



Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

TECNICATURA UNIVERSITARIA EN AGROECOLOGÍA

Agroclimatología y Agrometeorología

Medio físico y biósfera

Elementos de meteorología y climatología: tiempo y clima

Cambio climático y variabilidad climática

Medio físico y biósfera

La biosfera es la capa constituida por agua (hidrósfera), tierra (litósfera) y una masa delgada de aire (atmósfera), y en la cual se desarrollan los seres vivos, constituye el agroecosistema, y está determinada por la forma en que los elementos se comportan en la superficie terrestre.

Todos los organismos vivientes necesitan y exigen que la biósfera en que viven les provea o satisfaga ciertas condiciones de temperatura, humedad, radiación solar, etc. Es por ello que los cultivos y/o razas ganaderas posibles en un lugar están determinados por las condiciones atmosféricas favorables o desfavorables. Asimismo, las grandes formaciones vegetales han sido determinadas por los elementos actuantes o el clima. Esto no significa que dos lugares con iguales condiciones atmosféricas, tengan iguales vegetales; pero sí que iguales formaciones vegetales naturales son producto de la actuación de iguales condiciones atmosféricas. Esas mismas condiciones son las que caracterizan otro elemento importante: el suelo. Las condiciones de fertilidad de un suelo dependen de su clase, sus variaciones a través del tiempo, y de cómo inciden las condiciones atmosféricas.

La atmósfera

Los fenómenos agrometeorológicos se desarrollan en la atmósfera y el suelo. Es de sumo interés el intercambio de energía y agua que se opera a través de la superficie de separación entre la atmósfera y el suelo.

La atmósfera es la envoltura gaseosa que rodea a la tierra, y está formada por una mezcla de gases, y otros elementos no gaseosos, como polvo atmosférico, seres microscópicos o partes de seres macroscópicos (Tabla 1).

Tabla 1. Composición gaseosa de la atmósfera

Componentes gaseosos (sobre volumen de aire seco)		Componentes no gaseosos
<i>Componentes fijos</i>	<i>Componentes variables</i>	<i>Polvo atmosférico:</i>
Nitrógeno 78,08 %	Vapor de agua 0 a 4 %	Cenizas volcánicas
Oxígeno 20,94 %	Dióxido de carbono 0,036 %	Tierra muy fina
Argón 0,93 %	Metano 0,00017 %	Hollín
Neón 0,0018 %	Óxido nitroso 0,00003 %	<i>Materia viva</i>
Helio 0,0005 %	Ozono 0,000004 %	<i>microscópica:</i>
Hidrógeno 0,00005 %	Clorofluorocarbono 0,00000002 %	Bacterias, hongos
Criptón indicios		Esporos de hongos
Xenón indicios		Polen

Estos elementos casi no varían en los 12 primeros km; en esa zona los movimientos verticales del aire determinan una mezcla y la consiguiente homogeneidad.

El oxígeno se encuentra como O^0 (en capas superiores), O_2 y O_3 . El O_3 (ozono) es capaz de absorber e interceptar las radiaciones ultravioletas del sol, nocivas para la vida. Ese ozono es de baja concentración en capas bajas, pero entre los 25 y 30 km de altura hay una capa de acumulación.

El CO_2 producido por la respiración de los animales y los vegetales tiene, desde el punto de vista biológico, la importancia de mantener la vida. Desde el punto de vista meteorológico, el CO_2 absorbe la radiación calorífica.

Hay otros constituyentes en el aire puro, por ejemplo el H_2O (puede estar en 3 formas: líquida, gaseosa y sólida, como cristales de hielo, en nubes muy altas). Desde el punto de vista meteorológico es muy importante, pues el agua al pasar de un estado a otro, es una fuente de producción o absorción de energía. Además, el agua absorbe radiaciones caloríficas (infrarroja o de onda larga). Si es líquida absorbe en su totalidad y como vapor también absorbe de manera parcial. La radiación solar de onda corta (visible), al incidir sobre la superficie, calienta la tierra que en forma continua la devuelve en radiación de onda larga (invisible). La tierra, es un cuerpo negro, por lo tanto, liberará calor al espacio. Las moléculas de H_2O que están en la atmósfera absorben ese calor y lo emiten hacia arriba y abajo, devolviendo por lo tanto parte del calor, generando el efecto invernadero natural de la atmósfera, transformándose en un amparo térmico.

Otro componente atmosférico está constituido por elementos no constantes en la atmósfera: las impurezas (sólidas). Son: polvo atmosférico, tierra, hollín (proveniente de las combustiones) y en especial, una cantidad grande de sales; en especial porque allá comienza la condensación del vapor de H_2O . Sin ellas no habría condensación. Normalmente, el vapor de agua, para pasar a líquido, necesita de esas partículas llamadas "núcleos de condensación". No son visibles a simple vista, sino en conjunto, como bruma o niebla seca.

El conjunto de los gases que componen la atmósfera (sin contar las partículas sólidas) son elásticos y compresibles (todos los gases lo son), y ejercen una presión o peso. El aire pesa aproximadamente $1,3 \text{ kg.cm}^{-3}$ (a nivel del mar) y es menos pesado al contener mayor cantidad de agua. El peso del aire se manifiesta sobre la superficie terrestre como presión atmosférica. Si consideramos el espesor de la atmósfera (aprox. 800 km) y el peso del aire, el cálculo del peso total de la atmósfera es de 5.000 billones de toneladas (igual al peso de una capa de agua de 10 m de espesor, que rodeara a la tierra). A medida que ascendemos, la presión atmosférica disminuye, pues disminuye la densidad del aire y el espesor de las capas de gases. Por lo tanto, disminuye considerablemente la presión atmosférica. Si a nivel del mar es aproximadamente de 1 kg.cm^{-2} , a los 5.000 m de altura es la mitad, y a los 10.000 m la cuarta parte.

En la atmósfera se produce también una modificación de la temperatura con la altura, lo que se llama estratificación atmosférica. Esa división tiene en cuenta la temperatura de cada capa y el movimiento prevalente de las corrientes de aire que componen estas capas (Figura 1). En esta estratificación, se encuentran:

Tropósfera (0-12 km): es la parte de la atmósfera caracterizada por los mayores movimientos verticales del aire, que hacen una mezcla total de los gases. Allí se desarrollan la mayor parte de los procesos meteorológicos y principalmente los del agua. Por ejemplo, las nubes más altas están entre los 10 y 12 km de altura. Dentro de la tropósfera, la disminución de la temperatura con la altura es de 0,6 °C por cada 100 m de altura (gradiente¹ normal de temperatura). Esa disminución de la temperatura con la altura obedece a que el aire no se calienta por efecto de la radiación solar, y que solo se enfría o calienta con el contacto con la superficie. Por lo tanto, la temperatura será mayor en la superficie que en capas superiores. El efecto del calor de la superficie terrestre se extiende hasta el fin de la tropósfera, más allá lo determinan otra serie de circunstancias.

Esta capa, y particularmente la capa inferior, es la de mayor interés pues en ella se desarrolla la mayor parte de la vida vegetal, y donde la temperatura, humedad, etc., posibilita la producción agropecuaria.

Tropopausa: límite en el que culmina la tropósfera. Su altura varía entre 8 km en los polos y 12 km en el ecuador. La disminución de la temperatura con la altura termina y comienza una capa donde la temperatura no desciende con la altura.

Estratosfera: se extiende desde la tropopausa hasta 80 km de altura. Se caracteriza por movimientos horizontales del aire. La estratosfera tiene dos zonas:

Isotérmica: entre los 12 y 35 km, en la que no hay variación de la temperatura con la altura

Caliente: entre los 35 y 50 km, donde la temperatura asciende en forma marcada, hasta una diferencia de 130 °C en 10 km (desde -50 hasta +80 °C). Se supone que aquí se disuelven los meteoros. La alta temperatura parece ser como consecuencia de la absorción de radiaciones ultravioleta solares, por el ozono, lo que elevaría la temperatura.

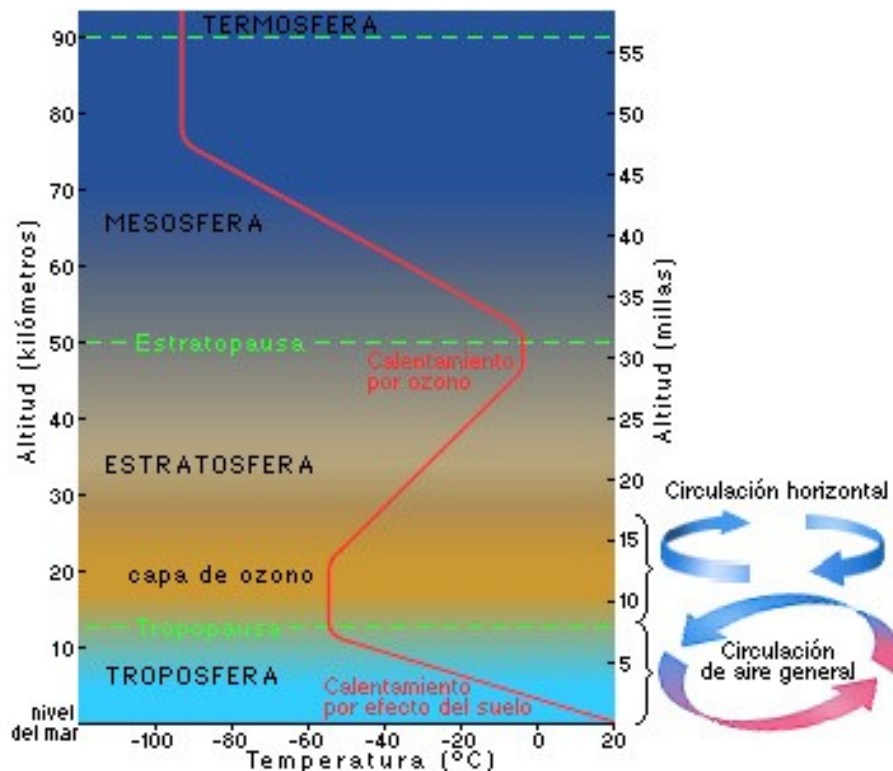
Mesósfera: la temperatura comienza nuevamente a disminuir con la altura y comienza un gradiente casi constante de disminución con la altura.

Ionósfera: hasta los 800 km

Exósfera: la densidad se hace 0, y aunque muy enrarecido, todavía hay aire. Es la zona de la atmósfera donde se desarrollan las auroras ².

¹ Gradiente: variación de un elemento con la distancia vertical u horizontal

² ¿Qué es una aurora?: <https://spaceplace.nasa.gov/aurora/sp/>



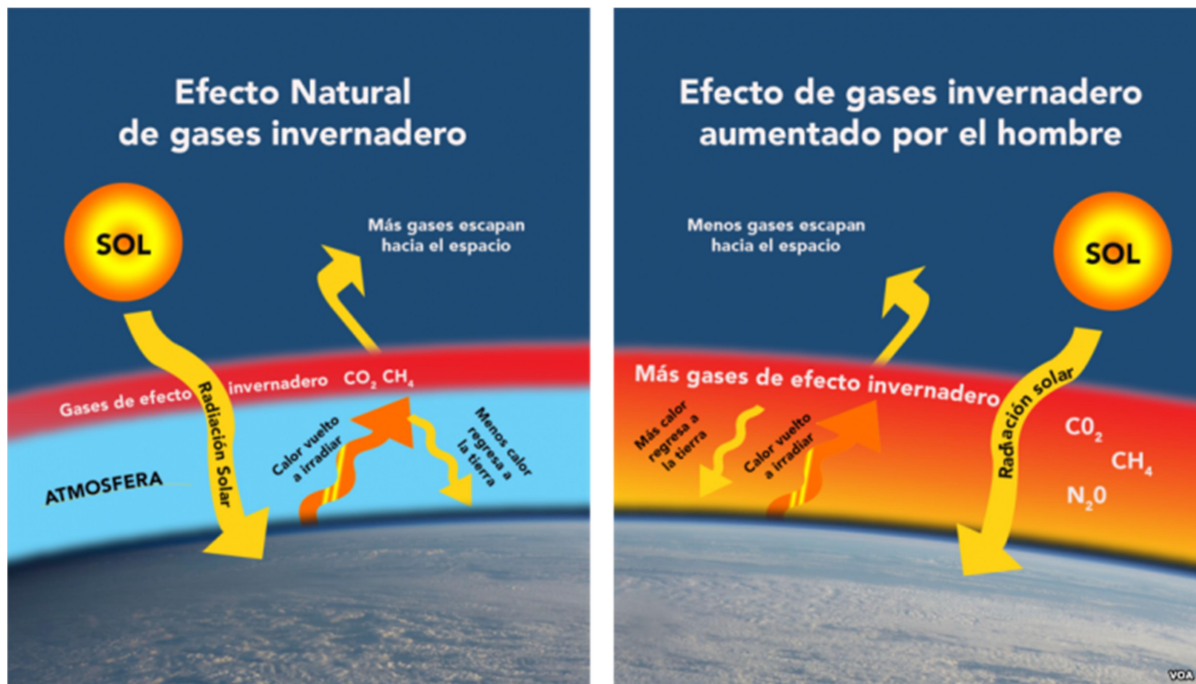
Fuente de la imagen: Capas de la atmósfera. Proyecto Biósfera. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Gobierno de España. Disponible en http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/profesor/galeria_imagenes/images/Gratmosf.jpg

Figura 1. Capas de la atmósfera y variación de la temperatura con la altura

Efecto invernadero

Efecto invernadero natural: fenómeno natural que ocurre en la Tierra, gracias al cual la temperatura del planeta es compatible con la vida. Este efecto se produce por la presencia en la atmósfera de gases con efecto invernadero (GEI), que son aquellos mencionados como de composición variable (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, vapor de agua). Los gases con efecto invernadero permiten, sin mayores obstáculos, la llegada de la radiación solar (radiación de onda corta) a la superficie terrestre, la que se calienta y emite rayos infrarrojos (ondas caloríficas) que son absorbidos y re-emitidos por estos gases. Esto posibilita la vida en la tierra, dado que sin este efecto la temperatura del planeta adquiriría valores de temperatura mayores a 95 °C durante el día y menores a - 180 °C durante la noche, en lugar de permitir que en la superficie terrestre la temperatura media anual se mantenga en el orden de los 14 °C (Figura 2).

Efecto invernadero antropogénico: fenómeno provocado por el hombre, mediante la emisión de gases con efecto invernadero (GEI) que aumentan el fenómeno natural (Figura 2). Estos gases no sólo son importantes por su concentración, sino por el tiempo de permanencia en la atmósfera



Fuente de la imagen. Ecología hoy. Disponible en: <https://ecologiahoy.net/efecto-invernadero/efecto-invernadero/>

Figura 2. Esquema del efecto invernadero natural y antropogénico

En la Tabla 2 se presentan las fuentes naturales y antropogénicas de gases con efecto invernadero.

Tabla 2. Gases con efecto invernadero: fuentes naturales y antropogénicas

GEI	Fuentes naturales	Fuentes antropogénicas
Dióxido de carbono	Erupciones volcánicas Incendios forestales naturales Descomposición de materia orgánica en presencia de oxígeno Respiración	Combustión de combustibles fósiles (cerca del 60% de los GEI antropogénicos) Permanencia en atmósfera: 100 – 150 años
Metano	Humedales Descomposición de materia orgánica en ambientes anaeróbicos Océanos	Extracción y quema de combustibles fósiles Cría de ganado Arrozales Permanencia en atmósfera: 15 años
Óxido nitroso	Acción microbiana sobre compuestos nitrogenados Ecosistemas naturales Océanos	Uso irracional de fertilizantes nitrogenados Quema de combustibles Fabricación del nylon Permanencia en atmósfera: 100 – 150 años
Vapor de agua	Indirectamente influenciada por la acción del hombre, por el aumento de la temperatura	

El suelo

El suelo es el asiento de plantas y el medio de reacciones biológicas. Hay dos elementos o caracteres fundamentales que deben ser estudiados con preferencia: las variaciones de temperatura y las de humedad. Estos elementos y sus variaciones forman el clima del suelo.

El suelo es un sistema disperso con 50 % en volumen de materia sólida (compuestos orgánicos y minerales), 25 % de agua (humedad) y el otro 25 % de aire (Figura 3).



Fuente de la imagen. <https://sites.google.com/site/elsuelogaratreta/home/composicion>

Figura 3. Composición del suelo

La composición del aire del suelo es aproximadamente igual a la de la atmósfera y hay un intercambio constante entre ambos. Sin embargo, el aire del suelo tiene una composición alterada por los procesos de descomposición y respiración que se realizan dentro de ese suelo. Tal es así que el aire del suelo tiene una cantidad aproximada de N de 78 %, pero la cantidad de O es menor (10-20 %), con una cantidad elevada de CO₂ hasta (10-15 % en volumen).

Dentro de todo ese medio constituido por la atmósfera por un lado, y por el suelo por el otro, hay un constante intercambio de energía, es decir de calor. Ese intercambio se opera principalmente a través de la línea límite de capas del aire o atmósfera, y el suelo por la otra. Esa es la superficie activa de intercambio que puede estar constituida por suelo firme, agua, la parte superior de la cubierta de nieve, o de la parte superior de la cubierta vegetal.

Elementos de meteorología y climatología

Tiempo y clima

Clima: estado atmosférico normal medio más frecuente en un lugar. El clima es el conjunto de los estados del tiempo que caracterizan las condiciones atmosféricas en un punto de la superficie terrestre, y que se expresan a través de sus valores medios o promedios normales, valores extremos y frecuencia con que éstos se presentan.

Ejemplo: clima de junio de Buenos Aires, sin hacer referencia a un año determinado. Es decir, se refiere a las condiciones más frecuentes y normales que suelen presentarse en una época del año, en un lugar. El estudio del clima es materia de estudio de la **Climatología**.

El **clima de un lugar**, y los fenómenos que lo rigen, se caracteriza a partir de **datos climáticos** (estadísticas climáticas). Se trata de datos que surgen de trabajar con registros acumulados una serie larga de años (mínimo de 30 años), calculando para un lugar sus valores promedios o normales, probabilidad de que los valores efectivos se aparten más o menos del normal y los límites extremos entre los cuales los apartamientos pueden oscilar.

Tiempo: estado que caracteriza a la atmósfera presente en un momento dado o determinado, en un momento breve (un día, una semana, un mes). Se refiere a un estado transitorio de la atmósfera, que puede ser representativo o no del lugar.

Ejemplo: el día 15 de enero de 2021 en Mendoza fue cálido y seco. El estudio del tiempo atmosférico es materia de estudio de la **Meteorología**.

Para conocer el **tiempo de un lugar**, se trabaja con datos meteorológicos. Son datos puntuales obtenidos en un tiempo breve (una hora, un día, una semana, un mes, un año). Estos datos se utilizan en la confección de cartas del tiempo, pronósticos, , etc.

Tomando como base estas definiciones, la Agroclimatología o Climatología agrícola y la Agrometeorología o Meteorología Agrícola cubren los aspectos del conocimiento de la acción de los procesos atmosféricos (tiempo) y del clima sobre la producción agropecuaria y forestal.

Componentes del tiempo y el clima: elementos y factores

Un clima queda caracterizado cuando se enumeran o expresan categóricamente los valores de los distintos fenómenos meteorológicos que se presentan. Esos componentes que caracterizan el estado de la atmósfera se denominan **elementos**. Los elementos del tiempo y el clima son:

Continuos o permanentes: aquellos que siempre se encuentran presentes en la atmósfera de un determinado lugar, por ejemplo:

- ⇒ Radiación solar
- ⇒ Temperatura
- ⇒ Presión atmosférica
- ⇒ Humedad o estado higrométrico
- ⇒ Evaporación

Discontinuos o aperiódicos: todos aquellos que no poseen una presencia constante en la atmósfera, por ejemplo:

- ⇒ Nubosidad
- ⇒ Precipitación
- ⇒ Viento

Los elementos se pueden presentar con distinta magnitud sobre los distintos lugares, como consecuencia de la acción de los **factores** del clima.

Factores: Son las causas que producen variaciones o modificaciones sobre los elementos. Pueden clasificarse según su origen de la siguiente manera:

Factores de orden astronómico:

Los factores de carácter astronómico inciden fundamentalmente sobre la forma en que se recibe la radiación en la superficie terrestre, y son:

- ⇒ Movimientos de la tierra en el espacio: movimientos de rotación y traslación que determinan las estaciones y la duración de los días y las noches
- ⇒ Latitud: define la posición de un sitio con respecto al sol y, por lo tanto, la inclinación de recepción de los rayos solares sobre la superficie terrestre (podría considerarse también como un factor de orden geográfico)

Factores de orden geográfico

- ⇒ Distribución de tierras y mares: incide sobre la temperatura, dado que ésta se eleva más fácilmente sobre los continentes que sobre los mares. Las pérdidas también son más rápidas sobre los continentes. En función de la proporción de tierras y mares, en el hemisferio sur se menciona un efecto de oceanidad y en el hemisferio norte un efecto de continentalidad. La menor distancia al mar (oceanidad) determina temperaturas más moderadas y con menor oscilación térmica que hacia el interior del continente. Además, con el aumento de la distancia a un océano, disminuye la humedad y por consiguiente las precipitaciones.
- ⇒ Altura sobre el nivel del mar: este factor influye sobre la temperatura y sobre la precipitación. Al aumentar la altitud, la temperatura disminuye 0,65 °C cada 100 m. Por otra parte, cuando los vientos húmedos provenientes de una región encuentran una cadena de montañas, se ven obligados a elevarse. En esa elevación, la masa de aire disminuye su temperatura, y a un determinado nivel puede quedar saturada de

vapor de agua, si el proceso continúa, se inicia la precipitación. Así, en las laderas expuestas a vientos húmedos, la cantidad de lluvia aumenta con la altura hasta aproximadamente los 900 a 2500 msnm; y a partir de esa altura disminuye abruptamente por el bajo nivel de humedad. Por otra parte, en los altiplanos, la atmósfera es poco densa y muy transparente. De esta manera, la cantidad de calor que reciben durante el día es muy grande, produciendo también grandes pérdidas de calor por la noche.

- ⇒ Corrientes marinas u oceánicas: son movimientos de masas de agua que se dan en los océanos o en los mares más extensos. Su formación se debe al movimiento de rotación de la tierra, los vientos, la geografía de los continentes y las diferencias de salinidad o temperatura. Pueden ser frías o cálidas e inciden sobre la distribución de la temperatura, influyendo sobre las isotermas³ anuales. Según su característica, influyen sobre la temperatura de los territorios a los que se aproximan. Por ejemplo, paralela a la costa de Chile y Perú existe una corriente fría que corre de sur a norte, determinando que la costa del Pacífico en Sudamérica tenga una temperatura media anual más baja que las costas del Atlántico.
- ⇒ Barreras orográficas: la presencia de cadenas montañosas influye sobre la distribución de las lluvias, por las causas que se explicaron cuando se desarrolló la influencia de la altitud sobre los elementos del tiempo y el clima. Ocasionalmente, sobre los grandes sistemas montañosos pueden desarrollarse vientos fuertes, intensos, secos, cálidos.

Factores de orden meteorológico

- ⇒ Distribución de la presión atmosférica sobre la superficie terrestre: las diferencias de presiones entre regiones vecinas dan origen a los vientos. El viento sopla siempre desde las altas hacia las bajas presiones. Los vientos pueden contener humedad variable, según provenga de lugares con masas de agua o no, por lo que, dependiendo de esto, pueden darse precipitaciones o no. El viento puede modificar también las condiciones térmicas de un lugar.

Factores de orden local o microfactores

A nivel local pueden darse condiciones de relieve, tipo de suelo, cobertura del suelo, etc. que van a actuar sobre la forma en que se recibe la radiación solar y su cantidad, así como en el grado de exposición a los vientos dominantes, entre otros elementos. Así, son de importancia: la topografía local, el tipo de suelo (arenoso, arcilloso, agua, hielo) y el tipo de cobertura de la superficie (cubierta vegetal, hielo, nieve).

³ Isoterma: línea que en los mapas meteorológicos une los puntos de lugares de la superficie terrestre que tienen la misma temperatura media anual.

Cambio climático y variabilidad climática: concepto, implicancias en la producción agropecuaria⁴

El clima ejerce una enorme influencia en la naturaleza y en nuestras vidas, determina en gran medida la fauna y la flora de cada lugar, la cantidad de agua dulce disponible, los cultivos e incluso influye en la cultura y medios de vida de cada región del mundo.

Pero, ¿Qué se entiende por cambio climático y variabilidad climática? Es interesante diferenciar estos dos conceptos. Cuando se habla de **cambio climático** se hace referencia a variaciones importantes en alguno de los componentes del sistema que producen una alteración en su equilibrio, dando lugar a un equilibrio nuevo, el sistema no vuelve ya a su estado anterior, estos cambios se mantienen en el tiempo y en el espacio.

Contrariamente, se denomina **variabilidad climática** a perturbaciones que oscilan alrededor de un valor climático medio. Se refiere a cambios que se dan en forma aleatoria o con una periodicidad de pocos años. Un ejemplo de variabilidad climática es el fenómeno ENSO (El Niño Oscilación Sur, siglas en inglés).

El ENSO se refiere tanto al evento de El Niño como de La Niña, es cíclico, tiene inicio y tiene fin. Su intensidad está dada por el nivel de calentamiento que tiene el océano Pacífico tropical en una región específica utilizada como referencia

Cambio climático

Según científicos del Panel Internacional sobre Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), si la tendencia observada hasta la actualidad continúa, la temperatura global aumentará entre 3 °C y 5 °C para el año 2100 con respecto a los niveles preindustriales. Este aumento de la temperatura producido fundamentalmente, por efecto invernadero antropogénico trae graves consecuencias en los distintos sistemas.



⁴ Material elaborado por la Dra. María Pincioli



Estas consecuencias consisten en modificaciones en los patrones de lluvia, el alza en el nivel del mar, la reducción y la pérdida de la criósfera y los cambios en la ocurrencia e intensidad de los eventos climáticos extremos, como aumento en la frecuencia y duración olas de calor, sequías e inundaciones debido al aumento en la frecuencia, intensidad y cantidad de episodios de precipitaciones intensas a escala mundial.

Manifestaciones del cambio climático

Según los expertos, las acciones que deben seguirse son la mitigación y la adaptación. Se entiende por **mitigación** al conjunto de acciones humanas que buscan reducir la emisión de gases efecto invernadero (GEI) y mejorar sus sumideros y **adaptación** es el proceso de ajuste al clima actual o esperado y sus efectos.

Entre las medidas de mitigación pueden mencionarse: impulsar proyectos de mayor eficiencia y de cambio en la matriz energética, reducir las emisiones generadas por la deforestación y la degradación de bosques, el establecimiento de fondos y fideicomisos verdes con la finalidad de financiar la adquisición de nuevas tecnologías aplicables a los sectores productivos que generan mayor contaminación. La participación en el mercado de carbono y la aplicación de impuestos sobre las emisiones de carbono (aunque estos instrumentos aún no tienen una presencia importante en América Latina).

Entre las medidas de adaptación figuran: generar fuentes de energía renovable, sistemas de transporte más eficientes, motores eléctricos más eficientes, ciudades más arboladas, manejo forestal sostenible, gestión de residuos y dentro del sector agrícola: recuperación de pastos degradados con pasturas mejoradas, conservación de la biodiversidad, manejo silvopastoril, producción agrícola en invernaderos para protección de cultivos, manejo integrado y ecológico de plagas, mejora de los reservorios de agua y de la infraestructura para la captación de agua de lluvia.

Finalmente, es importante pensar que los impactos del cambio climático son heterogéneos en la población y generalmente impactan con mayor fuerza a aquella población que pertenece a los grupos de ingresos más bajos, a la población infantil y a la población de edad avanzada, a pesar de que ellos no sean los principales emisores de GEI, pero también impactan en nuestra economía como nación.

Bibliografía:

Castillo, F.E. y Castellvi Sentis, F. 1996. La atmósfera. Composición y distribución vertical. En: Castillo, F.E. y Castellvi Sentis, F. (Coord.). Agrometeorología. Madrid, España: Ediciones Mundi-Prensa. pp. 23-30.

De Fina, A.L. y Ravelo, A.C. 1973. Climatología y Fenología Agrícolas. Buenos Aires, Argentina: EUDEBA.

Garabatos, M. 1991. Temas de Agrometeorología. Tomo 1: Naturaleza de la Agrometeorología. Unidad de Agrometeorología. Buenos Aires, Argentina: Edición del Consejo Profesional de Ingeniería Agronómica. 98 pp.

Murphy, G.M. y Hurtado, R.H. 2013. Agrometeorología. Buenos Aires, Argentina: Editorial Facultad de Agronomía.

Cepal - Unión Europea 2022. Medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe
https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/sintesis_pp_cc_medidas_de_mitigacion_y_adaptacion.pdf

Cepal (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2014. La Economía del Cambio Climático en América Latina y el Caribe. Paradojas y Desafíos del Desarrollo Sostenible, Naciones Unidas, Santiago, Chile.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2013: The Physical Science Basis: Final Draft Underlying Scientific Technical Assessment, Stockholm, Sweden.

IPCC 2018. 48ª reunión del ICPP, Resumen Técnico
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/SR15_Summary_Volume_spanish.pdf