

1. DEFINICIÓN.

Se denomina cambio climático a la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional. Los cambios más comunes se hacen notar en parámetros climáticos como: temperatura, precipitaciones, nubosidad etc. Son debidos tanto a causas naturales como antropogénicas.

El término se utiliza de forma poco apropiada de manera que solo se hace referencia a los cambios climáticos dados en el presente como sinónimo de calentamiento global. Solo se usa el término *cambio climático* para referirse al cambio por causas humanas. Se entiende por cambio climático, 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 periodos de tiempo comparables.

Implica cambios en otras variables como las lluvias globales, la cobertura de nubes y todos los demás elementos del sistema atmosférico. La única manera de evaluar estos cambios es mediante el uso de modelos computacionales que simulan la física de la atmósfera y de los océanos.

2. CAUSAS.

El clima es un promedio del tiempo atmosférico. Sobre el clima influyen muchos fenómenos y dichos fenómenos provocan cambios climáticos. Un cambio en la emisión del Sol, en la composición de la atmósfera, en la disposición de los continentes, en las corrientes marinas o en la órbita terrestre puede modificar la distribución de energía y el balance radiactivo del planeta, alterando así el clima de la Tierra.

Dichas influencias se pueden clasificar en externas e internas al planeta.

Las externas también reciben el nombre de forzamientos dado que normalmente actúan de forma sistemática sobre el clima, aunque también los hay aleatorios como es el caso de los impactos de meteoritos. La influencia humana sobre el clima, se considera forzamiento externo ya que su influencia se considera como caótica pero también es cierto que el *Homo sapiens* al formar parte de la biosfera, se puede calificar como forzamiento interno, varía según el criterio que se utilice.

Las causas internas se encuentran una mayoría de factores caóticos. En este grupo, donde se encuentran los factores amplificadores y moderadores que actúan en respuesta a los cambios introduciendo una variable más al problema, ya que no solo se

tiene que tener en cuenta los factores que influyen o actúan, sino también las respuestas que dichas modificaciones pueden conllevar.

3. FACTORES EXTERNOS.

3.1. Variaciones solares.

El Sol es una estrella variable que presenta ciclos de actividad de once años. La temperatura media de la Tierra depende del flujo de radiación solar que recibe, sin embargo, debido a que ese aporte de energía apenas varía en el tiempo, no se considera que sea una atribución importante para la variabilidad climática a corto plazo.

Esto sucede porque el Sol, es una estrella de tipo G en fase de secuencia principal, resultando muy estable, y es además el motor de los fenómenos atmosféricos ya que aporta la energía necesaria a la atmósfera para que éstos se produzcan.

La influencia del Sol sobre el clima está más relacionado con la longitud de cada ciclo, la amplitud del mismo, la cantidad de manchas de solares, la profundidad de cada mínimo solar, y la ocurrencia de dobles mínimos solares separados por pocos años.

Sería la variación en los campos magnéticos y la variabilidad en el viento solar (y su influencia sobre los rayos cósmicos que llegan a la tierra) quienes tienen una fuerte acción sobre distintos componentes del clima como las diversas oscilaciones oceánicas etc. Por otro lado, a largo plazo las variaciones se hacen apreciables ya que el Sol aumenta su luminosidad a razón de un 10 % cada 1.000 millones de años. Debido a este fenómeno, en la Tierra primitiva que sustentó el nacimiento de la vida, hace 3.800 millones de años, el brillo del Sol era un 70 % del actual.

3.2. Variaciones orbitales.

La luminosidad solar, se mantiene constante a lo largo de millones de años, sin embargo no ocurre lo mismo con la órbita terrestre. Dicha órbita varía periódicamente haciendo que la cantidad de radiación que recibe cada hemisferio fluctúe a lo largo del tiempo, y estas variaciones provocan las pulsaciones glaciares a modo de veranos e inviernos de largo periodo. Son los denominados periodos glaciares e interglaciares. La presesión de los equinoccios, la excentricidad orbital y la oblicuidad de la órbita son los 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.

3.3. Impactos de meteoritos.

En raras ocasiones ocurren eventos de este tipo catastrófico que cambian la faz de la Tierra para siempre. El último fue el ocurrido hace 65 millones de años. Se trata de los impactos de meteoritos de gran tamaño, es indudable que éstos fenómenos pueden provocar un efecto devastador sobre el clima al liberar grandes cantidades de CO₂, polvo y cenizas a la atmósfera debido a la quema de numerosos bosques.

De la misma manera, tales sucesos pueden intensificar la actividad volcánica de 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. Tras un impacto suficientemente poderoso la atmósfera cambiaría rápidamente, al igual que la actividad geológica del planeta e incluso, sus características orbitales.

4. FACTORES INTERNOS.

4.1. La deriva continental.

La tierra, ha sufrido muchos cambios desde su origen. Hace 225 millones de años, todos los continentes estaban unidos, formando lo que se conoce como Pangea, y había un océano universal denominado Panthalassa. Esta disposición, favoreció el aumento de las corrientes oceánicas y provocó que la diferencia de temperatura entre el Ecuador y el Polo fuera muchísimo menor que en la actualidad.

Las placas tectónicas son las causantes de la separación de los continentes actuales. El Océano Atlántico, se ha ido formando desde hace 200 millones de años.

La deriva continental, es un proceso lento, por lo que la posición de los continentes, establece el comportamiento del clima durante millones de años.

Hay dos factores a tener en cuenta, por un lado, las latitudes a las que se concentra la masa continental. Si las masas continentales están situadas en latitudes bajas habrá pocos glaciares continentales y, en general, temperaturas medias menos extremas. Así mismo, si los continentes se hallan muy fragmentados habrá menos continentalidad.

4.2. La composición atmosférica.

La atmósfera primitiva, cuya composición era parecida a la nebulosa inicial, perdió sus componentes más ligeros, el hidrógeno (H₂) y el helio (He), para ser sustituidos por gases procedentes de las emisiones volcánicas del planeta o sus

derivados, especialmente dióxido de carbono (CO₂), dando lugar a una atmósfera de segunda generación. En dicha atmósfera son importantes los efectos de los gases de invernadero emitidos de forma natural en volcanes. Por otro lado, la cantidad de óxidos de azufre y otros aerosoles emitidos por los volcanes contribuyen a un efecto contrario, a enfriar la Tierra. Del equilibrio entre ambos efectos resulta un balance radiativo determinado.

4.3. Las corrientes oceánicas.

Las corrientes oceánicas, son un factor regulador del clima que actúa como moderador, suavizando las temperaturas de regiones como Europa. El ejemplo más claro es la corriente termohalina que, ayudada por la diferencia de temperaturas y de salinidad, se hunde en el Atlántico Norte.

4.4. El campo magnético terrestre.

Las variaciones en el campo magnético terrestre, pueden afectar de manera indirecta al clima, 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, llegando a estar casi anulado en algunos momentos.

También se tiene conocimiento de que los polos magnéticos, si bien tienden a encontrarse próximos a los polos geográficos, en algunas ocasiones se han aproximado al Ecuador. Dichos sucesos, tuvieron que influir en la manera en la que el viento solar llegaba a la atmósfera terrestre.

4.5. Los efectos antropogénicos.

El ser humano es hoy en día uno de los agentes climáticos de gran importancia. Su influencia comenzó con la deforestación de bosques para convertirlos en tierras de cultivo y pastoreo, posteriormente su influencia es mucho mayor al producir la emisión abundante de gases que producen un efecto invernadero, el CO₂ en fábricas, medios de transporte, metano en granjas de ganadería intensiva y arrozales...

Actualmente, la emisión de gases como la deforestación son dos factores que han incrementado hasta tal nivel que parece difícil que se reduzcan a corto plazo, por las implicaciones técnicas y económicas de las actividades involucradas.

Los aerosoles de origen antropogénico, especialmente los sulfatos provenientes de los combustibles fósiles, ejercen una influencia reductora de la temperatura. Este hecho va unido a la variabilidad natural del clima.

4.6. Retroalimentaciones y factores moderados.

Muchos de los cambios climáticos importantes se dan por pequeños desencadenantes causados por los factores que se han citado, ya sean forzamientos sistemáticos o sucesos imprevistos. Dichos desencadenantes pueden formar un mecanismo que se refuerza a sí mismo amplificando el efecto. Asimismo, la Tierra puede responder con mecanismos moderadores ("*feedbacks negativos*") o con los dos fenómenos a la vez. Del balance de todos los efectos saldrá algún tipo de cambio más o menos brusco pero siempre impredecible a largo plazo, ya que el sistema climático es un sistema caótico y complejo.

La Tierra ha tenido períodos cálidos sin casquetes polares y recientemente se ha visto que hay una laguna en el Polo Norte durante el verano boreal, por lo que los científicos noruegos predicen que en 50 años el Ártico será navegable en esa estación. Un planeta sin casquetes polares permite una mejor circulación de las corrientes marinas, sobre todo en el hemisferio norte, y disminuye la diferencia de temperatura entre el Ecuador y los Polos.

También hay factores moderadores del cambio. Uno es el efecto de la biosfera y, más concretamente, de los organismos fotosintéticos (fitoplancton, algas y plantas) sobre el aumento del dióxido de carbono en la atmósfera. Se estima que el incremento de dicho gas conllevará un aumento en el crecimiento de los organismos que hagan uso de él, fenómeno que se ha comprobado experimentalmente en laboratorio. Los científicos creen, sin embargo, que los organismos serán capaces de absorber sólo una parte y que el aumento global de CO₂ proseguirá.

Hay también mecanismos retroalimentadores para los cuales es difícil aclarar en que sentido actuarán. Se ha llegado a la conclusión, mediante observaciones desde el espacio, de que el efecto total que producen las nubes es de enfriamiento. Pero este estudio solo se refiere a las nubes actuales.