

Universidad de Ciencias Médicas de Granma  
Facultad de Ciencias Médicas de Bayamo  
“Dr. Efraín Benítez Popa”



# *AMBIMED 2021.*

*Título: El cambio climático y sus consecuencias. La tarea vida,  
una forma de afrontamiento del pueblo cubano.*

*Autores: Adrián Caro Guerra\**

*Lienis Mayol Céspedes\**

*Ivis Sandra Fonseca Ocaña\**

*Tutor: Loriet Cañadilla Sánchez\*\**

*\*Estudiantes de 3er año de la Carrera de Medicina*

*\*\* MsC. Lic. En Ciencias Sociales y Profesor Auxiliar.*

*Bayamo, 2021.*

*“Año 63 de la Revolución”*



*"«Una importante especie biológica está en riesgo de desaparecer por la rápida y progresiva liquidación de sus condiciones naturales de vida: el Hombre»"*

*Fidel Castro Ruz.*

# *Resumen*

El cambio climático y sus consecuencias en la salud humana es el motivo principal para la realización de este trabajo, que ha partido de conceptos básicos. Se reconoce el cambio climático como un cambio en la distribución estadística de los patrones meteorológicos durante un tiempo prolongado que va desde décadas a millones de años. Puede referirse a un cambio en las condiciones promedio del tiempo o en la variación temporal meteorológica de las condiciones promedio a largo plazo como los fenómenos meteorológicos extremos. Para la realización de este trabajo se han analizado diferentes documentos de interés, además, de la información aportada por fuentes actuales que lo vinculan directamente con la salud humana. La tarea vida está encaminada a mitigar los efectos del cambio climático en Cuba brindando métodos de enfrentamiento a los problemas actuales. Por lo que podemos concluir que el cambio climático está causado por factores como procesos bióticos, variaciones en la radiación solar recibida por la Tierra, tectónicas de placas y erupciones volcánicas. También se ha identificado ciertas actividades humanas como causa principal del cambio climático, a menudo llamado calentamiento global.

**Palabras Claves:** Cambio climático, Calentamiento Global, Tarea Vida.

# Summary

Climatic change and its consequences in human beings health is the main purpose to the realization of this work, who has started from basic concepts. Climatic change is recognizing as a change in statistic distribution of meteorological patterns during a lengthy time that goes from decades to million years. It may be also be referring to a change in average time condition or temporal meteorological oscillation of average condition in long terms just as meteorological extreme phenomenon. In the creation of this work have been analyzed different interesting documents, also, information given by updated resource that linked it directly with human health. " Life Homework" is lead to mitigate the climatic change effects in Cuba offering some methods of facing the current troubles. So far we can summed up that climatic change is cause by several factors like biotic process, sun radiation variation received by the Earth, earth's crust tectonic, volcanic eruption and some human activities as the main cause of climatic change, very often named global heating.

**Key Words:** Climatic Change, Global Heating, Life Homework.

# Introducción

Los científicos trabajan activamente para entender el clima pasado y futuro mediante observaciones y modelos teóricos. Se ha recopilado un registro climático, que se extiende profundamente en el pasado de la Tierra y continúa construyéndose, basado en la evidencia geológica a partir de perfiles térmicos de perforaciones, núcleos removidos de profundas acumulaciones de hielo, registro de la flora y fauna, procesos glaciares y peri glaciares, isótopos estables y otros análisis de las capas de sedimento y registros de los niveles del mar del pasado. El registro instrumental provee de datos más recientes. Los modelos de circulación general, sustentados por las ciencias físicas, se usan a menudo en los enfoques teóricos para corresponder a los datos del clima pasado, realizar proyecciones futuras y asociar las causas y efectos del cambio<sup>1</sup>.

## Terminología

La definición más general de *cambio climático* es un cambio en las propiedades estadísticas (principalmente su promedio y dispersión) del sistema climático al considerarse durante periodos largos de tiempo, independiente de la causa. Por consiguiente, las fluctuaciones durante periodos más cortos que unas cuantas décadas, como por ejemplo El Niño, no representan un cambio climático<sup>1</sup>.

El término a veces se usa para referirse específicamente al cambio climático causado por la actividad humana, en lugar de cambios en el clima que pueden haber resultado como parte de los procesos naturales de la Tierra. En este sentido, especialmente en el contexto de la política medioambiental, *cambio climático* se ha convertido en sinónimo de *calentamiento global antropogénico*. En las publicaciones científicas, *calentamiento global* se refiere a aumento de las temperaturas superficiales mientras que *cambio climático* incluye al calentamiento global y todo lo demás que el aumento de los niveles de gases de efecto invernadero produce<sup>1</sup>.

La Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, define al cambio climático en su artículo 1 párrafo segundo, como un cambio de clima atribuido directa e indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera y que se suma a la variabilidad natural del clima observadas durante períodos de tiempos comparables. Los cambios de clima del Planeta Tierra son de gran preocupación y responsabilidad de todos los seres humanos.<sup>1</sup>

**Tarea Vida.** Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático sustentado sobre una base científica multidisciplinaria, que da prioridad a 73 de los 168 municipios cubanos, 63 de ellos en zonas costeras y otros 10 en el interior del territorio. Contempla cinco acciones estratégicas y once tareas dirigidas a contrarrestar las afectaciones en las zonas vulnerables, las mismas fueron aprobadas el 25 de abril de por el Consejo de Ministros y constituyen una prioridad para la política ambientalista del país. El Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente es el encargado de implementar y controlar las tareas del Plan de Estado.

***Por lo tanto, podemos afirmar que: El cambio climático es producto a la brutal actividad consumista del hombre, entonces solo una toma de conciencia ecológica global como la que nos presenta la tarea vida podrá ayudar a mitigar los terribles efectos y secuelas del mismo.***

# *Objetivo*

- ❖ Ejemplificar las causas del cambio climático.
- ❖ Identificar como afecta directamente a Cuba el cambio climático y las acciones para su mitigación a partir de la Tarea Vida.

# Desarrollo

## **CAMBIOS CLIMÁTICOS EN EL PASADO**

Los estudios del clima pasado (paleoclima) se realizan estudiando los registros fósiles, las acumulaciones de sedimentos en los lechos marinos, las burbujas de aire capturadas en los glaciares, las marcas erosivas en las rocas y las marcas de crecimiento de los árboles. Con base en todos estos datos se ha podido confeccionar una historia climática reciente relativamente precisa, y una historia climática prehistórica con no tan buena precisión. A medida que se retrocede en el tiempo los datos se reducen y llegado un punto la climatología se sirve solo de modelos de predicción futura y pasada<sup>2</sup>.

## **LA PARADOJA DEL SOL DÉBIL**

A partir de los modelos de evolución estelar se puede calcular con relativa precisión la variación del brillo solar a largo plazo, por lo cual se sabe que, en los primeros momentos de la existencia de la Tierra, el Sol emitía el 70 % de la energía actual y la temperatura de equilibrio era de  $-41\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, hay constancia de la existencia de océanos y de vida desde hace 3800 millones de años, por lo que la paradoja del Sol débil solo puede explicarse por una atmósfera con mucha mayor concentración de  $\text{CO}_2$  que la actual y con un efecto invernadero más grande<sup>2</sup>.

## **VARIACIONES EN LA CONCENTRACIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO.**

La atmósfera influye fundamentalmente en el clima; si no existiese, la temperatura en la Tierra sería de  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , pero la atmósfera se comporta de manera diferente según la longitud de onda de la radiación. El Sol, por su alta temperatura, emite radiación a un máximo de 0,48 micrómetros (ley de Wien) y la atmósfera deja pasar la radiación. La Tierra tiene una temperatura mucho menor, y remite la radiación absorbida a una longitud mucho más larga, infrarroja, de unos 10 a 15 micrómetros, a la que la atmósfera ya no es transparente. El  $\text{CO}_2$ , que en marzo de 2017 superó en la atmósfera las 405 ppm, absorbe dicha radiación. También lo hace, y en mayor medida, el vapor de agua. El resultado es que la atmósfera se calienta y devuelve a la Tierra parte de esa energía, por lo que la temperatura superficial es de unos  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , y dista mucho del valor de equilibrio sin atmósfera. A este fenómeno se le llama el

efecto invernadero y el CO<sub>2</sub> y el H<sub>2</sub>O son los gases responsables de ello. Gracias al efecto invernadero podemos vivir<sup>2</sup>.

La concentración en el pasado de CO<sub>2</sub> y otros importantes gases invernadero, como el metano, se ha podido medir a partir de las burbujas atrapadas en el hielo y en muestras de sedimentos marinos, observándose que ha fluctuado a lo largo de las eras. Se desconocen las causas exactas por las cuales se producirían estas disminuciones y aumentos, aunque hay varias hipótesis en estudio. El balance es complejo ya que, si bien se conocen los fenómenos que capturan CO<sub>2</sub> y los que lo emiten, la interacción entre estos y el balance final es difícilmente calculable.

Se conocen bastantes casos en los que el CO<sub>2</sub> ha jugado un papel importante en la historia del clima. Por ejemplo en el proterozoico una bajada importante en los niveles de CO<sub>2</sub> atmosférico condujo a los llamados episodios Tierra bola de nieve. Así mismo aumentos importantes en el CO<sub>2</sub> condujeron en el periodo de la extinción masiva del Pérmico-Triásico a un calentamiento excesivo del agua marina, lo que llevó a la emisión del metano atrapado en los depósitos de hidratos de metano que se hallan en los fondos marinos; este fenómeno aceleró el proceso de calentamiento hasta el límite y condujo a la Tierra a la peor extinción en masa que ha padecido<sup>2</sup>.

## **CAUSAS DEL CAMBIO CLIMATICO**

Variaciones de la luminosidad solar a lo largo del ciclo de las manchas solares. El Sol es una estrella que presenta ciclos de actividad de once años. Ha tenido períodos en los cuales no presenta manchas solares, como el mínimo de Maunder que fue de 1645 a 1715 en los cuales se produjo una mini era de Hielo<sup>2</sup>.

La temperatura media de la Tierra depende, en gran medida, 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 contribución importante para la variabilidad climática a corto plazo (Crowley y North, 1988). Esto sucede porque el Sol es una estrella de tipo G en fase de secuencia principal, resultando muy estable. El flujo de radiación es, además, el motor de los fenómenos atmosféricos ya que aporta la energía necesaria a la atmósfera para que estos se produzcan.

Sin embargo, muchos astrofísicos consideran que la influencia del Sol sobre el clima está más relacionada con la longitud de cada ciclo, la amplitud del mismo, la cantidad de manchas 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) que tienen una fuerte acción sobre distintos componentes del clima como las diversas oscilaciones oceánicas,

los fenómenos de el Niño y La Niña, las corrientes de chorro polares, la oscilación casi bianual de la corriente estratosférica sobre el ecuador, 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 1000 millones de años. Debido a este fenómeno, en la Tierra primitiva que sustentó el nacimiento de la vida, hace 3800 millones de años, el brillo del Sol era un 70 % del actual.

Las variaciones en el campo magnético solar y, por tanto, en las emisiones de viento solar, también son importantes, ya que la interacción de la alta atmósfera terrestre con las partículas provenientes del Sol puede generar reacciones químicas en un sentido u otro, modificando la composición del aire y de las nubes así como la formación de estas. Algunas hipótesis plantean incluso que los iones producidos por la interacción de los rayos cósmicos y la atmósfera de la Tierra juegan un rol en la formación de núcleos de condensación y un correspondiente aumento en la formación de nubes. De este modo, la correlación entre la ionización cósmica y formación de nubes se observa fuertemente en las nubes a baja altitud y no en las nubes altas (cirrus) como se creía, donde la variación en la ionización es mucho más grande. (Svensmark, 2007)<sup>2</sup>

## **VARIACIONES ORBITALES**

Si bien la luminosidad solar se mantiene prácticamente constante a lo largo de millones de años, no ocurre lo mismo con la órbita terrestre. Esta oscila periódicamente, haciendo que la cantidad media 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 período. Son los llamados períodos glaciares e interglaciares. Hay tres factores que contribuyen a modificar las características orbitales haciendo que la insolación media en uno y otro hemisferio varíe aunque no lo haga el flujo de radiación global. Se trata de la precesión de los equinoccios, la excentricidad orbital y la oblicuidad de la órbita o inclinación del eje terrestre<sup>2y3</sup>.

## **IMPACTOS DE METEORITOS**

En raras ocasiones ocurren acontecimientos de tipo catastrófico que cambian la faz de la Tierra para siempre. El último de tales acontecimientos catastróficos sucedió hace 65 millones de años. Se trata de los impactos de meteoritos de gran tamaño. Es indudable que tales fenómenos pueden provocar un efecto devastador sobre el clima al liberar grandes cantidades de CO<sub>2</sub>, polvo y cenizas a la atmósfera debido a la quema de grandes extensiones boscosas. De la misma manera, tales sucesos podrían intensificar la actividad volcánica en ciertas regiones. En el suceso de Chicxulub (en Yucatán, México) 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<sup>2</sup>.

## **INFLUENCIAS INTERNAS**

### **Pangea.**

La Tierra ha sufrido muchos cambios desde su origen hace 4600 millones de años. Hace 225 millones de años todos los continentes estaban unidos, formando lo que se conoce como Pangea, y había un océano universal llamado Panthalassa. La tectónica de placas ha separado los continentes y los ha puesto en la situación actual. El Océano Atlántico se ha ido formando desde hace 200 millones de años<sup>3</sup>.

Es un proceso sumamente lento, por lo que la posición de los continentes fija el comportamiento del clima durante millones de años. Hay dos aspectos a tener en cuenta. Por una parte, las latitudes en 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<sup>4</sup>.

Un proceso que demuestra fehacientemente la influencia a largo plazo de la deriva de los continentes (o de igual manera, la tectónica de placas) sobre el clima es la existencia de yacimientos de carbón en las islas Svalbard o Spitbergen, en una latitud donde ahora no existen árboles por el clima demasiado frío: la idea que explica estos yacimientos es que el movimiento de la placa donde se encuentran dichas islas se produjo hacia el norte desde una ubicación más meridional con un clima más cálido<sup>4</sup>.

## **LA COMPOSICIÓN ATMOSFÉRICA**

La atmósfera primitiva, cuya composición era parecida a la nebulosa inicial, perdió sus componentes más ligeros, el hidrógeno diatómico ( $H_2$ ) y el helio (He), para ser sustituidos por gases procedentes de las emisiones volcánicas del planeta o sus derivados, especialmente dióxido de carbono ( $CO_2$ ), dando lugar a una atmósfera de segunda generación. En dicha atmósfera son importantes los efectos de los gases de invernadero emitidos de manera natural en volcanes. Por otro lado, la cantidad de óxidos de azufre (SO,  $SO_2$  y  $SO_3$ ) y otros aerosoles emitidos por los volcanes contribuyen a lo contrario, a enfriar la Tierra. Del equilibrio entre ambos efectos resulta un balance radiactivo determinado<sup>5</sup>.

Con la aparición de la vida en la Tierra se sumó como agente incidente el total de organismos vivos, la biosfera. Inicialmente, los organismos autótrofos por fotosíntesis o quimiosíntesis capturaron gran parte del abundante  $CO_2$  de la atmósfera primitiva, a la vez que empezaba a

acumularse oxígeno (a partir del proceso abiótico de la fotólisis del agua). La aparición de la fotosíntesis oxigénica, que realizan las cianobacterias y sus descendientes los plastos, dio lugar a una presencia masiva de oxígeno (O<sub>2</sub>) como la que caracteriza la atmósfera actual, y aún mayor. Esta modificación de la composición de la atmósfera propició la aparición de formas de vida nuevas, aeróbicas que se aprovechaban de la nueva composición del aire. Aumentó así el consumo de oxígeno y disminuyó el consumo neto de CO<sub>2</sub> llegando al equilibrio o clímax, y formándose así la atmósfera de tercera generación actual. Este delicado equilibrio entre lo que se emite y lo que se absorbe se hace evidente en el ciclo del CO<sub>2</sub>, la presencia del cual fluctúa a lo largo del año según las estaciones de crecimiento de las plantas<sup>6</sup>.

### **TEMPERATURA DEL AGUA EN LA CORRIENTE DEL GOLFO.**

Las corrientes oceánicas, o marinas, son factores reguladores del clima que actúan como moderador, suavizando las temperaturas de regiones como Europa y las costas occidentales de Canadá y Alaska. La climatología ha establecido nítidamente los límites térmicos de los distintos tipos climáticos que se han mantenido a través de todo ese tiempo. No se habla tanto de los límites pluviométricos de dicho clima porque los cultivos mediterráneos tradicionales son ayudados por el regadío y cuando se trata de cultivos de secano, se presentan en parcelas más o menos planas (cultivo en terrazas) con el fin de hacer más efectivas las lluvias propiciando la infiltración en el suelo. Además los cultivos típicos del matorral mediterráneo están adaptados a cambios meteorológicos mucho más intensos que los que se han registrado en los últimos tiempos: si no fuera así, los mapas de los distintos tipos climáticos tendrían que rehacerse: un aumento de unos 2 grados Celsius en la cuenca del mediterráneo significaría la posibilidad de aumentar la latitud de muchos cultivos unos 200 km más al norte (como sería el cultivo de la naranja ya citado). Desde luego, esta idea sería inviable desde el punto de vista económico, ya que la producción de naranja es, desde hace bastante tiempo, excedentaria, no por el aumento del cultivo a una mayor latitud (lo que corroboraría en cierto modo la idea del calentamiento global) sino por el desarrollo de dicho cultivo en áreas reclamadas al desierto (Marruecos y otros países) gracias al riego en goteo y otras técnicas de cultivo.

### ***EL CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE***

De la misma manera que el viento solar puede afectar al clima directamente, las variaciones en el campo magnético terrestre pueden afectarlo de manera indirecta ya que, según su estado, detiene o no las partículas emitidas por el Sol. Se ha comprobado que en épocas pasadas hubo inversiones de polaridad y grandes variaciones en su intensidad, llegando a

estar casi anulado en algunos momentos. Se sabe también que los polos magnéticos, si bien tienden a encontrarse próximos a los polos geográficos, en algunas ocasiones se han aproximado al Ecuador. Estos sucesos tuvieron que influir en la manera en la que el viento solar llegaba a la atmósfera terrestre<sup>7</sup>.

## **LOS EFECTOS ANTROPOGÉNICOS**

Una hipótesis dice que el ser humano podría haberse convertido en uno de los agentes climáticos, incorporándose a la lista hace relativamente poco tiempo. Su influencia comenzaría con la deforestación de bosques para convertirlos en tierras de cultivo y pastoreo, pero en la actualidad su influencia sería mucho mayor al producir la emisión abundante de gases que, según algunos autores, producen un efecto invernadero: CO<sub>2</sub> en fábricas y medios de transporte y metano en granjas de ganadería intensiva y arrozales. Actualmente las emisiones se han incrementado hasta tal nivel que parece difícil que se reduzcan a corto y medio plazo, por las implicaciones técnicas y económicas de las actividades involucradas<sup>6</sup>.

Los aerosoles de origen antrópico, especialmente los sulfatos provenientes de los combustibles fósiles ejercen una influencia reductora de la temperatura (Charlson *et al.*, 1992). Este hecho, unido a la variabilidad natural del clima, sería la causa que explica el "valle" que se observa en el gráfico de temperaturas en la zona central del siglo XX.

La alta demanda de energía por parte de los países desarrollados es la principal causa del calentamiento global, debido a que sus emisiones contaminantes son las mayores del planeta. Esta demanda de energía hace que cada vez más se extraigan y consuman los recursos energéticos como el petróleo.

De acuerdo a un estudio de FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) la agricultura animal es responsable del 18% de las emisiones de gases de efecto.

## **EMISIONES GLOBALES DE DIÓXIDO DE CARBONO DISCRIMINADAS SEGÚN SU ORIGEN.**

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 (retroalimentación o «*feedback* positivo») 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.

Un ejemplo de *feedback* positivo es el efecto albedo, un aumento de la masa helada que incrementa la reflexión de la radiación directa y, por consiguiente, amplifica el enfriamiento. También puede actuar a la inversa, amplificando el calentamiento cuando hay una desaparición de masa helada. También es una retroalimentación la fusión de los casquetes polares, ya que crean un efecto de estancamiento por el cual las corrientes oceánicas no pueden cruzar esa región. En el momento en que empieza a abrirse el paso a las corrientes se contribuye a homogeneizar las temperaturas y favorece la fusión completa de todo el casquete y a suavizar las temperaturas polares, llevando el planeta a un mayor calentamiento al reducir el albedo<sup>6</sup>.

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<sup>6</sup>.

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 solo una parte y que el aumento global de CO<sub>2</sub> proseguirá<sup>6</sup>.

Hay también mecanismos retroalimentadores para los cuales es difícil aclarar en qué sentido actuarán. Es el caso de las nubes. El climatólogo Roy Spencer (escéptico del cambio climático vinculado a grupos evangélicos conservadores) 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. El efecto neto futuro y pasado es difícil de saber ya que depende de la composición y formación de las nubes<sup>6</sup>.

## **INCERTIDUMBRE DE PREDICCIÓN**

Se debe destacar la existencia de incertidumbre (errores) en la predicción de los modelos. La razón fundamental para la mayoría de estos errores es que muchos procesos importantes a pequeña escala no pueden representarse de manera explícita en los modelos, pero deben incluirse de manera aproximada cuando interactúan a mayor escala. Ello se debe en parte a las limitaciones de la capacidad de procesamiento, pero también es el resultado de limitaciones en cuanto al conocimiento científico o la disponibilidad de observaciones detalladas de algunos procesos físicos. En particular, existen niveles de incertidumbre

considerables, asociados con la representación de las nubes y con las correspondientes respuestas de las nubes al cambio climático<sup>7</sup>.

Edward N. Lorenz, un investigador del clima, ha encontrado una teoría revolucionaria de caos que hoy en día se aplica en las áreas de economía, biología y finanzas (y otros sistemas complejos). En el modelo numérico se calcula el estado del futuro con insumos de observaciones meteorológicas (temperatura, precipitación, viento, presión) de hoy y usando el sistema de ecuaciones diferenciales. Según Lorenz, si hay pequeñas tolerancias en la observación meteorológica (datos de insumo), en el proceso del cálculo de predicción crece la tolerancia drásticamente. Se dice que la predictibilidad (duración confiable de predicción) es máximo siete días para discutir cuantitativamente in situ (a escala local). Cuánto más aumenta el largo de las integraciones (7 días, 1 año, 30 años, 100 años) entonces el resultado de la predicción tiene mayor incertidumbre. Sin embargo, la técnica de “ensamble” (cálculo del promedio de varias salidas del modelo con insumos diferentes) disminuye la incertidumbre y según la comunidad científica, a través de esta técnica se puede discutir el estado del promedio mensual cualitativamente. Cuando se discute sobre la cantidad de precipitación, temperatura y otros, hay que tener la idea de la existencia de incertidumbre y la propiedad caótica del clima. Al mismo tiempo, para la toma de decisiones políticas relacionadas con la temática del cambio climático es importante considerar un criterio de multimodelo (promedio de las salidas de varios modelos: un tipo de ensamble)<sup>7</sup>.

## **COMBUSTIBLES FÓSILES Y CALENTAMIENTO GLOBAL**

A finales del siglo XVII el hombre empezó a utilizar combustibles fósiles que la Tierra había acumulado en el subsuelo durante su historia geológica. La quema de petróleo, carbón y gas natural ha causado un aumento del CO<sub>2</sub> en la atmósfera que últimamente es de 1,4 ppm al año y produce el consiguiente aumento de la temperatura. Se estima que desde que el hombre mide la temperatura hace unos 150 años (siempre dentro de la época industrial) esta ha aumentado 0,5 °C y se prevé un aumento de 1 °C en el 2020 y de 2 °C en el 2050<sup>8</sup>.

Además del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), existen otros gases de efecto invernadero responsables del calentamiento global, tales como el gas metano (CH<sub>4</sub>) óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), los cuales están contemplados en el Protocolo de Kioto<sup>8</sup>.

Los últimos años del siglo XX se caracterizaron por poseer temperaturas medias que son siempre las más altas del siglo.

Rachel Kyte, vicepresidente para Desarrollo Sostenible del Banco Mundial anunció en el año 2013, que el costo económico por los desastres naturales aumentó cuatro veces desde 1980.

## **PLANTEAMIENTO DE FUTURO**

Tal vez el mecanismo de compensación del CO<sub>2</sub> funcione en un plazo de cientos de años, cuando el Sol entre en un nuevo mínimo. En un plazo de miles de años, tal vez se reduzca la temperatura, desencadenándose la próxima glaciación, o puede que simplemente no llegue a producirse ese cambio<sup>9</sup>.

En el Cretácico, sin intervención humana, el CO<sub>2</sub> era más elevado que ahora y la Tierra estaba 8 °C más cálida.

## **AGRICULTURA**

El cambio climático y la agricultura son procesos relacionados entre sí, ya que ambos tienen escala global. Se proyecta que el calentamiento global tendrá impactos significativos que afectarán a la agricultura, la temperatura, dióxido de carbono, deshielos, precipitación y la interacción entre estos elementos. Estas condiciones determinan la capacidad de carga de la biosfera para producir suficiente alimento para todos los humanos y animales domesticados. El efecto global del cambio climático en la agricultura dependerá del balance de esos efectos. El estudio de los efectos del cambio climático global podría ayudar a prevenir y adaptar adecuadamente el sector agrícola para maximizar la producción de la agricultura<sup>9</sup>.

## **CLIMA DE PLANETAS VECINOS**

Como se ha dicho, el dióxido de carbono cumple un papel regulador fundamental en nuestro planeta. Sin embargo, el CO<sub>2</sub> no puede conjugar cualquier desvío e incluso a veces puede fomentar un efecto invernadero desbocado mediante un proceso de retroalimentación<sup>10</sup>.

- Venus tiene una atmósfera cuya presión es 94 veces la terrestre, y está compuesta en un 97 % de CO<sub>2</sub>. La inexistencia de agua impidió la extracción del anhídrido carbónico de la atmósfera, este se acumuló y provocó un efecto invernadero intenso que aumentó la temperatura superficial hasta 465 °C, capaz de fundir el plomo. Probablemente la menor distancia al Sol haya sido determinante para sentenciar al planeta a sus condiciones infernales que vive en la actualidad. Hay que recordar que pequeños cambios pueden desencadenar un mecanismo retroalimentador y si este es suficientemente poderoso se puede llegar a descontrolar dominando por encima de todos los demás factores hasta dar unas condiciones extremas como las de Venus, toda una advertencia sobre el posible futuro que podría depararle a la Tierra<sup>10</sup>.
- En Marte la atmósfera tiene una presión de solo seis hectopascales y aunque está compuesta en un 96 % de CO<sub>2</sub>, el efecto invernadero es escaso y no puede impedir ni

una oscilación diurna del orden de 55 °C en la temperatura, ni las bajas temperaturas superficiales que alcanzan mínimas de -86 °C en latitudes medias. Pero parece ser que en el pasado gozó de mejores condiciones, llegando a correr el agua por su superficie como demuestran la multitud de canales y valles de erosión. Pero ello fue debido a una mayor concentración de dióxido de carbono en su atmósfera. El gas provendría de las emanaciones de los grandes volcanes marcianos que provocarían un proceso de desgasificación semejante al acaecido en nuestro planeta. La diferencia sustancial es que el diámetro de Marte mide la mitad que el terrestre. Esto quiere decir que el calor interno era mucho menor y se enfrió hace ya mucho tiempo. Sin actividad volcánica Marte estaba condenado y el CO<sub>2</sub> se fue escapando de la atmósfera con facilidad, dado que además tiene menos gravedad que en la Tierra, lo que facilita el proceso. También es posible que algún proceso de tipo mineral absorbiera el CO<sub>2</sub> y al no verse compensado por las emanaciones volcánicas provocara su disminución drástica. Como consecuencia el planeta se enfrió progresivamente hasta congelar el poco CO<sub>2</sub> en los actuales casquetes polares:)<sup>10</sup>

## **MATERIA MULTIDISCIPLINAR**

En el estudio del cambio climático hay que considerar cuestiones pertenecientes a los más diversos campos de la ciencia: meteorología, física, química, astronomía, geografía, geología y biología tienen muchas cosas que decir, constituyendo este tema un campo multidisciplinar. Las consecuencias de comprender o no plenamente las cuestiones relativas al cambio climático tienen profundas influencias sobre la sociedad humana debiendo abordarse estas desde puntos de vista muy distintos a los anteriores, como el económico, sociológico o el político<sup>10</sup>.

## **IMPACTO EN LOS PUEBLOS INDÍGENAS**

Los pueblos indígenas serán los primeros en sentirse afectados por el cambio climático, ya que su supervivencia depende de los recursos naturales de su entorno, y cualquier cambio, como por ejemplo sequías extremas, pueden amenazar su vida. Por la disminución del agua estos pueblos pierden su terreno cultural y forma de vida por generaciones, donde múltiples culturas han creado formas sociales, culturales y artísticas en torno al ecosistema causando un desplazamiento de pueblos indígenas a ciudades desarrolladas<sup>10</sup>.

En un informe publicado en 2009, la ONG Survival International denunciaba el impacto de las medidas de mitigación del cambio climático sobre los pueblos indígenas, como los biocombustibles, la energía hidroeléctrica, la conservación de los bosques y la compensación de las emisiones de carbono. Según el informe, dichas medidas facilitan a gobiernos y empresas violar sus derechos y reclamar y explotar sus tierras<sup>10</sup>.

## **CUBA EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

Tras haber participado activamente en el proceso de negociación para la firma de la CMNUCC, la República de Cuba ratificó la Convención el día 5 de enero de 1994 y es parte de la misma desde el día 5 de abril de 1994. Sin embargo, desde principios de la década de 1990, ya se manifestaba una notable preocupación por el tema<sup>11</sup>.

En el año 1991 se realizó una evaluación preliminar de los impactos del cambio climático que abarcó los sectores de agricultura, ecosistemas naturales terrestres, hidrología y recursos hídricos, áreas costeras, asentamientos poblacionales, salud y turismo. Esta evaluación, que se realizó mediante el método del juicio de expertos, fue el primer intento de síntesis de los resultados de las investigaciones que realizaban grupos de científicos del país<sup>11</sup>.

## ***LA TAREA VIDA Y SUS ANTECEDENTES***

### **Antecedentes**

El Plan tiene como antecedentes las investigaciones que acerca del cambio climático inició la Academia de Ciencias de Cuba en 1991 y que se intensificaron a partir de noviembre del 2004, luego de un exhaustivo análisis y debate sobre los impactos negativos causados por los huracanes Huracán Charley e Iván en el occidente del país.<sup>11</sup>

Desde entonces se iniciaron los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo territoriales para la reducción de desastres.

En el año 2007 se incrementaron las investigaciones científico-tecnológicas que permitieron comenzar la conformación del Macroproyecto sobre peligros y vulnerabilidad costeros para los años 2050-2100, dirigido por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y con la participación de 16 instituciones de cinco organismos de la Administración Central del Estado.<sup>11</sup>

Datos avalados por estudios científicos ratifican que el clima de la Isla es cada vez más cálido y extremo; se ha observado gran variabilidad en la actividad, el régimen de lluvias ha cambiado, incrementándose significativamente desde 1960 la frecuencia y extensión de las sequías; y se estima que el nivel del mar ha subido de forma acelerada.<sup>11 y 12.</sup>

Las inundaciones costeras ocasionadas por la sobreelevación del mar y el oleaje, producidos por huracanes, frentes fríos y otros eventos meteorológicos extremos, representan el mayor peligro debido a las afectaciones que ocasionan sobre el patrimonio natural y el construido.

Se ha evaluado el daño acumulado en los principales elementos de protección costera como las playas arenosas, los humedales -bosques, herbazales de ciénaga y manglares- y las crestas de arrecifes de coral, que de modo integrado amortiguan el impacto del oleaje provocado por fenómenos naturales.<sup>11 y12.</sup>

El 25 de febrero del 2011, este Macroproyecto fue aprobado por el Consejo de Ministros.

En el año 2015, bajo la coordinación del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, se comenzó un proceso de actualización de los documentos ya aprobados por el Consejo de Ministros para el enfrentamiento al cambio climático.<sup>11</sup>

El 25 de abril de 2017, el proyecto es aprobado por el Consejo de Ministros y constituye una prioridad para la política ambientalista del país. El Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente es el encargado de implementar y controlar las tareas del Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático.<sup>11</sup>

## **El Plan**

Está inspirado en el pensamiento del líder histórico de la Revolución cubana, Fidel Castro Ruz, quien en su discurso en la Cumbre de la Tierra 1992, en Río de Janeiro, describiría con claridad meridiana los riesgos y desafíos a enfrentar por la civilización ante el cambio climático.<sup>13</sup>

Tarea Vida tiene un alcance y jerarquía superiores a los documentos anteriormente elaborados referidos al tema. Su implementación requiere de un programa de inversiones progresivas que se irán ejecutando a corto (año 2020), mediano (2030), largo (2050) y muy largo (2100) plazos.<sup>13</sup>

Se han identificado áreas priorizadas teniendo en cuenta la preservación de la vida de las personas en los lugares más vulnerables, la seguridad alimentaria y el desarrollo del turismo. Entre ellas se encuentran el sur de las provincias de Artemisa y Mayabeque; el litoral norte de La Habana y su bahía; la Zona Especial de Desarrollo de Mariel; Varadero y sus corredores turísticos; los cayos de Villa Clara y del norte de Ciego de Ávila y Camagüey; el litoral norte de Holguín; la ciudad de Santiago de Cuba y su bahía; así como los territorios amenazados por la elevación del nivel medio del mar en Cienfuegos, Manzanillo, Moa, Niquero y Baracoa.<sup>13</sup>

## **Acciones estratégicas**

El proyecto contempla un conjunto de acciones dirigidas a contrarrestar las afectaciones en las zonas vulnerables<sup>14</sup>:

1. No permitir la construcción de nuevas viviendas en los asentamientos costeros amenazados que se pronostica su desaparición por inundación permanente y los más vulnerables. Reducir la densidad demográfica en las zonas bajas costeras.
2. Desarrollar concepciones constructivas en la infraestructura, adaptadas a las inundaciones costeras para las zonas bajas.
3. Adaptar las actividades agropecuarias, en particular las de mayor incidencia en la seguridad alimentaria del país, a los cambios en el uso de la tierra como consecuencia de la elevación del nivel del mar y la sequía.
4. Reducir las áreas de cultivo próximas a las costas o afectadas por la intrusión salina. Diversificar los cultivos, mejorar las condiciones de los suelos, introducir y desarrollar variedades resistentes al nuevo escenario de temperaturas.
5. Planificar en los plazos determinados los procesos de reordenamiento urbano de los asentamientos e infraestructuras amenazadas, en correspondencia con las condiciones económicas del país. Comenzar por medidas de menor costo, como soluciones naturales inducidas (recuperación de playas, reforestación).

## Tareas

El Plan contiene las siguientes tareas<sup>15</sup>:

1. Identificar y acometer acciones y proyectos (a) de adaptación al cambio climático, de carácter integral y progresivos, necesarios para reducir la vulnerabilidad existente en las 15 zonas identificadas como prioritizadas; considerando en el orden de actuación a la población amenazada, su seguridad física y alimentaria y el desarrollo del turismo. (a) *Protección costera de las ciudades, relocalización de asentamientos humanos, recuperación integral de playas, manglares y otros ecosistemas naturales protectores, obras hidráulicas y de ingeniería costera, entre otras.*
2. Implementar las normas jurídicas necesarias para respaldar la ejecución del Plan de Estado, así como asegurar su estricto cumplimiento, con particular atención en las medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad del patrimonio construido, priorizando los asentamientos costeros amenazados.
3. Conservar, mantener y recuperar integralmente las playas arenosas del archipiélago cubano, priorizando las urbanizadas de uso turístico y reduciendo la vulnerabilidad estructural del patrimonio construido.
4. Asegurar la disponibilidad y uso eficiente del agua como parte del enfrentamiento a la sequía, a partir de la aplicación de tecnologías para el ahorro y la satisfacción de las demandas locales. Elevar la infraestructura hidráulica y su mantenimiento, así como la introducción de acciones para la medición de la eficiencia y productividad del agua.
5. Dirigir la reforestación hacia la máxima protección de los suelos y las aguas en cantidad y calidad, así como a la recuperación de los manglares más afectados. Priorizar los

embalses, canales y franjas hidrorreguladoras de las cuencas tributarias de las principales bahías y de las costas de la plataforma insular.

6. Detener el deterioro, rehabilitar y conservar los arrecifes de coral en todo el archipiélago, con prioridad en las crestas que bordean la plataforma insular y protegen playas urbanizadas de uso turístico. Evitar la sobrepesca de los peces que favorecen a los corales.
7. Mantener e introducir en los planes de ordenamiento territorial y urbano los resultados científicos del Macroproyecto sobre peligros y vulnerabilidad de la zona costera (2050-2100); así como los Estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo en el ciclo de reducción de desastres. Emplear esta información como alerta temprana para la toma de decisiones.
8. Implementar y controlar las medidas de adaptación y mitigación al cambio climático derivadas de las políticas sectoriales en los programas, planes y proyectos vinculados con la seguridad alimentaria, la energía renovable, la eficiencia energética, el ordenamiento territorial y urbano, la pesca, la actividad agropecuaria, la salud, el turismo, la construcción, el transporte, la industria y el manejo integral de los bosques.
9. Fortalecer los sistemas de monitoreo, vigilancia y alerta temprana para evaluar sistemáticamente el estado y calidad de la zona costera, el agua, la sequía, el bosque y la salud humana, animal y vegetal.
10. Priorizar las medidas y acciones para elevar la percepción del riesgo y aumentar el nivel de conocimiento y el grado de participación de toda la población en el enfrentamiento al cambio climático y una cultura que fomente el ahorro del agua.
11. Gestionar y utilizar los recursos financieros internacionales disponibles, tanto los provenientes de fondos climáticos globales y regionales, como los de fuentes bilaterales; para ejecutar las inversiones, proyectos y acciones que se derivan de cada una de las tareas del Plan de Estado.

## **¿Qué aportó la ciencia a la Tarea Vida en 2020?**

En 2020 tuvo lugar la actualización de los nuevos escenarios de ascenso del nivel del mar en nuestro archipiélago para los años 2050 (27 cm) y 2100 (85 cm). <sup>15</sup>

Los resultados científicos alcanzados en el 2018 por las instituciones pertenecientes a la Agencia de Medio Ambiente (AMA), del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente – que enriquecen el rico caudal de conocimientos que sustentan el Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático, conocido como Tarea Vida– suponen beneficios específicos como el fortalecimiento de los sistemas de alerta temprana, vigilancia y monitoreo,

y la identificación y diseño de acciones de adaptación al cambio climático de carácter integral y progresivo.<sup>15</sup>

Según informaron a la prensa directivos de la AMA, en el transcurso del pasado año se concluyeron 23 proyectos investigativos con notables impactos en el plano ambiental, social y económico, vinculados básicamente a los programas nacionales de Cambio Climático en Cuba: Impactos, Mitigación y Adaptación, Uso Sostenible de los Componentes de la Diversidad Biológica, y Meteorología y Desarrollo Sostenible.<sup>15</sup>

Figuran, además, los aportes en materia de mantenimiento y recuperación de las playas arenosas, uso eficiente del agua, rescate de las poblaciones de manglares, conservación de los arrecifes de coral, la reforestación de zonas priorizadas, como son las franjas hidrorreguladoras de las cuencas tributarias de las principales bahías; y elevar la percepción del riesgo de desastres en la población.<sup>15</sup>

Igualmente, durante el 2018 se terminaron siete estudios territoriales de Peligro, Vulnerabilidad y Riesgo, entre ellos los denominados Epizootia, en Pinar del Río y Cienfuegos, que constituye una herramienta de suma utilidad para el aumento de la producción pecuaria, el ordenamiento territorial pecuario y la seguridad alimentaria; y Sequía, en Santiago de Cuba.

También tuvo lugar la actualización de los nuevos escenarios de ascenso del nivel del mar en nuestro archipiélago para los años 2050 (27 cm) y 2100 (85 cm), a partir del empleo de un nuevo modelo digital y nuevos softwares de modelación.<sup>15</sup>

El Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático (Tarea Vida) fue aprobado por el Consejo de Ministros el 25 de abril de 2017 y representa la expresión más abarcadora del compromiso del Gobierno revolucionario de trabajar desde ahora en la protección de las actuales y futuras generaciones de cubanos, frente a las consecuencias del cambio climático. Contempla cinco acciones estratégicas y 11 tareas.<sup>15</sup>

# *Conclusiones*

- Son innumerables las consecuencias del cambio climático y los efectos que traen consigo afectando de manera directa e indirecta a la población global.
- Cuba es vista como otra víctima más de los efectos negativos del cambio climático por causa de mentes que ponderan el consumo brutal por encima de la vida humana. Por lo tanto traer a conciencia de todos estos efectos y cumplir con todos los métodos propuestos para mitigar los terribles efectos del cambio climático a partir de las estrategias propuestas por la tarea vida.

# Referencias Bibliográficas

1. «Venus se parecía mucho a la Tierra.» 14 de julio de 2009. *Qué*. Consultado el 29 de julio de 2009.
2. [America's Climate Choices: Panel on Advancing the Science of Climate Change](#); National Research Council (2010). *Advancing the Science of Climate Change*. Washington, D.C.: The National Academies Press. ISBN 0-309-14588-0. « (p1) . »
3. «Glossary – Climate Change». *Education Center – Arctic Climatology and Meteorology*. NSIDC National Snow and Ice Data Center; Glossary, in IPCC TAR WG1, 2001.
4. «The United Nations Framework Convention on Climate Change». 21 de marzo de 1994. «*Climate change* means a change of climate which is attributed directly or indirectly to human activity that alters the composition of the global atmosphere and which is in addition to natural climate variability observed over comparable time periods. »
5. «What's in a Name? Global Warming vs. Climate Change». NASA. Consultado el 23 de julio de 2011.
6. Naciones Unidas. «Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático». Consultado el 10 de marzo de 2016.
7. Santiago Hernández de Córdova, Cecilia Valdés Canales (Junio-2009). «Contra el Cambio Climático». Consultado el 10 de marzo de 2016.
8. Kintisch, Eli (24 de febrero de 2006). «Evangelical Scientists Reach Common Ground on Climate Change» (pdf). *Science* (en inglés) (AAAS) **311** (5764): 1082-1083. ISSN 0028-0836. doi:10.1126/science.311.5764.1082a. Consultado el 6 de julio de 2009.
9. «Desaparición de los cirros: el calentamiento podría adelgazar las nubes que atrapan el calor.» RAM, Revista del Aficionado a la Meteorología. Consultado el 29 de julio de 2009.
10. IPCC, 2007a *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- 11-Tarea Vida: el plan de un país. Disponible en:Cubahora. Consultado el 11 de julio de 2017.

12-Consejo de Ministros aprueba Plan de Estado para enfrentamiento al cambio climático. Disponible en:Cubadebate. Consultado el 11 de julio de 2017.

13-EDITORIAL: Tarea Vida para el medio. Disponible en: Revista. Consultado el 11 de julio de 2017.

14-Tarea Vida, para enfrentar el Cambio Climático, cuenta con la máxima atención del Estado Cubano. Disponible en: CNCTV Granma. Consultado el 11 de julio de 2017.

15-Curso de cambio climático Universidad para todos PAZ, L.R.2008.

16-Orfilio Peláez. Granma y la tarea vida. | orfilio@granma.cu 13-18 de marzo de 2019.

# *Anexos*



