

## MODULO N° 1

### Curso virtual: Bolivia, riesgo climático, adaptación y mitigación para la seguridad alimentaria

#### FORO N° 1

Se llama cambio climático a la variación global del clima de la Tierra. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etcétera. Son debidos a causas naturales y, en los últimos siglos, también a la acción del hombre.

El término suele usarse, de forma poco apropiada, para hacer referencia tan solo a los cambios climáticos que suceden en el presente, utilizándolo como sinónimo de calentamiento global.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático usa el término cambio climático sólo para referirse al cambio por causas humanas ("Por 'cambio climático' se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables").

El cambio del clima producido por causas naturales lo denomina variabilidad natural del clima. En algunos casos, para referirse al cambio de origen humano se usa también la expresión cambio climático antropogénico. Temperatura en la superficie terrestre.

Según qué tipo de factores dominen la variación del clima será sistemática o caótica. En esto depende mucho la escala de tiempo en la que se observe la variación ya que pueden quedar patrones regulares de baja frecuencia ocultos en variaciones caóticas de alta frecuencia y viceversa.

#### **Variación del sistema climático**

El sistema climático varía a causa de dos procesos fundamentales:

- Procesos de forzamientos externos; referidos a los cambios en la órbita de la Tierra alrededor del Sol (Teoría de Milankovitch) y a la propia actividad solar.
- Procesos naturales internos; referidas fundamentalmente a las emisiones volcánicas, así como los gases de efecto invernadero

#### **Forzamientos externos**

Para conocer cómo evoluciona el clima a lo largo de los siglos hay que tener en cuenta la influencia de los forzamientos externos, que son capaces de alterarlo drásticamente. Según la importancia de estos factores externos en cada momento el sistema climático será más o menos caótico. Muchos de los forzamientos externos se rigen por sistemas caóticos.

Los forzamientos externos normalmente actúan de forma sistemática sobre el clima, aunque también los hay aleatorios como es el caso de los impactos de meteoritos.

## MODULO N° 1

### Curso virtual: Bolivia, riesgo climático, adaptación y mitigación para la seguridad alimentaria

#### FORO N° 1

Dentro de los procesos de forzamientos externos o Influencias externas se tienen:

- Variaciones solares.
- Variaciones orbitales.
- Impactos de meteoritos.

#### **Variaciones solares**

La temperatura media de la Tierra depende, en gran medida, del flujo de radiación solar que recibe, siendo el motor de los fenómenos atmosféricos, al aportar la energía necesaria a la atmósfera para que estos se produzcan; no obstante este presenta poca variación en el tiempo, por lo que no se considera que tenga una influencia significativa en la variabilidad climática. Puede asumirse que la luminosidad solar se ha mantenido prácticamente constante a lo largo de millones de años.

El análisis de este fenómeno a largo plazo indica que las variaciones han sido considerables, ya que el Sol aumenta su luminosidad a razón de un 10% cada 1 000 millones de años. Ejemplo: hace 3 800 millones de años, tiempo en que se estima el nacimiento de la vida, el brillo del Sol era un 70% del actual.

Actualmente el Sol está en su punto álgido (más brillante) de actividad durante los últimos 60 años, y puede suponerse que este comportamiento esté afectando las temperaturas globales. Willie Soon y Sallie Baliunas del Observatorio de Harvard encontraron una relación directa entre las manchas solares y la temperatura del planeta, de tal manera que cuando ha habido menos manchas solares, la Tierra se ha enfriado y que cuando ha habido más manchas solares, la Tierra se ha calentado.

El papel de las nubes es también crítico. Las nubes tienen efectos contradictorios en el clima. Cualquier persona ha notado que la temperatura cae cuando pasa una nube en un día soleado de verano, que de otro modo sería más caluroso. Es decir: las nubes enfrían la superficie reflejando la luz del Sol de nuevo al espacio. Pero también se sabe que las noches claras de invierno tienden a ser más frías que las noches con el cielo cubierto. Esto se debe a que las nubes también devuelven algo de calor a la superficie de la Tierra.

Si el CO<sub>2</sub> cambia la cantidad y distribución de las nubes podría tener efectos complejos y variados en el clima y una mayor evaporación de los océanos contribuiría también a la formación de una mayor cantidad de nubes.

#### **Variaciones orbitales**

La órbita terrestre oscila periódicamente, haciendo que la cantidad media de radiación que recibe cada hemisferio fluctúe a lo largo del tiempo, y estas

## MODULO N° 1

### Curso virtual: Bolivia, riesgo climático, adaptación y mitigación para la seguridad alimentaria

#### FORO N° 1

variaciones provocan las pulsaciones glaciares a modo de veranos e inviernos de largo período. Son los llamados períodos glaciales e interglaciales.

Hay tres factores que contribuyen a modificar las características orbitales haciendo que la insolación media en uno y otro hemisferio varíe aunque no lo haga el flujo de radiación global:

- Precisión de los equinoccios.
- Excentricidad orbital.
- Oblicuidad de la órbita o inclinación del eje terrestre.

#### **Impactos de meteoritos**

Los impactos de meteoritos constituyen eventos de tipo catastrófico que pueden cambiar la faz de la Tierra para siempre, especialmente los impactos de meteoritos de gran tamaño. El último evento de este tipo sucedió hace 65 millones de años. Estos fenómenos pueden provocar un efecto devastador sobre el clima debido a:

- Liberación de grandes cantidades de CO<sub>2</sub>, polvo y cenizas, debido a la quema de grandes extensiones boscosa, que pueden causar cambios rápidos en la atmósfera.
- Intensificación de la actividad volcánica en ciertas regiones. Hay quien relaciona el período de fuertes erupciones en volcanes de la India con el hecho de que este continente se sitúe cerca de las antípodas del cráter de impacto.
- Cambios en la actividad geológica del planeta.
- Cambios en las características orbitales de la tierra.

La influencia humana sobre el clima en muchos casos se considera forzamiento externo ya que su influencia es más sistemática que caótica pero también es cierto que el homo sapiens pertenece a la propia biosfera terrestre pudiéndose considerar también como internas según el criterio que se use.

#### **Procesos naturales internos**

Son los factores no sistemáticos o caóticos que provocan cambios en el clima. En este grupo se encuentran los factores amplificadores y moderadores que actúan en respuesta a los cambios, introduciendo una variable más al problema; por tanto al clima se le considera un sistema complejo ya que no solo hay que tener en cuenta los factores que actúan sino también las respuestas que dichas modificaciones pueden conllevar.

Dentro de los procesos naturales internos o Influencias internas se tienen:

## MODULO N° 1

### Curso virtual: Bolivia, riesgo climático, adaptación y mitigación para la seguridad alimentaria

#### FORO N° 1

- Deriva continental.
- Composición atmosférica.
- Corrientes oceánicas.
- Campo magnético terrestre.
- Efectos antropogénicos.
- Retroalimentaciones y factores moderadores.
- Influencia antropogénica sobre el clima.
- Deforestación.
- Detonaciones nucleares atmosféricas.

#### **Deriva continental**

Hace 225 millones de años todos los continentes estaban unidos, formando *Pangea*, y había un océano universal llamado *Panthalassa*. Esta disposición favoreció el aumento de las corrientes oceánicas y provocó que la diferencia de temperatura entre el Ecuador y el Polo fueran muchísimo menores que en la actualidad.

La tectónica de placas separó los continentes hasta obtenerse la configuración actual. La deriva continental es un proceso sumamente lento, por lo que la posición de los continentes define el comportamiento del clima durante millones de años; no obstante en la definición del clima es necesario tener en cuenta dos aspectos esenciales:

Las latitudes de la masa continental: en las latitudes bajas habrá pocos glaciares continentales y, en general, temperaturas medias menos extremas. Grado de fragmentación de los continentes: los continentes muy fragmentados presentan menos continentalidad.

#### **Composición atmosférica**

La atmósfera primitiva poseía una composición muy parecida a la nebulosa inicial; pero perdió sus elementos volátiles H<sub>2</sub> y He, en un proceso llamado desgasificación, siendo sustituidos por los gases procedentes de las emisiones volcánicas del planeta, especialmente CO<sub>2</sub>, dando lugar a una atmósfera de segunda generación. En esta atmósfera son importantes los efectos de los gases de invernadero emitidos de forma natural en volcanes y sumideros termales; sin embargo la cantidad de óxidos de azufre y otros aerosoles emitidos por los volcanes contribuyeron a enfriar la Tierra.

Con la aparición de la vida en la Tierra aparece la biosfera en la cual gran cantidad de organismos fotosintéticos capturaron gran parte del abundante CO<sub>2</sub> de la atmósfera primitiva y emitieron gran cantidad de oxígeno. Esto fue modificando la atmósfera lo que propició la aparición de nuevas formas de vida

## MODULO N° 1

### Curso virtual: Bolivia, riesgo climático, adaptación y mitigación para la seguridad alimentaria

#### FORO N° 1

aeróbicas que se aprovechaban de la nueva composición del aire; de esta manera se incrementó el consumo de oxígeno y disminuyó el consumo neto de CO<sub>2</sub> llegando al equilibrio y formándose así la atmósfera de tercera generación actual.

#### **Corrientes oceánicas**

Las corrientes oceánicas, o marinas, son un factor regulador del clima que actúa como moderador, suavizando las temperaturas de regiones como Europa. Ejemplo la corriente *termohalina* que, ayudada por la diferencia de temperaturas y de salinidad, se hunde en el atlántico norte.

#### **Campo magnético terrestre**

Las variaciones en el campo magnético terrestre afectan el clima de manera indirecta ya que, según su estado, detiene o no las partículas emitidas por el Sol. Se ha comprobado que en épocas pasadas hubo inversiones de polaridad y grandes variaciones en su intensidad, la cual llega a ser cero en algunos momentos.

En general los polos magnéticos tienden a situarse próximo a los polos geográficos; sin embargo en algunas ocasiones se aproximaron al Ecuador, lo cual influyó en la manera en que el viento solar llegaba a la atmósfera terrestre.

Las variaciones en el campo magnético solar, provoca variaciones en las emisiones de viento solar ya que la interacción de la alta atmósfera terrestre con las partículas provenientes del Sol puede generar reacciones que modifican la composición del aire y de las nubes así como la formación de éstas.

#### **Efectos antropogénicos**

Se llama influencia antropogénica a aquellos efectos producidos por las actividades humanas. El hombre es el último de los agentes climáticos de importancia; incorporándose a la lista hace relativamente poco tiempo. Su influencia comenzó con la deforestación de bosques para convertirlos en tierras de cultivo y pastoreo, y ha llegado a la emisión abundante de gases que producen un efecto invernadero: CO<sub>2</sub> en fábricas y medios de transporte y metano en granjas de ganadería intensiva y arrozales. Actualmente tanto las emisiones de gases como la deforestación se han incrementado hasta tal nivel que parece difícil que se reduzcan a corto y medio plazo, por las implicaciones técnicas y económicas de las actividades involucradas.

Los cambios en el clima derivados de la actividad humana son debidos a la intensificación del efecto invernadero natural, al aumentar la concentración atmosférica de los gases radiactivamente activos y provocar lo que se conoce como un forzamiento radiactivo. Cerca del 60% de este forzamiento es debido al CO<sub>2</sub>, en tanto que el CH<sub>4</sub> contribuye en un 15%, el N<sub>2</sub>O en un 5%, mientras que

## MODULO N° 1

### Curso virtual: Bolivia, riesgo climático, adaptación y mitigación para la seguridad alimentaria

#### FORO N° 1

otros gases y partículas, como el ozono, los HFCs y PFCs, y el SF<sub>6</sub>, contribuyen con el 20% restante.

Es necesario conocer también la importante relación que existe entre las emisiones y la estabilización de sus concentraciones y el largo período de tiempo necesario para alterar, aunque sea ligeramente, las tendencias. Así, centrandó el análisis en el CO<sub>2</sub>, el gas con mayor influencia en las causas del cambio climático, se comprueba que una molécula de este gas una vez emitida permanece en la atmósfera alrededor de cuatro años por término medio, antes de ser captada por un reservorio; aunque la Tierra en su conjunto necesita más de cien años para adaptarse a la alteración de sus emisiones y estabilizar de nuevo su concentración atmosférica. Una vez estabilizada la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>, la temperatura media mundial en la superficie seguiría aumentando durante algunos siglos y el nivel del mar durante varios siglos o incluso milenios. Por tanto, la estabilización de la concentración de CO<sub>2</sub> en un determinado nivel y período de tiempo no significa que se acaben los cambios en el clima.

#### **Deforestación**

Las emisiones humanas aparecen desde las etapas preindustriales con la quema de bosques (CO<sub>2</sub>) y el incremento de la ganadería (CH<sub>4</sub>). Estas emisiones se dividen en dos grupos que actúan de formas contradictorias:

- Gases invernadero: contribuyen al calentamiento global
- Aerosoles: contribuyen al oscurecimiento global y a la polución atmosférica.

#### **Detonaciones nucleares atmosféricas**

Anomalías térmicas durante el siglo XX. Sobre las variaciones anuales se ha ajustado una media móvil de 5 años.

Durante los años 60 y 70 se produce freno en el calentamiento y posteriormente un descenso paulatino de las temperaturas. Este comportamiento coincide con el momento de máximo apogeo nuclear. En las décadas siguientes la mayoría de pruebas son subterráneas y por lo tanto no tienen contribución alguna al efecto que se trata.