

Variabilidad climática

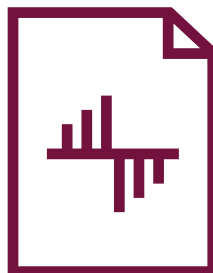
Dra. Cecilia Fonseca Rivera
INSTITUTO DE METEOROLOGÍA



COLECCIÓN
ENTENDIENDO
EL CAMBIO CLIMÁTICO



Variabilidad climática



Dra. Cecilia Fonseca Rivera
INSTITUTO DE METEOROLOGÍA



COLECCIÓN
**ENTENDIENDO
EL CAMBIO CLIMÁTICO**

**Autor:**

Dra. Cecilia Fonseca Rivera
cecilia.fonseca@insmet.cu

Diseño:

Carlos L. Mesa Vera
Alfredo Aguilera Torralbas

El contenido de este material solo refleja la opinion del autor

Se autoriza la reproducción parcial o total de esta obra, citándola de forma siguiente:

Fonseca, C, 2019: Variabilidad climática. ISBN: 978-959-300-158-8. Editorial AMA.

Realizado con la contribución del Proyecto Tercera Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Proyecto GEF/PNUD.

Índice

Prólogo / 5**Introducción / 9****Conceptos básicos relacionados con la Variabilidad climática / 13**

El concepto de tiempo y clima / 13

Sistema Climático / 14

Valor medio o promedio y normal climatológica / 18

Escalas de Variabilidad climática / 21

Variabilidad estacional / 21

Variabilidad Intraestacional / 22

Variabilidad Interanual / 23

Variabilidad Interdecadal / 23

¿Por qué se producen estas variaciones en el clima? / 25**¿Por qué es importante conocer las variaciones climáticas? / 27****Variabilidad interanual del sistema océano - atmósfera.
El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) / 31****Impactos del ENOS en Cuba / 37**

El ENOS, la circulación atmosférica y los elementos climáticos en Cuba / 37

Un ejemplo de los impactos del ENOS en Cuba, el evento 2015-2016 / 39

**Impactos de la Variabilidad climática y estrategias de respuesta:
un reto para la sociedad cubana / 43****Bibliografía / 48**



●●● Prólogo

Prólogo

Esta demostrado científicamente que el cambio climático es la mayor de las amenazas medio ambientales que enfrenta la humanidad. Un reciente artículo publicado por la Revista *BioScience*¹, declara que se producirá una emergencia ambiental debida a este fenómeno. Ese artículo, avalado por la firma de más 11 mil científicos de 153 países, indica que el cambio climático “provocará un sufrimiento humano no revelado”, si no se producen cambios profundos y duraderos en las emisiones de gases de efecto de invernadero.

A pesar de 40 años de negociaciones mundiales, el cambio climático transcurre de manera más acelerada que lo previsto por la comunidad científica. También es un hecho que el propósito de los Acuerdos de París de evitar transgredir la frontera de los 2°C, parece ser una ilusión inalcanzable. Las alternativas para enfrentar la crisis continúan siendo la mitigación y la adaptación. Para países como Cuba, la adaptación es la senda de mayor prioridad, tal y como se propone el Programa del Estado Cubano para el Enfrentamiento al Cambio Climático (Tarea Vida).

Cuba se ha mantenido en la vanguardia de los estudios sobre los impactos y las medidas de adaptación al cambio climático. Desde 1991 los resultados alcanzados han sido el sustento de las medidas de mitigación y adaptación que se implementan. Pero el camino aun es largo, pues se requieren mayores precisiones, nuevos métodos de análisis y un abordaje más integrador para responder a preguntas cada vez más complejas.

¹ William J Ripple, Christopher Wolf, Thomas M Newsome, Phoebe Barnard, William R Moomaw. **World Scientists' Warning of a Climate Emergency.** *BioScience*, 2019; DOI: 10.1093/biosci/biz088.

Para enfrentar de manera exitosa los impactos adversos del cambio climático, es imprescindible entender mejor este fenómeno. La adaptación al cambio climático es un proceso de visión estratégica al futuro, que debe iniciarse desde el presente y fundamentarse en modelar cómo funcionarían los ecosistemas naturales y humanos bajo la influencia de un nuevo estado climático. Entender mejor el fenómeno no es una acción exclusiva de los científicos; significa que todos los actores de la sociedad deben comprender de qué se trata y cómo se debe responder.

Esta serie es una iniciativa del proyecto GEF/PNUD *“Tercera Comunicación Nacional y Primer Reporte Bienal a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático”*, en la cual han participado reconocidos investigadores y especialistas. Es contribución al entendimiento de diferentes aspectos del cambio climático, que en su mayoría son muy complejos.

Dr. Eduardo O. Planos Gutiérrez
Director Proyecto 3CN+1BUR





●●● Introducción

Introducción

El cambio climático² es uno de los temas más relevantes de las ciencias medioambientales en la actualidad. El conocimiento científico acumulado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), adiciona mayor interés al confirmar en su más reciente evaluación, la conclusión de que muchos de los cambios observados desde la década de 1950 no tienen precedentes en décadas y hasta milenios y que el calentamiento observado se debe a las influencias antrópicas en el sistema climático (IPCC, 2013).

No cabe dudas de la importancia y actualidad del tema, sobre todo si se tiene en cuenta que los impactos asociados tendrán serias implicaciones para el bienestar y seguridad de las generaciones presentes y futuras. Sin embargo, hay que decir que alrededor del “cambio climático” en ocasiones existe mucha confusión y está dada por la falsa interpretación de las variaciones que de manera natural se producen en el clima a más corto plazo, sobre las que se superpone cualquier cambio en el clima a largo plazo.

Por ejemplo, cuando pasan por delante de nuestras miradas escenas de lluvias intensas, ciclones, huracanes, sequías, años extraordinariamente cálidos e incluso terremotos, en no pocas ocasiones se afirma que son originados por el cambio climático. Lo cierto es que estos eventos (excepto los terremotos) forman parte de la variabilidad natural del clima, la cual se describe por procesos naturales y no creados por la acción del hombre y que

² La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en su artículo ¹, define el cambio climático como “cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”. La CMNUCC diferencia, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.

son capaces de establecer extremos en los diferentes elementos climáticos que pueden originar impactos perjudiciales para la sociedad, la economía y el medio ambiente.

Desde la formación del planeta y de la propia vida del hombre hasta la actualidad, este ha estado ligado a las modificaciones del clima. De manera tal, que ha condicionado desde sus hábitos y costumbres hasta cómo se ha organizado la sociedad. Así por ejemplo, a través de los años, estos fenómenos naturales, se han relacionado con el estado de ánimo de Dioses e incluso eran considerados como castigo de estos. A tal punto que se les llegaba a ofrecer rogativas y sacrificios humanos para evitar el agravamiento del hambre con la consecuente muerte de animales y personas.

Hoy existen evidencias también que el colapso y abandono final de una civilización tan antigua como la “Maya”, al parecer estuvieron asociados a factores relacionados con extremos en el clima y el ambiente, sobre todo en la región Puuc. Quiere esto decir, que a pesar de la desaparición de determinadas culturas, si existe vida hoy en el planeta, es porque de alguna manera los humanos han tenido que aprender a vivir con las variaciones en las condiciones climáticas o lo que es lo mismo adaptarse; de lo contrario la especie humana habría desaparecido. Por lo tanto, los comportamientos extremos del clima por sí solos no constituyen fundamento válido para hablar de cambio climático ya sea natural o antrópico, esto sólo es posible cuando se modifican sus patrones normales y cambian sus tendencias en períodos largos de tiempo.

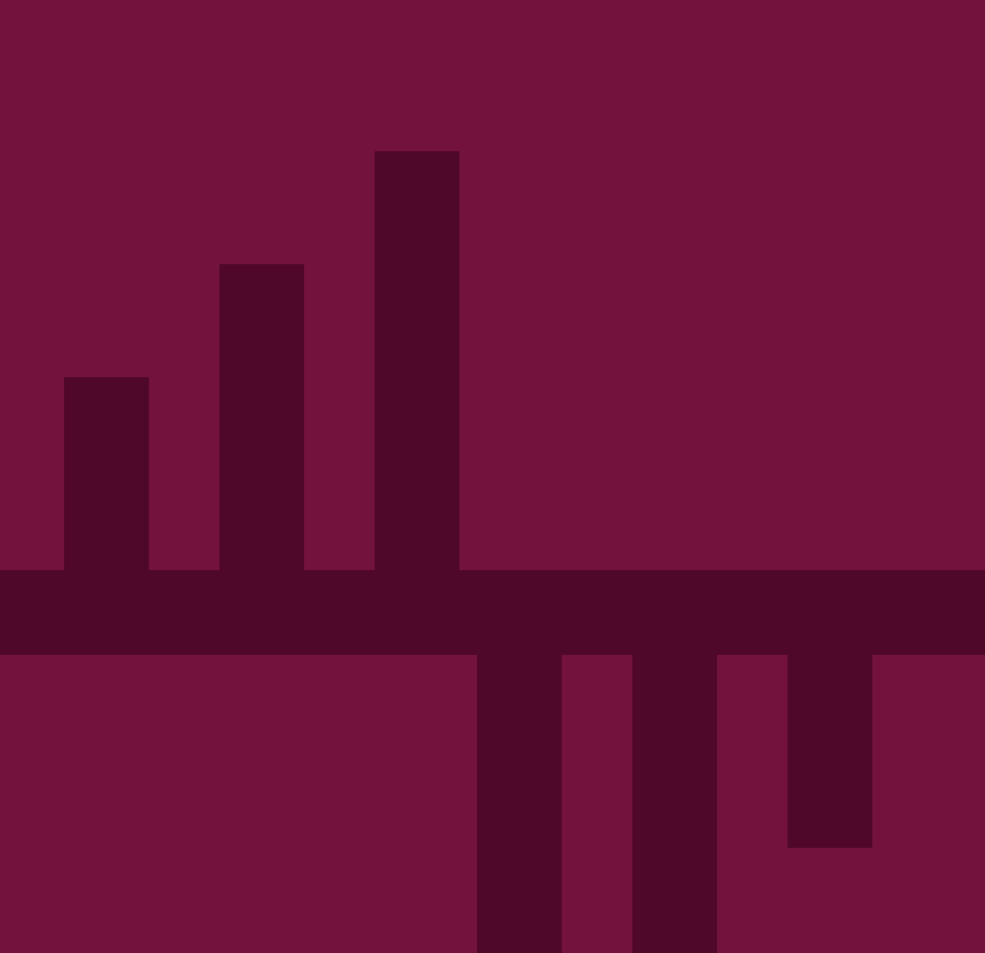
Todo lo anterior nos conduce a pensar cuán difícil resulta establecer o identificar fronteras entre variabilidad y cambio climático e incluso distinguir entre los respectivos impactos. Sin embargo, las evidencias indican que el clima de la tierra se ha visto afectado por factores naturales y antrópicos, hoy claramente identificados y que aunque no es tarea fácil, de alguna manera marcan la diferencia. De igual forma, el clima tiende a cambiar muy lentamente, lo cual no significa que no experimente fluctuaciones a corto plazo en escalas de tiempo estacionales o multiestacionales.

Hay muchas cosas que hacen que la temperatura fluctúe alrededor del promedio sin que cambie a largo plazo. Este fenómeno es la variabilidad del clima y cuando los científicos hablan de ello, generalmente se refieren a períodos de tiempo que van desde meses hasta 30 años (OMM, 2014). No obstante, el desafío sigue siendo comprender de manera adecuada cuáles y cómo han sido las variaciones que de forma natural se producen en el clima en determinadas escalas espaciales y temporales, para así poder entender los cambios en dicho clima a más largo plazo.

El desconocimiento de las variaciones climáticas y de los posibles impactos que generan daños, con elevados costos asociados, no favorecen el proceso de adaptación, el cual puede utilizarse como un proceso anticipatorio que asegura una reducción continuada de la vulnerabilidad, sobre todo si se tiene en cuenta que la adaptación es un proceso continuo (Centella *et al.*, 1997). Aunque en términos generales hablar de variabilidad y cambio climático en nuestro país no resulta desconocido para muchos, en reiteradas ocasiones se producen falsos entendimientos y se tiende a confundir ambos términos.

Esto trae aparejado una baja percepción del riesgo, sobre todo cuando se trata de las variaciones que a más corto plazo se producen. Es por ello que se realiza este documento, que con un lenguaje claro y sencillo, intenta explicar aspectos básicos relacionados con la variabilidad natural del clima en períodos cortos de tiempo y los fenómenos asociados. Con esto se explica que la variabilidad climática no es un fenómeno del mañana, sino una realidad del día a día que influye en el quehacer cotidiano de todos y tenemos que enfrentar y estar preparados para ello. Para entender el cambio climático, hay que entender la variabilidad del clima.

Para adentrar al lector en el tema, es necesario introducir algunos conceptos básicos que son indispensables para lograr una mejor comprensión de todo el proceso relacionado con la variabilidad y el cambio climático. Lo primero que hay que entender es la diferencia entre tiempo y clima, que es común que se utilicen indistintamente cuando existen grandes diferencias entre ellos, a pesar de que en sentido general están muy relacionados.



●●● **Conceptos básicos relacionados con la Variabilidad climática**

Conceptos básicos relacionados con la Variabilidad climática

EL CONCEPTO DE TIEMPO Y CLIMA

Tiempo atmosférico

A las condiciones de la atmósfera en un lugar determinado y en un período de tiempo relativamente corto, que es de días a unas pocas semanas, se le denomina tiempo atmosférico. Por ejemplo, los chubascos que se producen en las tardes de verano asociados al calentamiento diurno, las bajas temperaturas que acompañan el paso de los frentes fríos o los fuertes vientos que acompañan a los ciclones tropicales, se asocian con este término. Otro ejemplo práctico es el que se escucha a diario por la radio o la TV:

...Hoy en La Habana el día estuvo parcialmente nublado y nublado en la tarde con aislados chubascos y tormentas eléctricas. El día fue cálido con temperaturas máximas entre 32 y 35 grados Celsius. Los vientos fueron variables débiles y en la tarde soplaron del nordeste al este en zonas de la costa norte, entre 10 y 25 kilómetros por hora...

De esta manera es posible percatarse que el tiempo atmosférico tiene una alta variabilidad, que se refleja en el hecho de que en ocasiones puede sentirse mucho calor en cualquier mañana de verano, mientras en la tarde el panorama cambie bruscamente en cuestión de minutos (Paz *et al.*, 2008).

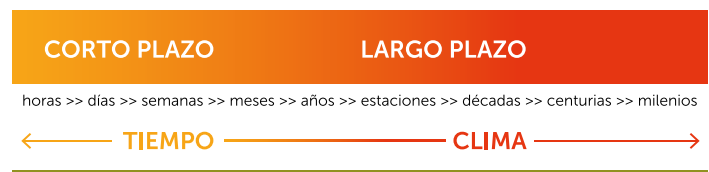
Clima

El clima se define, como el tiempo atmosférico promedio en una región, para un período relativamente largo de tiempo, por

lo general de meses, años y más. Es decir, que cuando se habla del clima de un lugar, se hace referencia al conjunto de condiciones meteorológicas que con más frecuencia se presentan en ese lugar. Por lo tanto sus características son más estables y duraderas, lo que también permite diferenciar un término de otro.

Si bien esta definición es sencilla y práctica, considera al clima sin mayores variaciones a través del tiempo, lo cual no es realmente así. Su significado efectivo hace referencia al conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evolución del tiempo en una porción determinada del espacio. Esta definición recoge de manera clara las tres características más relevantes del clima: a) que no es estático y está compuesto por fluctuaciones³, b) que es una expresión del comportamiento de la atmósfera y c) que hace referencia a una zona o porción determinada del espacio. El gráfico que se presenta a continuación permite ilustrar claramente la diferencia entre tiempo y clima.

Representación esquemática de la diferencia entre los conceptos de tiempo y clima.

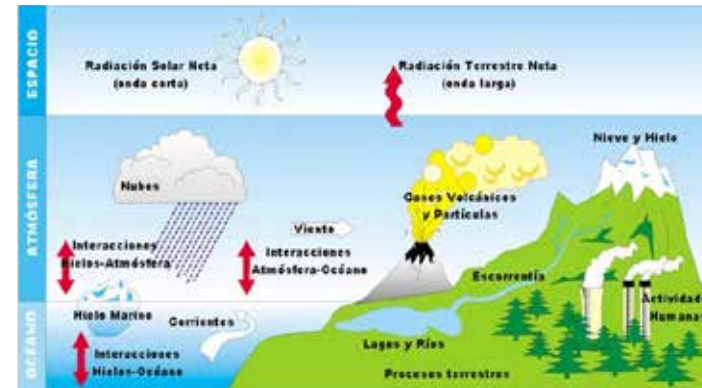


SISTEMA CLIMÁTICO

Cuando se habla de clima, lo primero que viene a la mente es la atmósfera (capa gaseosa que envuelve a la Tierra), porque es el componente que de manera más obvia lo caracteriza, sin embargo, este no está asociado exclusivamente con lo que su-

³ Fluctuación climática: Inconstancia climática que consiste en cualquier forma de modificación sistemática, sea regular o irregular, a excepción de la tendencia o de la discontinuidad. Está caracterizada por al menos dos máximos (o mínimos), y un mínimo (o máximo), incluidos los situados al principio y al final de la serie.

cede en la atmósfera. Los procesos atmosféricos están relacionados con lo que ocurre en la superficie terrestre (el suelo), la hidrosfera (tanto el agua dulce como salada en estado líquido), la criosfera (el agua en estado sólido, capas de hielo y nieve) y la biosfera (los seres vivos que habitan la Tierra) y cada uno de ellos integran lo que se conoce como el sistema climático.



Todos estos componentes juegan un papel fundamental en la conformación del clima de la tierra. Esto quiere decir que el clima es el resultado de las interacciones y retroalimentaciones⁴ que se producen entre los 5 componentes del sistema. Por lo tanto, dada la naturaleza compleja de estas interacciones, su comportamiento resulta muy dinámico y no lineal, lo cual refuerza una de las características relevantes del clima enunciadas en el concepto anterior. Asimismo, la regulación de este va a estar en función del intercambio de masa y energía que se produzca entre ellos, a través de ciclos biogeoquímicos⁵.

⁴ Retroalimentación: Positiva cuando el resultado de la interacción es una amplificación de la perturbación y es Negativa cuando el resultado de la interacción es una disminución de los efectos de la perturbación.

⁵ Ciclo Biogeoquímico: Movimiento de los elementos de nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, calcio, sodio, azufre, fósforo, potasio, carbono y otros elementos entre los seres vivos y el ambiente (atmósfera, biomasa, y sistemas acuáticos) mediante una serie de procesos: producción y descomposición.

Un buen ejemplo para ilustrar esta interacción es la evaporación, la cual constituye una de las vías de acople entre la atmósfera y el océano. A través de la evaporación que se produce desde los cuerpos de agua existentes en la superficie terrestre, se transfiere a la atmósfera el vapor de agua necesario para que se produzca la condensación, la precipitación y el escurrimiento, es decir, parte de la energía para el ciclo hidrológico.

Otro ejemplo son los volcanes, los que en su proceso de actividad lanzan a la atmósfera gran cantidad de materia y energía que incrementan la turbidez del aire. Las partículas y gases de sulfuros incorporados a la atmósfera, forman los llamados aerosoles⁶ que tienen efecto en el balance de radiación de la atmósfera y por consiguiente sobre el clima de la Tierra. Todas estas interacciones entre los componentes del sistema climático influyen en la variabilidad del clima a diferentes escalas espaciales y temporales y con diferentes periodicidades.

Se introduce aquí el término variabilidad que se utiliza para denotar las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, entre otros) del clima en todas las escalas espaciales y temporales, más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropógeno (variabilidad externa) (IPCC, 2013).

La variabilidad climática hace referencia a las fluctuaciones del clima durante períodos de tiempo corto, lo cual la diferencia del cambio climático. Se mide a partir de la determinación de las anomalías, que no son más que las diferencias entre el valor registrado de la variable y su promedio histórico. Por lo tanto, la variabilidad se refiere a los valores por encima y por debajo del promedio histórico de las variables climatológicas (temperatura, presión atmosférica, humedad, precipitación, entre

⁶ Aerosoles: partículas muy pequeñas de líquido o sólido que quedan suspendidas en el aire.

otros) en un período de tiempo determinado (mes, año, estación, entre otros).

Cuando la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de diferencia alrededor del promedio es grande (o pequeño) se dice que hay una gran (o poca) variabilidad. Por ejemplo en el gráfico que representa las anomalías de la precipitación mensual para Cuba en el período 1990-2018 con respecto a los valores normales para el período 1971-2000, es posible ver la gran variabilidad de la lluvia a esa escala. Se pueden distinguir fácilmente cómo alternan meses secos y húmedos, es decir, por debajo y por encima del valor medio y normal, respectivamente. Estos picos representan la ocurrencia de los fenómenos extremos que constituyen la característica más evidente del clima y han sido motivo de grandes preocupaciones a través de los años, no sólo para científicos y decisores, sino para la población en general. Este tipo de variación se presenta en diferentes escalas temporales que se detallarán más adelante.

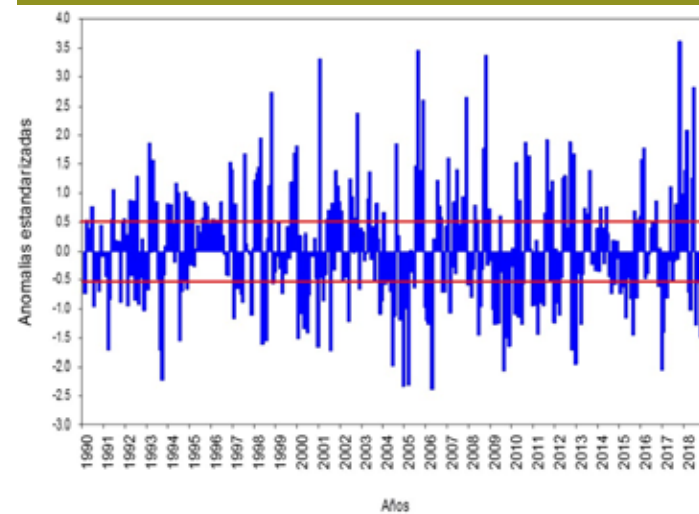


Gráfico que representa las variaciones de la precipitación mensual en Cuba, en el período 1990-2018, expresadas a partir de las anomalías de la precipitación.

VALOR MEDIO O PROMEDIO Y NORMAL CLIMATOLÓGICA

Cuando se habla de anomalías para hacer referencia a las desviaciones de una variable con respecto a los promedios a largo plazo, necesariamente hay que introducir los términos valor medio o promedio y normal climatológica. En ocasiones estos términos suelen utilizarse indistintamente, sin embargo, aunque no están formalmente definidos, su significado es claro y pueden ser fácilmente diferenciados. Según el Reglamento Técnico y la Guía de Prácticas Climatológicas de la Organización Meteorológica Mundial:

- **Medias o normales provisionales:** Valor medio de los valores mensuales de los datos climatológicos (que pueden ser valores medios o totales mensuales) durante cualquier período de tiempo especificado (sin definición específica).
- **Medias de un período:** Medias de los datos climatológicos calculadas para cualquier período de por lo menos diez años que comience el 1 de enero de un año que acabe en 1.
- **Normales:** Medias calculadas al tomar un período uniforme y relativamente largo que comprende por lo menos tres períodos consecutivos de diez años.
- **Normales climatológicas estándares:** Medias de datos climatológicos calculadas para períodos consecutivos de 30 años, que abarcan desde un año que termina en 1 hasta un año que termina en 0: desde el 1 de enero de 1901 hasta el 31 de diciembre de 1930, desde el 1 de enero de 1931 hasta el 31 de diciembre de 1960, y así consecutivamente.

A partir del reconocimiento de la realidad de un “clima cambiante”, se identificaron normales climatológicas reglamentarias las que se definen similarmente a las normales estándares pero con la particularidad de que se actualizan cada diez años. Es decir, las normales de períodos consecutivos de 30 años incluyen del 1 de enero de 1981 al 31 de diciembre de 2010, del 1 de enero de 1991 al 31 de diciembre de 2020 y así sucesivamente. El he-

cho de que todos los países calculen este indicador, tan pronto finalice el último decenio, ofrece una base homogénea para las comparaciones, que en la actualidad, se realizan a nivel global.

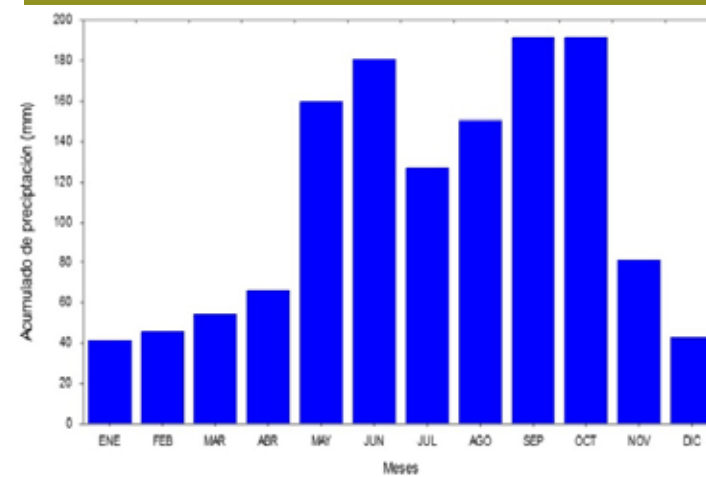
Por otra parte, a partir del reconocimiento de la necesidad de establecer una base estable para la evaluación a largo plazo del cambio climático y de la variabilidad del clima, se definió un período de referencia fijo de 30 años que abarca del 1 de enero de 1961 al 31 de diciembre 1990. Este período de referencia reglamentario es el que se promueve para cuando se desea comparar el cambio climático y la variabilidad del clima en todos los países. Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), debe permanecer fijo para siempre o hasta que exista un motivo científico convincente para cambiarlo.

Como puede apreciarse las medias o valores promedios no tienen en cuenta un período uniforme para su cálculo, mientras las normales sí. En el primer caso, aunque son utilizadas dada la poca disponibilidad de información que en muchos casos existe, está demostrado que ofrecen una descripción incompleta del clima. Es por ello que hoy es ampliamente difundido y generalizado el criterio de que las normales climatológicas, actualizadas frecuentemente, dan una idea más precisa de las características del clima de un lugar. Por lo tanto, sirven de referencia para comparar las observaciones recientes y caracterizar el clima actual (norma más reciente- 1981-2010 en este caso) y garantizan, además, la compatibilidad entre los datos de las diferentes estaciones.

Escalas de Variabilidad climática

Escalas de Variabilidad climática

Como se mencionó en párrafos anteriores, el tiempo y el clima, siguiendo la marcha del sol, varían en diferentes escalas temporales y espaciales. Estas variaciones van desde fenómenos de pequeña escala como los tornados, hasta fluctuaciones de mayor escala como la milenaria. Dentro de las variaciones temporales que influyen en los diferentes procesos atmosféricos, las más conocidas y relevantes son las que a continuación se detallan.



Ciclo anual de la precipitación en Cuba. Período lluvioso: mayo-octubre y período poco lluvioso: noviembre-abril.

VARIABILIDAD ESTACIONAL

Está referida a la evolución del clima entre las estaciones del año. En el caso de los países situados en las latitudes tropicales, como

es el caso de Cuba, el clima evoluciona o está caracterizado por la alternancia de una temporada cálida y lluviosa de mayo-oc-tubre seguida por otra menos cálida y poco lluviosa de noviem-bre-abril, como se aprecia en la imagen. En latitudes medias, la variabilidad a este nivel está referida a la secuencia de las esta-ciones de invierno, primavera, verano y otoño. En ambos casos la gran mayoría de las actividades socioeconómicas dependen del conocimiento de esta variación, como las agrícolas, energéticas, de diversión, entre otras.

En Cuba esta variabilidad está asociada a los cambios en posi-ción e intensidad del Anticiclón Subtropical del Atlántico Norte, con el consecuente proceso de intensificación y debilitamiento de los vientos de región nordeste o Alisios asociados, que expli-can por ejemplo un determinado porcentaje de la variabilidad de la lluvia. Lo más importante de esa fluctuación estacional es la disminución de la influencia anticiclónica atlántica sobre el país, en invierno. En esta época del año la irrupción de los sis-temas de tiempo extratropicales que imponen una significativa frecuencia de sistemas frontales, invasiones de aire frío y otros eventos propios de latitudes más altas, incrementan considera-blemente el contraste estacional entre los elementos climáticos (Centella *et al.*, 1997).

VARIABILIDAD INTRAESTACIONAL

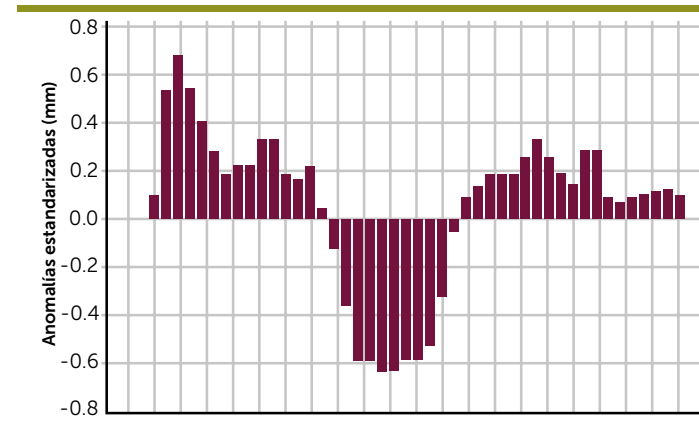
Como su nombre indica, estas son las fluctuaciones que se pre-sentan dentro de las estaciones del año. Son oscilaciones que determinan las condiciones de tiempo durante semanas e inclu-sive de uno a dos meses (sequía intraestival o reducción consi-derable de las lluvias en los meses de julio y agosto como puede apreciarse en el ciclo anual de las precipitaciones). Ellas tienen una amplitud menor que las del ciclo anual y es por ello que en muchas ocasiones pasan desapercibidas para la mayoría de las personas. En Cuba esta fluctuación más bien está asociada con la influencia anticiclónica durante los meses de julio y agosto. Esta influencia provoca una marcada subsidencia en la región la cual desfavorece los procesos de lluvia en el país.

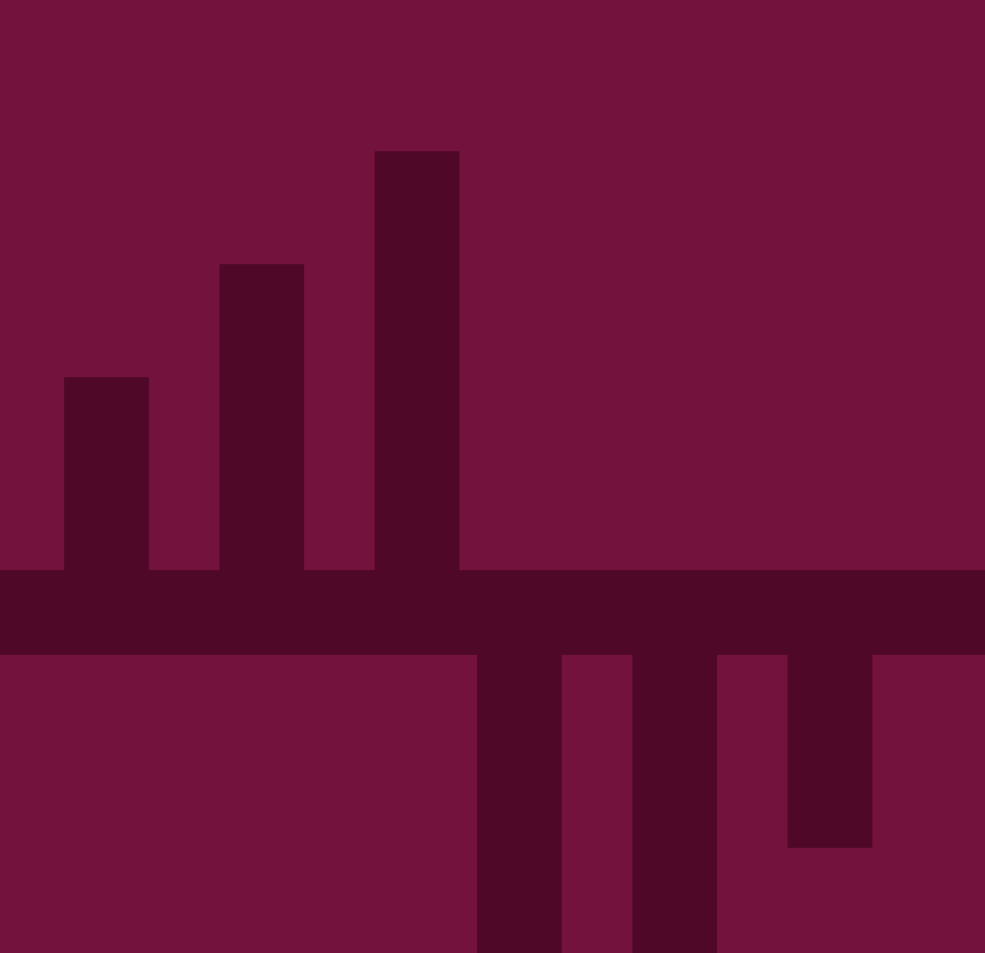
VARIABILIDAD INTERANUAL

A la variabilidad interanual corresponden las variaciones que se producen de año en año en las variables climatológicas. Así por ejemplo, el comportamiento de la precipitación, temperatura, viento, entre otros, de la temporada lluviosa en un determinado lugar, no es igual de un año a otro. En ocasiones fluctúa por encima de la norma y en otras por debajo de esta. El ejemplo más evidente, típico y conocido de la variabilidad climática interanual y que provoca fluctuaciones en determinadas variables de nues-tro clima es el fenómeno El Niño/Oscilación del Sur o ENOS que será explicado más adelante.

VARIABILIDAD INTERDECADAL

En esta escala se manifiestan fluctuaciones del clima a largo pla-zo, a nivel de décadas. En la figura que representa las anomalías acumuladas de precipitación para la Isla de la Juventud del pe-ríodo 1961-2018, se aprecian períodos de aproximadamente 10 años caracterizados por lluvias abundantes (décadas de los años 70s y 80s) y otros con lluvias deficitarias (década de los 60s). Estu-dios realizados en Cuba demostraron que este tipo de variabilidad podría estar asociada con los ciclos de 11 años en las manchas solares o el ciclo lunar de aproximadamente 18,9 años. Este tipo de variación se asocia también al desarrollo que ha alcanzado la humanidad en el último siglo.





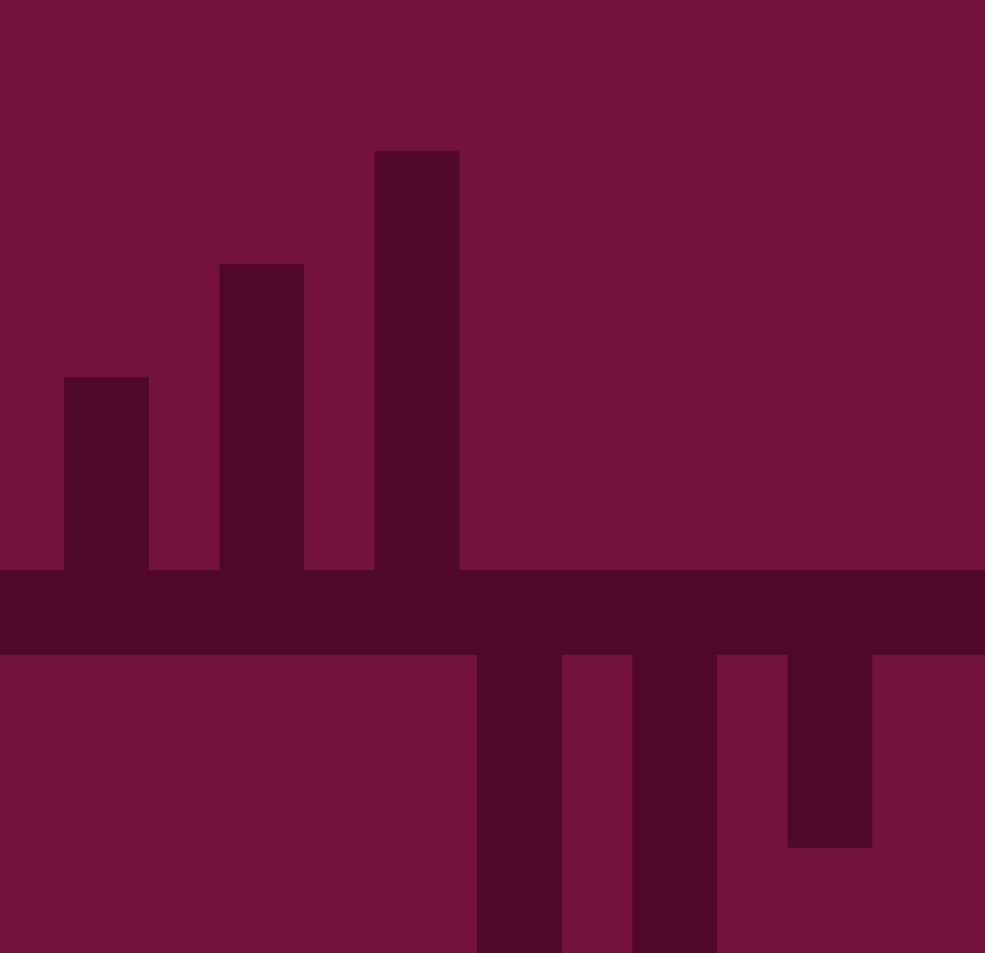
••• ¿Por qué se producen estas variaciones en el clima?

¿Por qué se producen estas variaciones en el clima?

Como se ha visto, el clima de la tierra depende de la interacción entre los diferentes componentes del sistema climático. Por lo tanto esto pudiera indicarnos que cualquier variación que se produzca en el clima, no va a ser más que una respuesta a las modificaciones que se originan en los distintos componentes de dicho sistema. Sin embargo, hay que decir que el clima de la tierra depende del equilibrio radiativo el cual está controlado por factores radiativos forzantes, factores determinantes y por la interacción de los componentes del sistema climático.

El equilibrio radiativo no es más que el balance que se establece entre la energía entrante proveniente del sol, considerado como el combustible que controla todos los movimientos del sistema y la saliente que está compuesta por la radiación solar reflejada y la radiación infrarroja terrestre. Los factores radiativos que controlan el balance de radiación son aquellos conocidos como factores de forzamiento externo. Estos pueden ser naturales (cambios en la forma de la órbita del planeta alrededor del Sol, en la orientación del eje de rotación del planeta y erupciones volcánicas), o antrópicos (cambios en el uso del suelo y emisiones de gases a la atmósfera provocando un reforzamiento del efecto invernadero).

Los factores determinantes son aquellas condiciones físicas y geográficas que influyen en la transferencia de calor y energía (la latitud, la altura, la distancia a la costa, el relieve y la vegetación), por lo tanto, son relativamente constantes en el tiempo y en el espacio. De manera tal que la variabilidad climática va a responder a las fluctuaciones del clima que, a través de los años y desde épocas remotas, se han presentado en diversas escalas de tiempo y espacio, como resultado de las modificaciones en la forma de interacción entre los distintos componentes del sistema climático y por cambios en los factores radiativos forzantes (Pabón, 1998).



••• ¿Por qué es importante conocer las Variaciones climáticas?

¿Por qué es importante conocer las variaciones climáticas?

Tal y como se expresó al inicio, los eventos extremos como los intensos y extensos procesos de sequía, graves y devastadores eventos lluviosos, las inundaciones, los intensos huracanes, años extraordinariamente cálidos, entre otros; forman parte de la variabilidad natural del clima. Estos eventos pueden definir impactos altamente perjudiciales para la sociedad, la economía y el medio ambiente en general. De tal manera que pueden afectar la seguridad alimentaria, el suministro de agua, la salud y provocar importantes pérdidas económicas, entre otros.

La naturaleza y gravedad de estos impactos no sólo dependen de los propios fenómenos climáticos extremos sino también de la exposición y la vulnerabilidad de los sistemas humanos y naturales (IPCC, 2012). Por lo tanto, aunque no todos los eventos extremos constituyen desastre, dado el incremento de la vulnerabilidad, la posibilidad de que un evento extremo provoque daños que lleguen a constituir un desastre se ha multiplicado en los últimos años. A todo lo anterior se adiciona que hoy existen evidencias, a partir de las observaciones efectuadas desde 1950, de cambios en algunos fenómenos climáticos extremos, con incremento de las pérdidas económicas derivadas de desastres relacionados con estos fenómenos a nivel global (IPCC, 2012).

Fenómenos climáticos extremos (fenómenos meteorológicos o climáticos extremos). *La ocurrencia de un valor de una variable meteorológica o climática por encima (o por debajo) de un valor umbral cercano al extremo superior (o inferior) de la horquilla de valores observados de la variable. Tanto los fenómenos meteorológicos extremos como los fenómenos climáticos a los que se hace referencia en este material se denominarán "fenómenos climáticos extremos".*

● **Exposición: La presencia de personas, medios de subsistencia, servicios y recursos ambientales, infraestructura o activos económicos, sociales o culturales, en lugares que podrían afectarse negativamente.**

Vulnerabilidad: La propensión o predisposición a verse afectado negativamente.

Fuente: IPCC, 2012

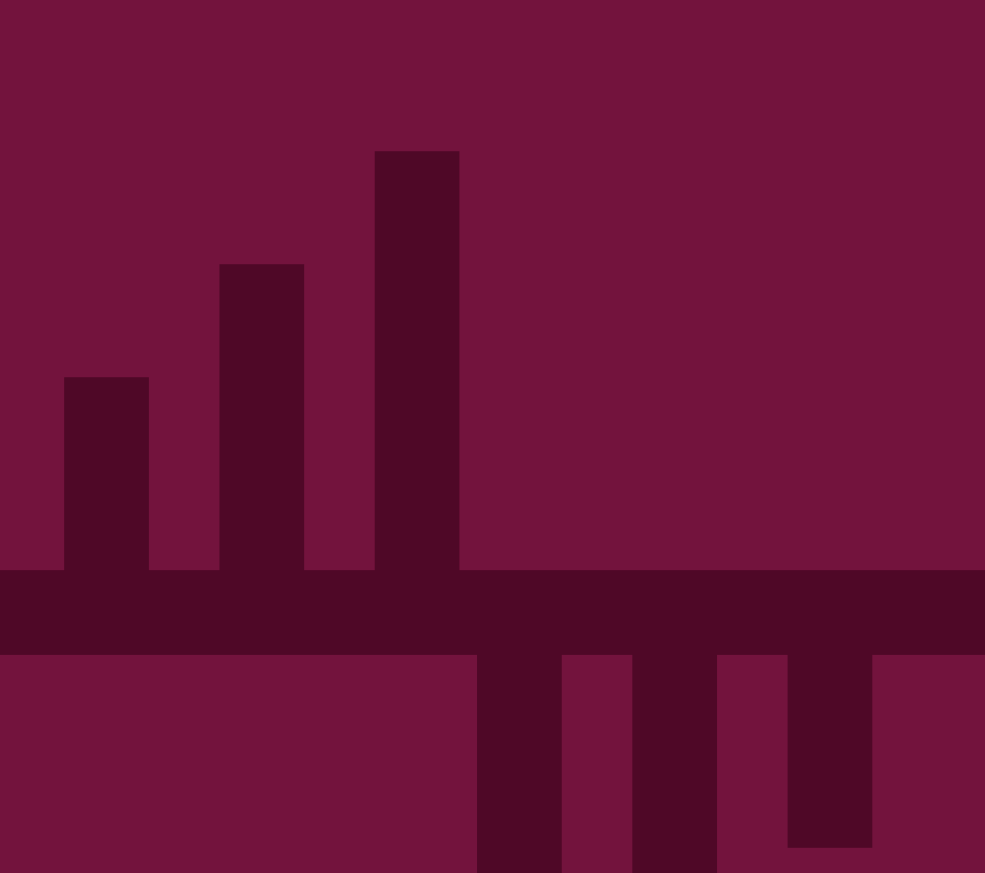
De la misma manera, ante las condiciones de clima cambiante se espera que existan cambios en la frecuencia, intensidad y duración de los fenómenos extremos, lo cual supone también cambios en los posibles impactos. Ante estos escenarios, es evidente que se necesita generar conocimientos científicos lo suficientemente sólidos que nos permitan entender aquellos factores que son capaces de alterar la marcha normal del clima, así como aumentar los conocimientos sobre las características de las propias anomalías climáticas en sus diferentes escalas de manifestación.

Todo el conocimiento que se adquiriera contribuye a incrementar la preparación a todos los niveles de la sociedad y con ello, la capacidad para enfrentarlos e implementar medidas para reducir sus impactos. En este sentido, otro elemento que resulta de vital importancia es la capacidad de predecir con antelación estas anomalías y sus tendencias en función de actuar a tiempo, es decir adaptarse a los efectos de la variabilidad climática.

● **Cuando conocemos a fondo el cambio y la variabilidad del clima somos capaces de evaluar mejor sus efectos sobre nuestras actividades, así como nuestra propia influencia sobre el clima. Ello nos confiere la capacidad de adoptar decisiones más fundamentadas, tanto en nuestra vida privada como en nuestra vida profesional.**

OMM, 2011a

En la misma medida en que una sociedad esté preparada para enfrentar y adaptarse a la variabilidad climática, estará en mejores condiciones de enfrentar y adaptarse al cambio climático. Por otra parte, las evidencias indican claramente que el conocimiento y comprensión de las variaciones y cambios en el clima en su interacción con las actividades humanas, favorece la toma de decisiones inteligentes, más eficaces y en armonía con el medio ambiente.



●●● **Variabilidad interanual del sistema océano-atmósfera. El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)**

Variabilidad interanual del sistema océano-atmósfera. El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)

Cuando se introdujo el término Sistema Climático, se explicó la influencia que tienen las complejas interacciones entre los diferentes componentes del sistema, en la variabilidad del clima del planeta. En el caso particular del subsistema océano-atmósfera, uno de los fenómenos que mejor caracteriza dicha interacción es el ampliamente conocido, estudiado y divulgado fenómeno El Niño – Oscilación del Sur o ENOS como también se conoce. Este fenómeno es el resultado de cambios que se producen en la circulación atmosférica y oceánica en los trópicos, con gran capacidad de influir en los patrones del tiempo y el clima en muchas partes del Planeta, particularmente en Cuba, fundamentalmente en el período invernal. De hecho, se ha considerado como el principal modulador de variabilidad climática en el país y es por ello que se le dedica un espacio en este material.

La expresión “El Niño-Oscilación del Sur”, indica la presencia de dos componentes, una oceánica llamada El Niño(a) (EN) y una atmosférica, la Oscilación del Sur (OS). Aunque tienen orígenes diferentes, ambas están estrechamente relacionadas, de manera tal que conforman un complejo proceso de interacción océano-atmósfera. El Niño se asocia con un calentamiento anómalo que se produce cada cierto número de años, en las aguas del Océano Pacífico tropical y la Oscilación del Sur es una variación de la presión en el Pacífico ecuatorial, en la cual cuando la presión atmosférica es alta al Este de esta zona, es baja al Oeste y viceversa.

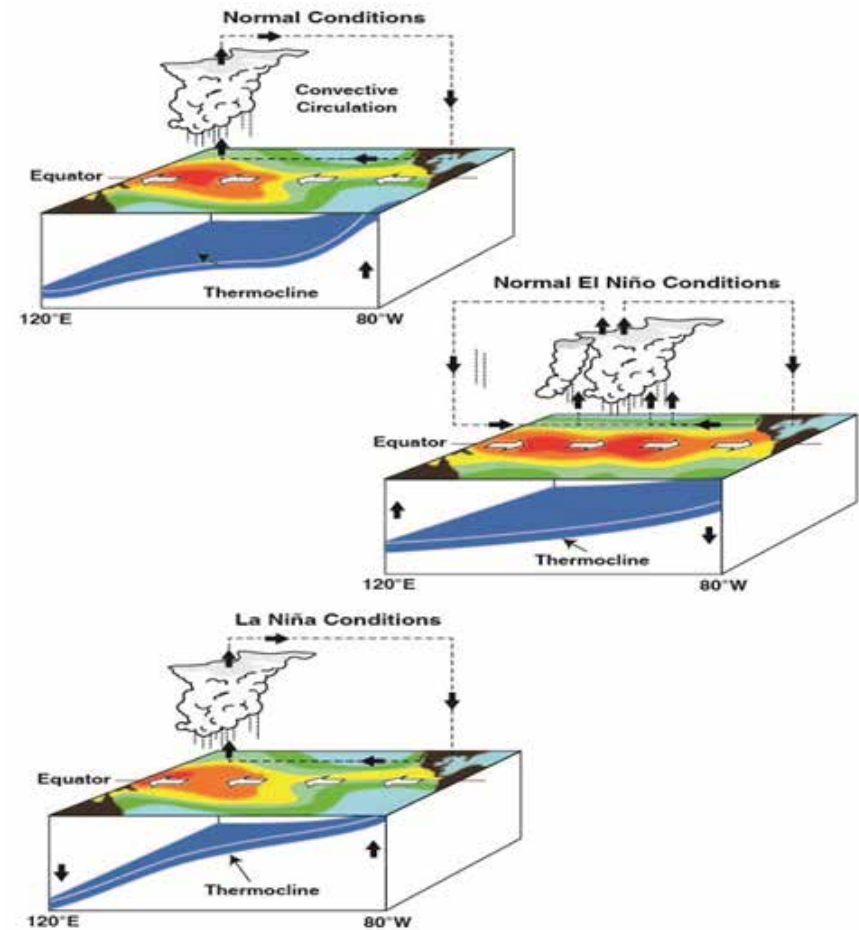
Esta variación está soportada por una configuración de la circulación atmosférica en la que hacia el Este del Pacífico Sur se destaca un intenso anticiclón o centro de altas presiones y al mismo tiempo, al Oeste un complejo sistema de bajas presiones. Esta configuración es el soporte de la llamada Circulación de Walker⁷ ya que el fortalecimiento o debilitamiento de los centros mencionados, trae consigo un incremento o disminución de los vientos Alisios⁸ y por lo tanto, fortalecimiento o debilitamiento de dicha circulación.

Cuando las condiciones del océano varían, la circulación de Walker se modifica; de tal manera que es severamente perturbada durante la aparición de las aguas cálidas, provocando un debilitamiento de los vientos Alisios y por consiguiente de la Celda de Walker y de la Oscilación del Sur. A partir de todo este proceso se conforma el gran evento de interacción océano - atmósfera que recibe el nombre de El Niño-Oscilación del Sur. Es decir, para poder referirnos a un evento ENOS, debe existir un acople entre lo que ocurre con las temperaturas de la superficie del mar y el comportamiento de la atmósfera. Todo esto genera tres condiciones: una fase cálida que se conoce como El Niño y coincide con el calentamiento oceánico y el debilitamiento de la OS, una fría que coincide con La Niña o el enfriamiento

⁷ ¿Qué es la Circulación de Walker? Es una simple celda del flujo de aire zonal (viento que sopla en la dirección este-oeste) a través del océano Pacífico y recibe este nombre, en honor al científico Sir. Gilbert Walker quien fue el primero en descubrir este fenómeno a principios del siglo XX. Hacia la parte occidental de este océano, cerca de Indonesia, Australia y Oceanía, el aire en los niveles bajos de la atmósfera es recalentado por las elevadas temperaturas oceánicas de esta zona. El aire asciende cargado de humedad hasta alturas de 12 a 15 km aproximadamente favoreciendo la formación de áreas de intensas lluvias. Posteriormente, es impulsado hacia el Este por el viento predominante del Oeste a esos niveles, para descender por subsidencia sobre las aguas más frías del Pacífico Oriental favoreciendo la sequedad en esta zona. Finalmente la celda se cierra cuando el aire retorna nuevamente hacia el Oeste impulsado por los vientos Alisios superficiales.

⁸ Sistema de vientos relativamente constante en dirección y velocidad que soplan en ambos hemisferios desde 30 de latitud hacia el ecuador con dirección nordeste en el hemisferio norte y del sureste en el hemisferio sur.

to oceánico y un fortalecimiento de la OS y una última que se asocia con condiciones normales en la zona y se le denomina, condición neutra.



Solo queda por explicar cómo un evento que se produce o desarrolla en la cuenca oceánica pacífica puede tener implicaciones en el clima de lugares tan lejanos como Cuba, ubicada en la cuenca del Caribe. El efecto a distancia o teleconexiones

explican claramente este proceso, aunque los mayores efectos se localizan en las zonas donde, asociado al incremento de las aguas superficiales, aumenta la nubosidad y las intensas lluvias.

El calor y la humedad liberados desde el océano y que se transporta a grandes alturas, es capaz de producir impactos nada despreciables sobre la circulación atmosférica en latitudes más altas y con ello, cambios en los patrones de circulación. Esto se traduce en alteraciones en la posición de los sistemas de altas y bajas presiones, cambios en las trayectorias de las tormentas así como intensificación de las corrientes atmosféricas, propias de latitudes más altas que se expanden a latitudes más bajas con la consiguiente alteración de la circulación en estas zonas (Cárdenas y Naranjo, 1996).

Poco a poco las alteraciones se propagan a zonas cada vez más lejanas de donde se produce la perturbación inicial. De manera tal que en un corto período de tiempo las alteraciones de la circulación atmosférica ya impactan, con diferentes grados de intensidad, disímiles zonas del Planeta modificando los patrones climáticos normales. Este complejo mecanismo que explica de manera coherente los impactos del evento ENOS en zonas muy alejadas de su zona de origen, se denomina "Teleconexión o efecto a distancia".





●●● Impactos del ENOS en Cuba

Impactos del ENOS en Cuba

En Cuba, el interés por el evento ENOS ha evolucionado favorablemente con el tiempo. De esta manera ha pasado de ser un elemento misterioso y virtualmente desconocido para los tomadores de decisión y la población en general, para convertirse en uno de los principales elementos a considerar cuando se habla de temas relacionados con el clima (Centella *et al.*, 1997). El Niño es hoy tan popular como el tema del cambio climático.

Investigaciones realizadas a mediados de la década de los años 90 lograron describir que la principal influencia del evento El Niño-Oscilación del Sur en el clima de Cuba ocurre durante el período poco lluvioso del año, principalmente entre enero y abril, cuando el clima suele hacerse más lluvioso y en ocasiones más tormentoso. Durante el período lluvioso sin embargo, la principal influencia se relaciona con la disminución de la actividad ciclónica en el océano Atlántico y las precipitaciones y con un notable incremento de las temperaturas (Cárdenas y Naranjo, 1996). Estas investigaciones permitieron identificar que el impacto del ENOS depende de su interrelación con otros factores moduladores del clima y de la intensidad que alcance dicho evento. Los eventos ENOS fuertes pueden ejercer un gran impacto mientras que con los débiles puede ser menor (Paz *et al.*, 2008).

EL ENOS, LA CIRCULACIÓN ATMOSFÉRICA Y LOS ELEMENTOS CLIMÁTICOS EN CUBA

Cárdenas y Naranjo (1996), lograron identificar, bajo condiciones ENOS, la existencia de una expansión de los Oestes extratropicales invernales sobre Cuba, unido a un incremento de los transportes atmosféricos superficiales en la dirección Norte-Sur. Como regla general, esta situación favorece la formación de ciclones extratropicales sobre el Golfo de México, cuya frecuencia aumenta significativamente y provoca un incremento relativo de las lluvias invernales sobre Cuba, básicamente en su mitad occidental (Centella *et al.*, 1997)

Centella *et al.* (1997), identificaron que existe correspondencia muy estrecha entre el ENOS y el grado de intensidad de algunos eventos severos del tiempo, asociados a nubes convectivas (tornados, rachas de vientos fuertes, lluvias intensas, granizos), básicamente en la segunda mitad del período poco lluvioso. También se destacó el hecho de que desde 1970, siete de los sucesos de penetración del mar más intensos se asociaron a ciclones invernales originados en años ENOS.

Los ciclones tropicales, el fenómeno más intenso y devastador de la zona tropical, también se asocian con la presencia del ENOS. En 1984, William Gray fue el primero en sugerir la existencia de un decrecimiento de la actividad ciclónica tropical del Atlántico durante el evento ENOS. Posteriormente, Ballester *et al.* (1995), no sólo corroboraron los estudios de Gray, sino que los ampliaron a relaciones similares sobre el Golfo de México y el Mar Caribe separadamente, además de concluir que durante el ENOS, las temporadas ciclónicas finalizan más temprano.

En correspondencia con lo anterior es evidente que las importantes anomalías que presentan los sistemas de circulación bajo condiciones El Niño, producen alteraciones en el comportamiento de los principales elementos del clima como son las precipitaciones y las temperaturas. Así por ejemplo, los acumulados de precipitación del período invernal, superan el 40 y 50% de la norma en la región occidental y central, respectivamente. En la región oriental aunque los valores son inferiores, constituyen una magnitud elevada pues superan el 30% de la norma.

La influencia de la Niña o AENOS es menos evidente, aunque se comporta de acuerdo al patrón esperado. Mientras el efecto máximo es sobre la región occidental, con disminuciones porcentuales próximas al 20% de los totales esperados, la influencia sobre la región oriental es prácticamente nula (Cárdenas y Naranjo, 1996). En el caso de las temperaturas la señal AENOS es más importante sobre la mínima, provoca valores por debajo de los normales, tanto en el período lluvioso como poco lluvioso, en todas las regiones del país, con el mayor impacto sobre la región Central.

La señal ENOS no representa exactamente el impacto inverso como en el caso de las precipitaciones, pues se aprecian anomalías negativas en las regiones occidental y oriental en el período poco lluvioso. Para el caso de las temperaturas máximas, el impacto sólo es significativo en el período poco lluvioso, donde ambas señales están relacionadas con anomalías negativas. La explicación física de estos comportamientos no resulta aún muy clara y requiere de estudios más profundos, pues los procesos que influyen en las temperaturas extremas son numerosos y complejos. Lo que sí está claro es que los patrones de anomalías asociadas al ENOS varían de un evento a otro, aunque en ocasiones pueden repetirse con cada evento y que sus impactos han resultado muy dañinos para la economía del país, lo que justifica cualquier esfuerzo que se realice por reducir sus efectos adversos.

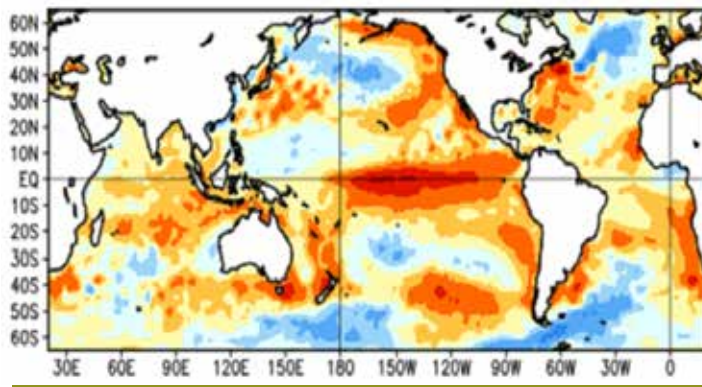
UN EJEMPLO DE LOS IMPACTOS DEL ENOS EN CUBA, EL EVENTO 2015-2016

El evento ocurrido durante el 2015-2016, sirve de ejemplo para mostrar el impacto de este fenómeno en nuestro país. Desde inicios de 2015, comenzaron a observarse en el Pacífico ecuatorial condiciones oceánicas propias de un evento débil "El Niño", consistente en la presencia de anomalías positivas de la temperatura superficial del mar, más acentuadas en el Pacífico Occidental y Central. Las mismas comenzaron a expandirse paulatinamente hasta cubrir todo el Pacífico ecuatorial centro oriental. A su vez, se produjo un proceso de debilitamiento de los vientos Alisios en la región centro oriental del océano Pacífico, lo que facilitó la continuación del proceso de sobrecalentamiento de las aguas en dicha región.

A mediados de año se produjo un sustancial incremento de las anomalías de la temperatura superficial del mar en el océano Pacífico ecuatorial. De manera tal que en porciones determinadas de dicho océano se alcanzó una diferencia de 2,0°C, valor muy similar al alcanzado en igual período del año durante el desarrollo de los eventos muy fuertes de 1982 y 1997. El Índice de la Oscilación del Sur, por su parte, descendió rápidamente in-

crementando su acoplamiento con las grandes desviaciones de la temperatura superficial del mar, antes descritas. De esta forma, los indicadores que miden la ocurrencia del evento ENOS ascendieron bruscamente e indicaron la presencia de un evento fuerte. Su máxima intensidad la alcanzó en noviembre con valores de 3,0°C de diferencia que lo ubicó como uno de los tres eventos más intensos de los últimos 60 años. A inicios de 2016, comenzó a declinar gradualmente hasta que retornó a la normalidad a mediados de año.

ENOS

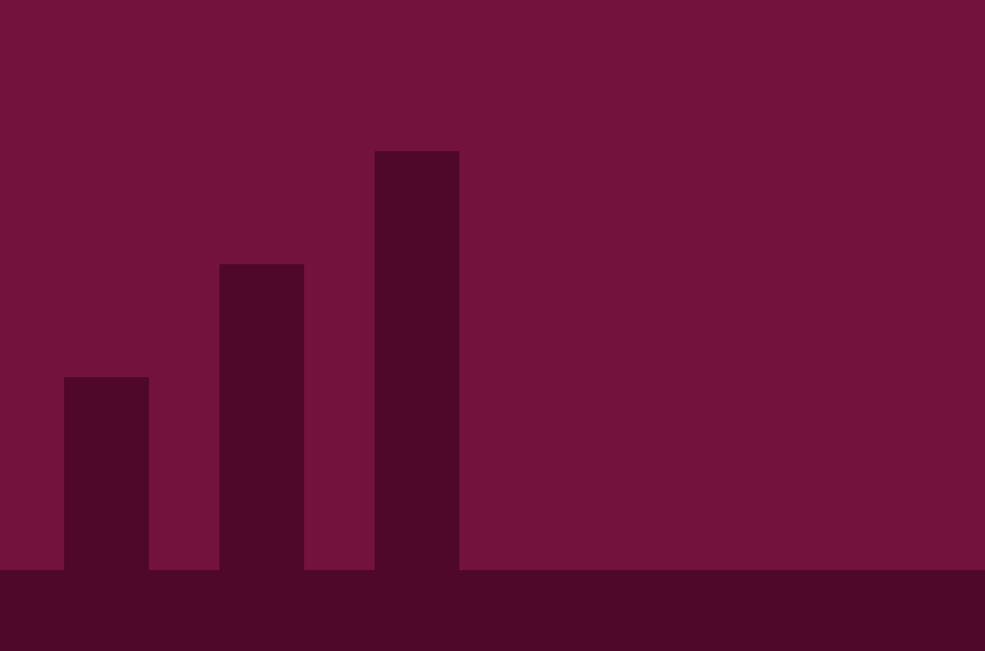


En correspondencia con la evolución de este evento, en la temporada invernal noviembre 2015 - abril 2016, los eventos que influyeron en el país eran consistentes con el comportamiento y evolución de la presencia del evento El Niño/Oscilación del Sur. Los sistemas invernales que en el mes de enero de 2016 afectaron al territorio nacional, como las bajas extratropicales, los frentes fríos precedidos de fuertes hondonadas activas y de rápida intensificación, llegaron a producir lluvias intensas y fenómenos severos, como caída de granizos e irrupción de aire frío en bajas latitudes. La presencia de las vaguadas de ondas cortas en la troposfera baja y media incidieron en la inestabilidad atmosférica sobre Cuba y mares adyacentes. Unido a ello, el alto contenido de humedad en la columna troposférica hasta los 3 y 5 km de altura, fueron también las responsables de las lluvias registradas en el territorio nacional cubano en dicho mes.

Es de destacar el tiempo significativo que se presentó en los primeros días de enero en el occidente cubano, no sólo por la afectación de los nublados y las lluvias, sino por el proceso ciclogénico desarrollado en esta región. Una situación frontogénica sobre ella, dio origen al frente frío número cuatro de la temporada invernal 2015-2016. Relacionado con la influencia de las bajas extratropicales que se desarrollaron y evolucionaron en el golfo de México, ocurrieron vientos "Sures" que soplaron con velocidades entre 45 y 55 km/h y rachas de hasta 87 km/h del suroeste, como la registrada en la estación meteorológica de Casa Blanca, el día 27 de enero de 2016 a las 7:10 am, asociada al frente frío número ocho de la temporada invernal referida.

Catalogadas de muy significativas fueron las marejadas con inundaciones costeras moderadas, en zonas bajas del litoral noroccidental de Cuba, incluyendo el Malecón habanero, a mediados de enero de 2016. Esa situación fue motivada por la imposición de vientos del noroeste con fuertes velocidades en la mitad oriental del golfo de México y mares adyacentes a Cuba. También resultó de interés la formación del huracán Alex, el segundo formado en un mes de enero desde 1938. Se originó en una tormenta subtropical en el Atlántico, cuando se encontraba a unos 1 260 km de las Azores y se reporta como el más intenso de la cronología que data desde 1851, con vientos máximos sostenidos de 140 km/h y una presión mínima de 981 hPa. Alex fue categorizado como huracán categoría 1 en la escala Saffir-Simpson.

El evento ENOS constituye el elemento forzante más importante de la variabilidad interanual del clima en el país. Él es capaz de explicar una fracción considerable de su variabilidad. Sin embargo, hay que decir que otros procesos no menos complejos de la dinámica interna de la atmósfera en interacción con otros sistemas naturales, "fuerzan" patrones de variabilidad dentro de muchas de las variables climáticas.



●●● **Impactos de la Variabilidad climática y estrategias de respuesta: un reto para la sociedad cubana**

Impactos de la Variabilidad climática y estrategias de respuesta: un reto para la sociedad cubana

Como se pudo apreciar al inicio de este material, la sociedad siempre ha tenido que enfrentarse a las variaciones del clima. Estas variaciones, que van desde la evolución del clima entre las estaciones del año hasta las que se producen a escala de décadas, incluyendo los extremos, han definido el desarrollo normal de la sociedad. De manera tal, que el hombre ha tenido que adaptarse a ellas, subsistir y desarrollarse al mismo tiempo.

La sociedad cubana, igualmente ha tenido que enfrentar los efectos de la variabilidad del clima. Por tan solo mencionar unos pocos ejemplos, cabe destacar el evento de sequía de corto período ocurrido de abril a junio de 1998. Este evento según Lapinel *et al.* (2003), se manifestó sensiblemente en todo el territorio y su nocivo impacto alcanzó la categoría de desastre, al generar innumerables daños y molestias en la población que implicó incluso migraciones temporales. Las pérdidas económicas, según cifras oficiales, alcanzaron cerca de cuatrocientos millones de dólares norteamericanos y varios cientos de millones de pesos en zonas de la región oriental del país (Fonseca, 2008).

En tan solo el primer decenio del presente siglo, ocurrieron tres eventos de sequía de gran significación para Cuba. El intenso y extenso evento de los años 2004-2005, considerado el más crítico de los últimos años, el grave suceso de los años 2009-2010 sobre su mitad occidental, también calificado como el más severo de los registros para esta región y el más reciente ocurrido entre los años 2014-2015. El período lluvioso de 2015 fue muy

crítico para el occidente, de hecho para esta región fue el cuarto más seco desde 1961. Todos estos eventos ocasionaron cuantiosas pérdidas económicas e impactos altamente negativos sobre diversos sectores socioeconómicos y en particular el suministro de agua a la población y la seguridad alimentaria en el país.

Los ciclones tropicales, por su parte, constituyen la mayor amenaza a la vida y la propiedad, toda vez que los fuertes vientos, las lluvias y las inundaciones asociadas, entre otros, pueden causar daños y pérdida de vidas humanas. De ahí que resultan ser uno de los eventos severos del tiempo, de mayor importancia que afecta el territorio cubano. Las décadas más recientes han sido testigos de una gran variabilidad en la frecuencia de huracanes que afectan el país anualmente (períodos de mucha y poca actividad se suceden a través del tiempo) y del incremento de los daños asociados a estos eventos. Desde 1996 se inició un nuevo período de gran actividad ciclónica sobre Cuba. Entre el 2001 y el 2017 el país se ha afectado por 12 huracanes, de los cuales 10 han sido intensos (Pérez *et al.*, 2019).

Un ejemplo reciente y que quedará en la memoria de todos los cubanos, principalmente de la región oriental, es la afectación del huracán Sandy a la porción oriental del territorio. Este sistema atravesó la región oriental de sur a norte, donde se afectaron las provincias Santiago de Cuba, Granma, Holguín y Guantánamo. Las pérdidas que dejó a su paso fueron cuantiosas fundamentalmente en viviendas, en el sistema de generación eléctrica, en las comunicaciones y en instalaciones relacionadas con la producción de alimentos.



Otro ejemplo que es de señalar, es la inundación costera ocurrida en diciembre de 2018 en la región occidental de Cuba provocada por la afectación de un frente frío. Este evento se produjo por la acción de vientos del Sur, con velocidades entre 30 y 45 km/h durante 12 a 13 horas, en zonas costeras bajas desde Pinar del Río hasta Mayabeque. La inundación avanzó entre 500 y 700 metros en Surgidero de Batabanó, con afectaciones en Playa Majana y Playa Cajío. Igualmente la costa norte desde Pinar del Río hasta Mayabeque se afectó por fuertes marejadas con olas entre 4,5 y 5,0 metros, que generaron ascensos del nivel del mar de alrededor de 1,5 metros. Esto provocó inundaciones costeras en zonas bajas, con afectaciones notables en los municipios habaneros de Habana del Este, Habana Vieja, Centro Habana, Plaza de la Revolución y Playa.

Estos pocos ejemplos, bastan para hacer notar y reforzar la idea de que la variabilidad climática y en particular sus extremos, generan impactos muy variados y altamente negativos. Por lo tanto, constituye un reto diario para el país hacer frente y adaptarse no sólo al cambio climático sino a la variabilidad del clima. Para ello, tal y como se establece en el Marco Mundial para los Servicios climáticos⁹, se hace cada vez más necesario mejorar nuestra comprensión del clima, desarrollar las predicciones climáticas y el uso que hacemos de la información para responder mejor a las necesidades de la sociedad.

En este contexto, en los últimos años, se han dedicado ingentes esfuerzos por mejorar nuestra comprensión del clima, sus variaciones y tendencias, lo cual ha adquirido una connotación especial en el país. Desde la década de los años 1980, en corres-

⁹ El Marco Mundial para los Servicios Climáticos es un mecanismo que consiste en permitir a la sociedad una mejor gestión de los riesgos y las oportunidades que plantean la variabilidad del clima y el cambio climático, a partir del desarrollo e incorporación de información y predicción climática en la planificación, las políticas y la práctica para aumentar la resiliencia de la sociedad ante los riesgos de desastre. Esta visión se hará realidad gracias a la mejora de la calidad y la utilidad de la información climática para analizar, reducir, gestionar y financiar los riesgos asociados a los peligros hidrometeorológicos.

pondencia con los importantes avances en la comprensión de los mecanismos que explican el comportamiento del clima y sus variaciones a nivel global, comenzaron en Cuba los primeros estudios sobre las variaciones del clima en el país, coordinados por instituciones especializadas e impulsadas por los resultados de la Conferencia Mundial sobre el Clima, convocada por la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1979).

En la década de los años 90, con el incremento de las anomalías extremas se realizaron un sinnúmero de variadas y significativas investigaciones, orientadas a mejorar nuestro entendimiento del sistema climático y en particular del clima. En el año 1996, a solicitud de la Ministra de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente por aquel entonces, Dra. Rosa Elena Simeón Negrín, el Instituto de Meteorología realizó una evaluación del comportamiento del clima en Cuba que constituyó la "Primera Evaluación de las Variaciones y Cambios del Clima en Cuba". Esta evaluación se actualizó posteriormente en el 2009 y en el momento de redacción de este material, ya se posee una versión más actualizada, científicamente argumentada, integradora y amplia, de las variaciones, los cambios y las tendencias del clima durante las últimas décadas, en el contexto de la Tercera Comunicación Nacional.

Todo lo anterior ha permitido elevar nuestra capacidad para predecir con antelación las anomalías climáticas y sus posibles impactos. Sin embargo, fue necesario e indispensable desarrollar la vigilancia y la predicción climática como estrategia clave para enfrentar dichos cambios. La vigilancia es un sistema de trabajo operativo que tiene la misión general de monitorear los estados pasados y actuales del clima e implementar sistemas de avisos tempranos. La predicción climática, que se desarrolla en el contexto de la vigilancia del clima, tiene como objetivo prever las anomalías de temperatura y precipitación para plazos de tiempo de uno, tres, seis meses e incluso hasta un año; la predicción de ocurrencia del evento ENOS y el pronóstico estacional de los ciclones tropicales en el Océano Atlántico (Paz *et al.*, 2008).

En correspondencia con lo anterior, se incrementa además la capacidad para ofrecer más y mejores servicios climáticos que

sean accesibles, comprensibles y pertinentes para satisfacer las necesidades de la sociedad moderna (OMM, 2014) y reducir los impactos socioeconómicos en sectores claves como la agricultura, el agua y la salud. Todo ello se traduce en una mejor capacidad para adaptarnos a los impactos de la variabilidad climática. De hecho, *los servicios climáticos permiten traducir los conocimientos científicos en medidas prácticas para fortalecer la resiliencia al clima, la adaptación al clima y la mitigación de sus efectos, y el desarrollo sostenible* (OMM, 2016).

Si aprendemos a adaptarnos a los impactos de la variabilidad climática actual tendremos mayor capacidad para adaptarnos al cambio climático futuro. En este contexto, el gran reto para el país es continuar trabajando por incrementar nuestros conocimientos y fortalecer nuestras capacidades para comprender las anomalías y predecirlas, sobre todo si se tiene en cuenta que ante las nuevas condiciones que nos impone el clima cambiante, estas pueden incrementar en frecuencia e intensidad.

Mucho se gana considerando el clima como un recurso y no solamente como un riesgo. Los recursos deben ser conocidos, evaluados en términos cuantitativos y apropiadamente manipulados si se quieren usar sosteniblemente y el clima no es una excepción.



Bibliografía

Bibliografía

Ballester, M.; González, C. & Pérez Suárez, R. 1995. *Variabilidad de la ciclogénesis tropical en el Atlántico Norte*. Informe Científico del Resultado 415.511, La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología, 88 p.

Cárdenas, P. A. & Naranjo, L. R. 1996. *Eventos El Niño-Oscilación del Sur: Impactos sobre los elementos climáticos y del tiempo*. La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología, 37 p.

Centella, A.; Naranjo, L.; Paz, L.; Cárdenas, P.; Lapinel, B.; Ballester, M.; Pérez, R.; Alfonso, A.; González, C.; Limia, M. & Sosa, M. 1997. *Variaciones y cambios del clima en Cuba*. Informe Técnico, La Habana, Cuba: Centro Nacional del Clima, Instituto de Meteorología.

Fonseca, C. 2008. *La Oscilación del Atlántico Norte. Los índices de circulación atmosférica y la lluvia en Cuba*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Meteorológicas, La Habana, Cuba: Centro Nacional del Clima, Instituto de Meteorología, 126 p.

Lapinel, B.; Fonseca, C.; Cutié, V.; Pérez, D. & Rivero, I. 2003. *La Sequía en Cuba*. Monografía del Proyecto 0421, La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología, 243 p.

Luque, J. A. 2003. *El Lago de Sanabria: un sensor de las oscilaciones climáticas del Atlántico Norte durante los últimos 6.000 años*. Tesis de doctorado, Barcelona, España: Universidad de Barcelona, 384 p.

Organización Meteorológica Mundial (OMM) 1979. *Conferencia*

Mundial sobre el clima. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial, 341 p.

Organización Meteorológica Mundial (OMM) 2011a. *El Clima y Tú*. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial, 30 p., ISBN: 978-92-63-31071-2, OMM–No 1071.

Organización Meteorológica Mundial (OMM) 2011b. *El Niño/Oscilación del Sur*. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial, 8 p., ISBN: 978-92-63-31071-2, OMM–No 1145.

Organización Meteorológica Mundial (OMM) 2014. *Plan de ejecución del Marco Mundial para los Servicios Climáticos*. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial, 100 p.

Organización Meteorológica Mundial (OMM) 2016. *Más cálido, más seco, más húmedo. Afrontemos el futuro*. Declaración de la OMM por el Día Meteorológico Mundial. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.

Pabón, J. D. 1998. "Colombia en el ambiente global". In: *El Medio Ambiente en Colombia*, Bogotá, Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, pp. 18–37.

Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) 2012. "Resumen para responsables de políticas" en el *Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático*. Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F., Qin, D., Dokken, D. J., Ebi, K. L., Mastrandrea, M. D., Mach, K. J., Plattner, G.-K., Allen, S. K., Tignor, M. & Midgley, P. M. (ed. ser.), Informe especial de los Grupos de trabajo I y II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Estados Unidos de América: Cambridge University Press, 1–19 p.

Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) 2013a. *Cambio Climático 2013*. Bases físicas. Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. (ed. ser.), Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Estados Unidos de América: Cambridge University Press.

Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) 2013b. "Resumen para responsables de políticas". In: Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. & Midgley, P. M. (eds.), *Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Estados Unidos de América: Cambridge University Press.

Paz, C. L. R.; Pérez, S. R.; López, C. C. M.; Lapinel, P. B.; Centella, A. A.; Pajón, M. J. M.; Celeiro, C. M.; Ortega, S. F.; Méndez, B. A. L. & Hernández, G. M. 2008. *Curso Cambio Climático Parte 1*. Moreno, R. H. & Carreiro, G. R. (eds.), La Habana, Cuba: Academia, 16 p., ISBN: 978-959-270-129-8, Universidad para todos.

Pérez, R.; Fonseca, C.; Cutié, V.; González, I.; Barcia, S.; Hernández, D.; Gil, L.; Martínez, E.; Valderá, N. & Alpizar, M. 2019. *Variaciones y Cambios Observados en el Clima en Cuba*. La Habana, Cuba: Instituto de Meteorología, En preparación.



COLECCIÓN
**ENTENDIENDO
EL CAMBIO CLIMÁTICO**



Al servicio
de las personas
y las naciones

