrategia, una política o una medida de adaptación, es necesario fijar horizontes de tiempo o marcos cronológicos para su ejecución. Por lo general las estrategias se diseñan a largo plazo y las políticas se planifican en plazos entre medianos y largos. Es posible que las medidas tengan un período de implementación de cualquier duración, pero deberían tener efectos sostenidos (PNUD, 2005).

Los diversos temas de políticas y medidas de adaptación se pueden contextualizar dentro de un Marco de Políticas de Adaptación (MPA) al cambio climático.

El MPA constituye un enfoque estructurado para formular e implementar estrategias, políticas y medidas de adaptación, que garanticen un desarrollo socioeconómico sostenible ante la variabilidad y el cambio climático. El MPA vincula la adaptación al cambio climático, con el desarrollo sostenible y con temas ambientales globales (PNUD, 2005).

La gestión participativa debe incluir fundamentalmente a los sectores más vulnerables ante los impactos (actuales y potenciales) del cambio climático. En la generación de políticas de adaptación se deben considerar los factores culturales locales, que puedan crear brechas que imposibiliten la implementación de dichas políticas. Cuando las políticas incluyen veedurías sociales locales, se puede generar un proceso de transparencia en su aplicación, ya que la adaptación estará focalizada a la solución de las necesidades locales esenciales.

El MPA está estructurado alrededor de cuatro principios:

- i) La adaptación a la variabilidad climática y a los eventos de corto plazo, constituye la base para reducir la vulnerabilidad al cambio climático de largo plazo.
- ii) Las políticas y las medidas de adaptación se evalúan mejor en un contexto de desarrollo.
- iii) La adaptación ocurre a distintas escalas en la sociedad e incluyen la escala local.
- iv) Las estrategias de adaptación y el proceso mediante el cual se implementan son igualmente importantes.

La aplicación del MPA requiere una evaluación minuciosa de la adaptación al cambio climático, un intenso proceso de consultas con las partes interesadas y un análisis cuidadoso de los costos que se consideren aceptables en términos de tiempo y financiamiento. Para algunos países, la opción más estratégica pero que a la vez necesita más recursos será abordar cinco componentes básicos y dos procesos transversales de la metodología MPA, que se describen a continuación.

Los componentes del MPA (PNUD 2005) son (Figura 1):

1. Evaluación de los alcances y diseño de un proyecto de adaptación que garantice que, cualquiera sea su escala o alcance, esté bien integrado en el proceso nacional de planificación de políticas y de desarrollo.
2. Evaluación de la vulnerabilidad actual, lo que involucra un análisis de la situación actual del clima y el sector agropecuario en la región de interés. Incluye las preguntas: ¿Cómo se encuentra la comunidad hoy en día en relación con la vulnerabilidad ante los riesgos climáticos?, ¿Cuáles factores determinan su vulnerabilidad actual? y ¿Cuán exitosos son sus esfuerzos para adaptarse a los riesgos climáticos actuales?
3. Evaluación de los riesgos climáticos futuros (escenarios esperados de cambio climático en la región de interés), que incorpora el desarrollo de escenarios del clima futuro y valoración de las tendencias socioeconómicas y ambientales como base para considerar los impactos potenciales de los riesgos climáticos futuros.
4. Formulación de una estrategia de adaptación como respuesta a la vulnerabilidad actual y a los riesgos climáticos futuros, lo que involucra la identificación y la selección de una serie de opciones y medidas de políticas de adaptación y la formulación de estas opciones para lograr una estrategia integrada.
5. Continuidad en el proceso de adaptación, lo cual incluye la implementación, supervisión, evaluación y permanencia de todas las iniciativas desarrolladas en el proceso de adaptación.

Los procesos transversales son:

1. Participación de las partes interesadas en el proceso de adaptación; es esencial para el desarrollo de cada componente del MPA y para el éxito de la implementación de las estrategias de adaptación. La participación de las partes interesadas requiere un diálogo activo y

sostenido con los individuos y los grupos involucrados.

2. Evaluación y aumento de la capacidad de adaptación; involucra la mejoría de los procesos de manejo y gestión de riesgos, de modo que las sociedades puedan tolerar mejor el cambio y la variabilidad del clima.

El término «partes interesadas» en los proyectos de cambio climático, se refiere a quienes formulan políticas, científicos, administradores, comunidades y gestores en los sectores económicos que estén en mayor riesgo ante el CC (PNUD, 2005). Las partes interesadas son entonces individuos o grupos que poseen la experiencia y herramientas para enfrentar la variabilidad y los extremos climáticos.

En conjunto, la comunidad de investigación y las partes interesadas pueden desarrollar estrategias de adaptación mediante la combinación de información científica y conocimientos y experiencias locales de cambio y respuestas en el tiempo (Figura 2). La capacidad de adaptación se desarrolla en la medida en que los actores principales participan activamente en procesos de fortalecer redes, conocimientos, recursos y disposición de encontrar soluciones. Los distintos niveles de participación son (Pretty, 1994, citado por PNUD, 2005):

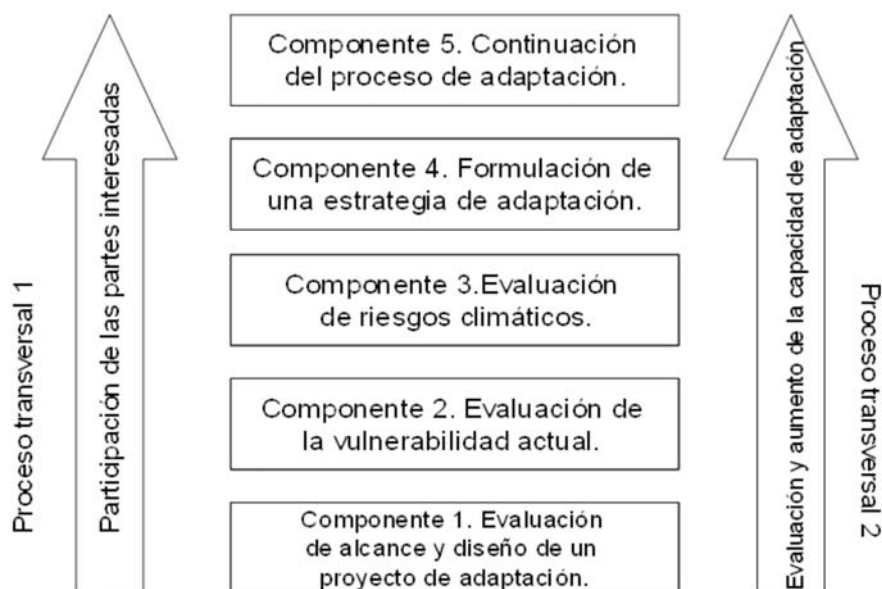


Figura 1. Componentes del Marco de Políticas de Adaptación. Adaptado de PNUD, 2005.

1. Participación en el suministro de información. Las personas se involucran en entrevistas o en investigación «extractiva» basada en cuestionarios. No influyen sobre el proceso ni para contribuir o ver los resultados finales. Resultado probable para las partes interesadas: generar información.
2. Participación por consulta. Solicitud de puntos de vista acerca de propuestas y modificación de éstas para incluir dichos puntos de vista. Es posible que los participantes se mantengan informados de los resultados, pero no tienen participación directa en las decisiones.
3. Participación funcional. Búsqueda de ayuda para cumplir con los objetivos predeterminados de un programa más amplio. Las partes interesadas suelen depender de recursos y organizaciones externas. Resultado probable para las partes interesadas: implementación de acciones si hay apoyo disponible.
4. Participación interactiva. Análisis conjunto y planificación de acciones conjuntas. Las mismas partes interesadas toman el control y tienen una meta común. Resultado probable para las partes interesa-

das: sensación fuerte de control compartido, estructuras de implementación a largo plazo.

5. Movilización autónoma. Las partes interesadas toman la iniciativa. Pueden comunicarse con organizaciones externas para solicitar consejo y recursos pero finalmente mantienen el control. Resultado probable para las partes interesadas: percepción de control e independencia.
6. Generación de cambios. Los miembros de la comunidad influyen sobre otros grupos para iniciar el cambio.

Lectura recomendada

Si es de especial interés para el estudiante profundizar acerca de las políticas de adaptación y de generación de proyectos y políticas dentro del Marco de Política de Adaptación, el libro: «Marco de Políticas de Adaptación al Cambio Climático. Desarrollando Estrategias, Políticas y Medidas», publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, es una guía completa, que indicará a profundidad y paso por paso la manera de llevar a cabo su meta, complementado con muchos estudios de caso que ilustrarán con mayor detalle los temas de interés.

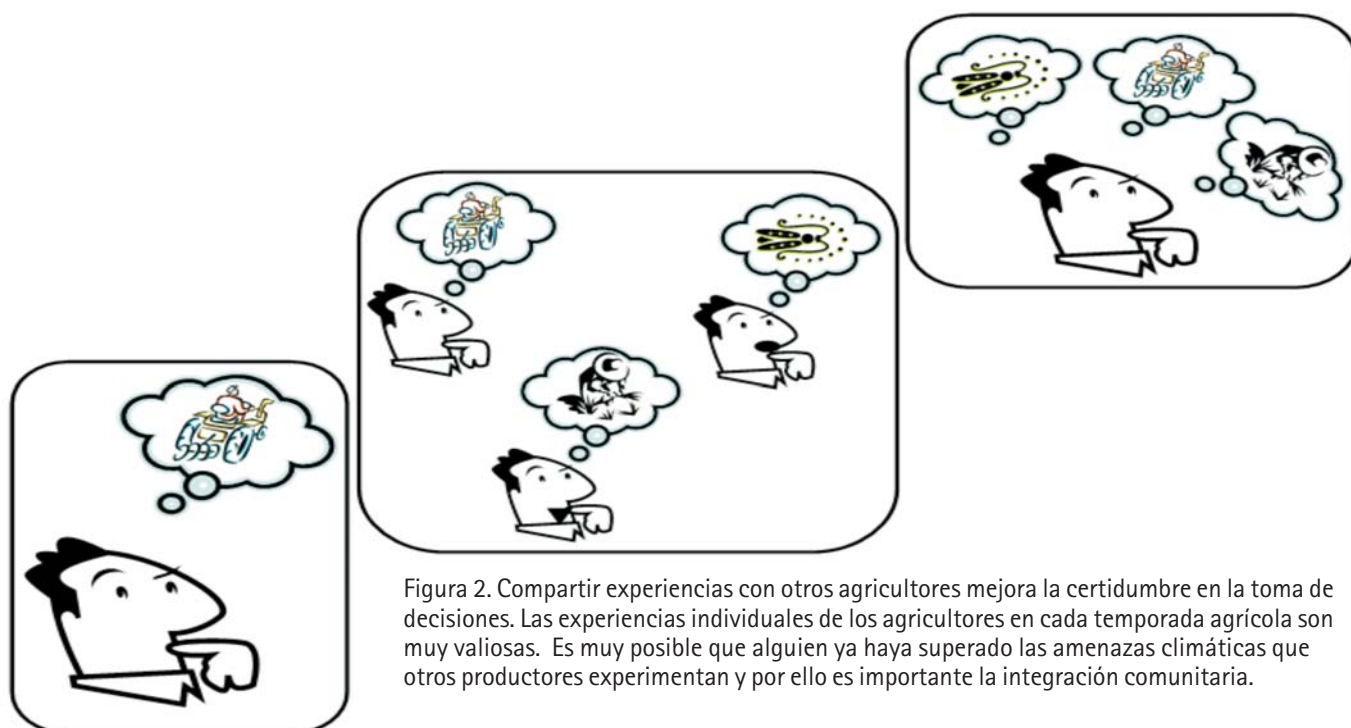


Figura 2. Compartir experiencias con otros agricultores mejora la certidumbre en la toma de decisiones. Las experiencias individuales de los agricultores en cada temporada agrícola son muy valiosas. Es muy posible que alguien ya haya superado las amenazas climáticas que otros productores experimentan y por ello es importante la integración comunitaria.

2. Estrategias de adaptación a nivel de organizaciones y comunidades

2.1 Estrategias generales

La estrategia general de adaptación ante el CC se puede expresar como un plan básico de acciones para enfrentar los impactos de los cambios climáticos, incluyendo variabilidad y extremos climáticos. Debería incluir una mezcla de políticas y medidas de adaptación que permitan reducir la vulnerabilidad de la comunidad o región (Figura 3).

Según las circunstancias, la estrategia puede ser de orden nacional, de modo que aborde la adaptación a través de sectores, regiones y poblaciones vulnerables, o puede ser más limitada, que se enfoque solo en uno o dos sectores o regiones (PNUD, 2005).

Los objetivos de la estrategia de adaptación pueden ser muy específicos o bastante generales. Se pueden derivar metas más detalladas a partir de objetivos generales. En todo caso las partes interesadas, incluyendo a los gobiernos, deben definir los objetivos.

El componente 2 del MPA, evaluación de la vulnerabilidad actual con análisis de la situación actual del clima y del sector agropecuario en la región de interés, es el que más puede incentivar la inclusión de las personas y de los grupos que se verían afectados de forma creciente por los impactos previstos, ya sea de forma positiva o negativa, además de aquellos quienes influyen en la adaptación. Idealmente se debe involucrar a los actores más vulnerables, si se les identifica e incluye en la primera etapa del proyecto.

Sin embargo, los diversos componentes del MPA están diseñados para que todos los afectados de una localidad determinada estén incluidos en los proyectos de adaptación en diferentes niveles de participación, de acuerdo con el tipo de proyecto que se quiere plantear.

Ya sea que la situación de adaptación requiera o no la gestión de políticas para adaptación al cambio climático, o de un proceso de largo plazo, el MPA contiene en su estructura todos los pasos que una comunidad u organización debe seguir para llevar a cabo un proyecto de adaptación

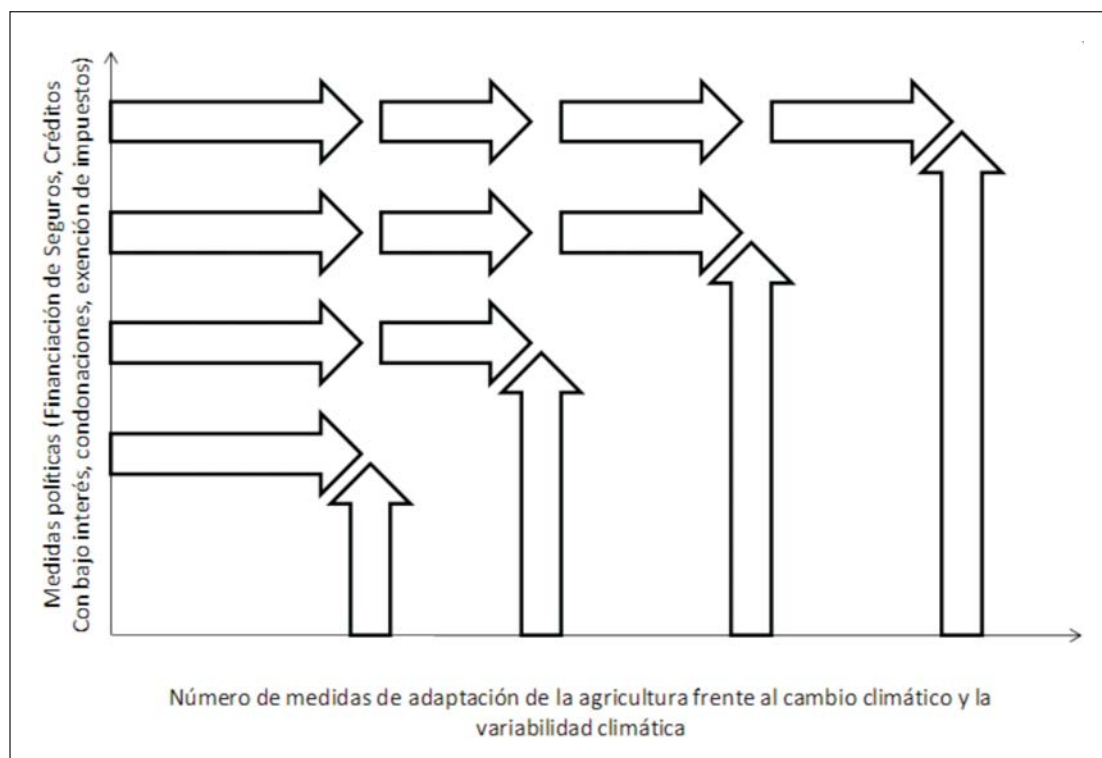


Figura 3. Integración de medidas de adaptación políticas y técnicas. Las medidas políticas podrían ser un incentivo para determinar medidas de adaptación

2.2 Ejemplo de una estrategia de adaptación a nivel de organizaciones: la Red Interinstitucional de Cambio Climático y Seguridad Alimentaria de Colombia (RICCSA).

Teniendo en cuenta que las deficiencias en materia de coordinación institucional, la dispersión de metodologías de análisis agroclimáticos, la falta de recursos humanos y financieros y la duplicidad de esfuerzos en el sector agropecuario, constituyen una vulnerabilidad importante del sector para enfrentar el CC, por iniciativa de especialistas nacionales en el tema de agricultura y clima, pertenecientes a entidades como Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), Centro Nacional de Investigaciones del cultivo del café (Cenicafé), Universidad del Cauca, Universidad Nacional, Corporación de Investigaciones Agropecuarias de Colombia (Corpoica) y Departamento Nacional de Planeación (DNP), se realizó en Bogotá, entre el 24 y el 26 de noviembre de 2009, el Taller: «Definición de herramientas para enfrentar el Cambio Climático en el Sector Agropecuario», auspiciado por el MADR.

Al evento asistieron profesionales provenientes de universidades, centros de investigación, gremios de la producción y de entidades oficiales y privadas vinculadas con los sectores agropecuario y meteorológico.

A través del Taller se buscó establecer las bases para la creación de una Red Interinstitucional de Cambio Climático y Seguridad Alimentaria (RICCSA) para el país.

En la reunión plenaria final del Taller en referencia, se aprobó la siguiente declaración:

- «La seguridad alimentaria está amenazada por el cambio climático y es una prioridad nacional que se asegure el adecuado acceso a la información climática, agropecuaria y socioeconómica, para el desarrollo sostenible y competitivo. El tema debe ser evaluado por las entidades nacionales pertinentes.
- La consolidación de la Red de Cambio Climático y Seguridad Alimentaria facilita el desarrollo de un sistema de apoyo para la toma de decisiones en el tema de cambio climático y seguridad alimentaria».

Con base en lo anterior se efectuaron las siguientes recomendaciones:

- «Consolidar una política integral de estandarización en las metodologías de procesamiento, calibración y control de calidad de la información relevante, que permita al país ser competitivo en el sector agropecuario y de seguridad alimentaria frente al cambio climático.
- Promover el fortalecimiento institucional e interinstitucional en materia tecnológica y de formación de recursos humanos calificados. Para el efecto el gobierno nacional debe adoptar las acciones necesarias.
- Realizar un programa interinstitucional, cuyo objetivo sea reducir las incertidumbres de las proyecciones de los efectos del cambio climático sobre la seguridad alimentaria en Colombia en diferentes escalas.
- Consolidar la Red RICCSA, por ser estratégica para la toma de decisiones y transferencia a los diferentes sectores de la vida nacional además del agropecuario.
- El Departamento de Planeación Nacional, el Ministerio de Agricultura y el Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial deben ser el eje de la estructura coordinadora de la Red».

Objetivos iniciales de la Red

- Facilitar intercambio de información y uso de metodologías comunes para generar escenarios de impactos locales del CC.
- Contribuir a la priorización de actividades de investigación y fortalecer la capacidad institucional en CC y SA.
- Promover el desarrollo de indicadores biológicos, ambientales y socioeconómicos, para determinar la vulnerabilidad de los sistemas de producción ante el CC.
- Gestionar la implementación de medidas de mitigación y adaptación en el sector agropecuario, en el contexto del CC.
- Identificar y gestionar proyectos colaborativos de alta calidad en CC y seguridad alimentaria, con la participación de investigadores de diversas instituciones.

- Promover el desarrollo de sistemas de alerta temprana para anticipar el efecto de eventos climáticos extremos asociados al CC.

Estructura general de la Red

En la Figura 4 se aprecia la estructura general prevista para la Red RICSSA, con la participación en diversos niveles, de instituciones y organizaciones de usuarios del sector agropecuario colombiano.

Logros iniciales de la Red

- Se han integrado esfuerzos institucionales en torno a la planeación y ejecución de medidas de mitigación y adaptación del sector agropecuario colombiano ante el cambio climático. Además de los actores iniciales, se han integrado en la Red, entidades como el Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales (IDEAM), Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y gremios de productores agropecuarios.
- Se han identificado y priorizado proyectos nacionales de mitigación y adaptación del sector agropecua-

- Se ha asesorado a diversos organismos del gobierno nacional sobre medidas de acción necesarias en los temas mencionados.
- Se han identificado los temas que deberían ser la base de un programa nacional de adaptación del sector agropecuario ante el CC que se debería desarrollar en los próximos 5 años, integrando todos los recursos disponibles en el país, en materia financiera, institucional, tecnológica y de recursos humanos.

3. Conceptos y metodologías para la evaluación integral y participativa de vulnerabilidad e impactos ambientales en los sectores productivos agropecuarios

Se puede definir un impacto climático como las consecuencias del cambio o la variabilidad del clima en sistemas humanos y naturales. La evaluación se define como la práctica para la identificación y valoración de las con-

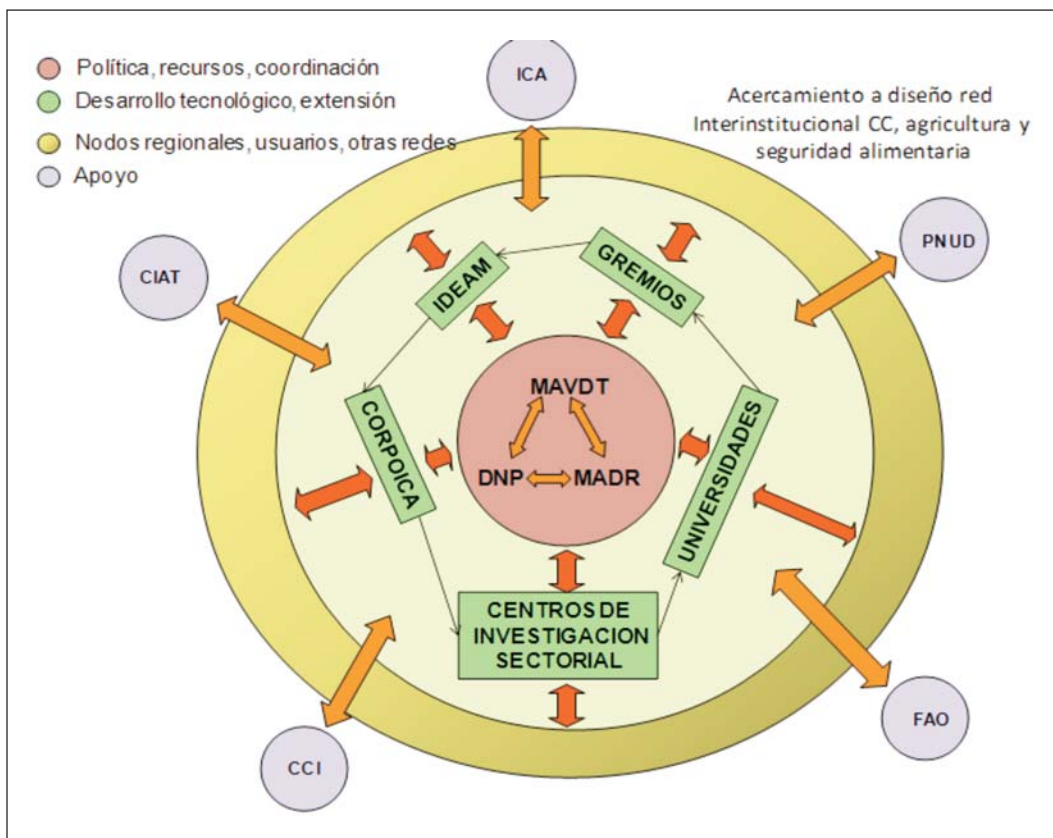


Figura 4. Estructura general de la Red Interinstitucional de Cambio Climático y Seguridad Alimentaria de Colombia, RICSSA,

secuencias negativas y positivas del cambio climático en estos sistemas (IPCC, 2007).

En el año 2007, el IPCC afirmó que el derretimiento de los glaciares andinos sucederá muy probablemente en los siguientes 15 años. En términos prácticos, esto quiere decir que la disponibilidad de agua y la generación de energía se verán afectadas de manera drástica al punto de tener que encontrar fuentes alternas para las mismas. Por consiguiente el cambio climático y en general los fenómenos ambientales tendrán incidencia, si las predicciones del IPCC se cumplen en los siguientes 12 años como lo han hecho en los recientes tres, sobre el eslabón primario de las economías de los países andinos: los sectores agrícola y pecuario.

Los eventos climáticos inter anuales más severos asociados con el cambio climático, como son la intensificación de los fenómenos El Niño y La Niña, repercuten en déficits hídricos de mayor duración, pérdida de áreas productivas por erosión eólica debida a la falta de coberturas vegetales, aumento de desastres por inundaciones, cambio de temperatura media, lo cual permite

prever mayores daños en los renglones agropecuarios (Figura 5).

Si el primer eslabón de la cadena productiva de los países andinos (Figura 6) se afecta negativamente como consecuencia del cambio climático, las crisis sociales y económicas que se generen en la región no tendrían precedentes: ciudades desabastecidas de alimentos en diversos grados y períodos, desplazamientos de poblaciones desempleadas y desnutridas, áreas productivas perdidas por procesos de desertificación, cosechas devastadas por inundaciones, ganado con menores pesos y producciones, enfermedades y plagas agrícolas y humanas extendidas hacia lugares nuevos.

El valor de la agricultura en el Producto Interno Bruto, PIB, de la subregión andina entre Colombia y Bolivia oscila entre 9% y 14%, mientras que el porcentaje de empleo ocupado en este sector con respecto al total nacional, llega al 34% para el caso de Perú, 14% en Bolivia, 6% en Ecuador y 12% en Colombia (CAN, 2008). Además de afectar el empleo generado en el sector agropecuario, los impactos del cambio climático, pueden ge-

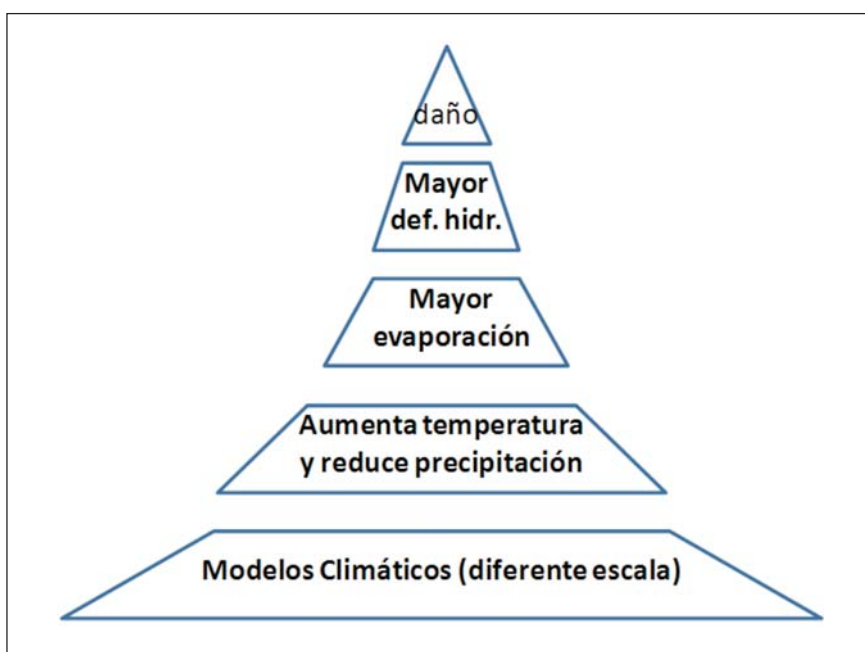


Figura 5. Esquema para definición de posibilidad de eventos catastróficos en agricultura

nerar emergencias alimentarias en zonas de difícil acceso, de climas extremos.

La vulnerabilidad de los países de la comunidad andina se incrementa por los altos niveles de pobreza, mayores al 50% y de pobreza extrema, entre el 15 y el 30%, lo que limita la capacidad de respuesta de la población, el estado y sus instituciones (CAN, 2007).

La vulnerabilidad varía mucho entre las comunidades, los sectores y las regiones. Aunque las evaluaciones de vulnerabilidad a menudo se llevan a cabo en una escala específica, existen interacciones significativas a través de varias escalas, debido a la interconexión de los sistemas económicos y climáticos (PNUD, 2005). El IPCC define vulnerabilidad en el contexto del cambio climático como los impactos residuales del cambio climático luego que han sido implementadas las medidas de adaptación.

El PNUD (2005) menciona 5 pasos para evaluar la vulnerabilidad que pueden servir como una señal inde-

pendiente de vulnerabilidad actual, o que pueda integrarse con pronósticos de cambio climático, para una evaluación de la vulnerabilidad climática futura:

- **Paso 1. Estructuración de la evaluación de vulnerabilidad.**

Definiciones, marcos y objetivos. El proceso de desarrollo de un marco conceptual y analítico debe aclarar las diferencias entre disciplinas, sectores y partes interesadas y concentrarse en la creación de un enfoque de trabajos prácticos que se deben ejecutar para la adaptación. El resultado de esta actividad es un marco central para la evaluación de la vulnerabilidad. El contexto y sus objetivos son importantes para determinar la serie de preguntas que la evaluación debería abordar. La identificación de un grupo central de preguntas para la evaluación ayuda a llevar a cabo el diseño del proyecto.

- **Paso 2. Identificación de grupos vulnerables.**

Límites de exposición y evaluación. Luego de identi-

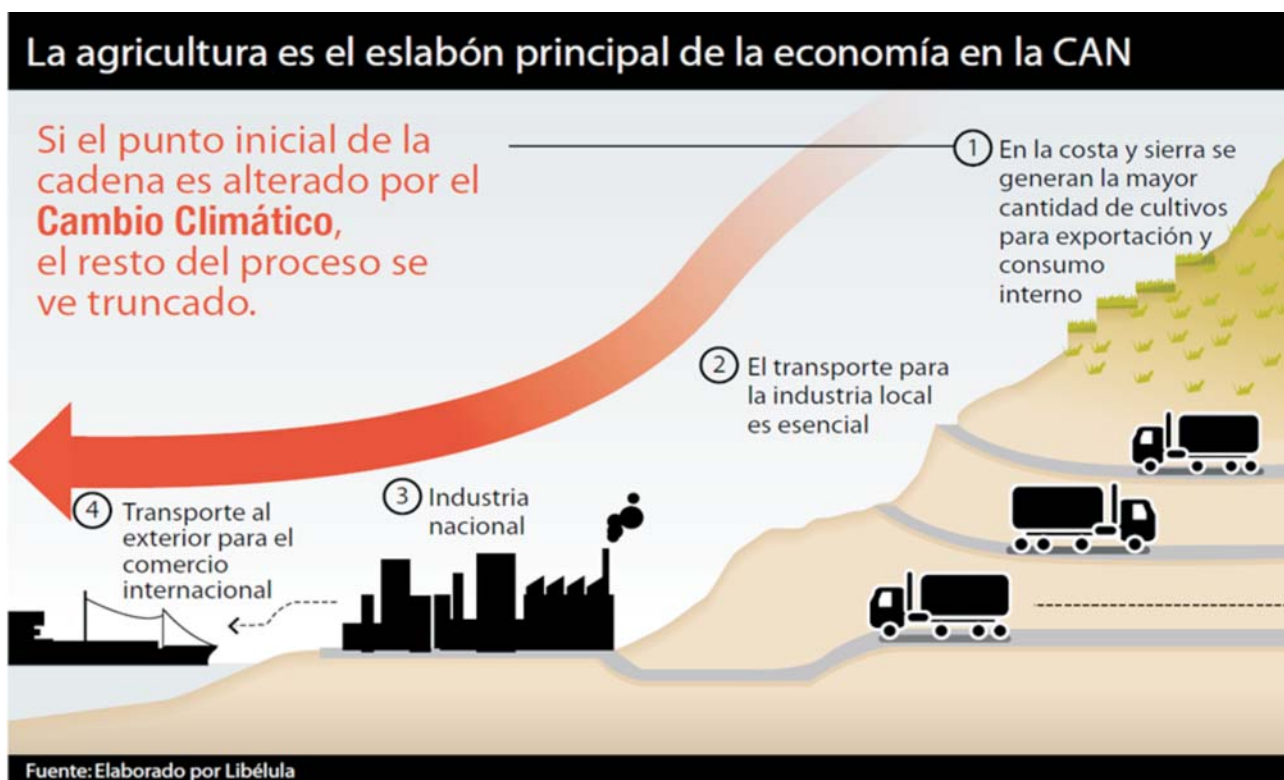


Figura 6. La agricultura es la base del contexto socioeconómico de los países de la Comunidad Andina de Naciones, CAN. (Fuente: CAN, 2008).

ficar una definición funcional de vulnerabilidad y un grupo de preguntas para la evaluación, se necesita identificar quiénes son vulnerables a qué, de qué forma y dónde. El resultado de esta actividad es una serie de indicadores de vulnerabilidad y la identificación de medios de subsistencia vulnerables que, en conjunto, forman una línea de base de la vulnerabilidad bajo las condiciones actuales. La comparación de indicadores de vulnerabilidad es la base de los análisis y la identificación de prioridades para la adaptación.

- Paso 3. Evaluación de la vulnerabilidad actual del sistema seleccionado y grupo vulnerable.

La vulnerabilidad actual puede expresarse como el conjunto de amenazas climáticas, condiciones socioeconómicas actuales y línea base de adaptación. Esta actividad vincula directamente las amenazas climáticas con los resultados o los impactos socioeconómicos claves; se desarrolla una comprensión del proceso mediante el cual los resultados climáticos se traducen en riesgos y desastres. Una parte importante es la identificación de puntos de intervención y de opciones de respuesta en la secuencia que va de las amenazas a los resultados. No solo es pertinente para considerar las respuestas a corto plazo, sino también para la evaluación de la vulnerabilidad futura.

- Paso 4. Evaluación de la vulnerabilidad futura.

Se desarrolla una comprensión cualitativa de los impulsores de la vulnerabilidad para comprender la posible vulnerabilidad futura. Este análisis vincula el presente con rutas al futuro, las cuales pueden llevar al desarrollo sostenible o a un aumento de la vulnerabilidad mediante la adaptación inadecuada. Los productos de esta actividad son descripciones cualitativas de la estructura actual de la vulnerabilidad socioeconómica, vulnerabilidades futuras y un grupo revisado de indicadores de vulnerabilidad que incluyen escenarios futuros.

- Paso 5. Vinculación de los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad con políticas de adaptación.

Los productos de una evaluación de vulnerabilidad incluyen: a.- descripción y análisis de vulnerabilidad actual, que incluya grupos vulnerables representativos;

b.- descripciones de vulnerabilidades potenciales en el futuro, que incluyan un análisis de las rutas que relacionan el presente con el futuro; c.- comparación de la vulnerabilidad bajo diferentes condiciones socioeconómicas, escenarios de cambio climático y respuestas de adaptación; d.- identificación de los puntos y las opciones de intervención que pueden llevar a la formulación de respuestas de adaptación.

Esta última actividad relaciona la diversidad de productos con la toma de decisiones de las partes interesadas, la sensibilización pública y las evaluaciones posteriores.

Las anteriores actividades llevarían a una evaluación detallada de la vulnerabilidad que pudiera cumplir con los objetivos de los componentes 2, 3 y 4 del MPA. El producto principal es una serie de prioridades de adaptación y un panel de indicadores para la evaluación de opciones de adaptación.

La CAN (2008) propone una metodología para la estimación del impacto del daño en los países andinos que se basa en los estudios ya realizados para las economías industriales, el conocimiento del daño que provocan los eventos extremos y el conocimiento de las consecuencias del cambio climático para regiones que cuentan con estudios parciales. Para la estimación se define una función que vincula las pérdidas de producción con el aumento de temperatura.

Con base en estos estudios se prevé una pérdida promedio en el PIB total de los países andinos cercana al 4.5% en el año 2025, en relación con el PIB total del año 2005, por causa del cambio climático (Figura 7).

Los parámetros de la función dependen del proceso de producción o del efecto considerado. Por eso los impactos de mercado incluyen los efectos directos del cambio climático sobre las industrias que son sensibles: agricultura, ganadería, pesca, agua y energía. En los impactos fuera del mercado se incluyen las consecuencias indirectas que se pueden derivar de los impactos directos sobre toda la economía, como los efectos sobre la salud, ecosistemas, actividades recreativas y herencia cultural.

PÉRDIDAS DEBIDO AL CAMBIO CLIMÁTICO HACIA EL 2025
(en millones de dólares constantes del 2005)



País	PIB total sin Cambio Climático (2025)	PIB con Cambio Climático (2025)	Pérdida (2025)	% Pérdida relativa (2025) ⁽⁸⁾
Bolivia	35.442	32.867	2.575	7,3%
Colombia	318.037	303.811	14.226	4,5%
Ecuador	90.417	84.784	5.633	6,2%
Perú	225.300	215.393	9.906	4,4%
Total	669.196	639.350	29.846	4,5%

Figura 7. Pérdidas esperadas en las economías de los países andinos por causa del cambio climático (Fuente: CAN, 2008).

Los pasos generales que se siguen para estimar los impactos económicos del cambio climático (CAN, 2008) son:

- Proyección de largo plazo del comportamiento de las principales variables económicas.
- Evaluación de los resultados de los estudios nacionales e internacionales del impacto directo del cambio climático sobre los sectores productivos sensibles de la economía (agricultura, pesca, agroindustria, agua y electricidad).
- Estimación del probable impacto del cambio climático en el PIB de la subregión andina, tomando en consideración las características estructurales de las economías.

Aunque existen metodologías de evaluación de impactos económicos del CC, la CAN (2007) afirma que en general no se han desarrollado escenarios agregados de

vulnerabilidad para los países de la CAN, sino que se cuenta con una modelación inicial de escenarios de CC en el marco de las Comunicaciones Nacionales ante UNFCCC, que son informes de avances en impactos nacionales del cambio climático.

Sin embargo, de los estudios nacionales existentes se pueden identificar las variables potencialmente más afectadas por el cambio climático: seguridad alimentaria, disponibilidad de agua potable, generación energética, disponibilidad energética, deforestación, enfermedades tropicales, impactos sobre ecosistemas estratégicos (bosques, corredores biológicos, humedales, páramos y otros), impactos específicos sobre diferentes zonas geográficas (amazonas, glaciares, cuencas hidrográficas binacionales).

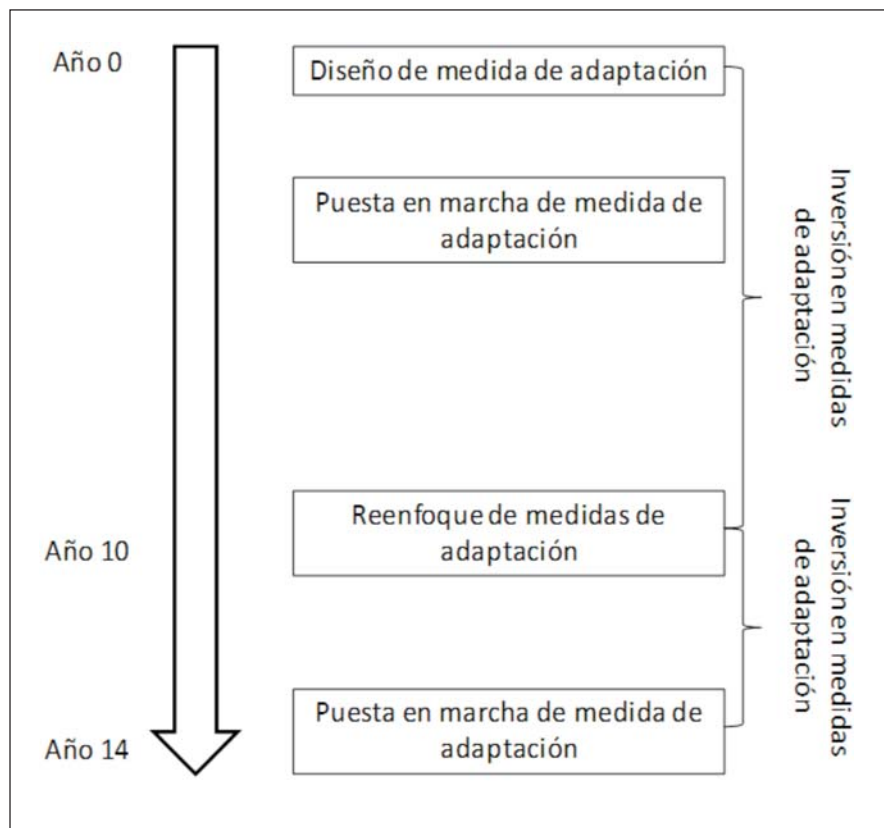


Figura 8. Se debe realizar una concertación entre las comunidades localizadas en diversos estratos altitudinales para proteger ecosistemas estratégicos frente al cambio climático. Se puede observar cómo para el agroecosistema café se puede reducir su área productiva. Las zonas bajas, secas bajo riego, dedicadas a los cultivos industriales pueden sufrir degradación.

Una aproximación a estos efectos potenciales se puede apreciar en la Figura 8.

A partir de la información que contiene la Figura 8, se puede deducir la importancia de concertar tanto las medidas de adaptación necesarias para enfrentar el CC, como la evaluación de los resultados de tales medidas, entre diversas comunidades que estén conectadas por nexos culturales, socioeconómicos, geográficos, productivos o de mercado, de tal manera que todas ellas contribuyan al manejo apropiado de los recursos que se requieren para enfrentar la amenaza climática global.

Para este tipo de concertaciones es necesario realizar Talleres y eventos periódicos con miembros y representantes de todas las comunidades involucradas, en los que se analicen los temas de adaptación pertinentes,

se alcancen acuerdos en la materia y se establezcan los mecanismos locales y regionales necesarios para monitorear el cumplimiento de los acuerdos establecidos y para introducir los ajustes que vayan considerando relevantes.

Los talleres mencionados pueden ser convocados y coordinados de modo integrado por representantes de las comunidades involucradas y por especialistas en el tema de la adaptación ante el CC, de entidades académicas, ambientales, de investigación agropecuaria, públicas o privadas, que tengan lazos con los territorios en cuestión.

4. Elaboración e implementación de proyectos y acuerdos. Programa de supervisión y evaluación de los proyectos

Un proyecto social es la unidad mínima de asignación de recursos, que a través de un conjunto integrado de

procesos y actividades pretende transformar una parte de la realidad, disminuyendo o eliminando un déficit o solucionando un problema. Un proyecto social debe: i) definir los problemas sociales que se quieren resolver; ii) tener objetivos de impacto claramente definidos; iii) identificar la población objetivo a la que está destinada el proyecto; iv) especificar la localización espacial de los beneficiarios, y v) establecer fechas de comienzo y de finalización de acciones.

Un programa social es un conjunto de proyectos que persiguen objetivos similares, que se pueden diferenciar por el trabajo con poblaciones diferentes y/o por el uso de distintas estrategias de intervención. (Cohen y Martínez).

El proceso de supervisión y evaluación de las medidas de adaptación implementadas puede permitir al

usuario evaluar oportunamente «qué funciona, qué no funciona y por qué» (Figura 9). Un buen marco de supervisión y evaluación depende de por lo menos dos componentes claves: un marco con metas, objetivos y medidas de resultados claramente formulados, y la disponibilidad de datos de calidad (PNUD, 2005).

El diseño de cualquier medida de adaptación ante una amenaza climática a largo plazo debe incluir planes específicos para llevar a cabo una evaluación cuidadosa y objetiva a futuro, que incluya sus propios indicadores.

La formulación es la etapa centrada en el diseño de las alternativas del proyecto, es decir, las opciones técnicamente viables para alcanzar los objetivos de impactos perseguidos o, complementariamente, para solucionar el problema que le dio origen (Cohen y Martínez).

La supervisión de los proyectos tiene como propósito, registrar el progreso en la implementación de una estrategia de adaptación y de sus diversos componentes,

en relación con las metas. Permite que se mejoren los planes de operación y se tomen medidas correctivas de forma oportuna en el caso de existir deficiencias y restricciones. Debe realizarse durante la implementación y mientras dure el proyecto (PNUD, 2005).

La evaluación de los proyectos, en el contexto de la adaptación ante los impactos del CC, es la herramienta que determinar sistemática y objetivamente, la pertinencia, la eficacia, la efectividad y el impacto de una estrategia de adaptación en relación con sus objetivos.

Mientras que la supervisión se lleva a cabo solo durante la implementación, la evaluación se realiza tanto en la implementación, como a lo largo y al término del proyecto (evaluación final). Asimismo se puede realizar unos años después de haber terminado (evaluación posterior).

Existen dos tipos de evaluación según el momento en que se realiza y el objetivo perseguido:

I) Evaluación ex ante: se realiza antes de la inversión y la operación. Permite estimar tanto los costos como el impacto (o beneficios) para así adoptar la decisión de implementar o no el proyecto. A partir de ella resulta posible priorizar distintos proyectos e identificar la alternativa óptima para alcanzar los objetivos de impacto perseguidos.

II) Evaluación ex post: se lleva a cabo tanto en la etapa de operación como una vez finalizado el proyecto. Tiene dos funciones: a.- cualitativa: que permite decidir si se debe continuar o no con el proyecto, o establecer la conveniencia de formular proyectos similares; b.- cuantitativa: surge en proyectos que están operando y posibilita tomar la decisión de si es necesario o no su reprogramación.

Los procesos de supervisión y evaluación deben ser prácticos. En principio se podría establecer una Red de instituciones y partes interesadas (suministrado-

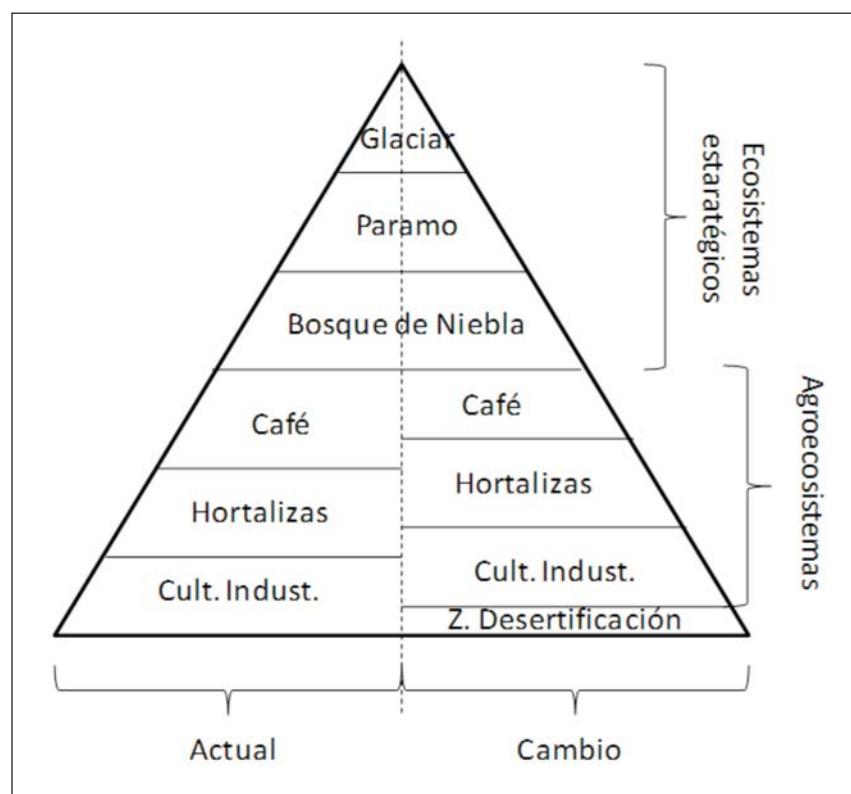


Figura 9. Efectos de un mal diseño de las medidas de adaptación. Esta situación se alcanza cuando no hay un acuerdo entre las medidas políticas y las medidas de tipo técnico.

res de datos y usuarios). Un ejemplo de este tipo de Red, se describió en la sección 2.2.

Cada vez más, la tendencia en este campo se orienta hacia un proceso de supervisión y evaluación participativo, el cual incluye los grupos más vulnerables en la adopción de decisiones (PNUD, 2005). La participación de la mayor cantidad posible de partes interesadas puede democratizar el proceso general de adaptación al cambio climático. Se deduce que un proceso participativo de supervisión y evaluación puede ser productivo, pero hay que tener cuidado de observar los problemas potenciales.

El monitoreo de los proyectos se relaciona con el examen continuo o periódico que se efectúa durante su implementación y en las etapas de inversión u operación. El monitoreo se desarrolla en distintos niveles de la gestión, con el objeto de conocer sobre los insumos, actividades, procesos y productos, cuyos principales indicadores se relacionan con el tiempo, la cantidad, la calidad y el costo que tiene cada uno (Cohen y Martínez).

Aunque la evaluación ex post y el monitoreo se realizan durante la operación, el segundo se preocupa del análisis de los distintos componentes de la gestión interna, mientras que la evaluación ex post centra su atención en la relación entre los productos y el logro de objetivos.

En el análisis de proyectos se pueden distinguir tres metodologías que buscan comparar los costos con el logro de objetivos de reducción de impacto. La forma de medir costos es la misma, lo que varía es la medición del impacto (Cohen y Martínez):

- **Análisis Costo - Beneficio (ACB):** Consiste en comparar los costos con los beneficios económicos del proyecto. Si éstos son mayores que los costos, existe una primera indicación de que el proyecto debería ser, en principio, aprobado. Un requisito básico es que los costos y beneficios sean expresados en unidades monetarias. En los proyectos sociales, los beneficios difícilmente se pueden expresar en moneda, por lo que ésta evaluación se ve limitada. Esta metodología se usa casi exclusivamente en la etapa ex ante para la aprobación del proyecto.

- **Análisis del Costo Mínimo (ACM):** Compara los costos monetarios (ex ante y ex post), con el nivel de producción y distribución de los bienes y servicios que entrega el proyecto. El ACM deja de lado el análisis de los objetivos de impacto. Se limita a garantizar la eficiencia, pero nada dice respecto al impacto del proyecto
- **Análisis Costo Impacto (ACI):** Compara los costos monetarios con el logro de los objetivos de impacto. El ACI no se restringe a considerar la eficiencia sino que su impacto determinado en qué medida el proyecto ha alcanzado, o alcanzará sus objetivos, qué cambio producirá o ha producido y cuáles son sus efectos secundarios. Se aplica en ex ante y ex post

5. Resumen

El presente módulo se enfoca en los marcos conceptuales para la generación de medidas de adaptación del sector agropecuario ante el cambio climático y para la implementación y evaluación de estas medidas. Una vez establecido un cambio significativo en la tendencia de las condiciones climáticas locales o regionales, se debe adoptar un Marco de Políticas de Adaptación (MPA) al cambio climático, como guía para generar cualquier esfuerzo para la adaptación comunitaria a dicho fenómeno global.

Dicho Marco de Políticas integra aspectos fundamentales como la integración de las políticas locales de adaptación dentro de las políticas nacionales de desarrollo agropecuario, la definición de la vulnerabilidad actual ante los impactos del clima, el establecimiento de escenarios posibles de impacto local del cambio climático, el diseño de un programa de adaptación a diferentes plazos en el tiempo y la continuidad de los componentes del programa.

En todos los casos se hace hincapié en la consulta y participación activa de las comunidades locales involucradas en los programas de adaptación. Se hace un enfoque hacia los países de la comunidad andina, en relación con los posibles impactos del cambio climático en el sector agropecuario de esta subregión.

6. Glosario (en el contexto del cambio climático)

Adaptación: es un proceso mediante el cual se desarrollan e implementan estrategias para aliviar, tolerar y aprovechar las consecuencias de los eventos climáticos.

Estrategia de adaptación: se asocia con un plan general de acción para abordar los impactos de los cambios climáticos, incluyendo variabilidad y extremos climáticos. Incluye una integración de políticas y medidas con el objetivo global de reducir la vulnerabilidad de un sistema agropecuario.

Evaluación: es la práctica para la identificación y evaluación de las consecuencias negativas y positivas del cambio climático en sistemas humanos y naturales.

Impacto climático: consecuencias del cambio climático en sistemas humanos y naturales.

Marco de Políticas de Adaptación (MPA): se considera un enfoque estructurado para formular e implementar estrategias, políticas y medidas de adaptación, para garantizar el desarrollo ante la variabilidad y el cambio climático. El MPA vincula la adaptación al cambio climático con el desarrollo sostenible y temas ambientales globales

Partes interesadas: aquellos que tienen intereses en una decisión específica, ya sea como individuos o como representantes de un grupo. Esto incluye a las personas que influyen sobre una decisión, así como también aquellas personas que se ven afectadas por la misma.

Programa social (en general): es un conjunto de proyectos que persiguen objetivos similares, que pueden diferenciarse por trabajar con poblaciones diferentes y/o utilizar distintas estrategias de intervención.

Proyecto social (en general): es la unidad mínima de asignación de recursos, que a través de un conjunto integrado de procesos y actividades pretende transformar una parte de la realidad, disminuyendo o eliminando un déficit o solucionando un problema.

Supervisión. Su propósito es registrar el progreso de la implementación de una estrategia de adaptación y sus diversos componentes en relación con las metas.

Vulnerabilidad: impactos residuales del cambio climático luego que han sido implementadas las medidas de adaptación.

7. Referencias bibliográficas y lecturas recomendadas

Adger, W.N., S. Agrawala, M.M.Q. Mirza, C. Conde, K. O'Brien, J. Pulhin, R. Pulwarty, B. Smit and K. Takahashi. 2007. Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 717-743. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/ch17.html

CAN. 2007. Cosa sería este clima. Panorama del cambio climático en la comunidad andina. Secretaría General de la Comunidad Andina. Lima, Perú. 66 pp.

CAN. 2008. El cambio climático no tiene fronteras. Impacto climático en la comunidad andina. Secretaría General de la Comunidad Andina. Lima, Perú. 40 pp.

Cohen, E.; Martínez, R. Sin Año. Formulación, Evaluación y Monitoreo de Proyectos Sociales. Manual. CEPAL. División de Desarrollo Social. http://www.eclac.org/ddc/noticias/paginas/8/15448/Manual_dds_200408.pdf

Hemmati, M. 2002. Multi-stakeholder Processes for governance and Sustainability. Londres: Earthscan Citado por: PNUD. 2005. Marco de políticas de adaptación al cambio climático: Desarrollo de estrategias, políticas y medidas. Nueva York, USA. 274 pp

IPCC. 2007. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (Eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/contents.html

IPCC. 2001. Climate change 2001: Impacts, Adaptation and vulnerability. Contribución del grupo de trabajo II con el tercer informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. IPCC/ WMO/ UNEP

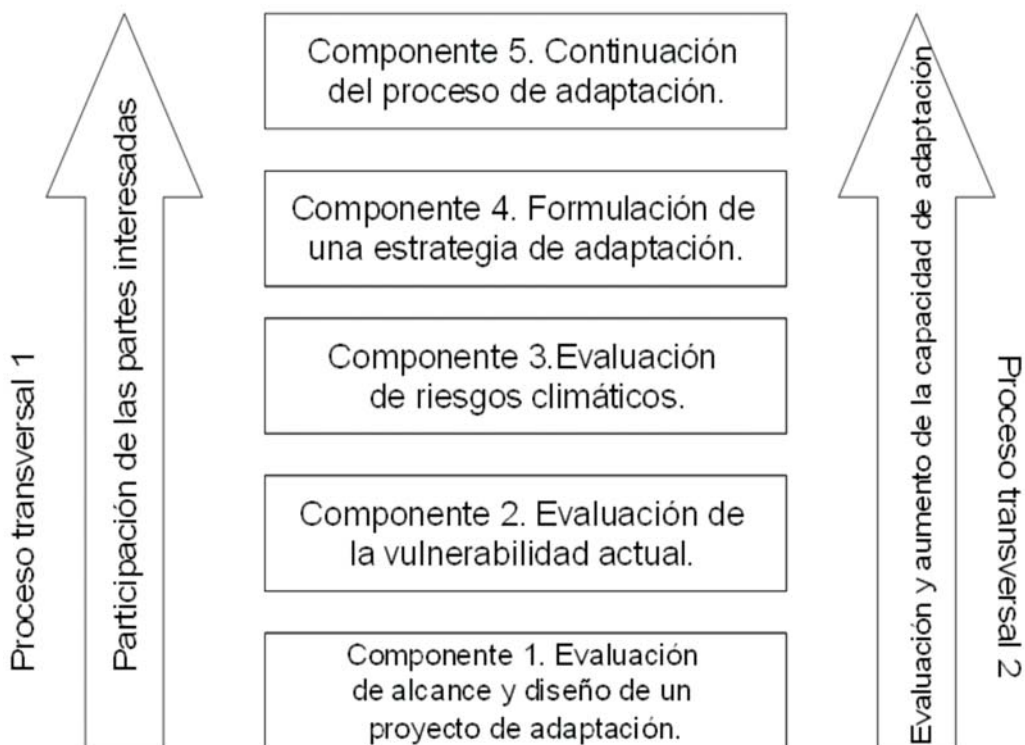
PNUD. 2005. Marco de políticas de adaptación al cambio climático: Desarrollo de estrategias, políticas y medidas. Nueva York, USA. 274 pp. http://www.asocam.org/biblioteca/ASO_SEM9_025.pdf

Pretty, J. 1994. Typology of community participation. Citado por PNUD. 2005. Marco de políticas de adaptación al cambio climático: Desarrollo de estrategias, políticas y medidas. Nueva York, USA. 274 pp.



EJERCICIO PRACTICO

- Con ayuda de la gráfica de los componentes del MPA, diseñe un posible proyecto de adaptación al cambio climático. De manera general defina para su localidad o sistema de producción, de acuerdo con el problema ambiental que genere más impacto, cada uno de los componentes y procesos transversales, haciendo hincapié en el componente 2.




- Proponga los niveles en los cuales, a su criterio, su comunidad u organización pueden participar dentro de la formulación del MPA.

Preguntas de selección múltiple



Control de lectura

1. Los componentes totales posibles de un MPA son:
 - a. Cinco (5) componentes y dos (2) procesos transversales
 - b. Infinitos componentes
 - c. Los componentes que determine cada proyecto.
 - d. Siete (7) componentes y un (1) proceso transversal
2. Las partes interesadas son:
 - a. Los funcionarios que manejan presupuestos
 - b. Las partes afectadas por el impacto del cambio climático.
 - c. Quienes tienen intereses, influyen en la toma de una decisión específica y quienes se ven afectados
 - d. Todos los agricultores de la región
3. En el nivel de participación interactiva, el resultado probable será:
 - a. El poder político local toma las decisiones de común acuerdo con representantes del gobierno central
 - b. Hay una sensación fuerte de control compartido y una meta común entre las partes interesadas
 - c. Los grupos interactúan con el poder
 - d. No se puede llevar a cabo un proyecto exitoso
4. Una estrategia de adaptación corresponde a:
 - a. Un plan enmarcado en las políticas de un país o región, a corto, mediano y largo plazo
 - b. Una obligación investigativa de la comunidad agropecuaria
 - c. Una política dictada por el gobierno nacional o regional
 - d. Un conjunto de políticas establecidas por el gobierno nacional o regional
5. La metodología para la estimación del impacto económico del cambio climático en los países andinos se basa en:
 - a. El cálculo de los daños potenciales en las partes afectadas por las consecuencias del CC
 - b. Estudios realizados para economías industriales, conocimiento del daño de eventos extremos y de las consecuencias del CC para regiones con estudios parciales
 - c. El cálculo de los alimentos que se pierden
 - d. El cálculo de las pérdidas por inundaciones y sequías recurrentes
6. Un buen marco de supervisión y evaluación depende de
 - a. Buenos veedores a lo largo de la implementación del Proyecto
 - b. Buenos registros del proyecto
 - c. Adecuados objetivos y medidas de resultados y disponibilidad de datos de calidad
 - d. Objetivos bien definidos y ejecutados en todas las fases de implementación del Proyecto
7. La Red RICCSA:
 - a. Se conformó por acuerdos entre productores e investigadores del impacto del CC en el sector agropecuario
 - b. Cuenta con apoyo financiero nacional e internacional de instituciones vinculadas al estudio de mitigación del CC
 - c. Es una Red establecida en los diversos países andinos
 - d. Permitirá definir un programa de adaptación nacional ante el CC en los próximos 5 años

- 
8. Un programa social en el concepto de adaptación es:
 - a. Una serie de actividades tecnológicas destinadas a mejorar la calidad de vida de los productores agropecuarios
 - b. Un programa de recaudo de ayudas para los damnificados por eventos climáticos extremos
 - c. Un conjunto de proyectos con objetivos similares, que trabajan con poblaciones diferentes y utilizan distintas estrategias de intervención
 - d. Un conjunto de políticas destinadas a solucionar la crisis alimentaria generada por el CC en un país o en una región productiva
 9. Supervisión en el contexto de adaptación es:
 - a. La formación de veedores calificados en CC
 - b. La selección de entidades de control de proyectos de mitigación del CC
 - c. El registro del progreso de la implementación de una estrategia de adaptación en relación con las metas.
 - d. Uno de los procesos involucrados en un proyecto social, que tiene como finalidad la reducción de la vulnerabilidad de una comunidad ante el CC
 10. La evaluación en el contexto de la adaptación es:
 - a. Un proceso de calificación de los impedimentos culturales o de la vulnerabilidad de un sistema agropecuario potencialmente afectado por los eventos «Niño» y «Niña»
 - b. Una prueba de conocimientos en el tema de adaptación a las partes interesadas
 - c. Una valoración de la viabilidad o no de un proyecto adaptativo
 - d. Un proceso para determinar la pertinencia, eficacia e impacto de una estrategia de adaptación, en relación con sus objetivos.

GIZ GmbH–Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
Friedrich-Ebert-Allee 40
53113 Bonn, Alemania
Fon +49 228 4460 - 0
Fax +49 228 4460 - 1766
www.giz.de

giz